

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – FFLCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS MODELOS
GEOMORFOLÓGICOS APLICADOS NA SERRA DA CANTAREIRA:
BACIA DO CÓRREGO DO BISPO**



ORIENTADOR: PROF. DR. LUIS ANTONIO BITTAR VENTURI

ERIC MACEDO MASSA

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – FFLCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS MODELOS
GEOMORFOLÓGICOS APLICADOS NA SERRA DA CANTAREIRA:
BACIA DO CÓRREGO DO BISPO.**

ERIC MACEDO MASSA

**SÃO PAULO
2008**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DOIS MODELOS
GEOMORFOLÓGICOS APLICADOS NA SERRA DA CANTAREIRA:
BACIA DO CÓRREGO DO BISPO.**

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: **Geografia Física**

Orientador: ***Prof. Doutor Luis Antonio Bittar Venturi***

**SÃO PAULO
2008**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Eric Macedo Massa

Estudo comparativo entre dois modelos geomorfológicos aplicados na Serra da Cantareira: bacia do córrego do bispo.

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Geografia Física

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

São Paulo, ____ de _____ de 2008.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi pela orientação e pelo incentivo durante o curso de Pós-Graduação em Geografia Física.

Ao Prof. Agostinho Ogura pelas sugestões na qualificação e ao Prof. Dr. Jurandyr Ross pelas sugestões e pela bibliografia sugerida durante o transcorrer do curso de Pós Graduação.

Ao Prof. Dr. Edison Crepani do INPE, pela atenção e pelas dúvidas solucionadas.

À Cláudia V. Abreu por me dar a oportunidade de conciliar a jornada de trabalho com as aulas vespertinas das disciplinas da Pós-Graduação.

Ao amigo Marcos Roberto Pinheiro pelo auxílio no trabalho de campo e pelas sugestões sempre relevantes.

Aos amigos Paulo Correia de Almeida Jr, Bruno Rodrigues do Prado, Marisa Matos Fierz e também ao Prof. Berthier de Carvalho Filho do Centro Federal de Educação Tecnológico de Mato Grosso pelo apoio técnico-científico.

Aos amigos Marcos Antônio de Melo, Sandro Francisco Detoni, Marilia Araújo Roggero, Fábio Arantes, Isabel Cristina Camiña González, Marisa Ferreira da Rocha e Fabiana Cunha da Silva pelas sugestões e pelo incentivo.

"Eu não tenho ídolos. Tenho admiração por trabalho, dedicação e competência".

Ayrton Senna

RESUMO

MASSA, E. M. **Estudo comparativo entre dois modelos geomorfológicos aplicados na Serra da Cantareira: bacia do córrego do bispo**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, 2008.

Através de uma abordagem analítica entre dois modelos geomorfológicos elaborados por ROSS (1994) e pelo INPE (CREPANI et. al, 1996), foi estabelecida uma comparação entre variáveis relacionadas a aspectos capitais de ambos - critérios utilizados para a definição das unidades de paisagem e importância da variável relevo – e um aspecto relacionado à aplicabilidade – a adequação aos ambientes urbanos. Por apresentar uma diversidade de usos e ocorrência de áreas urbanas e preservadas, a bacia do córrego do Bispo, localizada na zona norte do município de São Paulo, foi escolhida como área teste. Estes modelos apresentaram boa aplicabilidade em ambientes preservados, destacando-se o modelo de Ross, que é mais eficaz em termos de previsibilidade. Em relação às áreas urbanas os modelos apresentaram resultados semelhantes, na medida em que diagnosticam fragilidades ambientais para áreas de ocupação não consolidadas e apresentam limitações em relação às áreas de ocupação consolidadas. Objetivando ainda uma contribuição ao modelo de Ross em nível experimental, incorporou-se a classificação de vertentes de RUEH (1975) baseada na geometria destas, à variável relevo do primeiro. Como resultado, foram obtidas diferenças significativas para algumas áreas em relação ao modelo originalmente proposto por Ross.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental, Modelos, Metodologias, Ambientes Urbanos, Dinâmica de Vertentes.

ABSTRACT

MASSA, E. M. **Comparative study between two geomorphologic models applied in Serra da Cantareira: basin of córrego do bispo**. 2008. 138 f. Dissertation (Master Degree) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, 2008.

An analytical approach between two geomorphologic models elaborated by ROSS (1994) and INPE (CREPANI et. al, 1996), a comparison was established between two variables related to capital aspects of both – the criteria for the definition of landscape units, the importance of variable relief and its appliance to urban environments. For presenting a huge diversity of land uses and preserved urban areas, Córrego do Bispo basin located in north zone of São Paulo has been chosen as an experimental area. These models have shown a good applicability in preserved environmental, emphasizing specially Ross' model, which is more useful in terms of predictability. Both models presented similar results in urban areas, while they make diagnostics of environmental fragilities to areas of non-consolidated occupation and presented restrictions about consolidated occupation areas. Also intending to contribute to Ross' model in an experimental level, the slope classification of RUEH (1975) was included, based in its geometry to variable relief of Ross' model. As a result, meaningful differences were obtained for some areas in relation to the model originally proposed by Ross.

Keywords: Environmental Fragility, Models, Methodologies, Urban Environments, Dynamic of Slopes.

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

| | |
|---------------|--|
| EMPLASA..... | Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo |
| DG-FFLCH-USP. | Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. |
| INPE..... | Instituto de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos - SP) |
| IPT..... | Instituto de Pesquisas Tecnológicas da USP |
| MNT..... | Modelo Numérico de Terreno |
| PMSP..... | Prefeitura do Município de São Paulo |
| RMSP..... | Região Metropolitana de São Paulo |
| SMCS..... | Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras |
| SEHAB..... | Secretaria da Habitação (São Paulo - SP) |
| SEMPLA..... | Secretaria Municipal do Planejamento (São Paulo - SP) |
| SIG..... | Sistemas de Informações Geográficas |
| UTB..... | Unidade Territorial Básica |
| UTM..... | Universal Transversa de Mercator (Projeção) |

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Pg.

| | |
|---|----|
| Foto 1 – Exemplos da taxonomia do relevo proposta por Ross (1992): vista parcial dos bairros da Brasilândia e da Cachoeirinha, com a Serra da Cantareira ao fundo, obtida a partir da Freguesia do Ó. Apesar de não estar na imagem, a área de estudo pertence a este contexto. Ângulo de visada: 0°..... | 46 |
| Foto 2 - Margem direita do córrego do Bispo: após a supersaturação da planície, os barracos começam a ser construídos até mesmo nas encostas da Serra da Cantareira. Ângulo de visada: 0°..... | 50 |
| Foto 3 – Planície fluvial do Córrego do Bispo, com vegetação paludal, típica de áreas com drenagem deficiente, condição que é evidenciada pelo solo úmido (detalhe). Ao fundo, os morros altos do maciço granítico da Cantareira recobertos por mata densa. Ângulo de visada: 0°..... | 53 |

| | |
|--|----|
| Foto 4 – Pastagem em área rural na média vertente do córrego do Bispo. Ao fundo mata secundária densa ocupando frente de interflúvio convexa. Ângulo de visada: 270°..... | 54 |
| Foto 5 - Em primeiro plano, ocupação de médio padrão. Em segundo plano ocupação regularizada, densa e de baixo padrão e autoconstruções de alvenaria. Ao fundo autoconstruções de madeira ladeando o baixo curso do córrego do Bispo.Ângulo de visada: 0°..... | 55 |
| Foto 6 - Anfiteatro ocupado por autoconstruções de alvenaria. Ângulo de visada: 180°..... | 72 |
| Foto 7 - Ocupação vertical de médio padrão da Cohab Jardim Antártica: urbanização consolidada apresentando ruas com meio fio e sistema de coleta de lixo e esgotos. Ao fundo observam-se cortes cobertos por gramíneas. Ângulo de visada: 90°..... | 78 |
| Foto 8 - Autoconstruções de madeira e de alvenaria nas margens do córrego do Bispo: falta de serviços básicos. O avanço destas ocupações vertente acima pode gerar situações de elevada instabilidade. Ângulo de visada: 0°..... | 81 |

LISTA DE MAPAS

| | Pg. |
|--|-----|
| Mapa 1 – Localização e Orientação das Fotografias na Área de Estudo..... | 13 |
| Mapa 2 – Clinografia..... | 45 |
| Mapa 3 - Geomorfologia..... | 46 |
| Mapa 4 – Geologia..... | 51 |
| Mapa 5 – Pedologia..... | 53 |
| Mapa 6 – Uso e Ocupação da Terra/ Cobertura Vegetal..... | 58 |
| Mapa 7 – Vulnerabilidade Baseada nas Unidades Territoriais Básicas..... | 89 |
| Mapa 8 – Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis..... | 91 |
| Mapa 9 – Áreas de Risco Sócio-Ambiental (SCMS 2003-2004)..... | 93 |
| Mapa 10 – Fragilidade Potencial do Relevo Baseada em RUEH..... | 126 |

LISTA DE FIGURAS

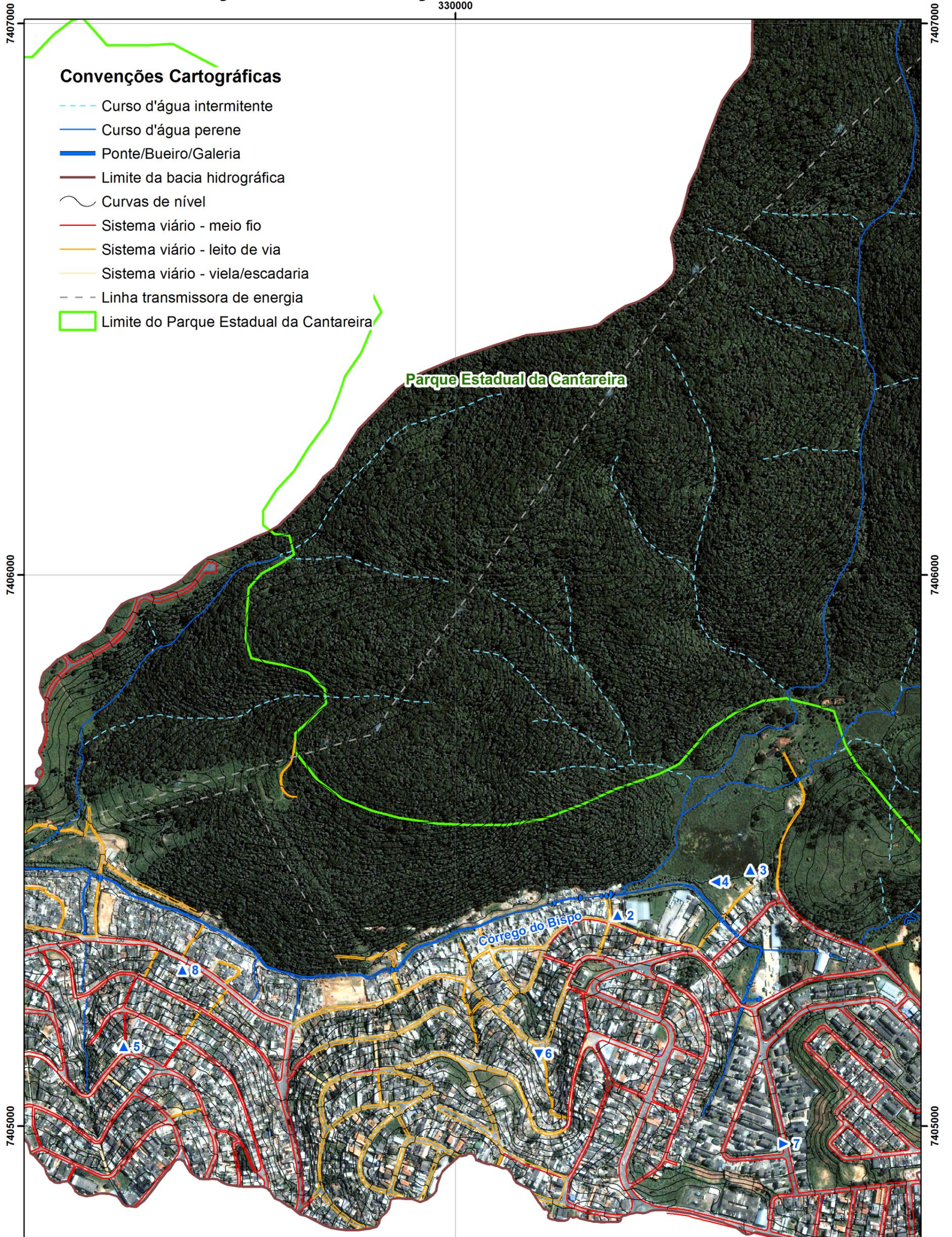
| | Pg. |
|---|-----|
| Figura 1: Unidades Taxonômicas do Relevo propostas por ROSS (1992)..... | 26 |
| Figura 2: Localização da área de estudo..... | 43 |
| Figura 3: Perfil transversal da bacia do córrego do Bispo..... | 44 |
| Figura 4: A remoção indiscriminada da cobertura vegetal é um fator que pode potencializar a ocorrência de escorregamentos..... | 50 |
| Figura 5 - Área rural na bacia do Córrego do Bispo: através de correlações entre geomorfologia, pedologia e uso da terra/cobertura vegetal, foram estabelecidas as unidades de paisagem utilizadas no modelo de Ross..... | 59 |
| Figura 6 - Área rural na bacia do Córrego do Bispo: através de correlações entre geomorfologia, pedologia, uso da terra/cobertura vegetal e geologia, foram estabelecidas as unidades de paisagem utilizadas no modelo do Inpe... | 61 |
| Figura 7: Modelo tridimensional obtido através de curvas de nível de carta topográfica 1:10.000..... | 69 |
| Figura 8: Modelo tridimensional obtido através de curvas de nível de cartas topográficas 1: 2.000..... | 70 |
| Figura 9: Embora a ocupação seja intensa, observa-se no modelo em 3-D que no plano topográfico o anfiteatro foi pouco alterado..... | 73 |
| Figura 10: Potencialização de escorregamentos em função de falta de infraestrutura adequada..... | 81 |
| Figura 11: A elevação do nível do lençol freático como fator de instabilização..... | 96 |
| Figura 12: Classificação dos elementos de encosta de uma paisagem de acordo com a forma e os processos operantes..... | 97 |
| Figura 13: Formas geométricas das vertentes..... | 98 |
| Figura 14: Correspondência entre os tipos de vertentes da classificação de TROEH (1965) e RUEH (1975)..... | 102 |
| Figura 15: Unidade ideal de relevo e suas componentes elementares..... | 106 |
| Figura 16: Vertente convexa da tipologia de Ross, subdividida em dois tipos da tipologia de Rueh..... | 125 |

LISTA DE TABELAS

| | Pg. |
|---|-----|
| Tabela 1 - Classes de declividade..... | 28 |
| Tabela 2 - Categorias hierárquicas das classes de declividade..... | 28 |
| Tabela 3 - Classes de fragilidade dos solos..... | 29 |
| Tabela 4 - Graus de proteção do solo em função dos tipos de cobertura vegetal..... | 30 |
| Tabela 5 - Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos..... | 31 |
| Tabela 6 – Avaliação da vulnerabilidade das unidades de paisagem natural.... | 33 |
| Tabela 7 – Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas..... | 34 |
| Tabela 8 – Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade..... | 35 |
| Tabela 9 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade utilizados para a análise da área de estudo..... | 35 |
| Tabela 10 – Valores de vulnerabilidade dos solos. Modificada de CREPANI et. al. (1996) incluindo correlação com a nova nomenclatura de solos da EMBRAPA (1999) baseada em PRADO (2001)..... | 36 |
| Tabela 11 – Valores de vulnerabilidade da cobertura vegetal, segundo os graus de proteção ao solo..... | 37 |
| Tabela 12 – Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo..... | 38 |
| Tabela 13 – Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns..... | 39 |
| Tabela 14 - Resumo comparativo entre as Unidades Ecodinâmicas e Unidades Territoriais Básicas..... | 63 |
| Tabela 15 – Índices de fragilidade/vulnerabilidade dos solos da área de estudo..... | 77 |
| Tabela 16 – Índices de fragilidade atribuídos aos usos/ocupações urbanas..... | 83 |
| Tabela 17 – Índices de fragilidade e vulnerabilidade atribuídos aos usos/ocupações urbanas na área de estudo..... | 83 |
| Tabela 18 – Perdas de Terra e Água em Goiânia 1980/1..... | 100 |
| Tabela 19 - Correspondência entre as tipologias de Ross e Rueh e nova | |

| | |
|--|-----|
| tipologia agregada..... | 110 |
| Tabela 20 - Categorias hierárquicas de fragilidade das feições geomórficas.... | 112 |
| Tabela 21 - Graus hierárquicos das feições geomórficas..... | 115 |
| Tabela 22 - Matriz dos índices de fragilidade a partir da relação Tipos de vertentes/ Classes de declividades..... | 118 |
| Tabela 23 - Quadro comparativo entre os níveis de fragilidade baseados somente nas classes de declividade e baseado nas matrizes tipos de vertentes/classes de declividades..... | 122 |

MAPA 1 - LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS NA ÁREA DE ESTUDO



Base Cartográfica:

Fonte: EMPLASA, 1973.

Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007

Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000.

Eqüidistância das curvas de nível: 5 m

Organização: Eric Macedo Massa, 2007

1:6.500

UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S



SUMÁRIO

Pg.

| | |
|--|----|
| APRESENTAÇÃO..... | 16 |
| 1. OBJETIVO..... | 17 |
| 2. JUSTIFICATIVAS..... | 18 |
| 2.1 Relevância do Tema no Contexto Social..... | 18 |
| 2.2 Relevância do Tema no Contexto Científico..... | 19 |
| 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 20 |
| 3.1 Orientação Teórico-Methodológica..... | 22 |
| 3.2 Elementos Conceituais e Operacionais das Metodologias de Fragilidade Ambiental..... | 22 |
| 3.2.1 Análise Empírica dos Ambientes Naturais e Antropizados (ROSS, 1990 e 1994)..... | 22 |
| 3.2.2 Análise da Vulnerabilidade Natural à Erosão (CREPANI et. al., 1996).... | 32 |
| 4. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS..... | 40 |
| 4.1 Modelo Numérico de Terreno..... | 40 |
| 4.2 Interpretação de Imagens de Satélite..... | 41 |
| 4.3 Trabalho de Campo..... | 41 |
| 5. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO..... | 42 |
| 6. CRITÉRIOS PARA A DEFINIÇÃO DAS UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS (INPE) E UNIDADES ECODINÂMICAS DE FRAGILIDADES POTENCIAIS E EMERGENTES (ROSS)..... | 59 |
| 7. IMPORTÂNCIA DA VARIÁVEL RELEVO NOS MODELOS DE FRAGILIDADE..... | 65 |
| 8. ADEQUAÇÃO DOS MODELOS GEOMORFOLÓGICOS AOS AMBIENTES URBANOS..... | 67 |
| 8.1 Índices de Fragilidade do Relevo em Áreas Urbanas..... | 68 |
| 8.2 Índices de Fragilidade do solo em Áreas Urbanas..... | 74 |
| 8.3 Índices de Fragilidade das Classes de Uso e Ocupação da Terra em Áreas Urbanas..... | 79 |
| 9. RESULTADOS E CONCLUSÕES..... | 85 |
| 10. ELEMENTOS RELACIONADOS À DINÂMICA DAS VERTENTES | |

| | |
|--|-----|
| COMO SUBSÍDIOS PARA DEFINIÇÃO DOS GRAUS DE FRAGILIDADE DO RELEVO..... | 94 |
| 10.1 Comprimento da Rampa..... | 95 |
| 10.2 Profundidade do Lençol Freático..... | 95 |
| 10.3 Forma Geométrica das Vertentes..... | 97 |
| 10.4 Definição de Subsídios Relacionados à Dinâmica de Vertentes para Incorporação à Metodologia de Ross..... | 101 |
| 11. CLASSIFICAÇÃO DE VERTENTES DE RUEH COMO SUBSÍDIO AO CRITÉRIO DE DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE DO RELEVO DO MODELO DE ROSS: UM ENSAIO METODOLÓGICO..... | 105 |
| 11.1 Revisão Bibliográfica..... | 105 |
| 11.2 Incorporação do Modelo de Rueh à Metodologia de Ross..... | 107 |
| 11.3 Adaptação da Tipologia de Vertentes..... | 108 |
| 11.4 Atribuição de Índices de Fragilidade aos Tipos de Vertentes..... | 111 |
| 11.5 Critério Alternativo para Definição da Fragilidade do Relevo..... | 117 |
| 12 RESULTADOS E REFLEXÕES FINAIS..... | 127 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 129 |
| ANEXOS..... | 133 |
| ANEXO A – BOLETIM DA SUBPREFEIRURA CASA VERDE/CACHOEIRINHA..... | 134 |
| ANEXO B – MAPA DO PARQUE LINEAR DO CÓRREGO DO BISPO... | 135 |
| ANEXO C – MAPA DAS ÁREAS DE RISCO SÓCIO-AMBIENTAL (ORIGINAL)..... | 136 |

APRESENTAÇÃO

Nas últimas décadas, com a intensificação da expansão urbana nas metrópoles brasileiras, o processo de ocupação humana em áreas ambientalmente frágeis tornou-se um dos problemas sociais de maior relevância.

O sítio urbano da capital paulista está localizado em uma bacia sedimentar ladeada por litologia cristalina pré-cambriana. As encostas localizadas entre estas unidades litológicas são áreas desfavoráveis à ocupação, uma vez que são altamente suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa, sobretudo nos meses de verão, quando ocorrem chuvas torrenciais.

Neste contexto, a Serra da Cantareira, vem sendo gradativamente ocupada, tanto por populações abastadas em busca de uma melhor qualidade de vida, quanto por populações de baixo poder aquisitivo. Muitas vezes, a forma como ocorrem essas ocupações, além de provocar a degradação ambiental, coloca em risco milhares de pessoas, não apenas na região da Serra da Cantareira, como em toda região metropolitana de São Paulo e entorno.

A proposta desta pesquisa é aprofundar os estudos realizados na disciplina Trabalho de Graduação Individual II, concluída no segundo semestre de 2003. Na ocasião, utilizou-se o modelo geomorfológico de ROSS (1994) – Análise Empírica dos Ambientes Naturais e Antropizados. Nesta pesquisa, além deste modelo, pretende-se trabalhar com outro modelo geomorfológico aplicável ao meio ambiente.

1. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é realizar uma análise comparativa entre dois modelos geomorfológicos. O primeiro modelo é o de ROSS (1994) – Análise Empírica dos Ambientes Naturais e Antropizados. O INPE elaborou o segundo modelo de análise ambiental utilizado nesta pesquisa. (CREPANI et. al, 1996)

Estes modelos serão comparados em relação aos seguintes aspectos: critérios utilizados para a definição das unidades de paisagem; importância da variável relevo e melhor adequação ao ambiente urbano, em uma mesma área experimental.

2. JUSTIFICATIVAS

2.1 Relevância do tema no contexto sócio-ambiental

Os escorregamentos de vertentes representam um grande risco à população. Atualmente, existem centenas de áreas de risco, sujeitas a processos de escorregamentos na Região Metropolitana de São Paulo. Segundo mapeamento de risco organizado entre 2003 e 2004 pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e pela Universidade do Estado de São Paulo (Unesp), apenas na capital paulista, foram identificados 562 áreas de risco distribuídos entre escorregamentos e solapamentos em beira de córregos.

No verão, com a maior incidência de chuvas, esses processos são potencializados. Este fato associado a ocupações irregulares e clandestinas, freqüentemente sem o devido apoio técnico, fruto da intensificação do processo de concentração de renda e da conseqüente exclusão territorial, resulta em transtornos de toda ordem. Contudo, a ocupação humana na região da Serra da Cantareira, não se limita às classes mais pobres. Condomínios de alto padrão também são responsáveis por impactos ambientais, tais como o desflorestamento e o assoreamento de cursos d'água.

A realização de estudos acerca das fragilidades ambientais pode ser relevante para as sociedades urbanas, na medida em que diagnosticam as áreas desfavoráveis à ocupação humana, fornecendo subsídios para a atuação do poder público, através de políticas e diretrizes de planejamento físico-territorial. Assim, estudos geomorfológicos e geológico-geomorfológicos aplicáveis ao meio ambiente, são de amplo interesse social.

Os estudos sobre as fragilidades ambientais em escalas de detalhe podem ainda ser de grande contribuição na resolução de problemas ambientais de ordem regional, na medida em que estes, muitas vezes advêm de problemas ambientais de ordem local. A ocupação humana em áreas ambientalmente frágeis gera riscos e

degradações locais. No decorrer de anos, os problemas gerados por esta ocupação como aumento da carga de sedimentos dos cursos d'água, solapamentos das margens e impermeabilização dentre outros, tendem a ampliar-se.

Na área de estudo, podem ser citados como desdobramentos negativos da ocupação, o assoreamento de cursos d'água, desmatamento, degradação de mananciais e proximidade a áreas de preservação ambiental. (Parque Estadual da Cantareira e Parque Estadual Alberto Loefgren).

Extrapolando estes problemas para um contexto maior, os cursos d'água da Bacia do Córrego do Bispo contribuem para a deposição excessiva de sedimentos em cursos d'água de maior relevância regional, no caso o Córrego do Cabuçu de Baixo e o Rio Tietê. (Figura 2, p.43).

2.2 Relevância do tema no contexto científico

No âmbito científico, a temática desta pesquisa reveste-se de importância, na medida em que é proposto o trabalho integrado com informações de mais de um campo do conhecimento científico. Isto representa, portanto, um esforço multidisciplinar, no momento em que este tipo de enfoque torna-se cada vez mais presente no âmbito científico, numa tentativa de superar as limitações da abordagem unilateral do objeto de estudo e compreendê-lo, senão em todos os seus aspectos, ao menos estabelecendo relações entre eles, para assim proporcionar um conhecimento mais consistente de sua realidade.

Dessa forma, a Geografia, como ciência de síntese e de enfoque multidisciplinar, oferece uma grande contribuição para os estudos que abordam a relação natureza-sociedade.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Orientação Teórico-Metodológica

O método científico pode ser definido como o caminho utilizado para atingir os objetivos da pesquisa. Segundo NAGEL (1974 p.19):

"O método científico é a lógica geral, tácita ou explicitamente empregada para apreciar os méritos de uma pesquisa. Convém, portanto, imaginar o método da Ciência como conjunto de normas-padrão que devem ser satisfeitas, caso se deseje que a pesquisa seja tida por adequadamente conduzida e capaz de levar a conclusões merecedoras de adesão racional".

Na ciência geográfica, como em também no âmbito científico em sua totalidade, não existe um modelo teórico-metodológico que consiga contemplar a realidade de modo integral. Dessa forma, torna-se necessário escolher o recorte mais adequado a cada objeto geográfico. Esta pesquisa objetiva a comparação entre duas metodologias que pertencem a uma especialização da Geografia: a Geomorfologia. Esta especialização ou disciplina pode ser definida, como o estudo das formas do relevo terrestre em sua localização, gênese e idade.

Ambas as metodologias - a análise empírica dos ambientes naturais antropizados de Ross e a análise da vulnerabilidade natural à erosão do INPE, são oriundas de uma mesma corrente da geomorfologia, fundamentando-se essencialmente em TRICART (1977).

A elaboração e estruturação desta pesquisa foram suscitadas pelo interesse de elucidar diferenças e semelhanças entre estas metodologias com uma origem teórica em comum. Com o intuito de precisar e viabilizar a busca deste objetivo foi necessária a adoção de variáveis. Optou-se então pela escolha de aspectos capitais relacionados às configurações das metodologias – critérios utilizados para delimitação de unidades de paisagem e importância do parâmetro relevo – e um

aspecto relacionado à aplicabilidade de ambos – a adequação das metodologias aos ambientes urbanos.

A bacia do córrego do Bispo foi escolhida como área experimental, por apresentar uma distribuição de usos da terra/ cobertura vegetal que viabiliza a comparação das metodologias em relação ao último aspecto, visto que um terço de sua área corresponde à ocupação urbana de baixo e médio padrão e autoconstruções.

Para lograr seu objetivo, a presente pesquisa requer como principal processo mental utilizado pelo método científico, a comparação. Este processo permite a compreensão a partir de semelhanças e diferenças entre os objetos. Dessa forma, cada variável deste estudo passou por uma série de procedimentos analítico-comparativos.

Para comparar as metodologias em relação aos critérios de delimitação das unidades de paisagem, foi essencial:

- Elencar de modo quantitativo e qualitativo, o total de parâmetros empregados por cada metodologia, ou seja, os componentes do meio físico.
- Discriminar de que forma esses parâmetros são combinados na delimitação das unidades de paisagem de cada metodologia.
- Analisar a repercussão de cada grupo de parâmetros na configuração espacial das unidades de paisagem. (Dimensão e número total de unidades de paisagem).
- Analisar a influência de cada grupo de parâmetros em relação aos resultados de fragilidade ambiental obtidos.

A segunda variável de comparação da pesquisa diz respeito à importância do parâmetro relevo no escopo das metodologias. Para mensurá-la foi necessário:

- Comparar em termos quantitativos, a participação do parâmetro relevo em relação aos demais parâmetros, na obtenção dos índices de fragilidade.
- Comparar a participação do parâmetro relevo em termos qualitativos.

A adequação das metodologias aos ambientes urbanizados constitui a terceira variável da análise. Para realizar esta comparação foi preciso:

- Verificar qual é o enfoque das metodologias em relação às áreas urbanas.
- Analisar a viabilidade de mensuração de índices de fragilidade para áreas urbanas, no caso de uma ou de ambas as metodologias não enfocarem as classes de uso e ocupação da terra destas áreas.
- Comparar os resultados obtidos em ambas as metodologias, na mesma área experimental, em caso de viabilidade da etapa anterior.

3.2 Elementos Conceituais e Operacionais das Metodologias de Fragilidade Ambiental

3.2.1 Análise Empírica dos Ambientes Naturais e Antropizados (ROSS, 1990 e 1994)

“A pesquisa ambiental, na abordagem geográfica é fundamental para atingir adequados diagnósticos a partir dos quais torna-se possível elaborar prognósticos. A pesquisa ambiental na geografia tem como objeto entender as relações das sociedades humanas com a natureza dentro de uma perspectiva absolutamente dinâmica nos aspectos culturais, sociais, econômicos e naturais”. ROSS (1995, p.66)

Segundo ROSS (op.cit), os produtos de síntese dentro da abordagem geográfica devem ser espacializados no território objeto da pesquisa, e seus conteúdos devem abranger sinteticamente as informações multi-temáticas pesquisadas nos temas das disciplinas especializadas.

Na realização desta pesquisa, utilizaram-se as Unidades de Fragilidades Ambientais como produto de síntese. ROSS (op. cit.), enfatiza que a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes permitem definir de maneira mais precisa, as diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial.

ROSS (1994) avalia as fragilidades ambientais naturais aplicadas ao planejamento territorial de caráter ambiental, baseando-se no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por TRICART (1977).

Este conceito é associado ao conceito de ecossistema e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/ matéria no meio ambiente. Dessa forma, não se trata apenas de um conceito, mas de uma metodologia baseada na dinâmica dos ecótopos, a qual Tricart denominou *Ecodinâmica*.

Sob esta concepção ecológica, o meio ambiente é analisado sob o enfoque da Teoria dos Sistemas. TRICART (1977, p.19) define um sistema como *"um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como conseqüência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema"*.

Segundo o autor, a abordagem sistêmica contribui de maneira muito rica para a geografia física, integrando conhecimentos anteriormente isolados e corrigindo o excesso unilateral da atitude analítica.

A utilização do instrumento lógico dos sistemas justifica-se ainda por proporcionar ao pesquisador, a possibilidade de discernir rapidamente as alterações indiretas engendradas por uma intervenção que atinge determinado elemento do ecossistema. As intervenções humanas geralmente afetam a cobertura vegetal, modificando a funcionalidade do sistema e gerando processos degenerativos.

TRICART (op.cit) realizou a distinção de três grandes meios morfodinâmicos em função dos processos atuais:

- *Meios estáveis*, cujo modelado evolui de modo constante e lento, contribuindo para a permanência no tempo de combinações de fatores;
- *Meios intergrades*, transicionais entre os meios instáveis e estáveis no qual há um relativo equilíbrio entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos;
- *Meios fortemente instáveis*, caracterizados pela predominância da morfogênese, determinando o sistema natural ao qual outros elementos estão subordinados.

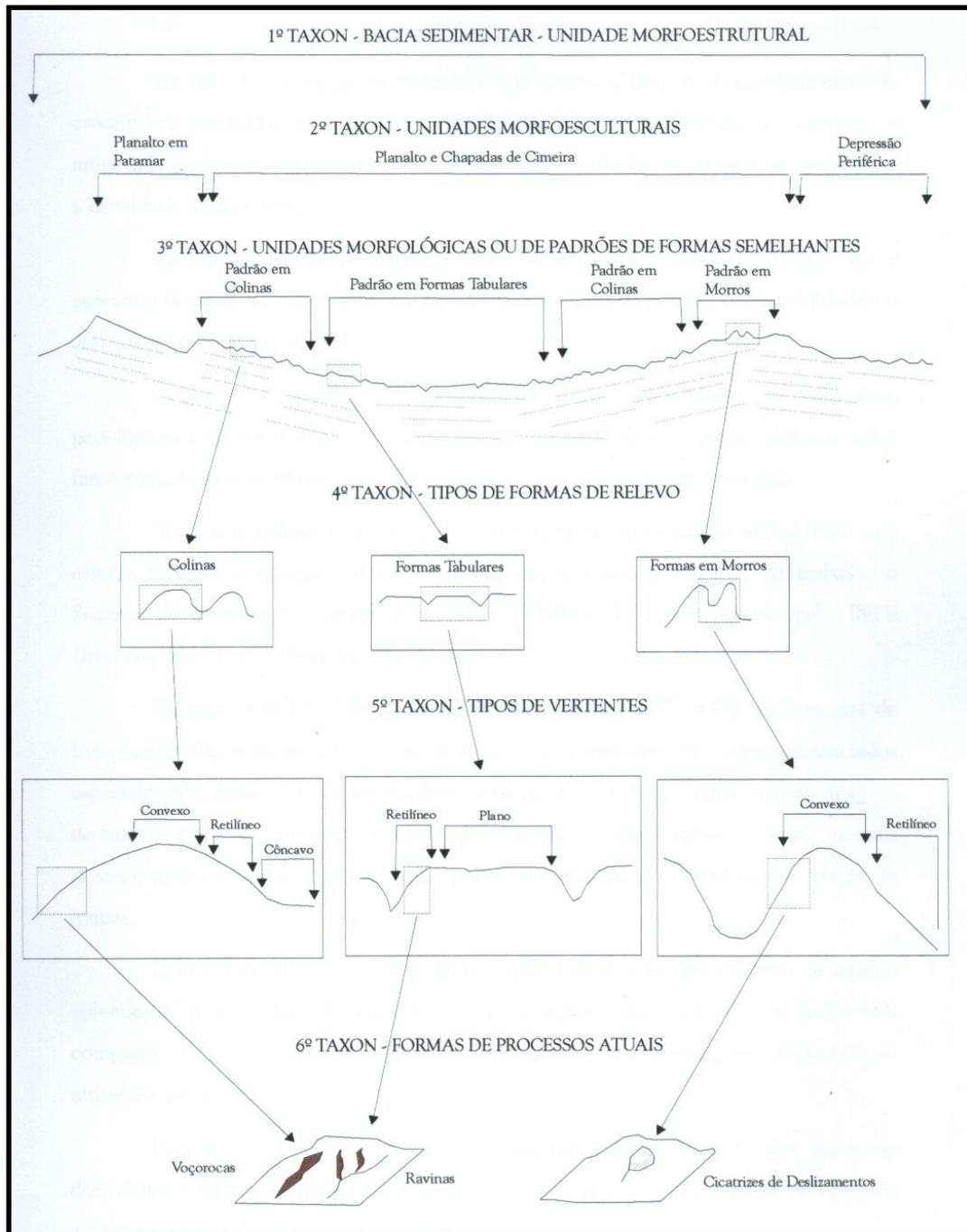
Visando uma maior aplicabilidade para subsidiar o planejamento ambiental, ROSS (1990 e 1994), aperfeiçoou esses conceitos. Segundo o autor, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são aquelas que “*estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto em seu estado natural*”. As Unidades Ecodinâmicas Instáveis são “*aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e prática de atividades econômicas diversas*”. ROSS (op. cit.) estabeleceu ainda, subcategorias para as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade

Emergente, que vão desde muito fraca a muito forte. As mesmas subcategorias aplicam-se para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, em função de estas apresentarem instabilidade potencial previsível em termos qualitativos. Esta divisão justifica-se pelas possíveis inserções humanas nas unidades em equilíbrio dinâmico.

Para diagnosticar as diferentes categorias hierárquicas das fragilidades dos ambientes naturais é necessário analisar integradamente os produtos dos solos, dos levantamentos geológicos, dos padrões de uso e ocupação da terra e dos índices de dissecação do relevo, assim como as informações climáticas.

O relevo é o fator preponderante na obtenção dos resultados desta análise, e por este motivo será classificado mais detalhadamente. GUERASIMOV (1946) e MECERJAKOV (1968) apud ROSS (1992, pp. 18-19) desenvolveram os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, partindo dos pressupostos teóricos preconizados por PENCK (1953) apud ROSS (op.cit, p.18), de que os antagônicos processos endógenos e exógenos geram as formas grandes, médias e pequenas do relevo terrestre. Assim, todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural decorrente da ação do tipo climático pretérito e atual, que atuou e atua nessa estrutura.

A partir destes pressupostos, ROSS (1992), propõe uma classificação do relevo em seis táxons, de acordo com o grau de detalhamento, conforme ilustra a Figura 1:



**Figura 1: Unidades Taxonômicas do Relevo propostas por ROSS (1992).
Fonte: ROSS (1992) apud AMARAL (2001)
Org: MASSA, 2007**

O primeiro táxon - Unidades Morfoestruturais - corresponde às formas resultantes da estrutura do relevo, como os Sedimentos Costeiros e o Cinturão Orogênico do Atlântico.

O segundo, diz respeito às compartimentações resultantes da ação climática sobre o tipo de estrutura do relevo, denominadas Unidades Morfoesculturais como, por exemplo, a Depressão Periférica Paulista.

O terceiro táxon - Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes - é constituído por conjuntos de formas menores do relevo, contidas nas Unidades Morfoesculturais, que apresentam distinções de aparência entre si em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, sendo definidos pelo agrupamento das formas de agradação e formas de denudação. Exemplos: padrões de formas em morros e padrões de formas em colinas.

Os três táxons seguintes possuem dimensões espaciais menores, nos quais os processos morfoclimáticos atuais podem ser mais facilmente concebidos. As formas individualizadas, como morros e colinas, dentro de cada Unidade de Padrão de Formas Semelhantes, correspondem ao quarto táxon: Tipos e Formas de Relevo.

O quinto táxon - Tipos de Vertentes – refere-se as vertentes ou setores das formas individualizadas do relevo, como vertentes côncavas, vertentes convexas, patamares de vertentes convexas e topos planos.

As Formas dos Processos Atuais, sexto e último táxon, correspondem às formas de relevo ainda menores decorrentes de processos geomórficos atuais e principalmente, pela ação humana, como os sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes de deslizamento, cortes e aterros.

Na análise integrada das fragilidades ambientais consideram-se os seguintes parâmetros por ordem de importância: 1.º - O relevo (tipos de vertentes e índices de dissecação); 2.º - O tipo de solo; 3.º - Grau de proteção do solo em função da cobertura vegetal e tipos de uso da terra e 4.º Clima (características pluviométricas). Essa hierarquia será a base de uma matriz de três algarismos. Cada algarismo representa um dos referidos parâmetros de acordo com a hierarquia

apresentada e os classifica em função de cinco graus de fragilidade, de acordo com ROSS (1994): 1- Muito fraco; 2 – Fraco; 3 – Médio; 4 – Forte; 5 – Muito forte.

ROSS (op. cit.), esclarece que a variável relevo nas análises em escalas de maior detalhe (situação desta pesquisa), como 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2000, requer a utilização de intervalos de classes de declividade já consagrados nos estudos de Capacidade de Uso/Aptidão Agrícola associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/ deslizamentos e inundações freqüentes. Estas classes são:

Tabela 1 - Classes de declividade

| Ordem | Intervalo |
|--------------|------------------|
| 1 | < 3 % |
| 2 | 3 a 6 % |
| 3 | 6 a 12 % |
| 4 | 12 a 20 % |
| 5 | 20 a 30 % |
| 6 | 30 a 50 % |
| 7 | > 50 % |

Fonte: ROSS (1994)

Considerando as classes de declividade até 6% como muito baixas, o arranjo em categorias é o seguinte:

Tabela 2 - Categorias hierárquicas das classes de declividade

| Categorias Hierárquicas | Classes de Declividades |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 - Muito Fraca | até 6 % |
| 2 - Fraca | de 6 a 12 % |
| 3 - Média | de 12 a 30 % |
| 4 - Forte | de 20 a 30 % |
| 5 - Muito Forte | Acima de 30 % |

Fonte: ROSS (1994)

Para escalas médias e pequenas, de menor detalhe, como 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, deve ser utilizada a matriz dos índices de dissecação do relevo desenvolvida por ROSS (1992). Devido a escala de detalhe utilizada nesta pesquisa, este referencial morfométrico não será utilizado.

Em relação à variável solo, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, ROSS (1994) determinou as seguintes classes de fragilidade ou erodibilidade:

Tabela 3 – Classes de fragilidade dos solos

| CLASSES DE FRAGILIDADE | TIPOS DE SOLOS |
|------------------------|--|
| 1 – Muito Baixa | Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa. |
| 2 – Baixa | Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo textura média/ argilosa. |
| 3 – Média | Latossolo Vermelho-amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ argilosa. |
| 4 – Forte | Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos. |
| 5 – Muito Forte | Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas. |

Fonte: ROSS (1994)

Para o parâmetro do grau de proteção dos solos em função da cobertura vegetal e tipos de uso da terra, ROSS (op. cit.) estabeleceu a seguinte hierarquia:

Tabela 4 – Graus de proteção do solo em função dos tipos de cobertura vegetal

| GRAUS DE PROTEÇÃO | TIPOS DE COBERTURA VEGETAL |
|------------------------|--|
| 1 – Muito Alta | Florestas; Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade. |
| 2 – Alta | Formações arbustivas naturais com extrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado denso, Capoeira densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau. |
| 3 – Média | Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/ terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas), pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas. |
| 4 – Baixa | Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/ terraceamento). |
| 5 - Muito Baixa à Nula | Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas. |

Fonte: ROSS (1994)

As informações climatológicas, especialmente aquelas relacionadas às precipitações, também constituem um fator de grande relevância para a análise da fragilidade ambiental, na medida em que estas exercem ação direta na dinâmica do sistema ambiental. A distribuição das precipitações regula o regime hídrico e exerce influência direta na evolução das formas do relevo por meio do intemperismo e erosão, principalmente pluvial e fluvial. Assim, ROSS (inédito) apud SPÖRL (2001) estabeleceu níveis hierárquicos às características climatológicas de acordo com a maior ou menor intensidade do efeito pluviométrico sobre os processos morfodinâmicos, tendo como subsídio os principais domínios climáticos que ocorrem no território brasileiro.

Tabela 5: Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos

| Níveis Hierárquicos | Características Pluviométricas |
|---------------------|--|
| 1 – Muito Baixa | Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano. |
| 2 - Baixa | Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano. |
| 3 - Média | Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março. |
| 4 - Forte | Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas. |
| 5 – Muito Forte | Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido). |

Fonte: ROSS (inédito) apud SPÖRL (2001)

As correlações dos dados de declividade e formas das vertentes, tipos de solos e grau de proteção dos solos de acordo com a cobertura vegetal, tipos de uso da terra e clima diagnosticam os diferentes níveis de fragilidade ambiental, através do produto síntese, o Mapa das Unidades Ecodinâmicas de Fragilidades Potenciais e Emergentes.

3.2.2 Análise da Vulnerabilidade Natural à Erosão (CREPANI et. al., 1996)

Assim como a metodologia de ROSS (1994), esta metodologia proposta pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – foi desenvolvida a partir do conceito de ecodinâmica de TRICART (1977), baseada na relação morfogênese/pedogênese, e da potencialidade para estudos integrados.

Esta metodologia apóia-se inicialmente nas técnicas de sensoriamento remoto, pois é necessário interpretar imagens de satélite ou fotografias aéreas para elaborar um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas (UTB's).

CREPANI *et. al.* (1996), define uma Unidade Territorial Básica como uma “entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferencia-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais”.

Tais unidades podem ser divididas em duas categoriais, as “unidades de paisagem natural” e os “polígonos de ação antrópica”, decorrentes das intervenções humanas na paisagem.

Após a delimitação e mapeamento destas unidades sobre a imagem de satélite, definidas a partir da interpretação dos padrões fotográficos identificados pelas variações de cores, de textura, de forma e de padrões de drenagem e relevo, associa-se as mesmas com as informações temáticas pré-existentes.

Nesta metodologia a análise da paisagem envolve como temas ou variáveis, geologia, geomorfologia, solos, uso da terra/cobertura vegetal e clima.

Seguindo esta proposta metodológica, cada tema recebe uma pontuação de vulnerabilidade variando entre 1,0 e 3,0. O modelo é aplicado a cada tema individualmente, dentro de cada uma das unidades de paisagem natural.

Posteriormente estes valores são somados, e então é necessário obter uma média resultando em um valor final. Este valor representa a posição desta unidade de paisagem natural dentro da escala de vulnerabilidade à erosão, conforme tabela a seguir.

Tabela 6 – Avaliação da vulnerabilidade das unidades de paisagem natural

| Unidade | Relação Pedogênese/ Morfogênese | Valor |
|---------------|---|-------|
| Estável | Prevalece a pedogênese | 1,0 |
| Intermediária | Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese | 2,0 |
| Instável | Prevalece a morfogênese | 3,0 |

Fonte: CREPANI et. al. (1996)

A partir dessa primeira aproximação, visando contemplar uma maior variedade de categorias morfodinâmicas, os autores estabeleceram uma escala de vulnerabilidade para as situações que ocorrem naturalmente. Foi desenvolvido então o modelo apresentado pela tabela 7, que estabelece 21 classes de vulnerabilidade à perda de solo, distribuídas entre as situações onde há o predomínio dos processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (às quais se atribuem valores próximos de 3,0).

Tabela 7 – Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas

| Unidade de Paisagem | Média | | | Grau de Vulnerabilidade | Grau de Saturação | | | |
|---------------------|-------|-----|-----|-------------------------------------|-------------------|-------|------|-------|
| | | | | | Verm. | Verde | Azul | Cores |
| U1 | ↑ | 3,0 | | Vulnerável | 255 | 0 | 0 | |
| U2 | | 2,9 | | | 255 | 51 | 0 | |
| U3 | | 2,8 | | | 255 | 102 | 0 | |
| U4 | | V | 2,7 | | | 255 | 153 | 0 |
| U5 | U | 2,6 | | Moderadamente Vulnerável | 255 | 204 | 0 | |
| U6 | L | 2,5 | E | | 255 | 255 | 0 | |
| U7 | N | 2,4 | S | | 204 | 255 | 0 | |
| U8 | E | 2,3 | T | | 153 | 255 | 0 | |
| U9 | R | 2,2 | A | Medianamente Estável/ Vulnerável | 102 | 255 | 0 | |
| U10 | A | 2,1 | B | | 51 | 255 | 0 | |
| U11 | B | 2,0 | I | | 0 | 255 | 0 | |
| U12 | I | 1,9 | L | | 0 | 255 | 51 | |
| U13 | L | 1,8 | I | Moderadamente Estável | 0 | 255 | 102 | |
| U14 | I | 1,7 | D | | 0 | 255 | 153 | |
| U15 | D | 1,6 | A | | 0 | 255 | 204 | |
| U16 | A | 1,5 | D | | 0 | 255 | 255 | |
| U17 | D | 1,4 | E | Estável | 0 | 204 | 255 | |
| U18 | E | 1,3 | | | 0 | 153 | 255 | |
| U19 | | 1,2 | | | 0 | 102 | 255 | |
| U20 | | 1,1 | | | 0 | 51 | 255 | |
| U21 | | 1,0 | ↓ | | 0 | 0 | 255 | |

Fonte: CREPANI et. al (1996)

Org: MASSA, 2007.

No que concerne aos valores de vulnerabilidade para o parâmetro relevo, os critérios utilizados são os mesmos utilizados por Ross: a matriz dos índices de dissecação do relevo desenvolvida por ROSS (1992) para as escalas médias e pequenas e as classes de declividades para as escalas de detalhe.

Tabela 8 – Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

| Classes Morfométricas | Declividade (%) | Valores de Vulnerabilidade |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Muito Baixa | < 2 | 1,0 |
| Baixa | 2 - 6 | 1,5 |
| Média | 6 - 20 | 2,0 |
| Alta | 20 - 50 | 2,5 |
| Muito Alta | > 50 | 3,0 |

Fonte: CREPANI et. al. (1996)

Assim como no modelo de Ross, estas classes de declividades propostas podem ser substituídas por outras mais adequadas às características geomorfológicas da área na qual o modelo é aplicado. No caso desta pesquisa, que tem como objetivo comparar os modelos serão utilizadas as mesmas classes de declividades para ambos, objetivando deixar os elementos quantitativos da comparação com a maior uniformidade possível, respeitando é claro, as diretrizes de cada modelo.

Tabela 9 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade utilizados para a análise da área de estudo

| Classes Morfométricas | Declividade (%) | Valores de Vulnerabilidade |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Muito Baixa | < 6 | 1,0 |
| Baixa | 6 - 12 | 1,5 |
| Média | 12 - 20 | 2,0 |
| Alta | 20 - 30 | 2,5 |
| Muito Alta | > 30 | 3,0 |

Organização: Eric Macedo Massa, 2007

Em relação à variável solo, a metodologia do Inpe estabelece índices de vulnerabilidade para vinte e um tipos de solos, considerando como característica determinante destes índices, a maturidade dos solos.

Tabela 10 – Valores de vulnerabilidade dos solos. Modificada de CREPANI et. al. (1996) incluindo correlação com a nova nomenclatura de solos da EMBRAPA (1999) baseada em PRADO (2001)

| Classificação de Solos (Camargo et. al., 1987) | Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) | Vuln. |
|--|--|-------|
| Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelho-escuros Latossolos Roxos Latossolos Brunos Latossolos Húmicos Latossolos Húmicos Brunos | Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelhos Latossolos Vermelhos Latossolos Brunos Latossolos (...) Húmicos Latossolos Bruno (...) Húmicos | 1,0 |
| Podzólicos Amarelos Podzólicos Vermelho-Amarelos Podzólicos Vermelho-Escuros Terras Roxas Estruturadas Brunos Não-Cálcicos Brunizéns Brunizéns Avermelhados Rendizinas Planossolos Solos Hidromórficos Podzóis | Argissolos Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos Argissolos Luvisolos Alissolos Nitossolos Argissolos Nitossolos Luvisolos Chernossolos Chernossolos Chernossolos Planossolos Planossolos Espodossolos | 2,0 |
| Cambissolos | Cambissolos | 2,5 |
| Solos Litólicos Solos Aluviais Regossolos Areias Quartzosas Vertissolos Solos Orgânicos Solos Hidromórficos (não abúbticos) Glei Húmico Glei Pouco Húmico Plintossolo Laterita Hidromórfica Solos Concrecionados Lateríticos Afloramento Rochoso | Neossolos Litólicos Neossolos Flúvicos Neossolos Regolíticos Neossolos Quartzênicos Vertissolos Organossolos Gleissolos Gleissolos Plintossolos Gleissolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Afloramento Rochoso | 3,0 |

Fonte: CREPANI et. al. (1996, atualizado em 2001)

A cobertura vegetal, por sua vez, oferece proteção contra os efeitos dos processos morfogenéticos. Segundo CREPANI et.al. (op.cit.) a ação da cobertura vegetal ocorre na medida em que esta evita o impacto direto contra o terreno das gotas de chuva que promovem a desagregação das partículas, impede a compactação do solo que diminui a capacidade de absorção da água e aumenta a capacidade de infiltração do solo pela difusão do fluxo de água.

Assim, a densidade da cobertura vegetal, determina a capacidade de proteção do solo da unidade de paisagem na qual se insere.

Tabela 11 – Valores de vulnerabilidade da cobertura vegetal, segundo os graus de proteção ao solo

| Cobertura Vegetal | Proteção | Vulnerabilidade |
|---|----------|-----------------|
| Mata/ Reflorestamento | Alta | ~ 1,0 |
| Pastagens | Média | ~ 2,0 |
| Agricultura de ciclo curto, café e cana de açúcar | Baixa | ~ 3,0 |

Fonte: CREPANI et. al. (1996)

Org: MASSA, 2007.

No que se refere ao tema clima, segundo CREPANI et. al. (op. cit.):

“Os valores de intensidade pluviométrica podem ser considerados representantes de valores de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética responsável pela erosividade da chuva, logo podemos dizer que quanto maiores os valores da intensidade pluviométrica, maior é a erosividade da chuva e podemos criar uma escala de erosividade da chuva que represente a influência do clima nos processos morfodinâmicos”.

A escala de erosividade da chuva mencionada pelos autores é apresentada na tabela abaixo.

Tabela 12 – Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo

| Intensidade Pluviométrica (mm/mês) | Vulnerabilidade |
|------------------------------------|-----------------|
| < 50 | 1,0 |
| 50 - 75 | 1,1 |
| 75 - 100 | 1,2 |
| 100 - 125 | 1,3 |
| 125 - 150 | 1,4 |
| 150 - 175 | 1,5 |
| 175 - 200 | 1,6 |
| 200 - 225 | 1,7 |
| 225 - 250 | 1,8 |
| 250 - 275 | 1,9 |
| 275 - 300 | 2,0 |
| 300 - 325 | 2,1 |
| 325 - 350 | 2,2 |
| 350 - 375 | 2,3 |
| 375 - 400 | 2,4 |
| 400 - 425 | 2,5 |
| 425 - 450 | 2,6 |
| 450 - 475 | 2,7 |
| 475 - 500 | 2,8 |
| 500 - 525 | 2,9 |
| > 525 | 3,0 |

Fonte: CREPANI et. al. (1996)

Org: MASSA, 2007.

Além destas quatro variáveis, que também fazem parte da análise de Ross, a metodologia do Inpe contempla a variável geologia. CREPANI et.al (op. cit.) preconiza que:

“O grau de coesão das rochas é a informação básica da Geologia a ser integrada a partir da Ecodinâmica, uma vez que em rochas pouco coesas, podem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e formação dos solos (pedogênese)”.

Baseados nestas premissas, os autores estabeleceram uma escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns, ressaltando o caráter absolutamente relativo e empírico desta hierarquização.

Tabela 13 – Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns

| Tipos de Rochas | Litologias | Grau de Vuln. |
|-----------------------|---|---------------|
| Metamórficas | Quartzitos ou Metaquartzitos | 1,0 |
| Ígneas | Riólito, Granito, Dacito | 1,1 |
| Ígneas Intrusivas | Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos | 1,2 |
| Metamórficas | Migmatitos, Gnaisses | 1,3 |
| Ígneas Intrusivas | Fonólito, Nefelina, Sienito Traquito | 1,4 |
| Ígneas | Andesito, Diorito, Basalto | 1,5 |
| Ígneas Intrusivas | Anordosito, Gabro, Peridotito | 1,6 |
| Metamórficas | Milonitos, Quartzo, Muscovita, Biotita, Clorita xisto | 1,7 |
| Ígneas e Metamórficas | Piroxênio, Anfíbolito, Kimberlito, Dunito | 1,8 |
| Ígneas | Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto | 1,9 |
| Metamórficas | Estaurolita xisto, Xistos granatíferos | 2,0 |
| Metamórficas | Filito, Metassiltito | 2,1 |
| Metamórficas | Ardósia, Argilito | 2,2 |
| Metamórficas | Mármore | 2,3 |
| Sedimentares | Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos | 2,4 |
| Sedimentares | Conglomerados, Subgrauvacas | 2,5 |
| Sedimentares | Grauvacas, Arcózios | 2,6 |
| Sedimentares | Siltitos, Argilitos | 2,7 |
| Sedimentares | Folhelhos | 2,8 |
| Sedimentares | Calcários, Dolomitos, Mangas, Evaporitos | 2,9 |
| Sedimentares | Sedimentos inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc. | 3,0 |

Fonte: CREPANI et. al. (1996)

Org: MASSA, 2007.

Analogamente ao modelo de Ross, estas informações temáticas de geomorfologia, solos, cobertura vegetal, clima e geologia devem ser correlacionadas para gerar o produto síntese do modelo, o Mapa das Unidades Territoriais Básicas.

4. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

4.1 Modelo Numérico de Terreno

A paisagem da área de estudo é marcada por dois elementos contrastantes, a densa cobertura florestal da Serra da Cantareira ao norte e a densa urbanização ao sul da bacia. Estes dois grandes grupos de usos/cobertura vegetal correspondem a dois terços da área de estudo, o que dificulta, ou até mesmo inviabiliza a identificação de feições geomórficas com os recursos técnico-instrumentais da aerofotogrametria.

Uma possível solução seria a utilização de imagens de radar, para que assim, as feições geomórficas “camufladas” pela cobertura vegetal e área urbanizada, pudessem ser facilmente identificadas. Entretanto, não existem imagens de radar em escala compatível com a utilizada para o presente estudo.

Não sendo possível a realização de um mapeamento geomorfológico baseado em representações diretas da realidade, recorreu-se aos subsídios técnico-instrumentais dos Sistemas de Informações Geográficas, que permitem construir modelos numéricos de terreno (MNT). A esse respeito, FELGUEIRAS (1998), apresenta a seguinte definição:

“Um Modelo Numérico de Terreno (MNT) é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dados de relevo, informações geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informações meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MNT.”

Utilizando o software de SIG Arc Gis 9.1, foi possível criar um MNT na forma de grade TIN (do inglês Triangular Irregular Network), a partir das curvas de nível vetorizadas da bacia do córrego do Bispo. Este tipo de modelagem permite que as informações morfológicas importantes como as discontinuidades representadas por feições lineares do relevo (cristas) e drenagens (vales), possam ser representadas em uma visão tridimensional, facilitando sua delimitação no mapa geomorfológico.

4.2 Interpretação de Imagens de Satélite

Esta técnica além de ser útil na atualização das cartas base, foi a base para que fosse realizado um mapeamento preciso e atual dos usos e ocupação da terra/ cobertura vegetal na área de estudo. Foram utilizadas composições RGB dos satélites Ikonos e Quickbird, com resolução espacial de 1 m. Ainda assim, surgiram algumas dúvidas que foram solucionadas com trabalho de campo.

4.3 Trabalho de campo

O objetivo dos trabalhos de campo realizados na área de estudo foi o de verificar a validade e dirimir dúvidas em relação aos dados e informações compiladas pelos procedimentos técnicos deste trabalho.

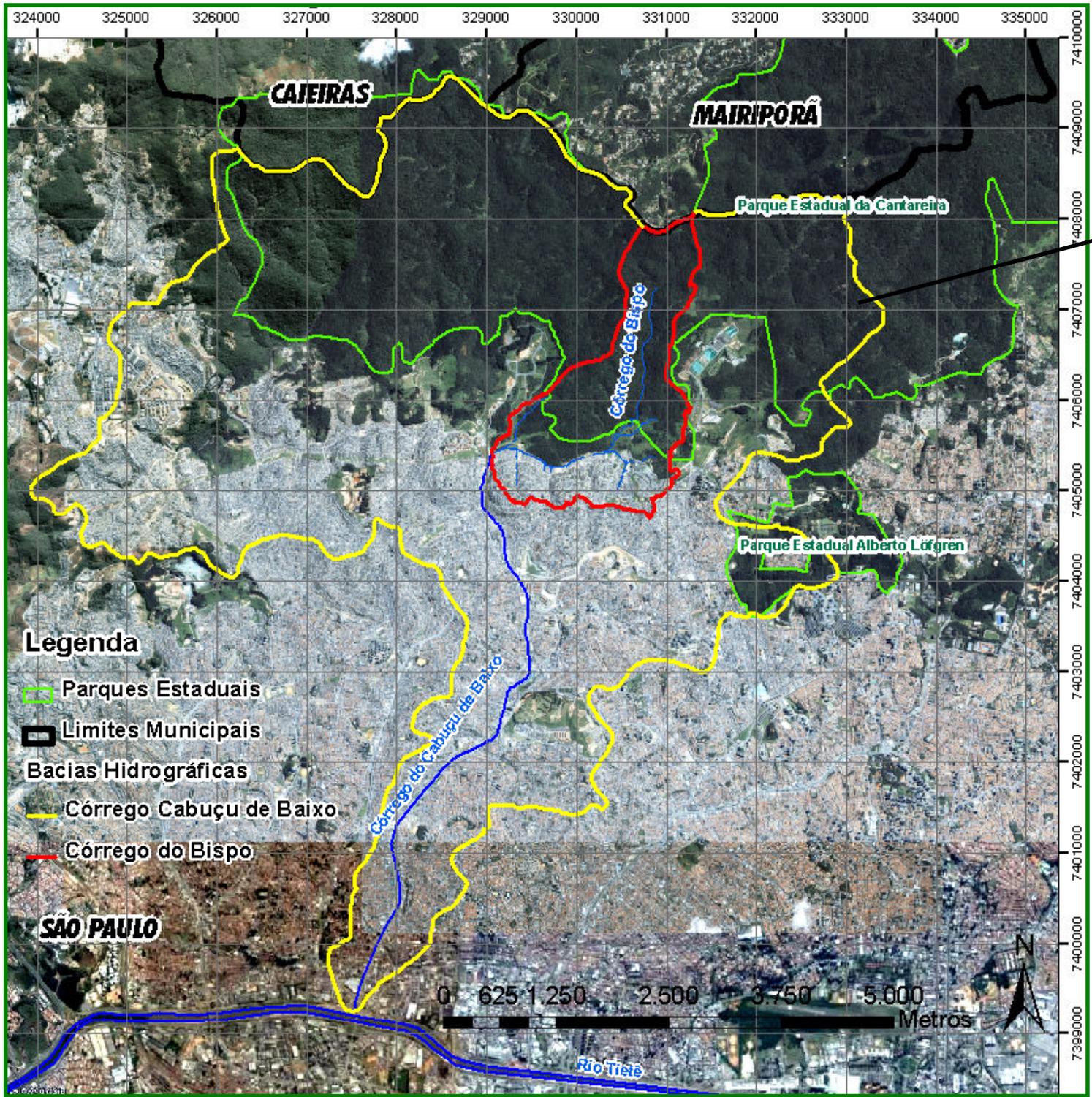
Mas o objetivo maior dessa atividade foi estabelecer um elo entre as situações que os modelos apresentaram como resultados e a realidade de campo. Fazendo essa comparação, pode-se verificar pontos fortes e as limitações de cada modelo.

5. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO-FÍSICO

Para a análise da área de estudo foram consideradas informações sobre geomorfologia, geologia, pedologia, clima e vegetação/uso da terra. Estes fatores devem ser analisados integralmente, pois assim se apresentam na natureza. Seguindo esta linha de raciocínio, estes fatores serão não apenas descritos, mas também abordados em suas relações.

A bacia do Córrego do Bispo localiza-se entre as coordenadas UTM 329.000 W e 331.500 W e 7.404.700 N e 7.408.200 N, no bairro da Cachoeirinha, município de São Paulo. Possui uma área de 3,83 Km², o que representa 0,25% da área total do município (1523 Km²). É abrangida parcialmente, pelo Parque Estadual da Cantareira, área de preservação permanente, criado pelo Decreto-Lei estadual n.º 41.626 de 30.1.1963 e pelo Decreto-Lei n.º 10.228, de 24.09.1968. (Figura 2)

Em termos gerais, apresenta uma combinação de elementos da paisagem, que favorece a dinamização de diversos processos geomorfológicos como movimentos de massa, assoreamentos e inundações periódicas. O homem pode agravar a velocidade e intensidade destes processos, na medida em que modifica a paisagem desconsiderando as relações entre seus componentes.



Legenda

- Parques Estaduais
- Limites Municipais
- Bacias Hidrográficas
- Córrego Cabuçú de Baixo
- Córrego do Bispo

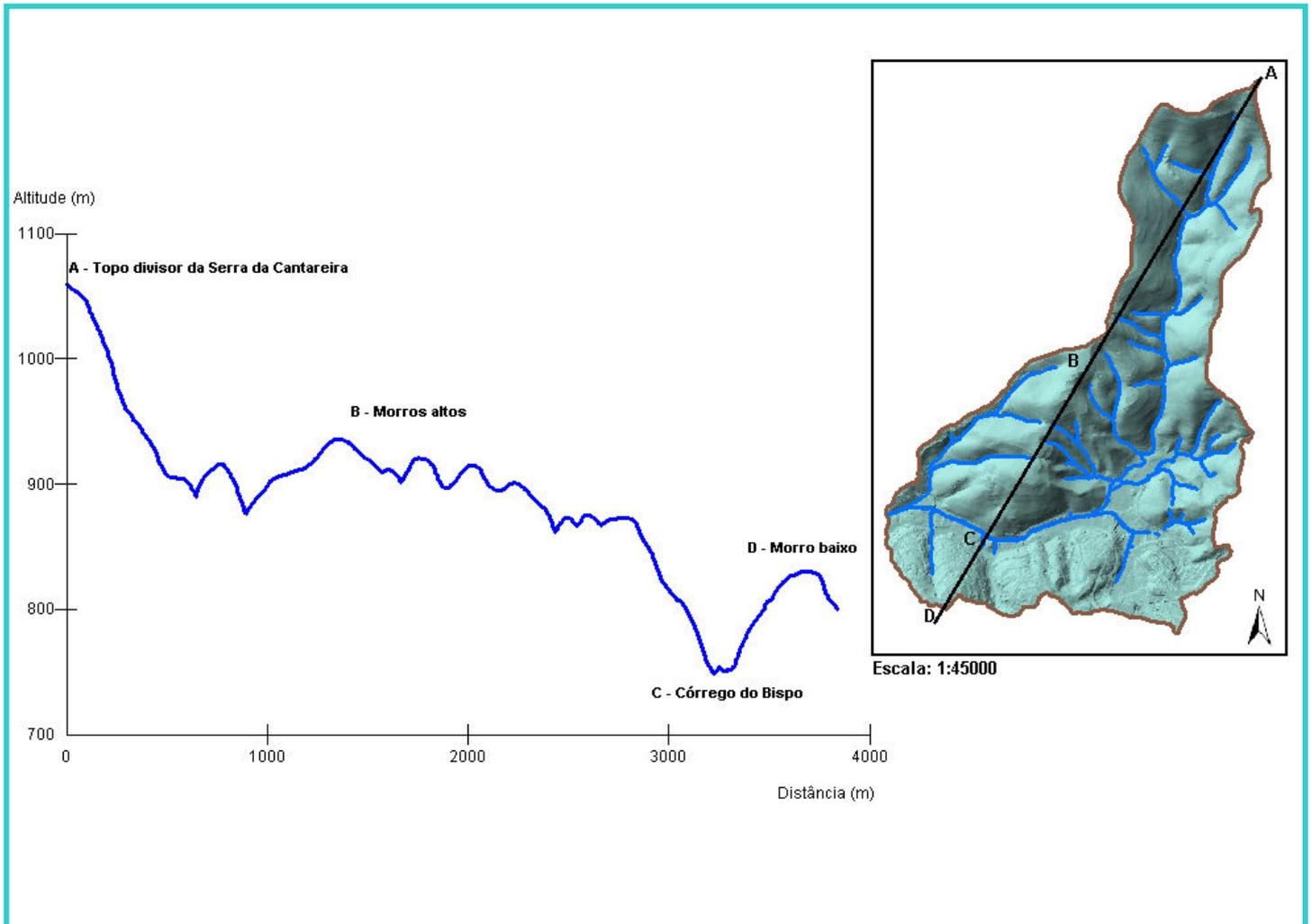


Escala: 1:750.000

Fragmento de imagem do satélite Ikonos II, 2004

Org: MASSA, 2007.

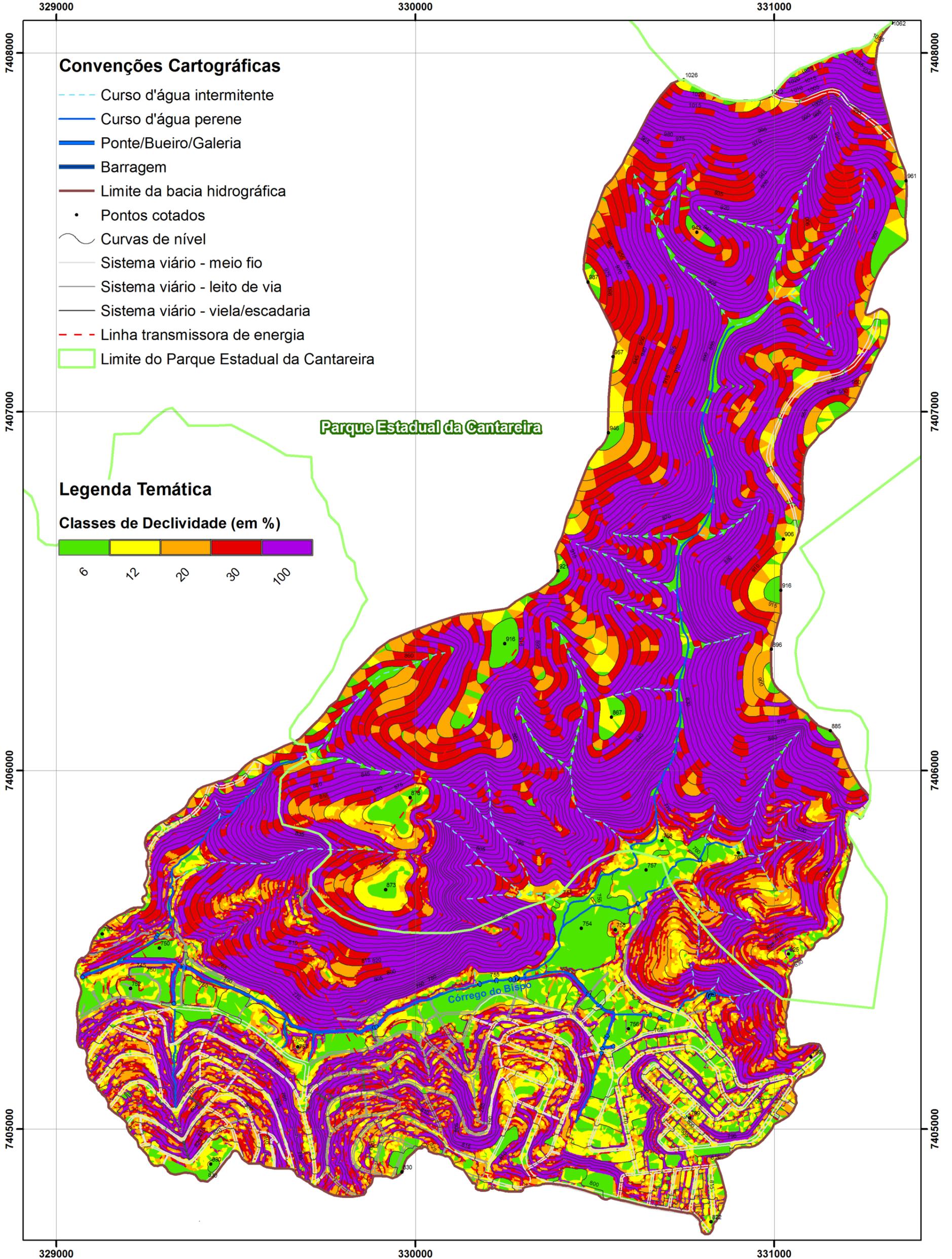
Figura 2: Localização da área de estudo



Escala Horizontal: 1: 34.500 - Escala Vertical: 1: 5.500
Figura 3: Perfil transversal da bacia do córrego do Bispo.
Org: Massa, 2007.

Com base em ROSS & MOROZ (1997), a área de estudo abrange o contato entre o batólito da Cantareira e o Planalto Paulistano, apresentando elevadas amplitudes altimétricas e relevo bastante dissecado. Essa amplitude, na área de estudo, é da ordem de 318 m entre a planície fluvial (745 m) e o topo divisor (cota máxima de 1062 m). Já entre os topos dos morros baixos, ao sul da bacia, no planalto paulistano (830 m) e a planície fluvial (745 m), essa amplitude é de 85 m. A amplitude altimétrica e a dimensão interfluvial são indicadores da energia potencial disponível para o processo de escoamento superficial pluvial, que é diretamente proporcional a estes fatores. (Mapa 2 e Mapa 3)

MAPA 2 - CLINOGRAFIA

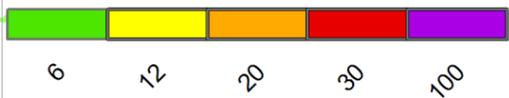


Convenções Cartográficas

- Curso d'água intermitente
- Curso d'água perene
- Ponte/Bueiro/Galeria
- Barragem
- Limite da bacia hidrográfica
- Pontos cotados
- Curvas de nível
- Sistema viário - meio fio
- Sistema viário - leito de via
- Sistema viário - viela/escadaria
- - - Linha transmissora de energia
- Limite do Parque Estadual da Cantareira

Legenda Temática

Classes de Declividade (em %)



Base Cartográfica:

Fonte: EMPLASA, 1973

Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007

Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000

Eqüidistância das curvas de nível: 5 m

Organização: Eric Macedo Massa, 2007

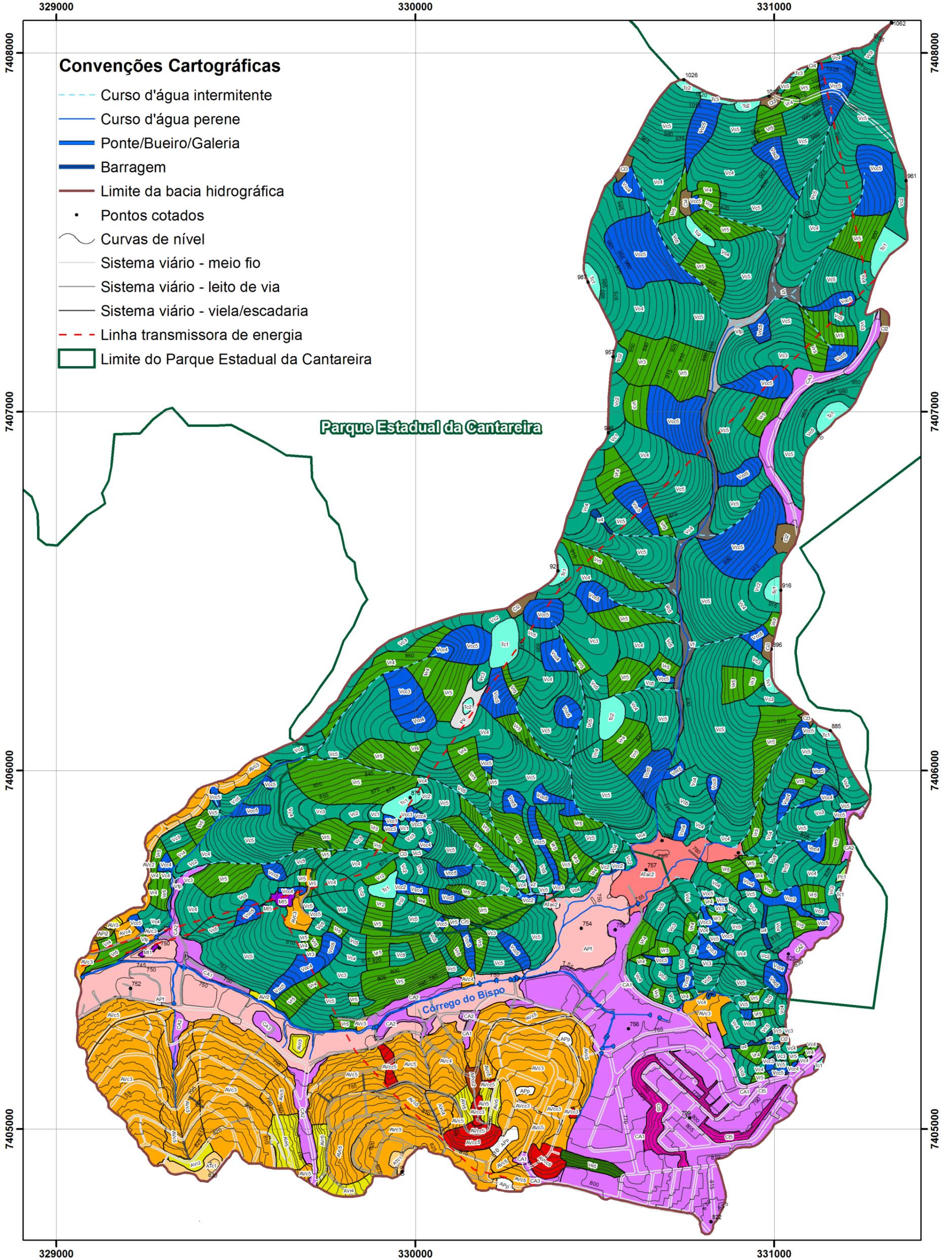
0 90 180 360 540 720 Metros

1:10.000

UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S



MAPA 3 - GEOMORFOLOGIA



Base Cartográfica:

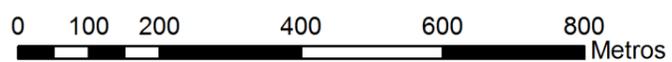
Fonte: EMPLASA, 1973.

Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007

Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000

Eqüidistância das curvas de nível: 5 m

Organização: Eric Macedo Massa, 2007



1:10.000

UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S



Legenda Temática Integrada

| 1.º Taxon | 2.º Taxon | 3.º Taxon | 4.º Taxon | 5.º Taxon | | | | | 6.º Taxon | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------|--|---|---|--|----------------------------|--------|----------------------------------|--------------------|--|--|
| <i>Morfoestrutura</i> | <i>Morfoescultura</i> | <i>Padrões de Formas Semelhantes</i> | <i>Tipos de Formas de Relevo</i> | <i>Tipos de Vertentes (Feições Geomórficas)</i> | <i>Morfometria</i> | <i>Litologia</i> | <i>Solos</i> | <i>Vegetação/ Uso da Terra</i> | <i>Formas de Processos Erosivos Atuais / Antropoformas</i> | | | | | | |
| Cinturão Orogênico do Atlântico | Planalto Atlântico | Morros e Espigões da Serra da Cantareira | Morros Altos | Tc1, Pcc1, Vfp, Vf, Vc1, Vcc1 Vr1 e Pp. | Até 6% | Pré-Cambriano - Complexo Cristalino Ígneo | Latossolos Vermelho-Amarelos + Argissolos Vermelho-Amarelos | - Mata - Mata secundária. - Capoeira esparsa - Área rural. - Silvicultura. - Áreas vagas com vegetação | - Movimento de terra | | | | | | |
| | | | | CA2, Mt5, AVr2, AVc2, APi2, Tc2, CI2, Vc2, Vcc2 e Vr2, v2 e u2. | 6 – 12% | | | | | | | | | | |
| | | | | CA3, AVc3, AVr3, Tc3, CI3, Vc3, Vcc3 e Vr3. | 12 – 20% | | | | | | | | | | |
| | | | | AVc4, CI4, Vc4, Vcc4 e Vr4. | 20 – 30% | | | | | | | | | | |
| | | | | AVc5, Cr5, v5, u5, Vc5, Vcc5, Vr5 e Ve5. | > 30% | | | | | | | | | | |
| | | Morros e Espigões do Planalto Paulistano | Morros Baixos | CA1, Mt1 e APp. | Até 6% | Pré-Cambriano - Complexo Cristalino Metamórfico. | Latossolos Vermelho-Amarelos + Argissolos Vermelho-Amarelos | - Autoconstruções de alvenaria - Autoconstruções de madeira - Urbano de médio padrão - Conjunto habitacional de médio padrão - Urbano de baixo padrão - Indústria/ Armazém - Gramíneas - Áreas vagas com vegetação | - Erosão laminar - Sulcos - Cortes e Aterros. | | | | | | |
| | | | | CA2, APcc2, AVc2 e AVr2 | 6 – 12% | | | | | | | | | | |
| | | | | CA3, AVc3, AVcc3, AVr3. | 12 – 20% | | | | | | | | | | |
| | | | | AVc4 e AVr4. | 20 – 30% | | | | | | | | | | |
| | | | | AVcc5, Ct5, Vc5, Vr5, Vcc5 e Ve5. | > 30% | | | | | | | | | | |
| | | | | Planícies e Terraços Fluviais | Planícies e Terraços Fluviais | | | | | APf, AVr3, Mt1, CA2 e CA3. | Até 3% | Quaternário - Aluviões Fluviais. | Material de Aterro | - Área rural - Autoconstruções de madeira - Autoconstruções de alvenaria - Campo de terra batida - Capoeira esparsa - Vegetação paludal | - Inundações - Solapamento das margens. |
| | | | | | | | | | | ATac2 | Até 6% | | | | |

| Nomenclatura | Representação Cartográfica | | Nomenclatura | Representação Cartográfica | |
|--------------------|---|--------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------|
| | Morfologia original ou pouco modificada | Morfologia antropogênica | | Morfologia original ou pouco modificada | Morfologia antropogênica |
| Vertente convexa | Vc | AVc | Vale em "v" | v | ----- |
| Vertente côncava | Vcc | AVcc | Crista | Cr | ----- |
| Vertente retilínea | Vr | AVr | Vale de fundo plano | Vfp | ----- |
| Vertente escarpada | Ve | ----- | Vale fluvial | Vf | ----- |
| Topo convexo | Tc | ATc | Planície Fluvial | ----- | APf |
| Patamar côncavo | Pcc | APcc | Terraço alúvio-colúvial | ----- | ATac |
| Patamar plano | Pp | APp | Movimento de terra | ----- | Mt |
| Patamar convexo | Pc | ----- | Degraus de cortes | ----- | Ct |
| Vale em "u" | u | ----- | Cortes e Aterros de grandes dimensões | ----- | CA |

Organização: Eric Macedo Massa, 2007



Foto 1 – Exemplos da taxonomia do relevo proposta por Ross (1992): Vista parcial dos bairros da Brasilândia e da Cachoeirinha e da Serra da Cantareira ao fundo, obtida a partir da Freguesia do Ó. Apesar de não estar na imagem a área de estudo pertence a este contexto.

Ângulo de visada: 0º Autor: Eric Macedo Massa. Data: 28.11.07

A pluviosidade anual na região da Serra da Cantareira é elevada - entre 1400 a 1550 mm, com máximos de 24 horas de 150 a 220 mm – (TARIFA & ARMANI, 2000), com chuvas mais concentradas de Dezembro a Março. Considerando-se apenas estes fatores, a topografia e o comportamento pluviométrico, traduzem-se em grande capacidade de erosão ou de morfogênese, já que as águas das precipitações fluviais incidem sobre os pontos mais altos e adquirem maior energia cinética no seu percurso às partes mais baixas. No entanto, a densa cobertura florestal da área de estudo, absorve boa parte da energia cinética, minimizando a ocorrência dos processos erosivos.

A estrutura ígnea do Batólito da Cantareira apresenta como formas de relevo os Morros Altos, correspondentes ao quarto táxon (ROSS, 1992). Neste compartimento do relevo, os vales são bastante entalhados, com grotas profundas, anfiteatros e ravinas. Os perfis convexos são predominantes. Os vales são fechados e os topos são estreitos e alongados.

O Planalto Paulistano, com embasamento cristalino metamórfico, também apresenta padrão de formas semelhantes em morros, porém de menor porte denominados morrotes ou “morros baixos”. As vertentes possuem perfis predominantemente convexos. Os topos são suavemente convexos e menos alongados em relação aos morros altos. Tanto nos morros altos, como nos morros baixos, o substrato pedogenético é resultante da alteração de rochas cristalinas Pré-Cambrianas, sobretudo granitos, granodioritos, filitos e gnaisses. (Mapa 4, p.51)

Esse substrato, associado à elevada pluviosidade do clima tropical úmido e às rampas muito íngremes dos morros da Serra da Cantareira e dos morros do Planalto Paulistano, configurou um balanço pedogênese/morfogênese favorável à primeira, resultando em solos pouco profundos - cambissolos e argilssolos vermelho-amarelos – e que em função de suas texturas argilosas, constituem mais um fator natural que favorece o processo de escoamento superficial e demais processos geomorfológicos.

Nos morros altos, a vegetação, classificada como Floresta Ombrófila densa, Formação Montana (BRASIL, 1983) desempenha um papel fundamental para o equilíbrio do sistema, na medida em que proporciona elevada capacidade de proteção aos solos contra o impacto das chuvas, sobretudo aquelas de caráter torrencial.

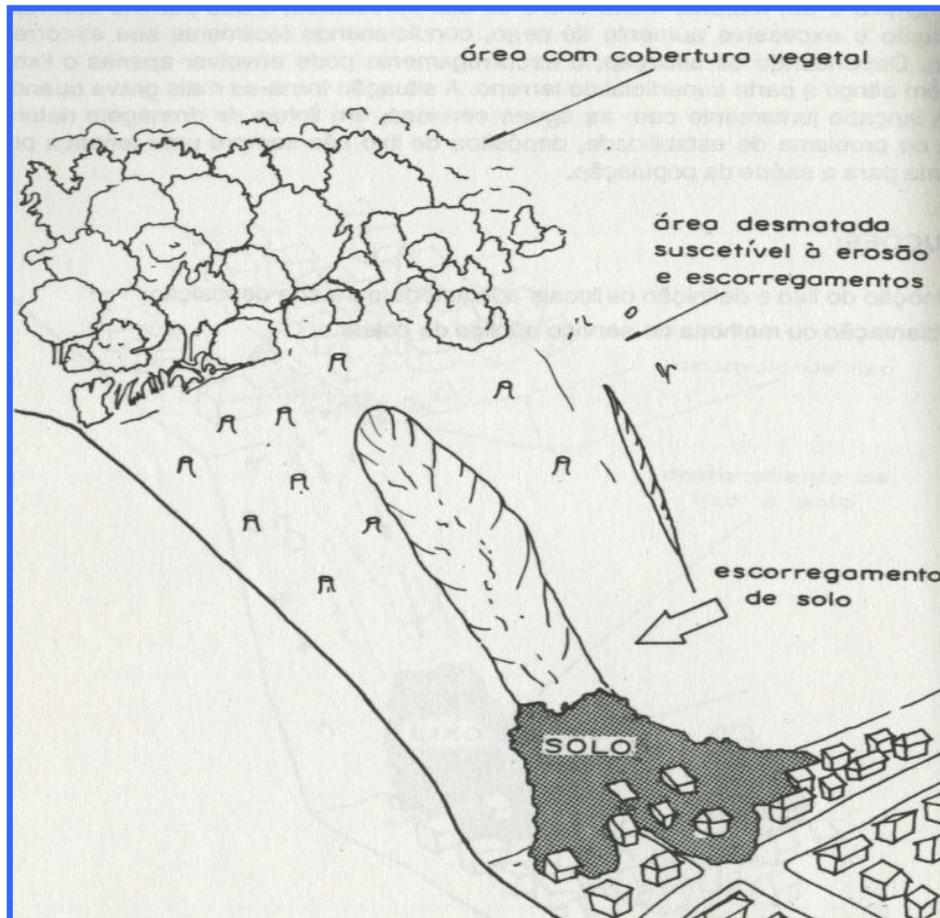


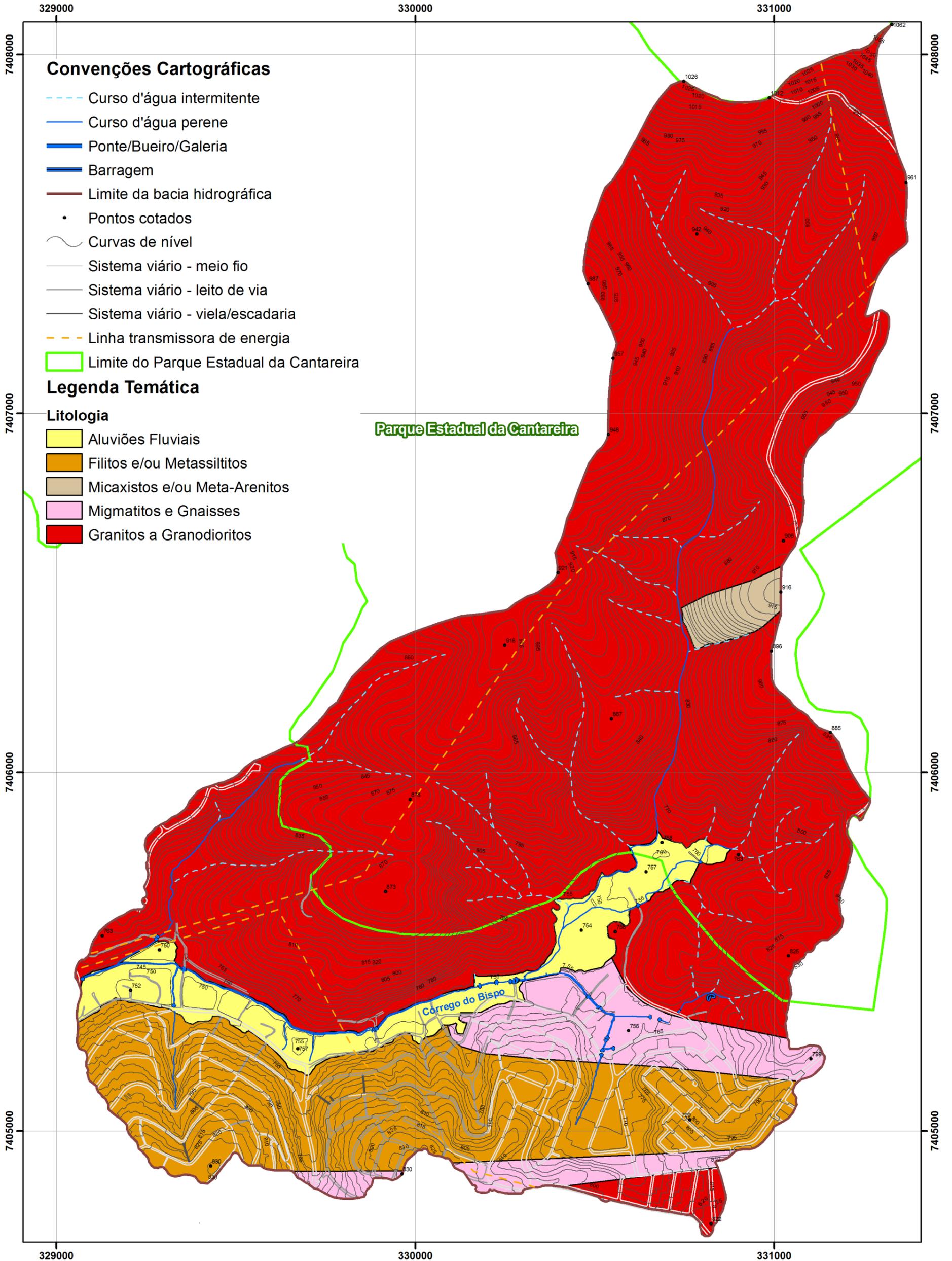
Figura 4: A remoção indiscriminada da cobertura vegetal é um fator que pode potencializar a ocorrência de escorregamentos.

Fonte: CUNHA et. al., 1991.

Org: MASSA, 2007.

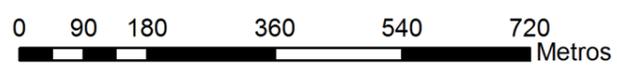
Nas áreas adjacentes ao córrego do Bispo já há alguns anos vêm ocorrendo os processos de ocupação que, embora avance lentamente, se dá em detrimento da cobertura vegetal.

MAPA 4 - GEOLOGIA



Base Cartográfica:

Fonte: EMPLASA, 1973 e IPT, 1981.
 Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007
 Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000.
 Eqüidistância das curvas de nível: 5 m
 Organização: Eric Macedo Massa, 2007



1:10.000

UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S

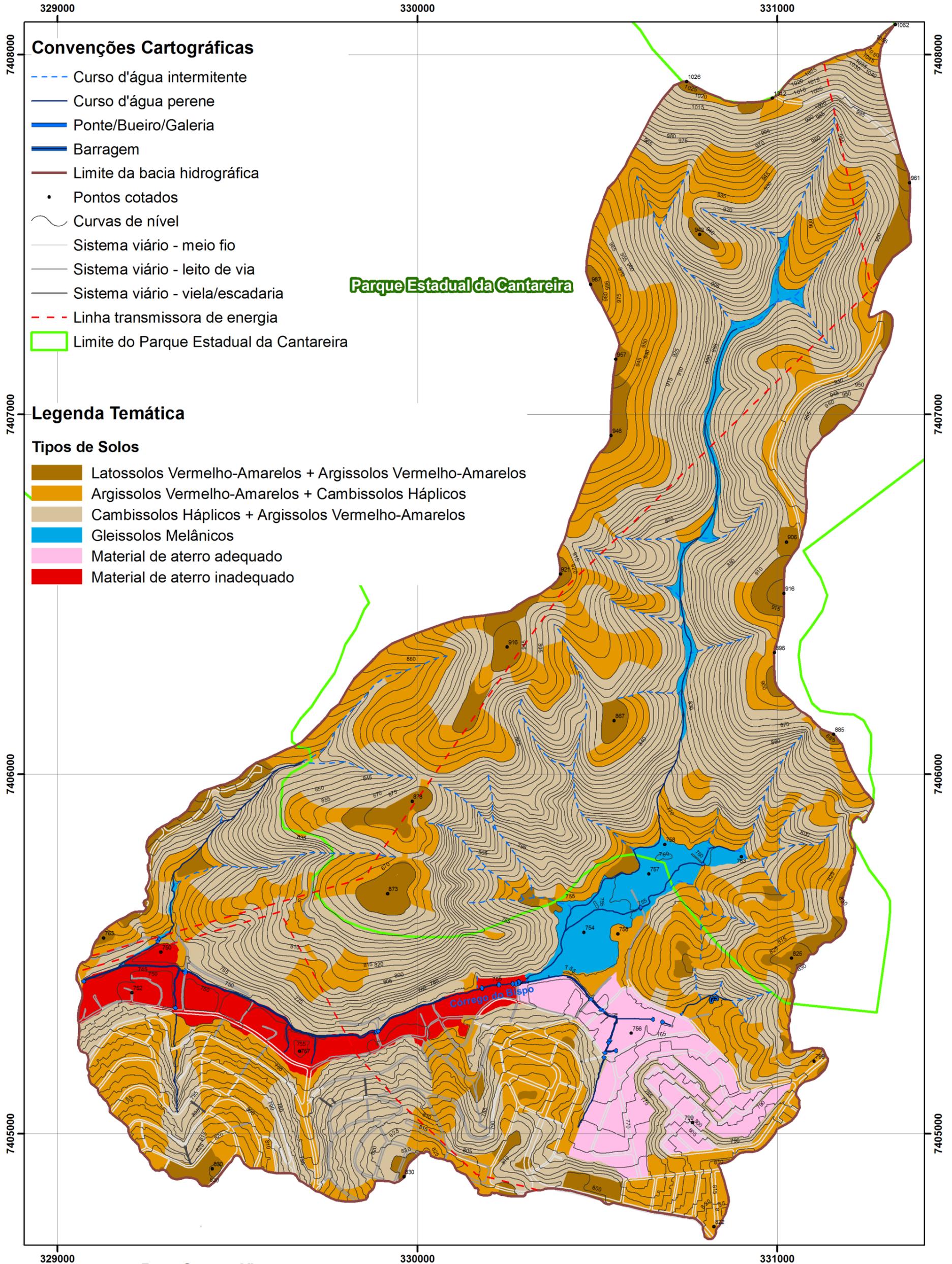




Foto 2 - Margem direita do córrego do Bispo: após a supersaturação da planície, os barracos começam a ser construídos até mesmo nas encostas da Serra da Cantareira. Ângulo de visada: 0°. Autor: Eric Macedo Massa. Data: 27.10.03

Em ambos os compartimentos – morros altos e morros baixos - nas vertentes côncavas e convexas, com declividades menos acentuadas, o processo de infiltração das águas pluviais é mais favorecido e, conseqüentemente, ocorrem perfis de solos mais desenvolvidos: associação de latossolos vermelho-amarelos e argissolos vermelho-amarelos. (Mapa 5)

MAPA 5 - PEDOLOGIA



Base Cartográfica:

Fonte: EMPLASA, 1973.

Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007

Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000

Eqüidistância das curvas de nível: 5 m

Organização: Eric Macedo Massa, 2007

0 90 180 360 540 720 Metros

1:10.000

UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S





Foto 3 – Planície fluvial do Córrego do Bispo, com vegetação paludal, típica de áreas com drenagem deficiente, condição que é evidenciada pelo solo úmido (detalhe). Ao fundo, os morros altos do maciço granítico da Cantareira recobertos por mata densa. Ângulo de visada: 0°. Autor: Eric Macedo Massa. Data: 12.08.06

Entre estes dois compartimentos – morros altos e morros baixos -está localizada a planície fluvial do Córrego do Bispo, com embasamento sedimentar quaternário. Essa planície foi bastante modificada, havendo evidências de que foi recoberta com material de aterro. Nas áreas de planície fluvial com uso rural, há evidências da ocorrência de gleissolos. (Mapa 5)



Foto 4 – Pastagem em área rural na média vertente do córrego do Bispo. Ao fundo mata secundária densa ocupando frente de interflúvio convexa. Ângulo de visada: 270°. Autor: Eric Macedo Massa. Data: 12.08.06

A ocupação humana concentra-se ao sul da bacia nos morros baixos. É uma ocupação bastante densa, na qual predominam habitações de baixo padrão construtivo. Os arruamentos seguem o traçado das curvas de nível e são predominantemente asfaltados. No interior e nas áreas limítrofes ao loteamento oficial há ocorrência de muitas construções irregulares e estreitos arruamentos não asfaltados. Ocorrem ainda alguns resquícios de matas ciliares ao longo dos cursos d'água que cortam os morros baixos e alguns terrenos ocupados por vegetação rasteira e árvores de pequeno porte.

Na planície do córrego a situação é mais crítica social e ambientalmente, pois se trata de uma área sujeita a inundações periódicas, onde existe uma enorme concentração de habitações autoconstruídas em madeira ou alvenaria, incluindo palafitas nas margens dos cursos d' água.



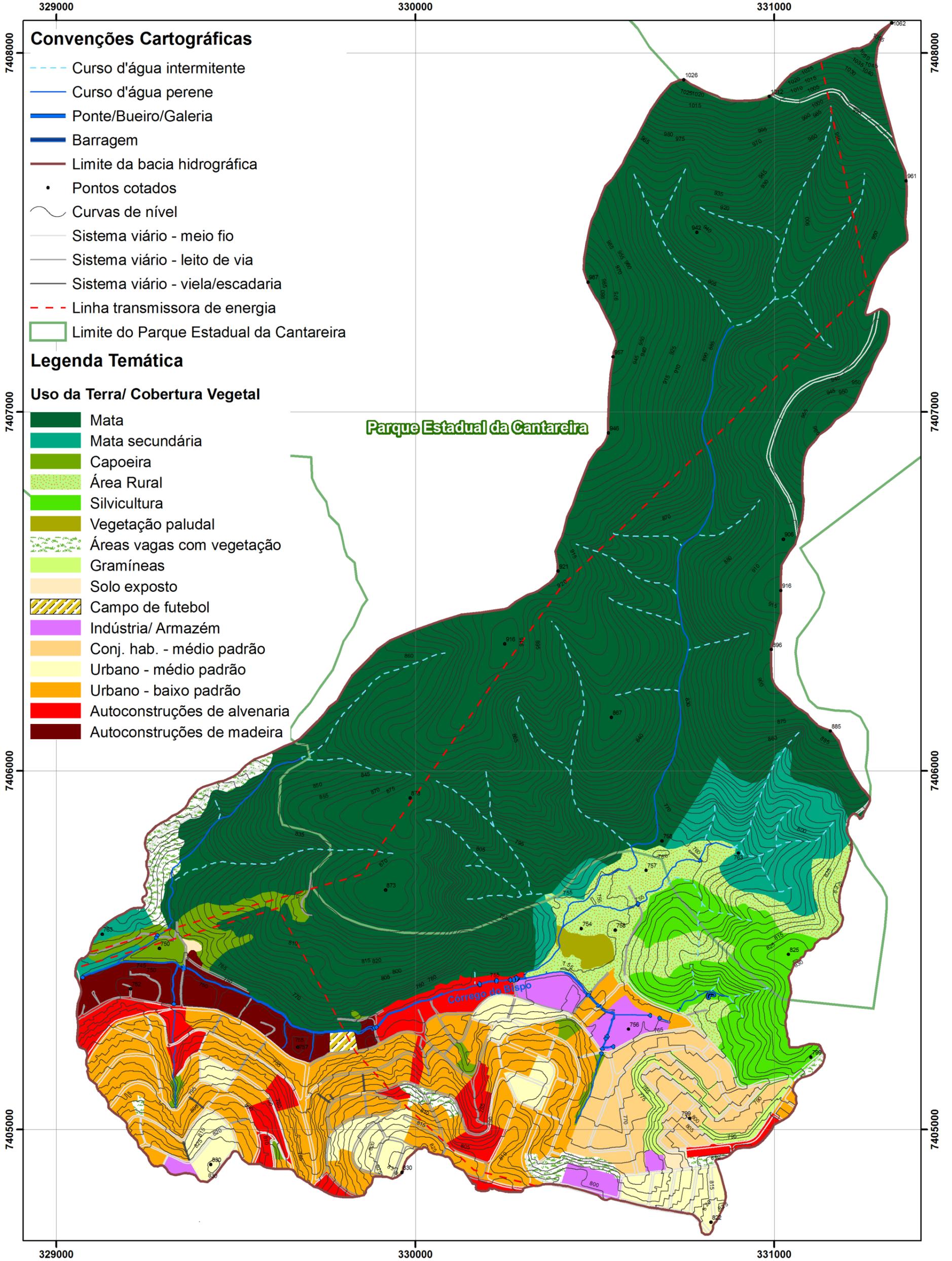
Foto 5 - Em primeiro plano, ocupação de médio padrão. Em segundo plano ocupação regularizada, densa e de baixo padrão e autoconstruções de alvenaria. Ao fundo autoconstruções de madeira ladeando o baixo curso do córrego do Bispo. Ângulo de visada: 0°. Data 12.08.06. Autor: Eric Macedo Massa

Essa ocupação supersaturou a planície em detrimento da cobertura vegetal. (Mapa 6) Isto constitui uma situação crítica, na medida em que as invasões clandestinas tendem a avançar na direção do Parque Estadual da Cantareira, processo que já pode ser observado em imagens de satélite de alta resolução recentes (Mapa 1 p.13 e Mapa 9 p.93).

Todavia, a Secretaria do Planejamento do município de São Paulo, através do instrumento do Plano Regional Estratégico (2002) introduziu o *Programa de Recuperação Ambiental de Cursos D'água e Fundos de Vale*. Dentro deste programa está prevista até o ano de 2012, a construção do Parque Linear do Córrego do Bispo, com área de 76.000 m². (ANEXO A, p. 134 e ANEXO B, p. 135). Dessa forma, a vegetação será recuperada e, paralelamente, o Parque Estadual da Cantareira será resguardado de futuras ocupações clandestinas.

Em síntese, a paisagem atual da área de estudo é marcada pela mudança abrupta entre elementos contrastantes, a paisagem modificada pelo homem que ocupou densamente e modificou cerca de um terço da área da bacia ao sul e os dois terços restantes, que apresentam uma paisagem preservada, com densa cobertura vegetal, embora ocorram algumas interferências lineares de pequenas dimensões, como estradas e linhas transmissoras de energia.

MAPA 6 - USO E OCUPAÇÃO DA TERRA/ COBERTURA VEGETAL



Convenções Cartográficas

- Curso d'água intermitente
- Curso d'água perene
- Ponte/Bueiro/Galeria
- Barragem
- Limite da bacia hidrográfica
- Pontos cotados
- Curvas de nível
- Sistema viário - meio fio
- Sistema viário - leito de via
- Sistema viário - viela/escadaria
- Linha transmissora de energia
- Limite do Parque Estadual da Cantareira

Legenda Temática

Uso da Terra/ Cobertura Vegetal

- Mata
- Mata secundária
- Capoeira
- Área Rural
- Silvicultura
- Vegetação paludal
- Áreas vagas com vegetação
- Gramíneas
- Solo exposto
- Campo de futebol
- Indústria/ Armazém
- Conj. hab. - médio padrão
- Urbano - médio padrão
- Urbano - baixo padrão
- Autoconstruções de alvenaria
- Autoconstruções de madeira

Parque Estadual da Cantareira

Córrego do Bispo

Base Cartográfica:

Fonte: EMPLASA, 1973.

Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007

Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000

Eqüidistância das curvas de nível: 5 m

Organização: Eric Macedo Massa, 2007

0 90 180 360 540 720 Metros

1:10.000

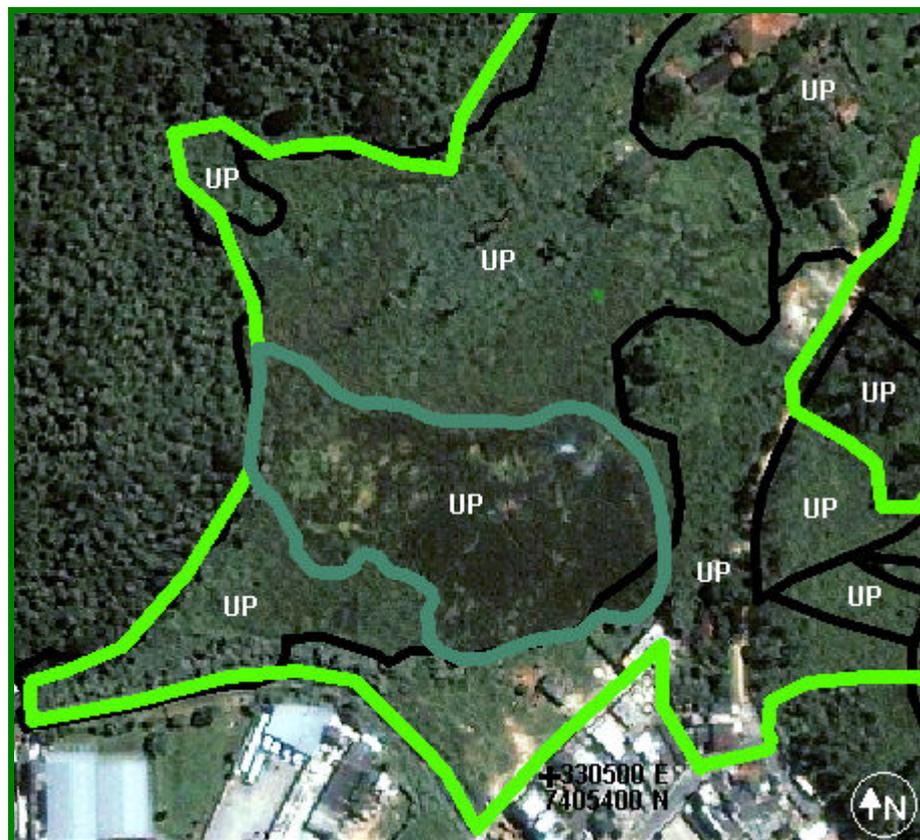
UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S



6. CRITÉRIOS PARA A DEFINIÇÃO DAS UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS (INPE) E UNIDADES ECODINÂMICAS DE FRAGILIDADES POTENCIAIS E EMERGENTES (ROSS)

O modelo de fragilidade proposto por ROSS (1994) utiliza informações de quatro variáveis por ordem de importância: Relevo, solo, uso da terra e regime pluviométrico. Para definir as unidades de fragilidade é necessário delimitar áreas em que estes quatro parâmetros apresentam homogeneidade, ou seja, apenas um único tipo de cada parâmetro pode constituir uma unidade.

Por exemplo, uma área com um determinado uso da terra, como uma área rural, pode representar uma, duas ou mais unidades de fragilidade, dependendo das variações de relevo, solo e de características pluviométricas dentro desta área, conforme a figura abaixo. Assim como áreas com um determinado relevo podem apresentar uso da terra/cobertura vegetal distintas.



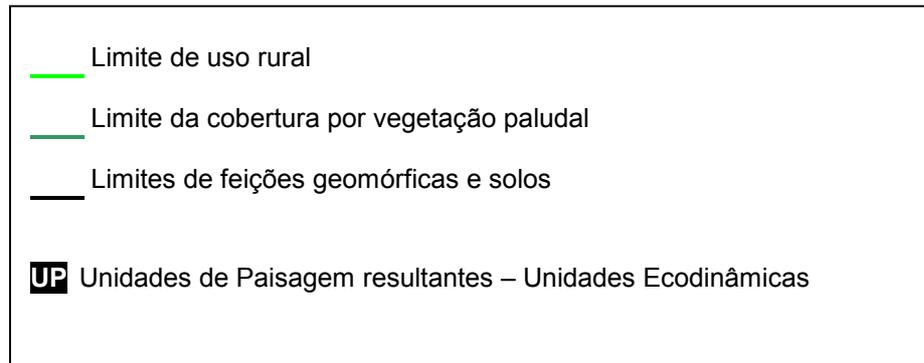


Figura 5 - Área rural na bacia do Córrego do Bispo: através de correlações entre geomorfologia, pedologia e uso da terra/cobertura vegetal, foram estabelecidas as unidades de paisagem utilizadas no modelo de Ross. Fragmento de imagem de satélite Ikonos, 2004. Escala : 1: 3.000 Org: MASSA, 2007.

Dessa forma, as combinações entre as variáveis no meio-físico podem ser inúmeras, mas as unidades de fragilidade limitam-se a áreas com um mesmo tipo de relevo, de solo, de uso da terra/cobertura vegetal e de comportamentos pluviométricos.

A bacia do córrego do Bispo está sujeita à atuação de apenas um tipo de comportamento pluviométrico, com nível de fragilidade ou vulnerabilidade médio (índice 3 na metodologia de Ross ou próximo a 2.0 na metodologia do Inpe), ou seja, com distribuição pluviométrica anual desigual, períodos secos entre dois e três meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março. Portanto esta variável, neste caso específico não exerce influência sobre a delimitação dos polígonos das unidades territoriais/fragilidade por ser homogênea em toda a área de estudo.

A definição das unidades territoriais básicas do modelo de fragilidade do INPE (CREPANI et. al, 1996) é realizada de maneira semelhante ao proposto por Ross, utilizando informações de cinco variáveis: geologia, pedologia, vegetação/uso da terra e comportamento pluviométrico (clima). Todavia, este modelo não pressupõe uma hierarquia entre essas variáveis, que possuem o mesmo peso.

As intersecções vetoriais entre as variáveis nas áreas em que estas apresentam homogeneidade, definem as unidades territoriais básicas. Dessa

maneira, a maioria das unidades coincide territorialmente com as unidades ecodinâmicas do modelo de Ross. As diferenças ocorrem nas áreas limítrofes entre dois ou mais tipos de litologias, tendo em vista que este parâmetro não é utilizado na análise de Ross. Nestes casos, ocorre uma maior fragmentação das UTB's, em relação às unidades ecodinâmicas.

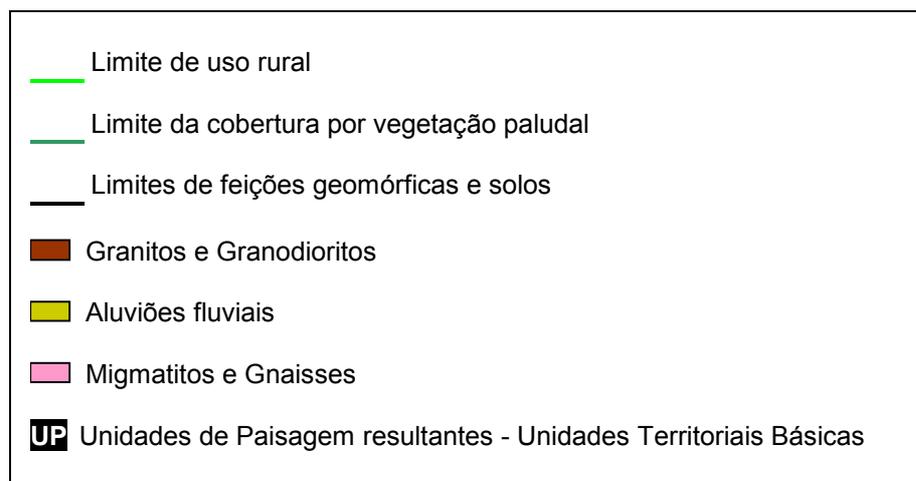
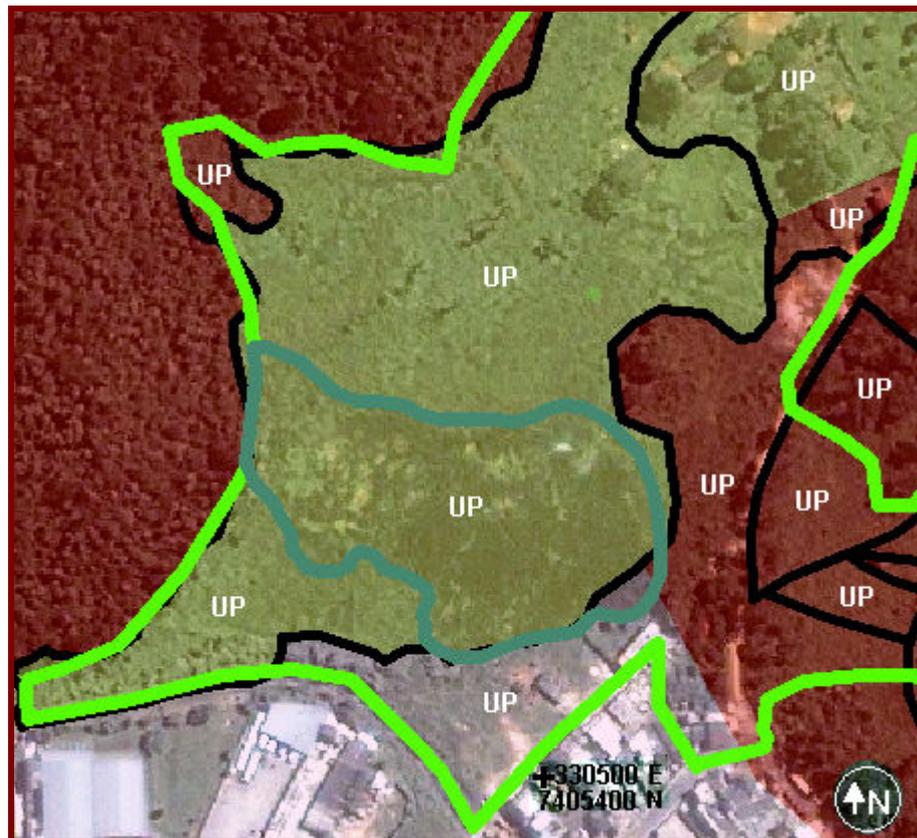


Figura 6 - Área rural na bacia do Córrego do Bispo: através de correlações entre geomorfologia, pedologia, uso da terra/cobertura vegetal e geologia, foram estabelecidas as unidades de paisagem utilizadas no modelo do Inpe. A mesma área da figura anterior apresentou duas unidades de paisagem a mais, em função da variação litológica.

***Fragmento de imagem de satélite Ikonos, 2004. Escala: 1: 3.000
Org: MASSA, 2007.***

O resultado da delimitação de UTB's e UE's para uma mesma área de estudo resultará em maior quantidade de UTB's quanto maior for a variabilidade da litologia. Conseqüentemente, os graus de fragilidade obtidos para UTB's em regiões de contato entre litologias, referem-se a áreas menores e, portanto, apresentarão resultados mais específicos.

Na bacia do córrego do Bispo, utilizando-se as variáveis propostas pelo modelo de Ross para a escala de 1:5000, foram identificadas 625 unidades de paisagem para uma área de 3.831.465 m², resultando em uma média de 6.130 m².

Para a mesma área da bacia, empregando-se as variáveis propostas pelo modelo do INPE para a mesma escala (relevo, solo, uso da terra, clima comuns aos dois modelos e mais geologia utilizada apenas pelo modelo do INPE), a média obtida foi de 5840 m² para as 656 unidades de paisagem identificadas.

Tabela 14 - Resumo comparativo entre as Unidades Ecodinâmicas e Unidades Territoriais Básicas

| | Unidades Ecodinâmicas | Unidades Territoriais Básicas |
|---|--|--|
| Definição | Baseado no conceito de ecodinâmica de TRICART (1977). | Entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possuem vínculos dinâmicos que articulam uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais. (CREPANI et. al 1996). |
| Parâmetros utilizados | Relevo, Solo, Uso da Terra/Cobertura Vegetal e Clima. | Relevo, Geologia , Solo, Uso da Terra/Cobertura Vegetal e Clima. |
| Delimitação | Intersecção vetorial de áreas homogêneas em relação a todos os parâmetros | |
| Nº de unidades em função da variação da litologia | Não sofre alterações | Maior, tornando as unidades menores e os resultados mais específicos. |
| Limitação | Perda de confiabilidade dos diagnósticos quanto maiores e mais complexas forem as influências externas a cada unidade de paisagem. | |
| Vantagens | Precisão de diagnósticos para cada unidade de paisagem e facilidade de execução. | |

Em ambos os modelos, a vantagem deste critério, da delimitação de áreas homogêneas em relação a mais de uma variável, é a maior precisão na identificação de áreas sujeitas aos mesmos processos ou resultados da ação de processos. Há um ganho em termos de precisão de diagnósticos para determinadas áreas, ou seja, as unidades de paisagem.

Em contrapartida, ambas as metodologias, apesar de considerarem a integração de elementos constituintes da paisagem e assim proporcionar uma “radiografia” de cada uma delas, não conseguem mensurar a influência que cada uma dessas unidades de paisagem exerce sobre as outras e sobre o todo, o que sem dúvida, é uma tarefa bastante complexa.

Por exemplo, ao se extrair a cobertura vegetal de uma determinada unidade, com relevo íngreme e solo raso, esta unidade apresentará um potencial elevado para o aumento da taxa de erosão. Os modelos de fragilidade são muito úteis para realizar este diagnóstico.

No entanto, em um outro exemplo, numa abstração bastante simples (dentre as inúmeras e complexas situações que podem ocorrer na realidade) o diagnóstico pode não ser válido. Uma unidade de paisagem localizada à jusante de um curso d’água, na qual podem ocorrer inundações periódicas, está muito mais suscetível a influências externas. Se hipoteticamente ocorrer o assoreamento de alguns de seus afluentes - em áreas muito distantes da unidade de paisagem considerada - a vazão deste curso será menor e as inundações podem deixar de ocorrer.

Finalmente, os critérios utilizados para a definição das unidades de paisagem de ambos os modelos, requerem mapas temáticos de fácil elaboração e custo relativamente baixo, levando-se em conta a abundância de recursos de sensoriamento remoto e mapeamentos disponíveis atualmente, como softwares e imagens de satélite de acesso gratuito e os subsídios da cartografia de base e temática que abrangem a maior parte do território nacional.

7. IMPORTÂNCIA DA VARIÁVEL RELEVO NOS MODELOS DE FRAGILIDADE

Na metodologia proposta por ROSS (op.cit), o autor parte do princípio de que a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. Dessa forma, o relevo é a variável mais importante para a caracterização dos níveis de fragilidade de cada unidade. Os demais fatores desta análise possuem a função de atenuar ou acentuar os graus de fragilidade potencial e emergente.

Por exemplo, uma unidade ecodinâmica com índice 5413, possui declividades muito fortes (dígito 5), com um solo frágil como um cambissolo (dígito 4), pode ser “protegida” por uma densa cobertura vegetal arbórea (dígito 1), mesmo que o comportamento pluviométrico seja de nível hierárquico forte (dígito 3).

Já uma unidade ecodinâmica com declividades mais baixas, por exemplo, com índice 3453, pode ser mais frágil que a unidade descrita no exemplo anterior. Dessa forma, esta unidade mesmo com um relevo menos favorável à ocorrência de movimentos de massa (dígito 3), tem sua condição agravada pela combinação com as demais variáveis: solos rasos e de textura argilosa, como cambissolos em associação com argissolos vermelho-amarelos (dígito 4) expostos (dígito 5) e sujeita a precipitações concentradas no verão (dígito 3).

Na metodologia proposta pelo INPE (CREPANI et. al, 1996), o relevo é uma variável que possui 20% de peso sobre o grau de fragilidade ou vulnerabilidade de cada unidade territorial básica, levando-se em conta que esta é obtida pela equação: $V = (G+R+S+Vg+C) / 5$ onde:

V = Vulnerabilidade

G = Vulnerabilidade para o tema geologia

R = Vulnerabilidade para o tema geomorfologia

Vg = Vulnerabilidade para o tema vegetação/uso da terra

C = Vulnerabilidade para o tema clima.

Sendo assim, os índices de vulnerabilidade obtidos para a variável relevo acabam “diluindo-se” na soma e divisão com outras variáveis, e nenhuma acaba prevalecendo sobre a outra em termos de importância relativa.

Uma análise comparativa entre as metodologias, revela que a metodologia de Ross, embora dê ao relevo uma importância maior, é mais flexível que a metodologia do Inpe.

Ao priorizar o relevo como variável determinante dos índices de fragilidade, permite, por exemplo, identificar com maior confiabilidade áreas de risco em relação aos escorregamentos, considerando que a declividade das encostas é um fator causal muito importante, embora outros elementos relacionados à tipologia de processos geodinâmicos possam assumir uma importância maior em determinadas situações, como será exposto mais adiante.

Ainda que uma área muito íngreme, com declividade acima de 30%, que a princípio figura como área de alta fragilidade, não se apresente dessa forma na realidade de campo, por apresentar uma cobertura de mata densa que lhe dá uma relativa estabilidade, a metodologia cumpre seu papel com eficácia, pois trata da potencialidade da fragilidade. Dessa forma, contempla a fragilidade de uma área, diante da possibilidade dessa cobertura vegetal ser retirada.

O índice de vulnerabilidade obtido pela média das variáveis utilizadas pelo modelo do Inpe pode, da mesma forma, mostrar situações em que exista estabilidade, mas não porque se analisa a relação entre as variáveis, mas porque a média obtida entre elas é um valor de vulnerabilidade baixo. Além disso, a simples verificação desses valores no produto de síntese não permite realizar previsões sobre a fragilidade potencial das unidades de paisagem como ocorre na metodologia de Ross.

8. ADEQUAÇÃO DOS MODELOS GEOMORFOLÓGICOS AOS AMBIENTES URBANOS

O meio urbano da área de estudo é caracterizado pela grande densidade e diversidade de padrões construtivos – médio padrão, e baixo padrão e autoconstruções de alvenaria e de madeira, com nítida predominância dos dois últimos.

A princípio, estas metodologias foram criadas para subsidiar o zoneamento sócio-econômico ambiental ou ao ZEE – Zoneamento – Ecológico Econômico e, logo, ao planejamento físico territorial, não contemplando a análise das fragilidades em ambientes já urbanizados.

Em que pese estes fatores, nada impede que seja realizada uma tentativa de utilização destas metodologias considerando as características das áreas urbanas. Ainda que não se possa mais falar em equilíbrio dinâmico, dinâmica de vertentes, escoamento superficial dentre outros conceitos, da mesma maneira que são abordados na geomorfologia de ambientes naturais, as áreas urbanas também estão sujeitas em maior ou menor grau a alguns destes processos geomorfológicos, como por exemplo, escorregamentos e inundações, o que justifica a aplicação dos modelos no intuito de identificar áreas sujeitas a estes processos.

Objetivando a avaliação destas metodologias em relação aos resultados obtidos para as áreas urbanas, nenhuma sofrerá algum tipo de adaptação em seu funcionamento, e todas as recomendações operacionais serão seguidas. A única diferença em relação à aplicação destas metodologias em relação aos ambientes preservados ou semipreservados, diz respeito à mensuração de valores de fragilidade para as variáveis relevo, solo e uso/ocupação da terra urbanos. Para viabilizar esta tarefa é necessário verificar a viabilidade e posteriormente mensurar as fragilidades desses ambientes em relação à estas variáveis. Isso, considerando que a variável clima não apresenta variações significativas para toda área de estudo, levando em conta a escala local da análise e que a variável geologia não requer a mensuração de valores de fragilidade/vulnerabilidade diferenciados para áreas urbanizadas.

8.1 Índices de Fragilidade do Relevo em Áreas Urbanas

O relevo das áreas urbanizadas, de modo geral, apresenta formas bastante modificadas em relação às formas originais. Representações fiéis dessas formas, só tornam-se possíveis quando subsidiadas por bases topográficas em escalas grandes, tendo em vista que resultam da soma de modificações empreendidas pelo homem. Essas modificações traduzem-se em cortes e aterros de pequenas, médias e grandes dimensões que suavizam e geram 'rugosidades' às formas originais.

Abaixo, exemplos de modelos TIN elaborados a partir de curvas de nível de cartas em escala 1:10.000 e 1:2000.

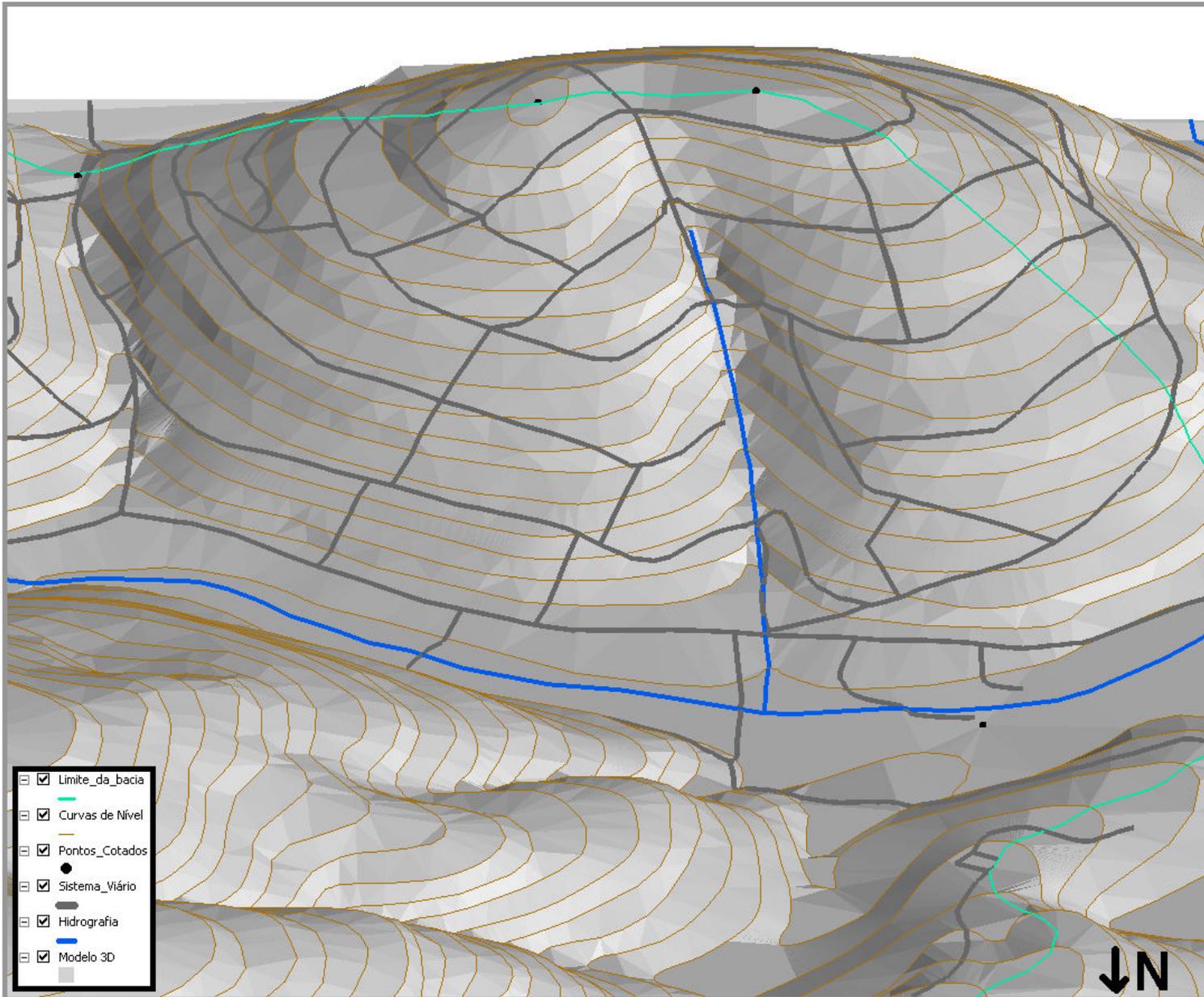


Figura 7: Modelo tridimensional obtido através de curvas de nível de carta topográfica 1:10.000. Apesar da intensa ocupação urbana, o morro baixo ao sul da bacia apresenta a forma próxima à original em função da limitação da escala.

Escala aproximada: 1:3000.

Fonte: EMPLASA, 1991. Atualizado por imagem de satélite QuickBird – 20.08.2007

ORG: MASSA, 2007.

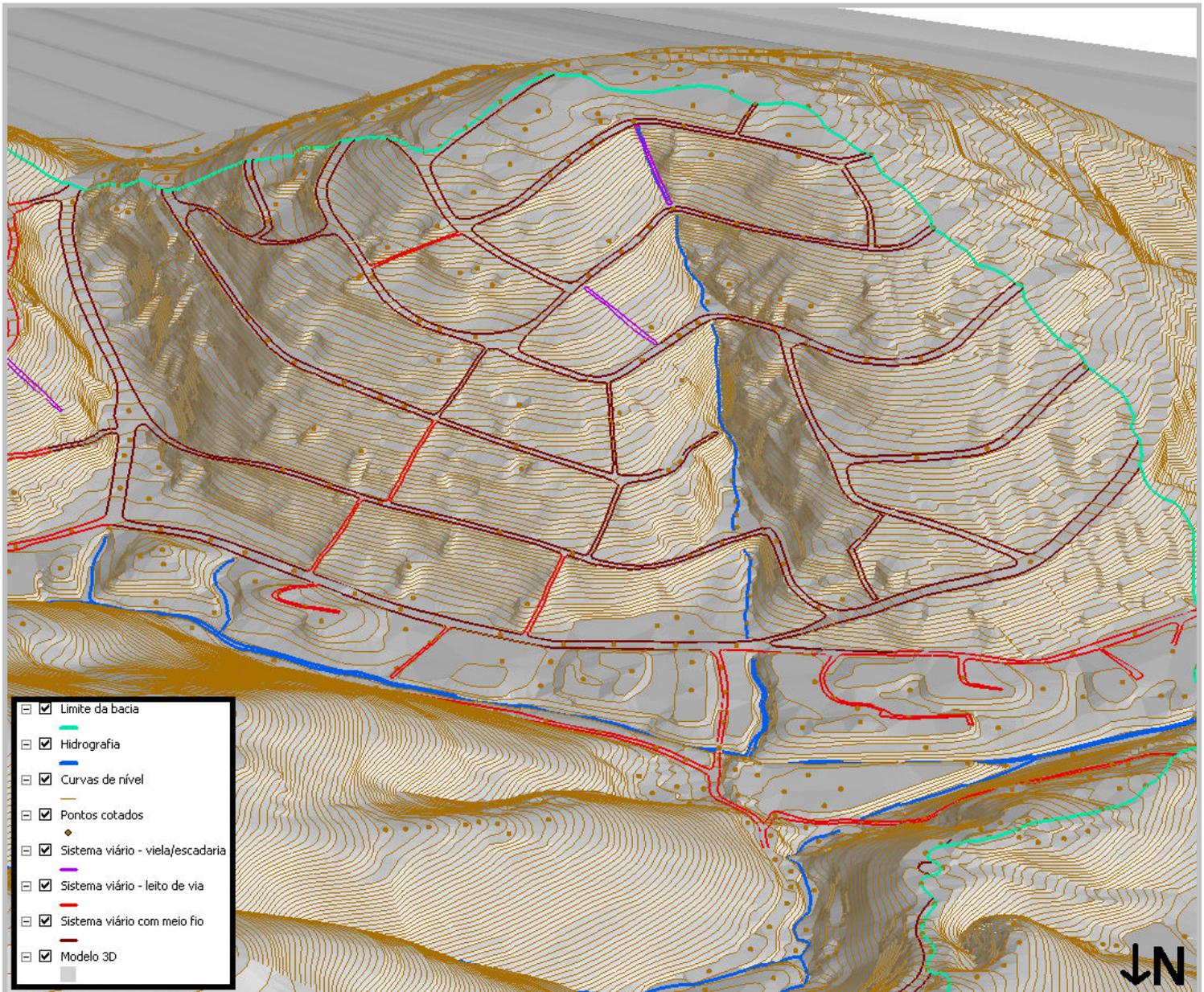


Figura 8: Modelo tridimensional obtido através de curvas de nível de cartas topográficas 1:2.000. Com o detalhamento maior das curvas de nível com equidistância de 1m, é possível visualizar claramente as modificações antrópicas nas formas convexas, e na planície fluvial. Escala aproximada: 1: 3000. Fonte: EMPLASA, 1973. Atualizado por imagem de satélite QuickBird – 20.08.2007 ORG: MASSA, 2007.

A princípio, para viabilizar a aplicação das metodologias de Ross e do INPE em áreas urbanas não é necessária nenhuma nova mensuração quantitativa em relação à variável relevo, considerando que ambas trabalham com classes declividades para determinar índices de fragilidade/vulnerabilidade. No entanto, uma base topográfica em escala adequada permite a identificação e delimitação das

feições geomórficas localizadas em áreas urbanas, fato que pode subsidiar futuras contribuições às metodologias.

É notável que bases topográficas em escalas de grande detalhe como 1:1000, 1:2000 e 1:5000 conseguem evidenciar características do relevo de áreas urbanas, que estariam ocultas pela limitação de um fator de escala menor, como inúmeros cortes e aterros de pequenas dimensões que geram um aspecto ‘rugoso’ às formas originais.

Estas pequenas modificações, quando implementadas de modo intensivo ao longo de uma unidade de relevo, como uma vertente ou um morro baixo, modificam suas características morfológicas, morfométricas e, conseqüentemente, a dinâmica dos fluxos superficiais. Sendo possível a identificação de feições geomórficas antropizadas, como vertentes convexas, vertentes retilíneas e topos convexos, associadas a inúmeros cortes e aterros de pequenas dimensões criados para implementação de edificações e do sistema viário, seria possível também reformular os critérios de fragilidade da variável relevo para as áreas urbanas. No entanto, num primeiro momento, os modelos serão comparados sem sofrerem modificações e estes elementos serão incorporados apenas em termos de nomenclatura.

No mapeamento destas formas de relevo (Mapa 3, pp. 46 e 47), utilizou-se a letra A maiúscula, de antropogênica, antes das siglas. Assim, por exemplo, uma vertente convexa (Vc), em áreas urbanizadas é representada pela sigla AVc. Assim como nas áreas com morfologia preservada, as rupturas de declividade também foram critérios utilizados para subdividir uma mesma feição morfológica. No caso das feições antropizadas, algumas vezes essas rupturas correspondem ao sistema viário.

Algumas formas foram tão modificadas que apresentam, praticamente apenas cortes e aterros como elementos constituintes. Isto ocorre na área do Conjunto Habitacional do Jardim Antártica, na base dos Morros altos da serra da Cantareira, ao sul da bacia e em trechos da estrada de Santa Inês, ao norte daquela. Neste caso, utilizamos a sigla CA (cortes e aterros generalizados).

Estas feições – vertentes com predominância de cortes e aterros de pequenas dimensões com morfologia original restrita a fragmentos e cortes e aterros generalizados - foram classificadas no mapa geomorfológico como *morfologia antropogênica*. (Mapa 3, pp. 46 e 47)

LIMA (1990), define morfologia antropogênica como superfícies que foram objetos de reformulação total ou generalizada, por meio de intervenções lineares e aureolares.

No que concerne às intervenções lineares CUNHA et. al (1991) preconizam que: “*O traçado mais favorável do arruamento tem por princípio básico acompanhar as características naturais do terreno, evitando-se, ao máximo, os movimentos de terra.*” Na área de estudo observa-se que este princípio foi respeitado no processo de implantação do sistema viário (Mapa 2, p. 45 e Mapa 3 p. 46), fato que contribui para a estabilidade da área urbanizada.

Algumas feições geomórficas da área urbana, como anfiteatros (vertentes côncavas) e vertentes retilíneas com declividades elevadas (acima de 30%), foram muito pouco modificadas. Não por acaso, estas feições estão diretamente relacionadas à ocupação por autoconstruções de alvenaria, cujas fundações por muitas vezes são construídas diretamente sobre as vertentes sem a execução de cortes ou aterros. Isso não significa que são necessariamente frágeis, tendo em vista os cuidados, por vezes até excessivos (como fundações mais profundas que o necessário), e adaptações realizadas nos processos construtivos pelas populações que hoje habitam essas áreas, durante o processo de ocupação. Todavia, somente laudos técnicos poderiam comprovar com precisão estas conjecturas.

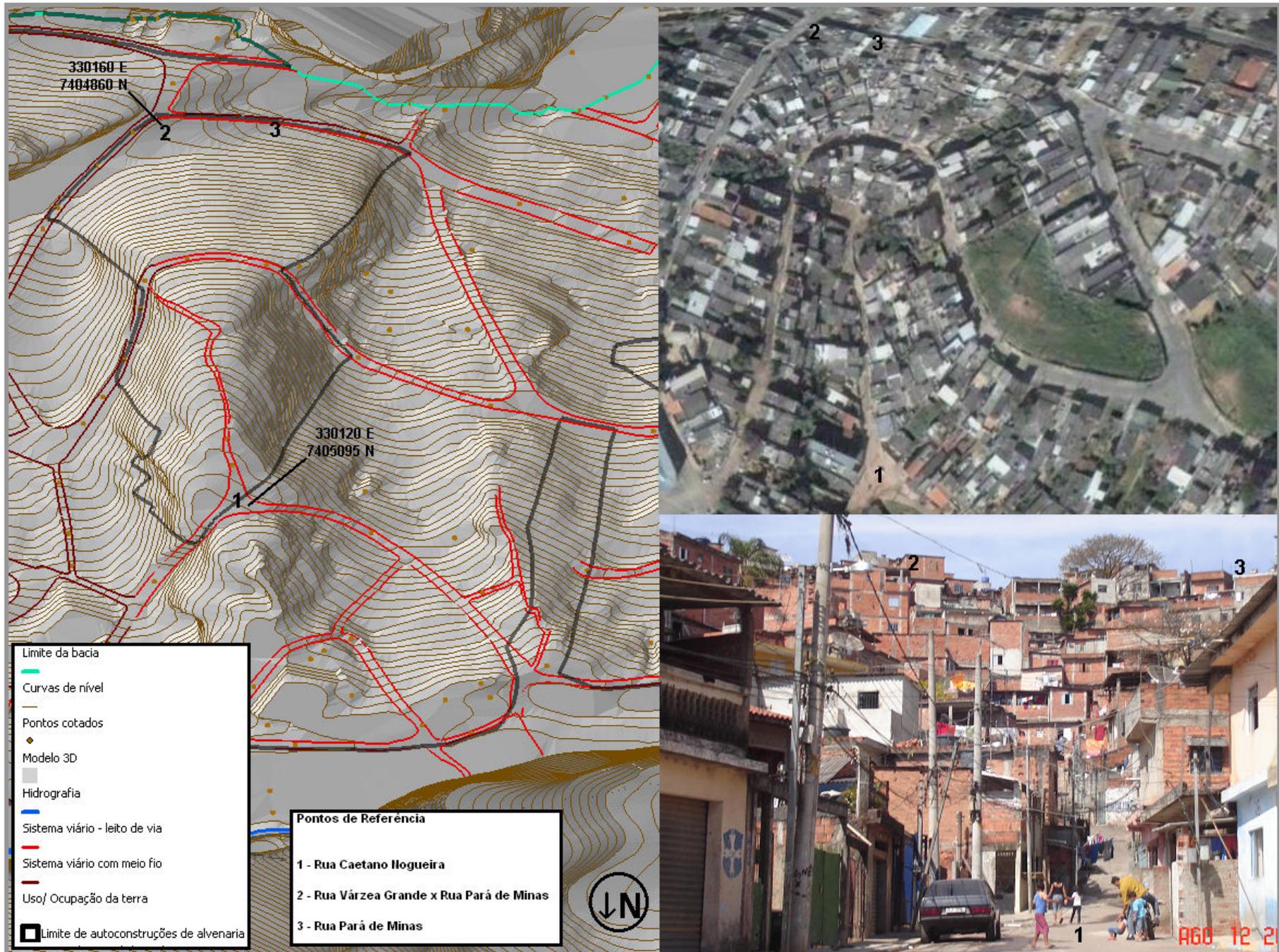


Figura 9: Embora a ocupação seja intensa, observa-se no modelo 3D que no plano topográfico, o anfiteatro foi pouco alterado. Esc. aproximada: 1: 3000. Fragmento de Imagem do satélite QuickBird, obtida pelo software Google Earth, em 10.03.07. Escala aproximada: 1:4000
Foto 6 - Anfiteatro ocupado por autoconstruções de alvenaria. Ângulo de visada: 180° S. Data: 12.08.06. Autor: Eric Macedo Massa.

8.2 Índices de Fragilidade do Solo em Áreas Urbanas

Determinar os índices de fragilidade dos solos em áreas urbanas é sem dúvida uma tarefa difícil, considerando que os levantamentos de detalhamento de solos abrangem áreas muito restritas e que nessas áreas, o solo original quase sempre sofre alterações, sejam elas de maior ou menor intensidade.

Em razão da indisponibilidade de cartas pedológicas ao nível de levantamento abrangendo a área de estudo, realizou-se uma aproximação (Mapa 5, p. 53), a partir da correlação dos subsídios encontrados em OLIVEIRA, et al. (1999) e ROSSI et al. (1997) com as informações de clinografia e geologia da área de estudo.

Um mapeamento de solos preciso da área de estudo, só seria possível com levantamentos de campo, através de obtenção de amostras de solo em diversas partes da bacia hidrográfica. Como o objetivo desta pesquisa é comparar metodologias, inclusive no que concerne a adequação destas à áreas urbanizadas/impermeabilizadas, acredita-se que a confecção de um produto cartográfico que se aproxime da realidade através de subsídios bibliográficos e cartográficos de menor escala, seja suficiente para esta análise, pois, ainda que não seja possível delimitar com exatidão sua distribuição espacial, os solos atribuídos à área de estudo não serão discrepantes da realidade.

Todavia, em se tratando da aplicação das metodologias em demandas reais, um levantamento detalhado de solos seria necessário, fato que torna a aplicação destas metodologias, caracterizadas por uma relativa simplicidade, mais complexa, constituindo assim uma limitação para a utilização de ambas.

O substrato rochoso condiciona o desenvolvimento pedológico principalmente por sua composição mineralógica e permeabilidade. Essa influência é observada nos processos de alteração química e física dos constituintes minerais e de movimento da matéria no solo.

Segundo ROSSI (2006)¹, na Serra da Cantareira, principalmente sobre o material granítico, ocorre o domínio de latossolos e cambissolos nas vertentes e dos gleissolos, nas planícies, acompanhando os principais cursos d'água. Os argissolos também ocorrem, porém em menor proporção.

No relevo de morros altos e baixos da área de estudo, o substrato pedogenético é resultante da alteração de rochas cristalinas pré-cambrianas, sobretudo granitos, granodioritos, filitos e gnaisses. Esse substrato, associado às altas declividades do relevo, resulta em solos pouco desenvolvidos, como cambissolos e argissolos vermelho-amarelos. Nas áreas com declividades médias a baixas, mais propícias aos processos de infiltração das águas das precipitações, pressupõe-se a ocorrência de perfis mais desenvolvidos: associação de argissolos vermelho-amarelos e latossolos vermelho-amarelos.

Considerando as classes de declividades utilizadas, foram estabelecidas as seguintes aproximações:

As áreas com declividade do relevo superior a 30% foram associadas aos Cambissolos Háplicos Tb Distróficos, textura argilosa + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura média/ argilosa ou argilosa.

As áreas que apresentaram declividades de 12 a 30% foram associadas aos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura argilosa + Cambissolos Háplicos distróficos, textura argilosa.

Nas superfícies menos íngremes, os solos tendem a ser mais profundos. Dessa forma, os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, textura argilosa e média/argilosa textura argilosa foram associados às áreas com declividades de 0 a 12%, excluindo-se as planícies fluviais.

¹ ROSSI, Márcio. (Instituto Florestal) Comunicação pessoal, 2006.

Para determinar os solos das planícies fluviais, utilizou-se os subsídios encontrados em ROSSI et al.(op. cit.), que realizou o levantamento de solos da bacia do Ribeirão Águas Claras, no Parque Estadual da Cantareira, em Mairiporã-SP. Segundo o autor, as áreas com declividade de 0 a 10% próximas ao rio principal, apresentaram solos do tipo Glei Húmico com textura argilosa. (Gleissolos Melânicos).

Considerando que a planície do córrego do Bispo, possui material de origem semelhante ao da planície do Ribeirão Águas Claras, e a proximidade entre as bacias, postulou-se a ocorrência dos Gleissolos Melânicos Distróficos Tb, textura argilosa, para a planície e para as áreas próximas daquele curso, com declividades até 6%. Contudo, levando-se em conta as grandes alterações sofridas pela maior parte dessas áreas por cortes e aterros de grandes dimensões, a ocorrência deste tipo de solo ficou restrita aos terraços alúvio-coluviais do médio curso e aos vales fluviais à montante da bacia.

Para o restante da área urbana, embora ocorram muitos cortes e aterros de pequenas dimensões, foi estabelecida a mesma aproximação realizada para as áreas de morfologia preservada, fato que não chega a constituir uma limitação para a pesquisa, levando em conta que o objetivo desta é uma comparação em nível metodológico.

Os índices de fragilidade preconizados pelos modelos de Ross e Inpe para os tipos de solos que ocorrem na área de estudo são os seguintes:

Tabela 15 – Índices de fragilidade/vulnerabilidade dos solos da área de estudo

| Tipos de Solos/material de aterro | Índice de Fragilidade – ROSS (1 – 5) | Índice de Vulnerabilidade – INPE (1,0 – 3,0) |
|---|--------------------------------------|--|
| Material de aterro adequado | 2 | 1,5 |
| Latossolos vermelho-amarelos + Argissolos vermelho-amarelos | 3 | 1,5 |
| Argissolos vermelho-amarelos + Cambissolos háplicos | 4 | 2,3 |
| Cambissolos háplicos + Argissolos vermelho-amarelos | 4 | 2,5 |
| Material de aterro inadequado | 4 | 2,5 |
| Gleissolos Melânicos | 5 | 3,0 |

**Fonte: ROSS (1994) e INPE (CREPANI et. al, 1996).
Org: MASSA, 2007.**

Para os casos de solos associados, foi calculada a média da soma dos índices de cada tipo de solo. No caso da associação Argissolos vermelho-amarelo (índice de fragilidade 4 e de vulnerabilidade 2,0) e latossolos vermelho-amarelos (índice de fragilidade 2 e de vulnerabilidade 1,0) foram obtidos os índices médio de fragilidade 3 e de vulnerabilidade médio de 1,5.

A associação Argissolos vermelho-amarelos (índice de fragilidade 4 e de vulnerabilidade 2,0) e Cambissolos háplicos (índice de fragilidade 4 e de vulnerabilidade 2,5), resultou no índice de fragilidade médio de 4 e de vulnerabilidade médio de 2,3. (Arredondamento da média 2,25).

Já para a associação Cambissolos háplicos e Argissolos vermelho-amarelos, considerando as declividades elevadas (acima de 30%) ocorre teoricamente o predomínio do primeiro tipo de solo. Por este motivo, utilizou-se o valor de vulnerabilidade do primeiro tipo de solo, ou seja, 2,5. Para o índice de fragilidade de Ross a não utilização da média não interfere, pois o valor atribuído aos Cambissolos continua sendo 4, já que cambissolos e argissolos recebem o mesmo índice.

Ambas as metodologias não estabelecem índices de fragilidade para materiais de aterros. Entretanto, observando-se a ocupação da terra associada a esses usos, atribuiu-se para o material de aterro da área da Cohab de médio padrão do Jardim Antártica, o índice 2 de fragilidade e proporcionalmente o índice 1,5 de vulnerabilidade, em função desta ter sido uma área urbanizada com os devidos recursos técnicos. Já para as adjacências do Córrego do Bispo, onde os barracos constituem a ocupação predominante, pressupõe-se que não houve supervisão do poder público no processo de ocupação, o que é comum nas periferias urbanas. Neste caso o material utilizado para aterrar a planície muito provavelmente não é adequado.

Dessa forma, considerando que o material utilizado foi entulho, haverá espaços que poderão armazenar água, descontinuidades importantes e diferentes resistências de materiais constituindo área de elevada instabilidade e probabilidade de movimentação. Para esta situação, atribuiu-se os índice de fragilidade 4 e o índice de vulnerabilidade 2,5.

8.3 Índices de Fragilidade das Classes de Uso e Ocupação da Terra em Áreas Urbanas

Nas áreas de urbanização consolidada, as probabilidades de vazamentos no sistema de coleta de esgoto e no sistema de abastecimento de água são reduzidas, em função da operacionalização destes equipamentos constituir uma tarefa da empresa saneamento responsável. Os serviços de coleta, remoção de resíduos sólidos e sistemas de drenagem devem apresentar eficiência ao menos satisfatória. A conjunção destes fatores reduz a probabilidade de ocorrência dos movimentos de massa.



Fragmento de imagem de satélite Quickbird, 2005. Escala aproximada: 1:5000
Foto 7 - Ocupação vertical de médio padrão da Cohab Jardim Antártica: urbanização consolidada apresentando ruas com meio fio e sistema de coleta de lixo e esgotos. Ao fundo observam-se cortes cobertos por gramíneas.
 Ângulo de visada: 90°. Data 12.08.06. Autor: Eric Macedo Massa
 ORG: MASSA, 2007.

Nas áreas onde ocorre a concentração de casas autoconstruídas, geralmente existem deficiências, tanto em relação ao material utilizado para construir a moradia quanto ao próprio entorno da edificação. Ainda nesse contexto, a ocupação é intensiva, a vegetação é escassa ou quase nula, e os serviços dos sistemas de engenharia, equipamentos públicos e serviços são precários. (saneamento, iluminação, energia elétrica drenagem).

Se, por um lado, a ocupação intensiva do relevo impermeabiliza o solo, interrompendo a infiltração de água, por outro, estando associada à deficiência dos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto, indica uma maior probabilidade de saturação (encharcamento) do solo e/ou de criação de fluxos subterrâneos, tendo em vista os possíveis vazamentos que podem ocorrer na rede distribuidora de água tratada ou na rede coletora de esgotos. A existência de fossas negra ou séptica, também contribui para a evolução destes processos adversos, assim como o lançamento aleatório de águas servidas. (FARAH, 1998).

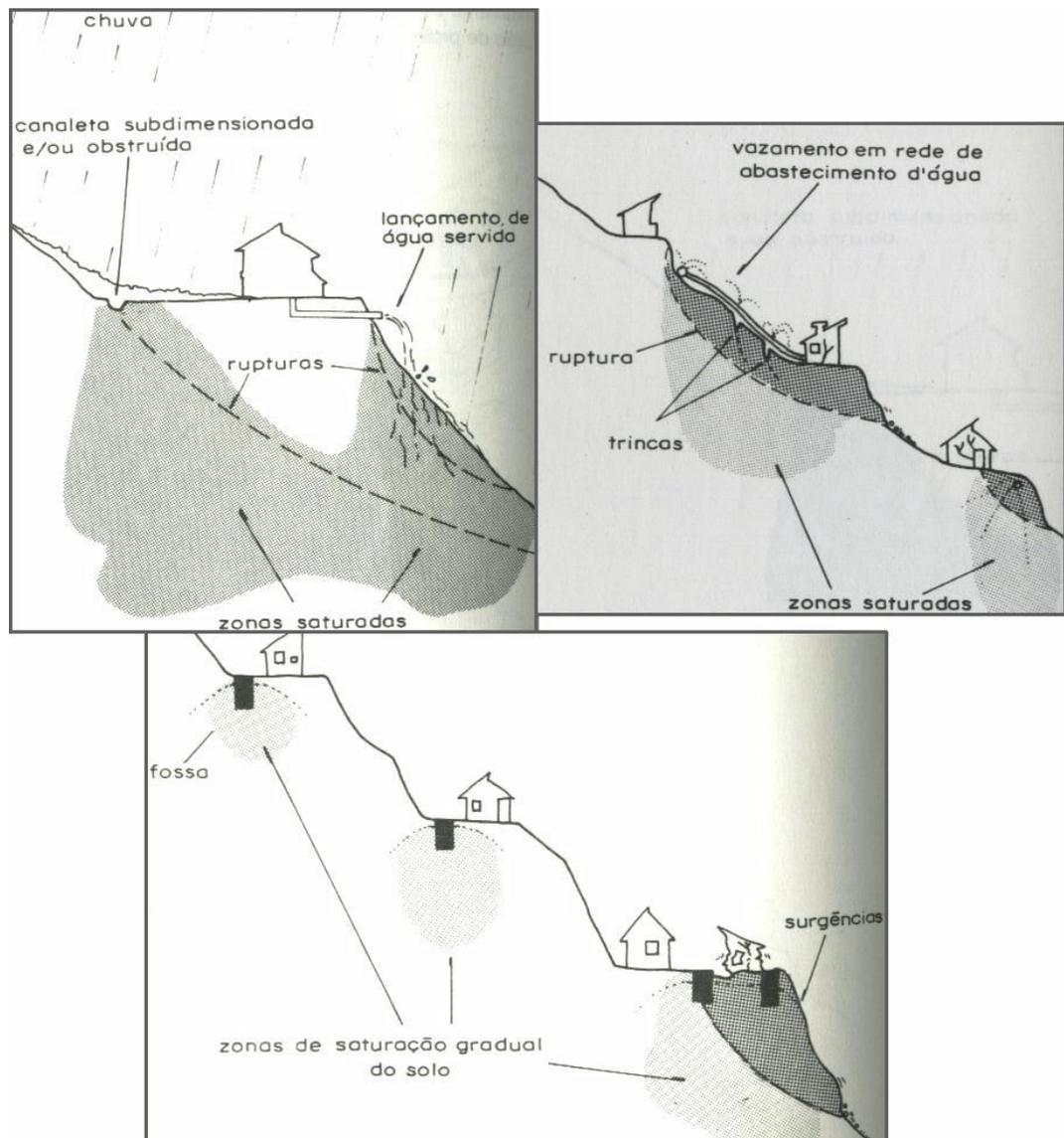
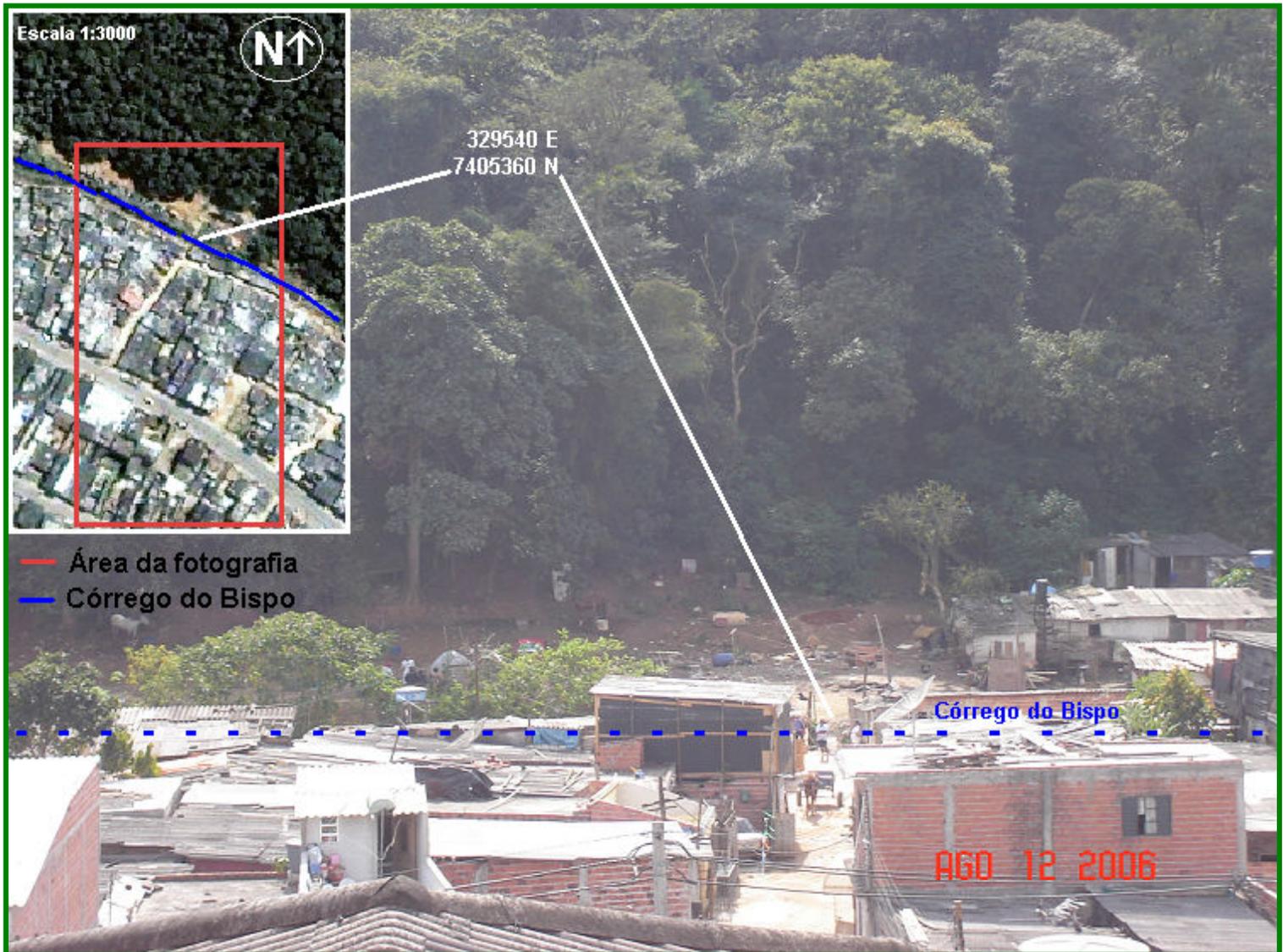


Figura 10: Potencialização de escorregamentos em função de falta de infra-estrutura adequada.

Fonte: CUNHA et al., 1991

Org: MASSA, 2007.



Fragmento de imagem de satélite IKONOS, 2004. Escala aproximada 1:2500

Foto 8 - Autoconstruções de madeira e de alvenaria nas margens do córrego do Bispo: falta de serviços básicos. O avanço destas ocupações vertente acima pode gerar situações de elevada instabilidade.

Ângulo de visada: 0°. Data 12.08.06. Autor: Eric Macedo Massa.

A deficiência de concepção ou ausência de sistemas de drenagem nas áreas de aglomerações habitacionais autoconstruídas origina fluxos de lançamentos pluviais concentrados nas vielas, travessas e, em algumas ocasiões, nos terrenos situados abaixo das residências, fato que pode causar erosões no solo que podem evoluir para movimentos de massa. (MACHADO, 2004).

Considerando estas situações, no tocante à correlação entre morfologia e sítio urbano, optou-se pela hierarquização de VILLELA (2000) com base no método proposto por ROSS (1994).

Tabela 16 – Índices de fragilidade atribuídos aos usos/ocupações urbanas

| Ocupação da terra | Classe de Fragilidade |
|---|-----------------------|
| Área com vegetação arbórea esparsa | Muito Baixa |
| Ocupação urbana de médio padrão | Baixa |
| Ocupação urbana de baixo e médio padrão | Média |
| Edificações de grande porte | Alta |
| Ocupação urbana de baixo padrão* | Muito alta |

***autoconstruções**

Fonte: VILLELLA, 2000.

Org: MASSA, 2007.

Abaixo, a adaptação desta hierarquia para as classes de ocupação da terra da área de estudo:

Tabela 17 – Índices de fragilidade e vulnerabilidade atribuídos aos usos/ocupações urbanas na área de estudo

| Uso e ocupação da terra/ cobertura vegetal – área urbana | Índice de Fragilidade – ROSS (1 – 5) | Índice de Vulnerabilidade – INPE (1,0 – 3,0) |
|--|--------------------------------------|--|
| Ocupação urbana de médio padrão | 2 | 1,5 |
| Conjunto habitacional de médio padrão | 2 | 1,5 |
| Indústria/ Armazém | 2 | 1,5 |
| Ocupação urbana de baixo padrão | 3 | 2,0 |
| Autoconstruções de alvenaria | 4 | 2,5 |
| Áreas vagas com vegetação de pequeno porte | 4 | 2,5 |
| Gramíneas | 4 | 2,5 |
| Autoconstruções de madeira | 5 | 3,0 |
| Solo exposto | 5 | 3,0 |
| Campo de terra batida | 5 | 3,0 |

Elaboração: MASSA, 2007.

Os índices de fragilidade utilizados na metodologia de Ross foram convertidos em valores proporcionais dentro da escala utilizada pela metodologia do INPE para determinar os índices de vulnerabilidade utilizados por esta.

9. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A metodologia do INPE apresentou níveis de fragilidades menos críticos em relação ao meio urbano, apresentando predominância de unidades de paisagem (no caso polígonos de intervenção antrópica), inseridas em classes de vulnerabilidade médias ou baixas, que a princípio seriam mais compatíveis com a ocupação consolidada da área urbana, porém mais questionáveis. Isto ocorre, porque as unidades de paisagem desta metodologia tendem a apresentar valores de vulnerabilidade médios, na medida em que variáveis com valores altos (próximos ou iguais a 3,0), muitas vezes são relativizadas quando somadas a outras de valores médios (ao redor de 2,0) ou baixos (ao redor de 1,0).

Na área de estudo, isto também ocorreu. Muitas das unidades territoriais básicas apresentam valores de vulnerabilidade máximos para a variável geomorfologia (3,0 - vertentes côncavas, convexas e retilíneas com declividade acima de 30%) e valores elevados para os solos (2,5 – cambissolos). No entanto, possuem valores de vulnerabilidade baixos para as demais variáveis: geologia (1,1 – granitos e granodioritos); uso/cobertura vegetal (1,0 - Mata) e clima (1,4 – intensidade pluviométrica entre 125 mm e 150 mm/ mês). O resultado é uma média de 1,8, ou grau de vulnerabilidade medianamente estável/ vulnerável que corresponde a classe central na escala de vulnerabilidade proposta pela metodologia do INPE.

Já a metodologia de Ross apresentou valores mais críticos (em função das declividades predominantes elevadas nas unidades de paisagem), determinados pela variável relevo, que possui maior peso em relação às demais.

Objetivando facilitar a comparação entre os resultados obtidos na aplicação das metodologias, foi utilizada a mesma escala de cores para representar os graus de fragilidade e vulnerabilidade das cinco classes equivalentes. Ressalta-se, que a metodologia do Inpe não apresentou unidades de paisagem natural inseridas nas duas classes mais instáveis ou frágeis, (moderadamente vulnerável e vulnerável) e

polígonos de intervenção antrópica inseridos na classe mais instável (vulnerável). (Mapa 7, p.86, e Mapa 8, p.88).

A metodologia de Ross é mais eficaz em termos de previsibilidade, no que se refere aos ambientes preservados, pois as variáveis aparecem sintetizadas em um numeral e, ao mesmo tempo, revelam de modo analítico o potencial e a contribuição de cada uma delas para a ocorrência de processos geomorfológicos.

Em relação aos ambientes preservados, a metodologia do INPE apresenta como resultado uma síntese que é uma radiografia da situação atual da área analisada. Embora cada variável envolvida na análise seja justificada com fortes argumentos em relação a importância de cada uma, essa importância teórica não se revela na prática. Não existe a mesma relação interativa entre as variáveis, que possuem sempre o mesmo peso ou relevância, que não é evidenciada pelo mapa de síntese.

Contudo ambas as metodologias apresentam limitações, quando aplicadas às realidades das áreas urbanas. Se para as áreas preservadas, a metodologia de Ross cumpre tão bem a tarefa de detectar áreas potencialmente de fragilidade muito alta a muito baixa, subsidiando o planejamento físico territorial, nas áreas urbanizadas essa tarefa não é realizada com tanta eficácia, em função da dinâmica do relevo antropizado, na qual as declividades elevadas nem sempre representam maiores riscos e declividades moderadas nem sempre representam riscos menores.

Há exemplos dessas situações na área de estudo, onde quadras com médio padrão predominante localizam-se em terrenos com declividade acima de 30%.

LIMA (1990) apontou em seu mapeamento, uma maior atividade morfodinâmica das vertentes e sistemas fluviais ocupados por classes pobres nos estágios de implantação dessas ocupações. Essas situações representam um alto grau de fragilidade, mas que não podem ser extrapolados para área de estudo, em função do caráter consolidado desse tipo de ocupação na bacia do córrego do

Bispo, embora existam pequenas áreas na margem direita do córrego principal, que ainda podem se expandir.

Um bom parâmetro para avaliar os resultados obtidos pelas metodologias é a confrontação de seus resultados com os mapeamentos de risco realizados por órgãos oficiais, considerando que estes são realizados em escalas de grande detalhe e a partir de vistorias *in loco*. Como por exemplo, o mapeamento das Áreas de Risco do Município de São Paulo, realizado pelo IPT e pela UNESP, por solicitação da Secretaria Municipal da Coordenação das Subprefeituras /SMPSP em 2003-2004. (Mapa 9, áreas 1, 2 e 3, p. 93 e ANEXO C, p.136)

Este produto apresenta áreas localizadas em assentamentos precários e sujeitas a escorregamentos de encosta e solapamento de beira de córregos. Nesse sentido é possível comparar as áreas indicadas neste mapeamento com as áreas de maior fragilidade dos mapeamentos das metodologias de Ross e do INPE.

A análise destas áreas de risco de escorregamentos e de solapamentos das margens revela que existe uma correspondência com os resultados obtidos pelas metodologias em relação às áreas de alta fragilidade:

- As áreas em que há risco de solapamento das margens no mapa das Áreas de Risco Sócio Ambiental à jusante da bacia coincidem com as áreas identificadas como frágeis e muito frágeis na metodologia de Ross e como moderadamente vulneráveis na metodologia do INPE.

- As áreas 1, 2 e 3, que figuram como áreas de risco de escorregamentos de encostas, segundo o mapa das Áreas de Risco Sócio Ambiental (p. 136) localizam-se nos morros baixos e são ocupadas por autoconstruções em vertentes retilíneas com declividade acima de 20%. Estas mesmas áreas figuram como áreas de fragilidade muito alta em Ross e como moderadamente vulneráveis no INPE.

- Estas três áreas, possuem ainda um diferencial em relação ao resto da área urbanizada, pois não foram totalmente ocupadas, restando ainda fragmentos de matas ciliares e capoeiras.

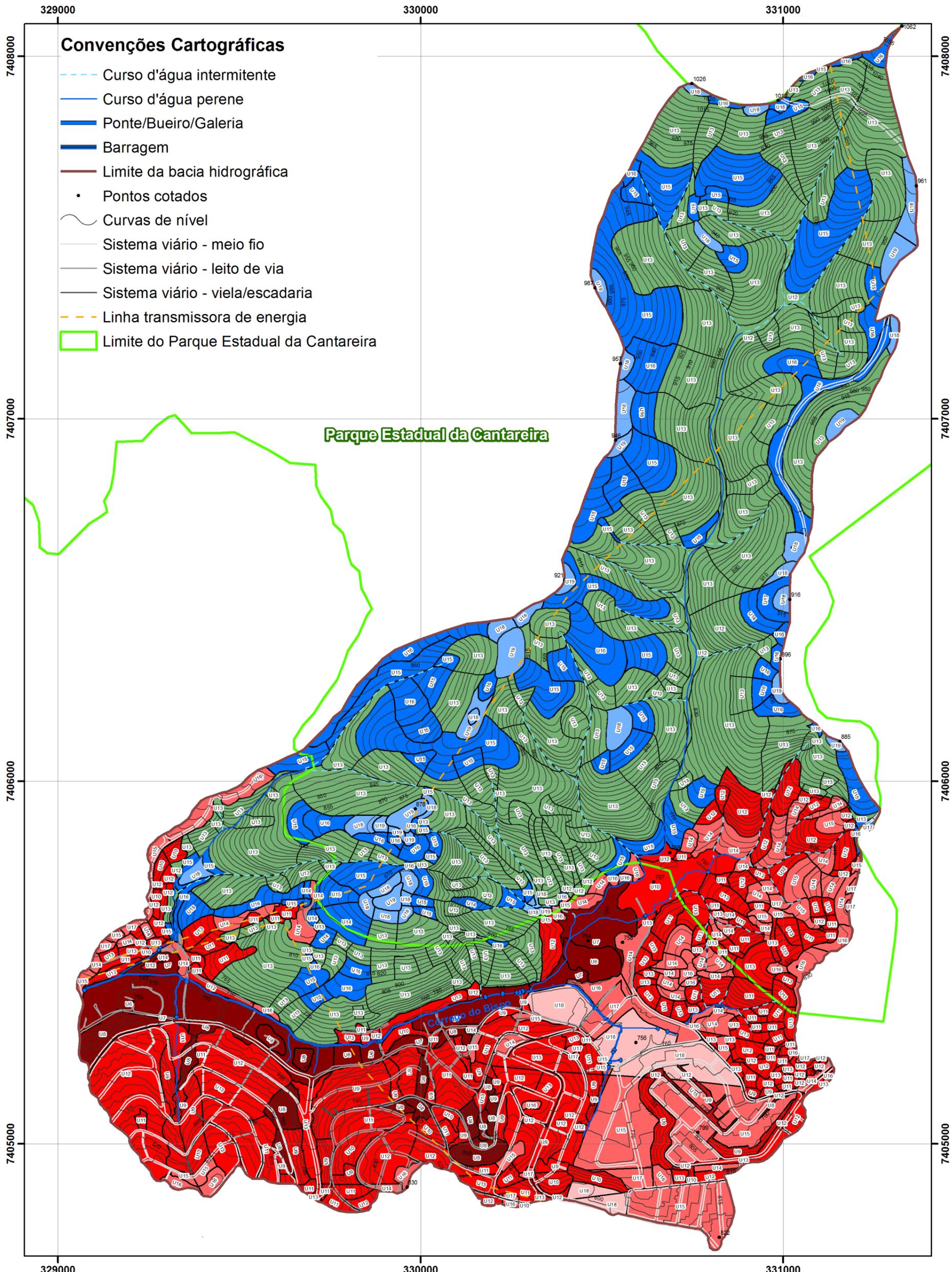
Isto leva a concluir que a eficácia das metodologias em relação às áreas urbanas é proporcional ao estágio de ocupação antrópica. Quando não há ocupação cumprem seus papéis plenamente. Nos estágios iniciais de ocupação, a intervenção antrópica modifica a morfodinâmica, mas ainda é possível identificar áreas de risco de escorregamento com um certo grau de eficiência.

Já as áreas de urbanização consolidada requerem uma análise mais detalhada. Embora apresentem estabilidade podem ocorrer fragilidades pontuais e nesse sentido, as metodologias já não apresentam elementos que possam dar conta deste nível de detalhamento.

Em termos de limitações de ordem técnica, a aplicação de ambas as metodologias em áreas urbanas torna-se mais onerosa, pois demandaria um produto cartográfico de solos mais detalhado, o que não garantiria resultados mais satisfatórios. Estes resultados, por sua vez, poderiam ser obtidos através de adaptações das metodologias na análise das áreas urbanas.

Mesmo em relação às áreas preservadas, pode-se discutir os resultados obtidos. Se na metodologia do INPE os valores de vulnerabilidade tendem para os valores médios, na metodologia de Ross, em áreas com relevo muito dissecado, como é caso da bacia do córrego do Bispo, os valores de fragilidade tendem aos valores extremos de fragilidade em função do parâmetro declividade. Considerando estes fatos, propõe-se, nos capítulos subseqüentes, uma contribuição à metodologia de Ross em relação à dinâmica de vertentes das áreas preservadas, baseada em RUEH (1975).

MAPA 7 - VULNERABILIDADE BASEADA NAS UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS



Parque Estadual da Cantareira

Base Cartográfica:
 Fonte: EMLASA, 1973.
 Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007
 Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000.
 Equidistância das curvas de nível: 5 m
 Organização: Eric Macedo Massa, 2007

0 100 200 400 600 800 Metros

1:10.000
 UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S



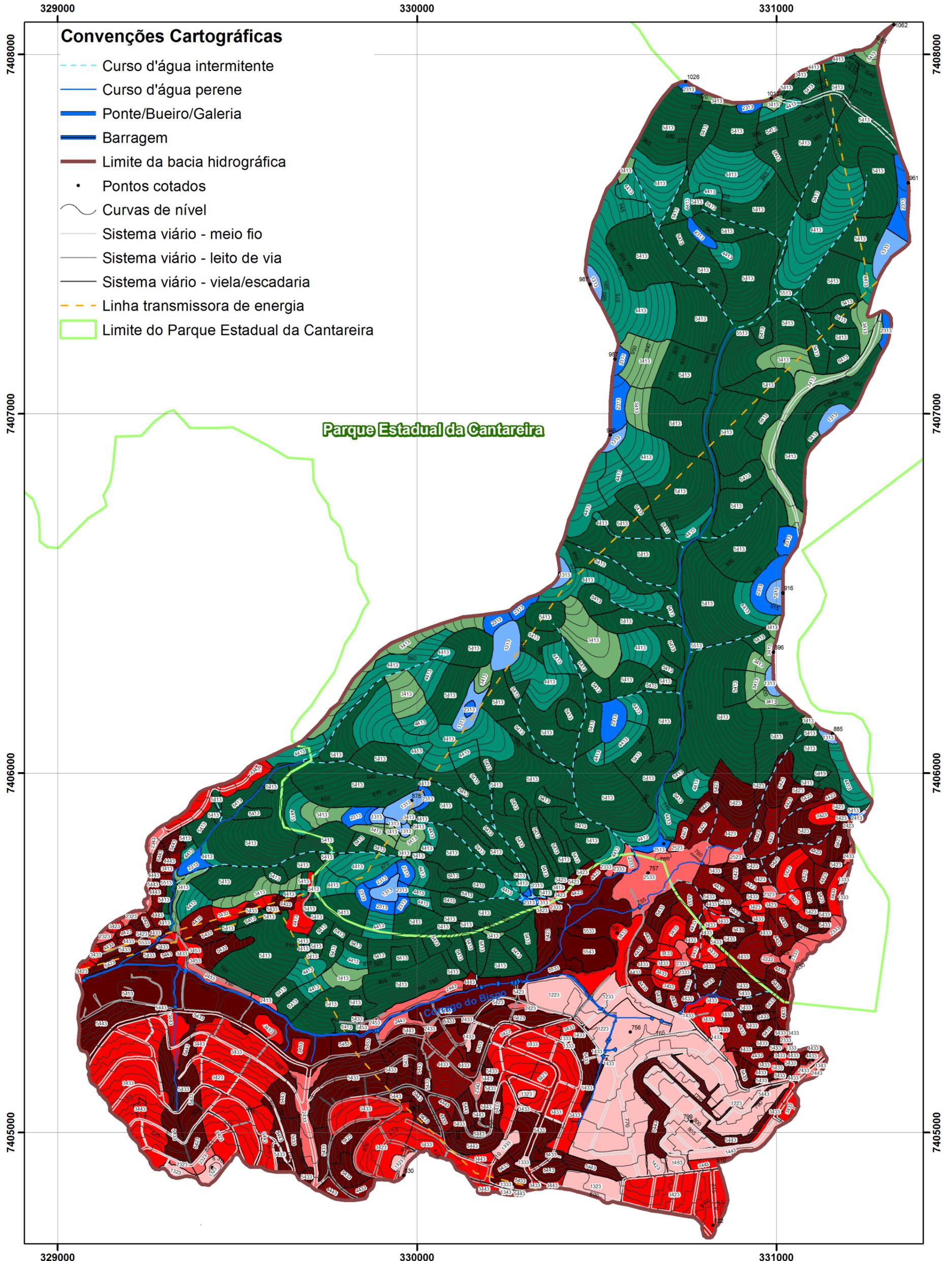
LEGENDA TEMÁTICA INTEGRADA

| | | Unidades Territoriais Básicas | | | |
|----------------------------------|-----------|-------------------------------|---|-----------------------------|---|
| | | Unidades de Paisagem Natural | | Polígonos de Ação Antrópica | |
| Grau de Vulnerabilidade | Média | Unidades de Paisagem | Simbologia | Unidades de Paisagem | Simbologia |
| Estável | 1,0 – 1,3 | U18 e U19 |  | U18 |  |
| Moderadamente Estável | 1,4 – 1,7 | U14,U15, U16 e U17 |  | U14,U15, U16 e U17 |  |
| Medianamente Estável/ Vulnerável | 1,8 – 2,2 | U12 e U13 |  | U9,U10, U11,U12 e U13 |  |
| Moderadamente Vulnerável | 2,3 – 2,6 | Sem ocorrência | --- | U6, U7 e U8 |  |
| Vulnerável | 2,7 – 3,0 | Sem ocorrência | --- | Sem ocorrência | --- |

| Grau de Vulnerabilidade | Classes de Declividade das feições geomórficas | | Tipos de Solos/ materiais de aterro (Ocorrências na área de estudo) | Uso/ Cobertura Vegetal (Ocorrências na área de estudo) | Geologia (Ocorrências na área de estudo) | | Características Pluviométricas (Ocorrências na área de estudo) | |
|--|--|-----|---|--|--|-----------------------------------|--|----------------|
| | | | | | | | | |
| Estável (1,0 – 1,3) | 0 a 6% | 1,0 | Sem ocorrência | Mata | 1,0 | Granitos a Granodioritos, 1,1 | Sem ocorrência | --- |
| | | | | | | Migmatitos e Gnaisses 1,3 | | |
| Moderadamente Estável (1,4 – 1,7) | 6 a 12% | 1,5 | Material de aterro adequado Latossolos VA + Argissolos VA | Urbano - médio padrão Conj. habitacional – médio padrão Mata secundária Indústria/ Armazém | 1,5 | Micaxistos e/ou Meta-Arenitos 1,7 | Intensidade pluviométrica entre 125 e 150 mm por mês | 1,4 |
| Medianamente Estável/ Vulnerável (1,8 – 2,2) | 12 a 20% | 2,0 | Sem ocorrência | Urbano - baixo padrão Capoeira Área Rural Silvicultura | 2,0 | Filitos e ou Meta-Siltitos 2,1 | Sem ocorrência | --- |
| Moderadamente Vulnerável (2,3 – 2,6) | 20 a 30% | 2,5 | Argissolos VA + Cambissolos Háplicos 2,3 | Autoconstruções de alvenaria Áreas vagas com vegetação Gramíneas Vegetação paludal | 2,5 | Sem ocorrência | --- | Sem ocorrência |
| | | | Cambissolos Háplicos + Argissolos VA 2,5 | | | | | |
| Vulnerável (2,7 – 3,0) | 0 a 3% (planície fluvial) | 3,0 | Gleissolos Melânicos 3,0 | Autoconstruções de madeira Solo exposto Campo de futebol de terra batida | 3,0 | Aluviões Fluviais 3,0 | Sem ocorrência | --- |
| | Acima de 30% | | | | | | | |

Organização: Eric Macedo Massa, 2007

MAPA 8 - UNIDADES ECODINÂMICAS ESTÁVEIS E INSTÁVEIS



Convenções Cartográficas

- Curso d'água intermitente
- Curso d'água perene
- ▬ Ponte/Bueiro/Galeria
- ▬ Barragem
- Limite da bacia hidrográfica
- Pontos cotados
- ~ Curvas de nível
- Sistema viário - meio fio
- Sistema viário - leito de via
- Sistema viário - viela/escadaria
- Linha transmissora de energia
- ▭ Limite do Parque Estadual da Cantareira

Parque Estadual da Cantareira

Coleção do Bispo

Base Cartográfica:

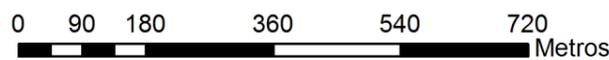
Fonte: EMLASA, 1973.

Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007

Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000

Eqüidistância das curvas de nível: 5 m

Organização: Eric Macedo Massa, 2007



1:10.000

UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S



LEGENDA TEMÁTICA INTEGRADA

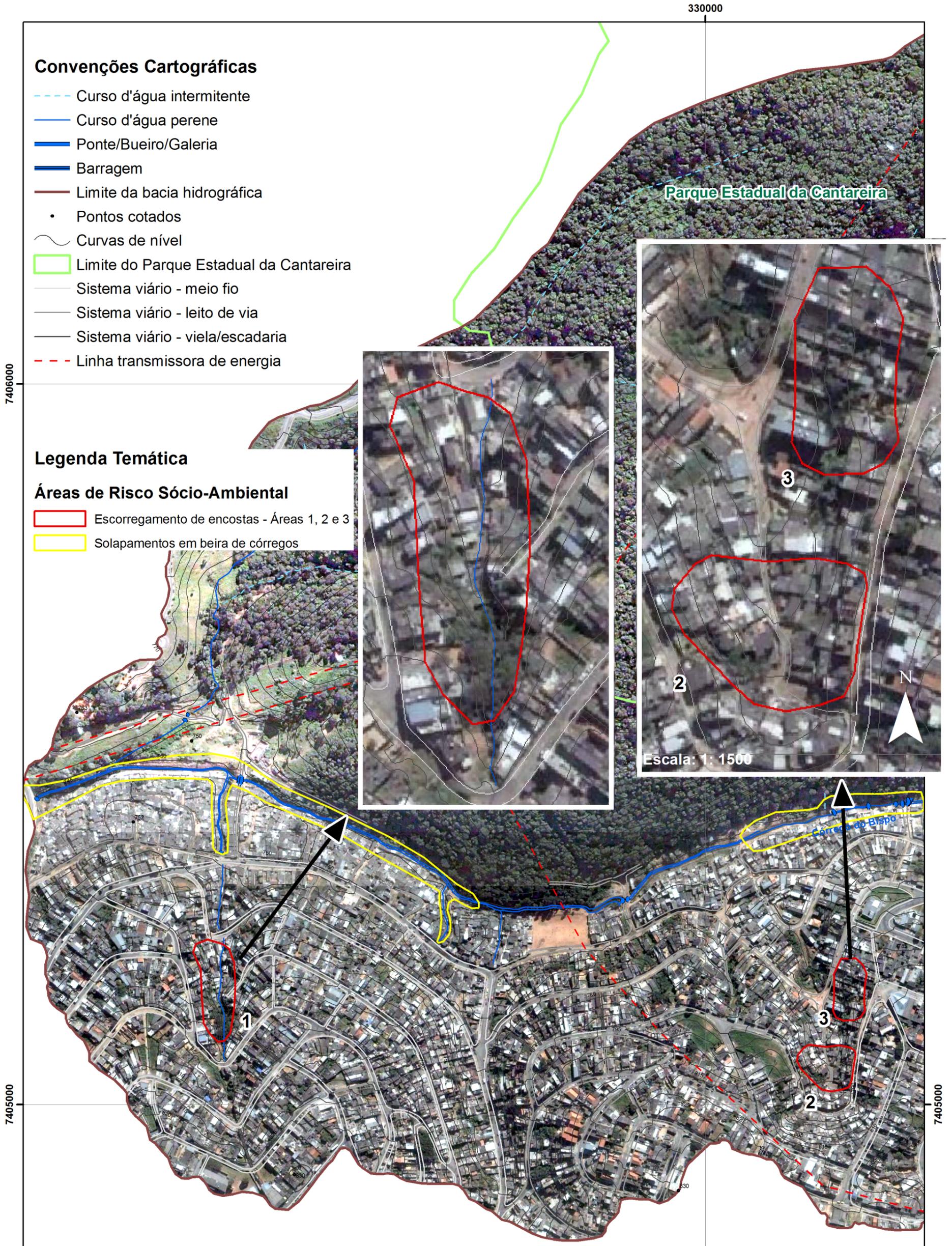
| UNIDADES ECODINÂMICAS ESTÁVEIS OU DE INSTABILIDADE POTENCIAL | | | UNIDADES ECODINÂMICAS INSTÁVEIS OU DE INSTABILIDADE EMERGENTE | | |
|--|---|-------------------------------|---|---|---|
| Grau de Fragilidade | Simbologia | Ocorrências na área de estudo | Grau de Fragilidade | Simbologia | Ocorrências na área de estudo |
| Muito Fraco |  | 1313 | Muito Fraco |  | 1223, 1233, 1323, 1333, 1343, 1423, 1433, 1443 e 1453 |
| Fraco |  | 2313, 2413 e 2513 | Fraco |  | 2323, 2333, 2343, 2423, 2433, 2443, 2453, 2523 e 2533 |
| Médio |  | 3413 | Médio |  | 3343, 3413, 3423, 3433, 3443 e 3453 |
| Forte |  | 4413 | Forte |  | 4423, 4433 e 4443 |
| Muito Forte |  | 5413 e 5513 | Muito Forte |  | 5413, 5423, 5433, 5443, 5453, 5533 e 5543 |

Obs: O primeiro algarismo refere-se ao grau de *fragilidade* em função das classes de declividade predominantes nas feições geomórficas; o segundo ao grau de *fragilidade* de acordo com o tipo de solo, o terceiro ao grau de *proteção* de acordo com o uso da terra/ cobertura vegetal e o quarto ao grau de fragilidade de acordo com as características pluviométricas, conforme a tabela a seguir:

| Grau de Fragilidade | Classes de Declividade das feições geomórficas | Tipos de Solos/ materiais de aterro (Ocorrências na área de estudo) | Grau de Proteção | Uso/ Cobertura Vegetal (Ocorrências na área de estudo) | Grau de Fragilidade | Características Pluviométricas (Ocorrências na área de estudo) |
|---------------------|--|--|------------------|---|---------------------|---|
| 1 - Muito Fraca | 0 a 6% | Sem ocorrência | 1- Muito Alto | Mata | 1- Muito Baixa | Sem ocorrência |
| 2 - Fraca | 6 a 12% | Material de aterro adequado | 2 - Alto | Urbano - médio padrão Conj. habitacional – médio padrão Mata secundária Indústria/ Armazém | 2- Baixa | Sem ocorrência |
| 3 - Média | 12 a 20% | Latossolos VA + Argissolos VA | 3 – Média | Urbano - baixo padrão Capoeira Área Rural Silvicultura | 3 - Média | Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março. |
| 4 - Forte | 20 a 30% | Argissolos VA + Cambissolos Háplicos, Cambissolos Háplicos + Argissolos VA e Material de aterro inadequado | 4 - Baixo | Autoconstruções de alvenaria Áreas vagas com vegetação Gramíneas Vegetação paludal | 4 - Forte | Sem ocorrência |
| 5 - Muito Forte | 0 a 3% (planície fluvial) e acima de 30% | Gleissolos Melânicos | 5 – Muito Baixo | Autoconstruções de madeira Solo exposto Campo de terra batida | 5 – Muito Forte | Sem ocorrência |

Organização: Eric Macedo Massa, 2007.

MAPA 9 - ÁREAS DE RISCO SÓCIO-AMBIENTAL (SMCS 2003-2004)



Base Cartográfica:

Fonte: EMPLASA, 1973 e SMCS, 2003-4 (adaptado)
 Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007
 Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000
 Eqüidistância das curvas de nível: 5 m
 Organização: Eric Macedo Massa, 2007

10. ELEMENTOS RELACIONADOS À DINÂMICA DAS VERTENTES COMO SUBSÍDIOS PARA DEFINIÇÃO DOS GRAUS DE FRAGILIDADE DO RELEVO

Como foi mencionado anteriormente, para os estudos de fragilidades em escalas de maior detalhe, as metodologias de ROSS (1994) e INPE (CREPANI et. al, 1996), creditam ao fator declividade capital importância na determinação do grau de fragilidade correspondente à variável relevo.

Levando-se em conta a escala de análise deste estudo (1:10.000), achou-se conveniente buscar subsídios em outras obras no campo da geomorfologia. Estes subsídios traduzem-se em fatores relacionados à dinâmica das vertentes, e, portanto, relacionados à escala local do relevo, que podem ser relevantes para as análises de fragilidade.

Contemplar estes fatores representa um esforço para contribuir para o aperfeiçoamento destas metodologias, na medida em que se procura solucionar generalizações que eventualmente podem ocorrer quando se leva em consideração a declividade, como parâmetro determinante dos graus de fragilidade associados a variável relevo e, dessa forma, omitir, aspectos relativos às características geométricas das vertentes e, conseqüentemente, aos processos correlatos as mesmas.

Para definir quais desses fatores relacionados à dinâmica das vertentes seriam viáveis de incorporação às metodologias utilizadas neste trabalho, realizou-se uma revisão bibliográfica.

10.1 Comprimento da Rampa

O IPT (CUNHA et. al., 1991), leva em consideração a amplitude, a declividade, a forma e o comprimento da vertente como fatores mais relevantes em relação à dinâmica superficial das vertentes. Há um ponto de consenso importante entre o IPT e CASSETI (1995), no que diz respeito à consideração da importância do comprimento da rampa, dentre os fatores elencados:

“Maiores declividades determinam maiores velocidades de escoamento das águas aumentando a sua capacidade erosiva; e maior comprimento da encosta indica maior tempo de escoamento e, conseqüentemente, maior erosão.” (CUNHA et.al., 1991, p.15)

10.2 Profundidade do Lençol Freático

Como fatores preparatórios ou predisponentes dos fenômenos de instabilização, o IPT considera o relevo, características geológico-geotécnicas, vegetação, características climáticas da região e ação humana. Em que pese as diferenças terminológicas, numa aproximação conceitual, tratam-se respectivamente, dos mesmos fatores considerados pelas metodologias de fragilidade ambiental de Ross e do Inpe: geomorfologia, geologia, vegetação/uso da terra (ação humana) e clima. Todavia, o IPT (CUNHA et. al, op.cit.) menciona também a profundidade do lençol freático. Este fator merece atenção, principalmente quando se levam em conta análises em escalas de maior detalhe, nas quais os elementos da paisagem ao nível local, ganham proporcionalmente maior importância quanto maior forem aquelas.

Considerando que a área de estudo pertence a este contexto local, a profundidade do lençol freático é mais um elemento que pode vir a contribuir para a definição mais precisa dos níveis de fragilidade associados ao parâmetro relevo, na medida em que a profundidade do nível da água culmina em uma maior ou menor suscetibilidade aos escorregamentos.

“A alteração substancial da geometria de uma encosta através de cortes, interceptando o lençol freático, constitui-se muitas vezes em fator de instabilização causando movimentos de rastejos que podem evoluir para escorregamentos. A elevação ou alimentação do lençol freático com prolongados períodos de chuvas, ruptura de redes de água e esgoto, ou excessiva quantidade de fossas podem constituir-se em fatores de aceleração deste processo.” (CUNHA et. al., 1991)

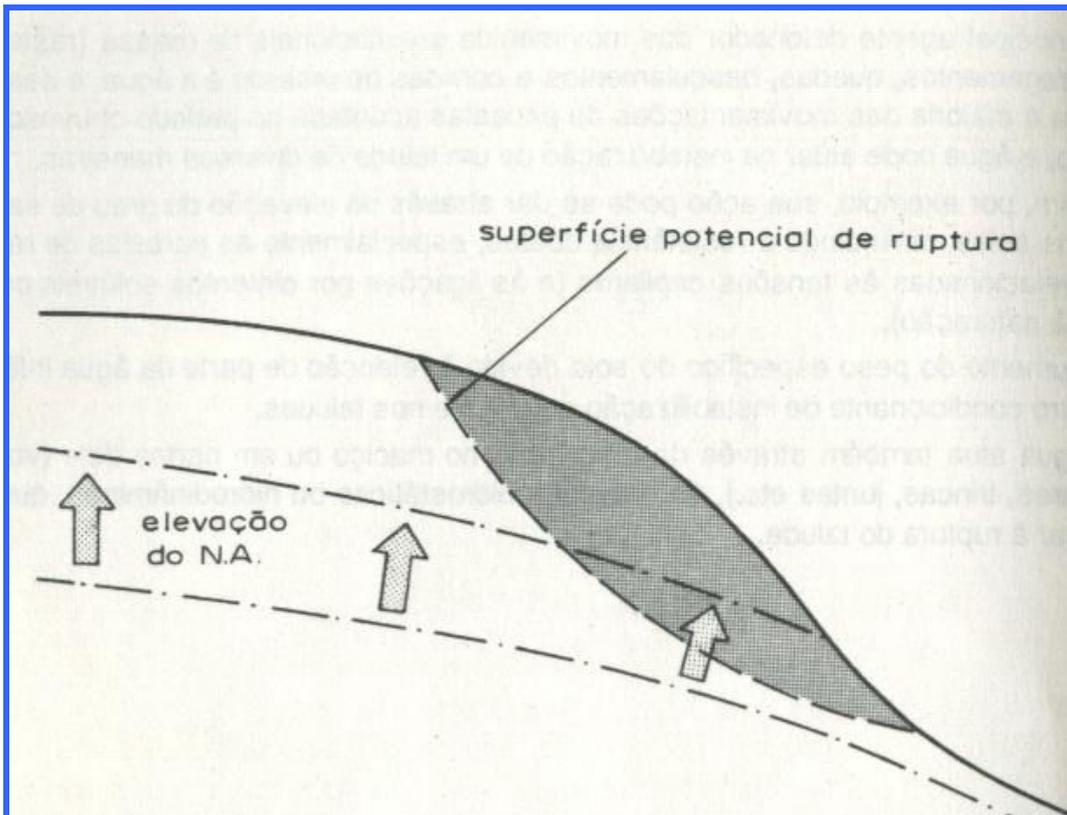


Figura 11: A elevação do nível do lençol freático como fator de instabilização.
Fonte: CUNHA et. al, 1991.
Org: MASSA, 2007.

10.3 Forma Geométrica das Vertentes

TROEH (1965 apud BLOOM, 2000), elaborou uma engenhosa classificação de encostas, combinando a curvatura do perfil com a curvatura das linhas de nível, conforme ilustra a figura abaixo.

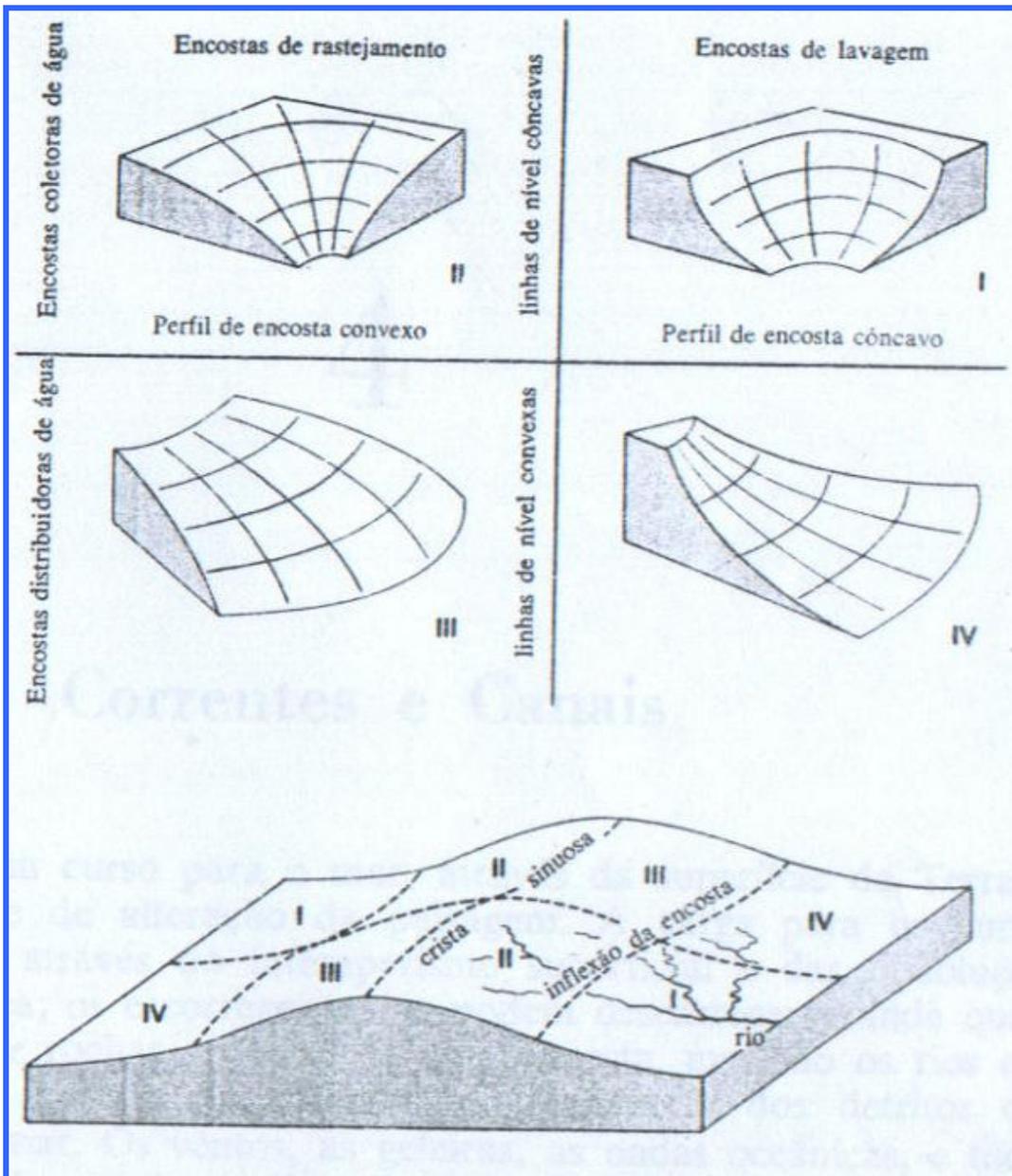


Figura 12: Classificação dos elementos de encosta de uma paisagem de acordo com a forma e os processos operantes.

Fonte: DE TROEH, 1965 apud BLOOM, 2000.

Org: MASSA, 2007.

O eixo horizontal do diagrama divide as vertentes coletoras de água, com larguras côncavas (quadrantes I e II), das vertentes distribuidoras de água com larguras convexas. (quadrantes III e IV). O eixo vertical do diagrama separa as vertentes com perfis (comprimentos) convexos, onde predominam rastejamentos (quadrantes II e III), das com perfis côncavos, onde predomina a lavagem por chuva. (quadrantes I e IV).

Uma classificação de vertentes semelhante a essa, mas com uma tipologia mais diversa das formas foi publicada por RUEH (1975).

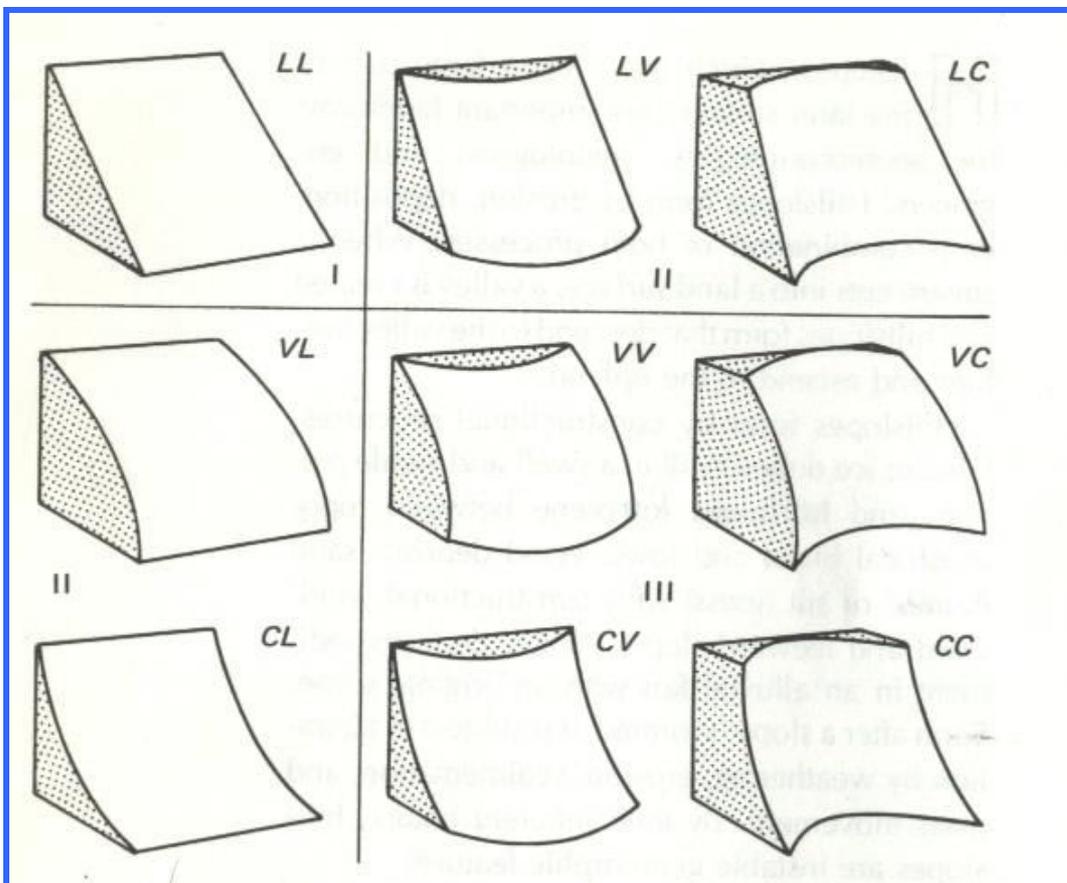


Figura 13: Formas geométricas das vertentes. No sentido latitudinal, o comprimento da vertente e no sentido longitudinal a largura. L significa linear; V, convexo; C, côncavo. As formas mais simples (grupo I) são colineares (LL). As formas do grupo III, mais complexas, são curvas em ambos os sentidos. As formas do grupo II são lineares em um sentido e curvas em outro.

Fonte: RUEH, 1975.

Org: MASSA, 2007.

Esta classificação também contempla as formas geométricas das vertentes em seus aspectos de comprimento e largura, dividindo-as em três grupos segundo a

complexidade das formas. No primeiro grupo estão as vertentes com comprimento e largura lineares (retos), constituindo o tipo mais simples de vertente. No segundo grupo, figuram as vertentes com um plano linear e outro curvo. O terceiro e mais complexo grupo apresenta comprimento e largura curvas.

Em termos de escoamento, as vertentes com largura e comprimento lineares apresentam a predominância de fluxos em lâminas e velocidade uniforme. Nas vertentes com comprimento convexo e largura linear (VL) os fluxos laminares também predominam, mas a velocidade deste aumenta em direção à base da vertente aumentando o potencial erosivo. Nas vertentes com comprimento côncavo e largura linear (CL) o fluxo laminar é favorecido.

Curvaturas no sentido longitudinal da vertente também repercutem no escoamento superficial. Uma vertente com comprimento linear e largura convexa (LV), possui uma superfície divergente e a água tende a dispersar-se. Uma vertente com comprimento linear e largura côncava (LC) apresenta largura divergente e canais de escoamento superficial, possivelmente causando ravinas e formando as linhas de drenagem de primeira ordem.

Num terceiro grupo estão as vertentes de largura e comprimento convexos (VV), de comprimento e largura côncavos (CC), de comprimento côncavo e largura convexa (CV) e de comprimento convexo e largura côncava (VC).

As curvaturas ao longo dos sentidos longitudinal e latitudinal formam sistemas de escoamento superficial muito complexos em termos de padrão e de velocidade. Aqui a concentração do fluxo na vertente em linhas de drenagem é o começo da descarga através da rede de drenagem do sistema aberto. Os processos de rastejamento são predominantes nas vertentes do tipo VV e VC, mas o escoamento superficial é difuso naquelas e concentrado nestas. Já nas vertentes do tipo CC e CV, predominam processos de lavagem, sendo os fluxos superficiais, respectivamente, convergentes e divergentes.

Baseado na classificação apresentada por Rueh, CASSETI (1983 apud CASSETI, 1995) em pesquisas realizadas em Goiânia (1980 e 1981) apresenta os

seguintes resultados relativos ao comportamento da cobertura/ modalidade do uso do solo e respectiva disposição da vertente:

Tabela 18 – Perdas de Terra e Água em Goiânia 1980/1.

| Parcela | Declive (%) | Forma da Vertente | Terra (t/ha/a) | % em rel. ao total | Água (% de chuva) | % em rel. ao total |
|----------|-------------|--|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Pastagem | 4,7 |  VV | 0,059 | 0,07 | 0,71 | 1,98 |
| | 14,4 |  VV | 0,230 | 0,23 | 3,66 | 10,23 |
| | 36,0 |  CV | 0,101 | 0,10 | 3,12 | 8,74 |
| Cultivo | 6,7 |  VV | 31,638 | 41,64 | 13,41 | 37,51 |
| | 11,0 |  VV | 51,655 | 51,65 | 10,20 | 28,74 |
| | 16,1 |  VV | 0,349 | 0,35 | 2,78 | 7,74 |
| Mata | 14,1 |  VV | 0,010 | 0,01 | 0,58 | 1,62 |
| | 15,8 |  VV | 0,032 | 0,03 | 0,43 | 1,21 |
| | 40,6 |  CV | --- | --- | 0,86 | 2,40 |
| Total | | | | 100,00 | | 100,00 |

Nota: Valores para um total de 1401,2 mm de chuva. Mesmo comprimento de rampa para as parcelas experimentais (12 metros).

Fonte: CASSETI, 1995.

Org: MASSA, 2007.

Observa-se que para as duas primeiras parcelas de cada uso situadas em vertentes com comprimento e largura convexas, aumentando-se a declividade as perdas de solo aumentaram como era esperado.

Entretanto mesmo com o aumento da declividade da segunda para a terceira parcela dos grupos de usos pastagem e mata (14,4% para 36,0%, pastagem e

15,8% para 40,6% mata), estas apresentaram perdas de solo menores. Isso se justifica pelo fato de as vertentes destas terceiras parcelas apresentarem comprimento côncavo e largura convexa (CV). PENCK (1924 apud CASSETI, op. cit.) em seu sistema de referência demonstra que a forma côncava caracteriza uma condição de estágio final do processo erosivo da vertente, ao contrário da convexa, que demonstra uma forte tendência denudacional.

10.4 Definição de Subsídios Relacionados à Dinâmica de Vertentes para Incorporação à Metodologia de Ross

Dentre os elementos relacionados à dinâmica superficial das vertentes elencados - comprimento da vertente, profundidade do lençol freático e formas geométricas das vertentes – este último parece ser o fator que pode contribuir de modo relevante para o aprimoramento dos critérios de definição das fragilidades da variável relevo na metodologia de Ross. Isto porque a metodologia de Ross já contempla a forma das vertentes. Dessa forma, seria necessária a inserção de novos elementos de análise, que se traduziriam especificamente na elaboração de uma nova tipologia de vertentes utilizada por Ross, que passaria a contemplar as formas das vertentes em duas dimensões (a largura e o comprimento), e a classificá-las em graus de fragilidades distintos. Isso significa também uma nova proposta de cartografia das feições geomórficas.

Dentre as classificações das formas das vertentes apresentadas por Troeh e Rueh, a segunda apresenta uma tipologia mais diversificada, apresentando nove tipos de formas de vertentes. A tipologia de Troeh apresenta apenas quatro variações de formas de vertentes. Contudo estas correspondem às formas do grupo III de RUEH (figura 12), ou seja, aquelas com elementos curvos em ambos os sentidos, conforme ilustra a figura abaixo:

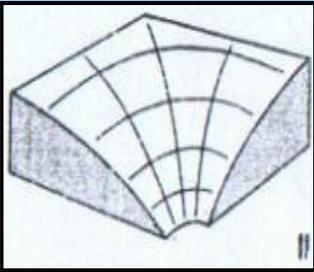
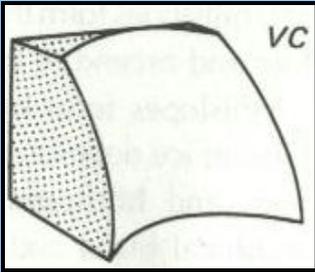
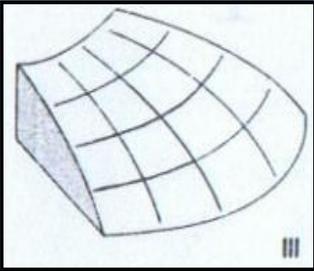
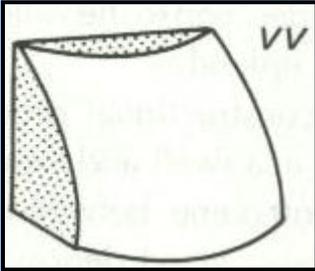
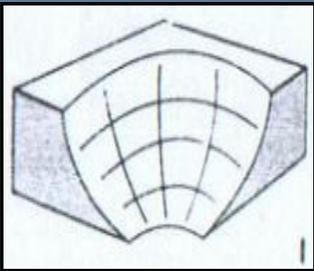
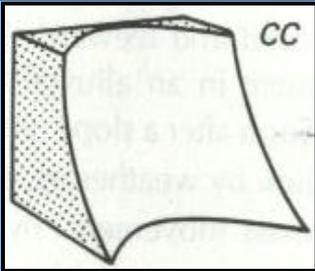
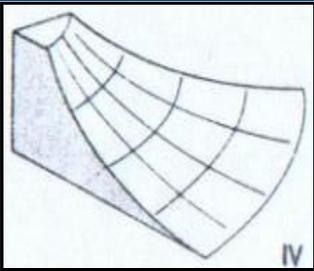
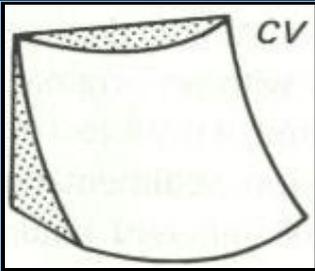
| | TROEH (1965) | RUEH (1975) |
|--------------------------|---|---|
| Encostas de Rastejamento |  |  |
| |  |  |
| Encostas de Lavagem |  |  |
| |  |  |

Figura 14: Correspondência entre os tipos de vertentes da classificação de TROEH (1965) e RUEH (1975).

Fonte: TROEH, 1965 apud BLOOM, 2000 (adaptado) e RUEH 1975 (adaptado).

Org: MASSA, 2007.

Os quatro tipos de vertentes utilizados por Troeh, podem representar praticamente qualquer feição geomórfica em um dos quatro quadrantes do diagrama (figura 11). Segundo BLOOM (1990, p. 68), “As únicas exceções são superfícies em formas de selas, as quais exigem análise matemática de ordem mais elevada.

Superfícies horizontais ou retas e encostas chatas encontram seus lugares nos eixos do diagrama”.

No entanto, existe uma dificuldade para cartografiação das formas de relevo a partir deste modelo, que é a lacuna deixada pela ausência das formas retilíneas, tanto em planta quanto em perfil. Dessa forma o modelo de vertentes de Rueh mostrou-se mais compatível com os propósitos do mapeamento geomorfológico e incorporação à metodologia de Ross.

Embora seja um elemento importante no que diz respeito à suscetibilidade aos escorregamentos e, por conseguinte, aos graus de fragilidade, a profundidade do lençol freático não será incorporada à metodologia de Ross, porque esta tarefa é de grande complexidade em razão da impermeabilização de uma parte da área de estudo e, sobretudo, de sua discrepância em relação aos elementos de morfologia e morfometria utilizados para graus de fragilidade em relação a variável relevo.

A incorporação do comprimento da rampa, também envolve dificuldades. As irregularidades dos terrenos, a diversidade de formas das vertentes e as propriedades dos solos podem gerar resultados muito discrepantes, inviabilizando assim a sua sistematização em graus de fragilidade. A respeito das dificuldades de avaliação do comprimento da vertente em relação à erosão dos solos, GUERRA (2001) cita autores que demonstram tanto o aumento, como a diminuição do escoamento superficial pluvial, na medida em o comprimento da vertente aumenta:

“Alguns pesquisadores demonstraram que, à medida que o comprimento das encostas aumenta, diminui o runoff (Wischmeier, 1966; Wischmeier & Smith, 1968). No entanto, vários outros trabalhos apontam a constatação de que o runoff aumenta, em velocidade e quantidade, à medida que o comprimento das encostas aumenta. Por, exemplo, Kramer e Meyer (1969) atribuem maiores velocidades de runoff em encostas mais longas e, conseqüentemente, maiores perdas de solo, do que em encostas mais curtas. Boardman (1983a) atribuiu, como uma das causas do aumento da erosão, em West Sussex, sul da Inglaterra, a remoção de cercas entre pequenas propriedades rurais, fazendo gerar um aumento no comprimento das encostas, de 90 para 200 metros.”

Considerando as dificuldades expostas, tanto a profundidade do lençol freático, como o comprimento das vertentes, poderiam gerar resultados que careceriam de confiabilidade.

Além disso, a incorporação destes elementos tornaria a representação cartográfica muito complexa, complicando a leitura do mapa geomorfológico, que possui como principal objetivo evidenciar as formas do relevo. Por estes motivos, ambos os elementos não serão incorporados à metodologia de Ross.

11. CLASSIFICAÇÃO DE VERTENTES DE RUEH COMO SUBSÍDIO AO CRITÉRIO DE DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE DO RELEVO DA METODOLOGIA DE ROSS: UM ENSAIO METODOLÓGICO

11.1 Revisão Bibliográfica

A proposta de cartografia do relevo a partir da geometria das formas de relevo não é inédita no campo da geomorfologia. Inspirado por alguns conceitos e definições apresentados por HACK & GOODLET (1960), TROEH (1965) e RUEH (1975), COLÂNGELO (1997) desenvolveu um modelo cartográfico denominado de feições mínimas ou das unidades elementares do relevo. A importância ou contribuição deste modelo é explanada por Colângelo (op. cit., p.29):

“A geometria das formas do relevo, além de regular o comportamento da declividade e da orientação das vertentes, tem uma importante participação no controle dos tipos e da dinâmica dos fluxos hídricos superficiais e sub superficiais. Isto implica a possibilidade de correlações com uma infinidade de outros fatores e variáveis de naturezas as mais diversas, entre os quais se destacam aqueles ligados à cobertura vegetal e solo”.

Colângelo atenta ainda para a limitação de referenciais morfométricos obtidos a partir da simples sobreposição de cartas de declividades e de orientação de vertentes quando se objetiva realizar uma análise morfométrica do relevo e aponta que *“a validade metodológica de uma análise morfométrica do relevo depende de sua vinculação a um referencial morfológico consistente, ou seja, fundamentado na geometria elementar das formas do relevo.”* (op.cit, p.30)

COLÂNGELO (op. cit) menciona que os modelos de TROEH (op.cit) e RUEH (op.cit), embora não fizessem referência à cartografia do relevo, sugeriam implicitamente a possibilidade da cartografia, já que ambos fundamentam-se nas formas de relevo. Baseado nas nove formas básicas do modelo de Rueh, o autor criou um modelo ideal, conforme ilustra a figura a seguir:

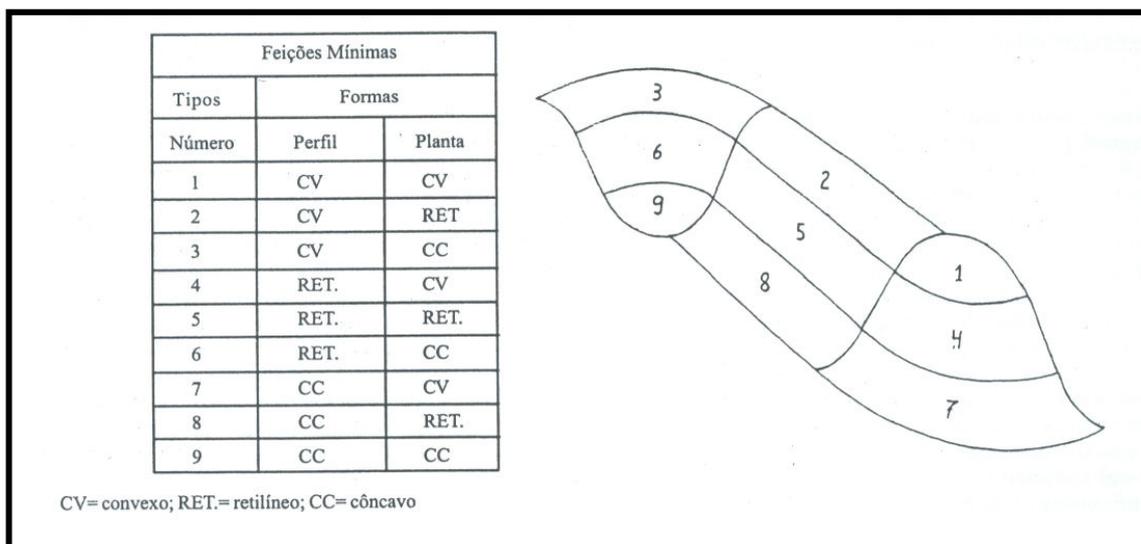


Figura 15: Unidade ideal de relevo e suas componentes elementares.

Fonte: COLÂNGELO, 1996.

Org: MASSA, 2007

No tocante à cartografia dessas formas, Colângelo propõe uma metodologia de mapeamento regida unicamente pelo fator morfológico, na qual é necessário primeiramente delimitar em uma carta topográfica em planta todos os setores côncavos, convexos e retilíneos. Só então as variáveis morfométricas – comportamento da declividade e/ou valor numérico da declividade, comportamento da orientação e/ou valor numérico da orientação das vertentes. Após o registro dos valores médios destes parâmetros em cada unidade traçada, são estabelecidas nove classes de declividade e de orientações de vertentes.

Embora possua a vantagem proporcionar o estabelecimento de muitas relações e correlações entre os dados morfológicos-morfométricos espacializados, a carta de feições mínimas possui a limitação de fragmentar excessivamente as unidades de relevo mapeadas. Por este motivo e em razão do objetivo proposto neste capítulo, que é incorporar as formas de vertente estabelecidas por Ruch à metodologia de Ross, não utilizaremos como subsídio à proposta de Colângelo, que, por si só, constitui um modelo geomorfológico.

11.2 Incorporação do Modelo de Rueh à Metodologia de Ross

A incorporação da tipologia de vertentes de Rueh ao critério de determinação dos níveis de fragilidade do relevo, utilizado na metodologia de Ross, requer algumas adaptações. Estas adaptações requerem basicamente a elaboração de uma nova tipologia de vertentes e na elaboração de um novo critério para estabelecer os níveis de fragilidade do relevo.

Em um primeiro momento, estas adaptações traduzem-se na substituição das feições côncavas e convexas da tipologia de Ross pelas feições côncavas, convexas e retilíneas da classificação de Rueh e na manutenção ou adaptação das demais feições utilizadas por Ross.

Numa segunda etapa, estas adaptações significam a atribuição de índices ou graus de fragilidade às feições utilizadas pela nova tipologia originada pela agregação das tipologias de vertentes de Ross e Rueh.

Em uma terceira etapa, as adaptações devem estabelecer uma relação, que represente da maneira mais adequada possível, os graus de fragilidade aos quais estão sujeitas as diversas combinações possíveis entre as formas de relevo e os índices de declividade. Em síntese, trata-se da elaboração de um critério alternativo de definição dos graus de fragilidade do parâmetro relevo da metodologia de Ross, baseado na relação tipo de vertente/classe de declividade.

11.3 Adaptação da Tipologia de Vertentes

A tipologia de vertentes utilizada pelo modelo de Ross para as escalas de detalhe pressupõe a identificação dos diversos setores de vertentes.

As diferenças entre as classificações de vertentes de Rueh e Ross residem basicamente na abordagem espacial e na quantidade de feições.

A tipologia de vertentes utilizada por Ross, clássica para mapeamentos de relevo em escalas de detalhe, classifica as vertentes em três tipos básicos: côncavas, convexas e retilíneas. Somando-se a estas os patamares e topos, esta tipologia apresenta oito tipos diferentes de feições.

A classificação de Rueh consiste em um modelo que contempla duas dimensões das vertentes, comprimento e largura, combinados em nove tipos de feições.

Na tipologia de vertentes utilizada no mapa geomorfológico deste estudo serão utilizados elementos de ambas as tipologias. Abaixo as justificativas para a utilização ou não de cada feição geomórfica:

Vertentes convexas: os setores de vertentes convexas utilizados por Ross correspondem à dimensão de largura (ou planta) das vertentes convexas da classificação de Rueh. Dessa forma a única mudança necessária é o desmembramento dessa feição em três tipos determinados pela dimensão comprimento (ou perfil): perfil convexo (VV), perfil côncavo (CV) ou perfil retilíneo (LV).

Vertentes côncavas: analogamente às vertentes convexas, apresentam três tipos: perfil côncavo (CC), perfil convexo (VC) ou perfil retilíneo (LC).

Vertentes Retilíneas: da mesma forma, apresentam três tipos: perfil côncavo, (CL), perfil convexo (VL) e perfil retilíneo (LL).

Patamares convexos, Patamares côncavos e Patamares Inclínados: estes tipos de feições devem ser classificados da mesma forma que as vertentes. Patamares convexos como formas convexas (VV, CV ou LV), patamares côncavos como formas côncavas (CC, VC ou LC) e patamares inclinados como formas retilíneas (VL, CL ou LL).

Vertentes Escarpadas: devem ser associadas a um dos três contextos geomórficos. (retilíneo, côncavo ou convexo).

Topos convexos, Topos planos e Patamares planos e Planícies fluviais: Para a uniformização destes elementos em relação aos demais elementos da nova tipologia de vertentes, serão consideradas duas dimensões (largura e comprimento) planas para as planícies, topos e patamares planos e duas dimensões convexas, no caso dos topos convexas.

O quadro resumo a seguir resume às correspondências feitas entre as feições de cada tipologia e sua utilização na nova tipologia elaborada para o mapa de fragilidade potencial do relevo baseado na tipologia de vertentes de RUEH (Mapa 10, p.126):

Tabela 19 - Correspondência entre as tipologias de Ross e Rueh e nova tipologia agregada:

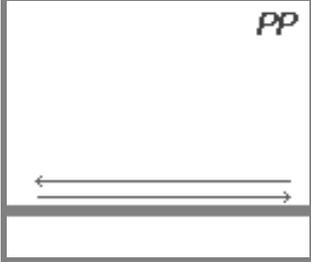
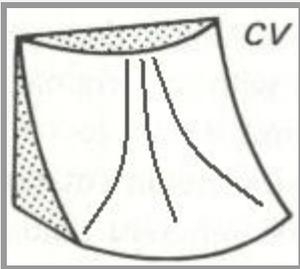
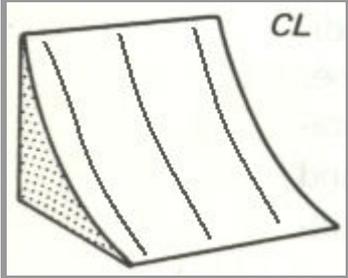
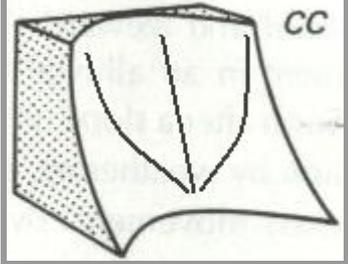
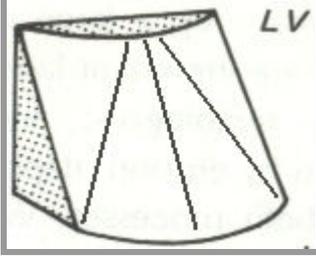
| ROSS | RUEH | NOVA TIPOLOGIA (ROSS + RUEH) |
|-------------------------|---|--|
| Vertente convexa (Vc) | Vertente com comprimento e largura convexos (VV) | Vertente com comprimento e largura convexos (VV) |
| Patamar Convexo (Pc) | Vertente com comprimento côncavo e largura convexa (CV) | Vertente com comprimento côncavo e largura convexa (CV) |
| | Vertente com comprimento retilíneo e largura convexa (LV) | Vertente com comprimento retilíneo e largura convexa (LV) |
| Vertente côncava (Vcc) | Vertente com comprimento e largura côncavos (CC) | Vertente com comprimento e largura côncavos (CC) |
| Patamar Côncavo (Pcc) | Vertente com comprimento convexo e largura côncava (VC) | Vertente com comprimento convexo e largura côncava (VC) |
| | Vertente com comprimento retilíneo e largura côncava (LC) | Vertente com comprimento retilíneo e largura côncava (LC) |
| Vertente Retilínea (Vr) | Vertente com comprimento e largura retilíneos (LL) | Vertente com comprimento e largura retilíneos (LL) |
| Patamar Inclinado (Pi) | Vertente com comprimento convexo e largura retilínea (VL) | Vertente com comprimento convexo e largura retilínea (VL) |
| | Vertente com comprimento côncavo e largura retilínea (CL) | Vertente com comprimento côncavo e largura retilínea (CL) |
| Topo Convexo (Tc) | Duas vertentes com comprimentos e larguras suavemente convexos (VV) | Topo com comprimento e largura suavemente convexos (VV) |
| Topo Plano (Tp) | | Topo com comprimento e largura planos (PP) |
| Patamar Plano (Pp) | | Patamar com comprimento e largura planos (PP) |
| Planície Fluvial (Pf) | | Planície (largura e comprimento planos) (PP) |
| Vertente Escarpada (Ve) | | Vertente escarpada (largura e comprimento côncavos, convexos ou retilíneos) (VE) |

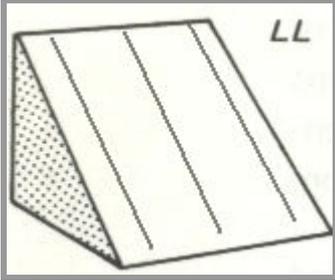
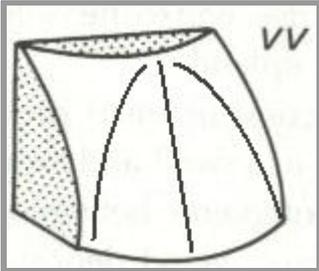
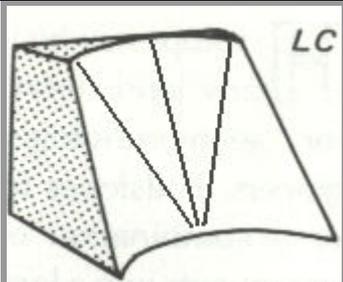
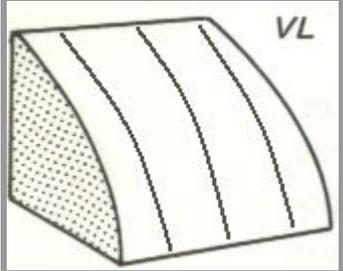
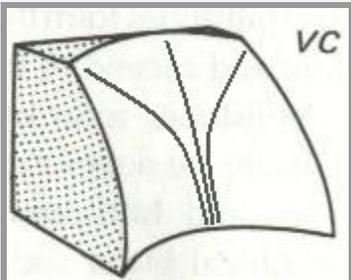
11.4 Atribuição de Índices de Fragilidade aos Tipos de Vertentes

Como foi observado no capítulo anterior, a associação das classes de declividade aos graus de fragilidade do relevo, nem sempre pode ser considerada válida, considerando que as formas das vertentes desempenham um papel crucial em relação à perda de solo. Vertentes com menor declividade podem constituir ambientes de maior fragilidade em função de sua morfologia. Em contrapartida, também em razão desta, vertentes com declividades maiores podem ser ambientes menos frágeis do que se espera a princípio.

Dessa forma, considerando como parâmetros, os estudos realizados por CASSETI (1995) e os processos geomorfológicos predominantes em termos de dispersão, concentração e velocidade dos fluxos superficiais em cada tipo de vertente da classificação estabelecida por RUEH (1975), propõe-se a seguinte correspondência em relação às categorias hierárquicas de fragilidade utilizadas no modelo de Ross:

Tabela 20 - Categorias hierárquicas de fragilidade das feições geomórficas

| Grau de Fragilidade | Feições Geomórficas | Fluxos superficiais |
|---------------------|---|---|
| 1.0 – Muito Baixo | Patamares Planos (PP) Topos Planos (PP) |  |
| 2.0 – Baixo | Topos Convexos (VV) Côncavo-Convexa (CV) |  |
| 2.5 – Baixo a Médio | Côncavo-Retílnea (CL) |  |
| 3.0 – Médio | Bicôncava (CC) |  |
| | Retilíneo-convexa (LV) |  |

| | | |
|-----------------------|---|---|
| 3.5 – Médio a Alto | Biretilínea (LL) |  |
| 4.0 – Alto | Biconvexa (VV) |  |
| 4.5 Alto a Muito Alto | Retilíneo-Côncava (LC) |  |
| | Convexo-Retilínea (VL) |  |
| 5.0 – Muito Alto | Convexo-Côncava (VC) Planícies Fluviais (PP) |  |

Fonte: RUEH, 1975 (adaptado).

Org: MASSA, 2007.

Grau de Fragilidade 5.0 - Muito Alto:

- **Planícies Fluviais (PP):** suscetíveis a inundações periódicas, constituem ambientes muito frágeis.

- **Vertentes com comprimento convexo e largura côncava (VC):** Esta feição pode ser considerada a mais crítica em termos de fragilidade. Os processos de rastejamento, o aumento da velocidade dos fluxos e conseqüentemente os processos erosivos são favorecidos em função do comprimento convexo e os processos de escoamento superficial concentrado em função da largura côncava.

Grau de Fragilidade 4.5 - Alto a Muito Alto:

- **Vertentes com comprimento convexo e largura retilínea (VL):** Assim como na feição anterior os processos de rastejamento são favorecidos pelo comprimento convexo da vertente. Embora os fluxos sejam ainda velozes, são menos concentrados (fluxos laminares), como conseqüência da largura retilínea.

- **Vertentes com comprimento retilíneo e largura côncava (LC):** Nessas feições, os fluxos apresentam velocidade uniforme em função do comprimento retilíneo. Em contrapartida, a largura côncava propicia a concentração desses fluxos, situação que enquadra essas feições em um elevado grau de fragilidade.

Grau de Fragilidade 4.0 - Alto:

- **Vertentes biconvexas (VV):** Pelo comprimento convexo, apresenta processos de rastejamento predominantes e maior velocidade dos fluxos. Porém, esses processos são amenizados em função da largura, também convexa, que torna os fluxos superficiais difusos.

Grau de Fragilidade 3.5 – Médio a Alto:

- **Vertentes biretilíneas (LL):** Os fluxos são laminares e a velocidade é uniforme. São feições de transição entre os domínios de formas com comprimento (ou perfil) côncavas e convexas. Isso é representado também em termos de fragilidade, considerando a sua posição central, nesta escala, considerando apenas as feições geomórficas das vertentes. (tabela 21)

Tabela 21 - Graus hierárquicos das feições geomórficas

| | Formas Planas | Vertentes | | | | | | |
|-----------------------|--|-------------------------------|-----|-------|------------------|-------------------------------|-------|-----|
| | | Perfis côncavos ou retilíneos | | | Perfil retilíneo | Perfis convexos ou retilíneos | | |
| Feição | PP | CV | CL | CC/LV | LL | VV | LC/VL | VC |
| Grau de Fragilidade | 1.0 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| Velocidade dos Fluxos |  | | | | | | | |

Org: MASSA, 2007.

Grau de Fragilidade 3.0 - Médio:

- **Vertentes com comprimento retilíneo e largura convexa (LV):** Os fluxos laminares são dispersos por causa da largura convexa, configurando um ambiente menos frágil que o da feição anterior.

- **Vertentes bicôncavas (CC):** Se por um lado a largura côncava favorece a convergência dos fluxos superficiais, por outro, o comprimento côncavo favorece os processos de lavagem, resultando em processos denudacionais de menor intensidade em relação às vertentes de perfil convexo e retilíneo, e conseqüentemente, um grau de fragilidade menor.

Grau de Fragilidade 2.5 – Baixo a Médio

Vertentes com comprimento côncavo e largura retilínea (CL): Nestas feições o comprimento côncavo mais uma vez reduz a velocidade dos fluxos. Mas a largura retilínea resulta em fluxos menos concentrados em relação às vertentes bicôncavas.

Grau de Fragilidade 2.0 - Baixo:

- **Vertentes com comprimento côncavo e largura convexa (CV):** Também favorecem processos de lavagem, porém a largura convexa gera fluxos superficiais divergentes, reduzindo mais ainda a intensidade dos processos denudacionais.

- **Topos Convexos (VV), (CV) ou (LV):** Os fluxos dessas feições são semelhantes aos fluxos das vertentes biconvexas, côncavo-convexas ou retilíneo-convexas. . No entanto a dimensão espacial reduzida destas feições em termos de perfil resulta em um ambiente com menor suscetibilidade aos processos geomorfológicos.

Grau de Fragilidade 1.0 - Muito Baixo:

Topos Planos (PP) e Patamares Planos (PP): Feições planas, que a princípio representam os ambientes potencialmente mais estáveis da paisagem.

Observação: Os patamares côncavos, convexos e inclinados devem ser considerados dentro de seus respectivos contextos. Assim, os patamares côncavos podem ser qualificados como feições do tipo CC, VC ou LC, os patamares convexos como feições do tipo VV, CV ou LV e os patamares inclinados, como feições do tipo LL, CL e VL.

11.5 Critério Alternativo para Definição da Fragilidade da Variável Relevo

A utilização da tipologia de vertentes associada apenas aos graus de fragilidade propostos no item anterior não é suficiente, porque à exceção das feições geomórficas planas ou suavemente convexas, todas as demais apresentam heterogeneidade em termos de declividade.

Dessa forma, propõe-se a atribuição dos graus de fragilidade para os subconjuntos, delimitados pelas classes de declividade predominantes em cada feição geomórfica.

Atribuir índices de fragilidade para as diversas combinações possíveis entre tipo de vertente/classe de declividade é uma tarefa difícil, em função da escassez de estudos empíricos anteriores, com dados sobre a dinâmica dos processos de vertentes, considerando a tipologia de vertentes de Rueh ou Rueh, como o realizado por CASSETI (1983, apud CASSETI, 1995).

No referido estudo, verificou-se que vertentes com comprimento côncavo e largura convexa apresentaram, sob as mesmas condições de solo e cobertura vegetal, perdas de solo substancialmente menores do que as vertentes com comprimento e largura convexas, mesmo em declividades mais elevadas. (tabela 18 p.100)

Em que pese a dificuldade de elaborar uma mensuração precisa e confiável sobre os graus de fragilidade a que estão sujeitos cada combinação de vertente/classe de declividade, é possível realizar uma tentativa de relacionar os elementos desta combinação de modo que o resultado final apresente coerência, ou seja, que expresse a influência crescente do tipo de vertente nos índices de fragilidade e ao mesmo tempo expresse o fator declividade não mais como determinante, mas como potencializador desses índices.

Uma tentativa de expressar essa relação é através da elaboração de uma matriz que relacione as feições geomórficas e as classes de declividade

estabelecidas por Ross. Para representar a potencialização dos graus de fragilidade em função da declividade, propõe-se a multiplicação dos algarismos obtidos na matriz. Dessa forma, tem-se uma escala que vai de 1 a 25. Esta escala é então subdividida em cinco intervalos, correspondentes aos cinco graus de fragilidade.

Tabela 22 - Matriz dos índices de fragilidade a partir da relação Tipos de vertentes/ Classes de declividades

| TIPOS DE VERTENTES (RUEH + ROSS) | CLASSES DE DECLIVIDADE (ROSS) | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|
| | 1 Até 6% | 2 6 a 12% | 3 12 a 20% | 4 20 a 30% | 5 > de 30% |
| 1.0 – PP | 1.0 x1 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 2.0 – CV/TC | 2.0 x1 | 2.0 x2 | 2.0 x3 | 2.0 x4 | 2.0 x5 |
| 2.5 – CL | 2.5 x1 | 2.5 x2 | 2.5 x3 | 2.5 x4 | 2.5 x5 |
| 3.0 – CC/LV | 3.0 x1 | 3.0 x2 | 3.0 x3 | 3.0 x4 | 3.0 x5 |
| 3.5 – LL | 3.5 x1 | 3.5 x2 | 3.5 x3 | 3.5 x4 | 3.5 x5 |
| 4.0 – VV | 4.0 x1 | 4.0 x2 | 4.0 x3 | 4.0 x4 | 4.0 x5 |
| 4.5 – LC/VL | 4.5 x1 | 4.5 x2 | 4.5 x3 | 4.5 x4 | 4.5 x5 |
| 5.0 – VC | 5.0 x1 | 5.0 x2 | 5.0 x3 | 5.0 x4 | 5.0 x5 |
| NÍVEIS DE FRAGILIDADE | | ÍNDICES VERTENTES X DECLIVIDADES | | | |
| 1 – Muito Baixo | 1 a 4.5 | 1.0 x1, 2.0 x1, 2.5 x1, 3.0 x1, 3.5 x1, 2.0 x2, 4.0 x1 e 4.5 x1 | | | |
| 2 – Baixo | 5 a 9 | 2.5 x2, 5.0 x1, 2.0 x3, 3.0 x2, 3.5 x2, 2.5 x3, 2.0 x4, 4.0 x2, 3.0 x3 e 4.5 x2 | | | |
| 3 – Médio | 10 a 14 | 2.0 x5, 2.5 x4, 5.0 x2, 3.5 x3, 3.0 x4, 2.5 x5, 4.0 x3, 4.5 x3 e 3.5 x4 | | | |
| 4 – Alto | 15 a 19 | 3.0 x5, 5.0 x3, 4.0 x4, 3.5 x5 e 4.5 x4 | | | |
| 5 – Muito Alto | ≥ 20 | 1.0 x1 (PP*) 4.0 x5, 5.0 x4, 4.5 x5 e 5.0 x5 | | | |

* No caso da feição PP representar planícies fluviais.
Org: MASSA, 2007.

A princípio estes intervalos seriam iguais. No entanto, os valores limites, ou múltiplos de cinco - 5, 10, 15 e 20 – pertenceriam sempre a um nível menor de fragilidade. O índice 10 corresponderia ao nível 2 ou baixo, o índice 15 corresponderia ao nível 3 ou médio e o índice 20 ao nível 4 ou alto. Em uma análise ambiental de caráter conservacionista, é recomendável superestimar as fragilidades ambientais. Por esta razão, estes valores limites foram agrupados sempre no nível de fragilidade imediatamente superior.

Num exercício associativo, a comparação entre os níveis de fragilidade e seus respectivos índices com os resultados obtidos por CASSETI (op. cit., tabela 18, p. 100), observa-se que a matriz elaborada apresenta coerência nas relações estabelecidas entre vertentes com largura e comprimento convexos, vertentes com comprimento côncavo e largura convexa e as classes de declividade.

Para o grupo de vertentes cobertas por pastagem, a primeira parcela apresenta perdas de 59 kg por hectare/área, para uma vertente do tipo VV (índice 4 na matriz) e declividade de 4,7% (índice 1 na matriz). Essa combinação equivale a uma matriz do tipo 4x1, ou de fragilidade muito baixa (algarismo 1).

Para a segunda parcela há uma perda de terra de 230 kg por hectare/área para uma vertente do tipo VV (índice 4) e com declividade de 14,4% (índice). Essa combinação configura uma matriz do tipo 4x3, ou de fragilidade média.

Já para a terceira parcela, com o aumento substancial da declividade 36% (índice 5), seriam esperadas perdas maiores. No entanto, a combinação com a vertente do tipo CV (índice 2), reduziu as perdas de terra pela metade – 101 kg por hectare/área. A matriz correspondente é do tipo 2x5, menor do que a da parcela anterior 4x3, mas ainda no limite do contexto de fragilidade média ou 3.

O segundo grupo apresenta três parcelas com cultivos completamente distintos, inviabilizando as correlações.

No terceiro e último grupo (mata) a primeira parcela, situada em uma vertente VV (índice 4) e declividade de 14,1% (índice 3) e a segunda parcela, também está localizada em vertente VV, com declividade de 15,8% (índice 3) em uma vertente do tipo VV (índice 4), apresentam perdas similares, de respectivamente 10 e 32 kg por hectare/área. A segunda parcela possui inclinação apenas 1,7% maior do que a primeira e apresentou uma perda três vezes maior. No entanto, levando em conta as diferenças de densidade que podem existir numa mata e a dimensão das perdas dos exemplos anteriores (da ordem de centenas de quilos), estes resultados podem ser considerados similares. Ambas as parcelas seriam exemplos de vertentes do tipo 4 x 3 ou de fragilidade média, representada pelo algarismo 3.

A terceira e última parcela, localizada nos domínios do tipo de vertente menos frágil, ou CV, (índice 2), mas com declividade de 40,6% (índice 5) apresenta perdas de solo por hectare/área desprezíveis. Isso se reflete em uma combinação do tipo 2x5, de menor valor, mas ainda no contexto das fragilidades médias ou de algarismo 3.

Observa-se ainda que estes dados, também apresentam coerência, considerados integradamente, os parâmetros relevo, solo e uso da terra, como preconiza a metodologia de Ross. Para o primeiro grupo, de pastagens, em solos do tipo argissolo vermelho-amarelo (a confirmar), a combinação relevo/solo/uso da terra seria de 333 para a segunda e terceira parcelas, sendo que a fragilidade atribuída ao fator uso do solo é média ou 3. Já para o grupo com mata, a combinação seria 331 para as três parcelas, e o índice de fragilidade relativo ao uso da terra seria muito baixo ou 1, um índice de fragilidade menor e que condiz com os resultados, já que as perdas de solo foram bem menores em relação ao grupo das pastagens.

Embora poucas comparações possam ser realizadas a partir de dados empíricos, é possível ainda analisar em um nível teórico, a coerência desta nova sistematização em relação ao objetivo proposto – determinar os níveis de fragilidade para as diversas combinações entre tipos de vertentes/classes de declividades – e paralelamente, analisar as mudanças em relação à classificação de Ross.

Os índices 4 e 5, correspondentes às classes de declividade alta (20 a 30%) e muito alta (acima de 30%) , anteriormente indicariam exclusivamente áreas com fragilidades alta e muita alta. Com o novo critério adotado, esses índices associados aos tipos de vertentes, podem indicar áreas com fragilidade média, alta e muito alta, em conformidade com a idéia de que nem sempre declividades elevadas significam ambientes muito frágeis. Por exemplo, a matriz 2x5 (CV x declividade > 30%). Considerando apenas o fator declividade, o valor acima de 30% indicaria uma área muito frágil. Com o critério alternativo adotado, a associação a uma vertente do tipo CV, indicaria uma área de fragilidade média.

Da mesma forma, áreas com declividades anteriormente associadas aos níveis de fragilidade muito baixo (até 6%), baixo (6 a 12%) e médio (12 a 20%), dependendo dos tipos de vertentes aos quais se associam, podem significar áreas com níveis de fragilidade maiores ou menores. A tabela a seguir mostra as diferenças dos níveis de fragilidade do fator relevo entre o critério de ROSS (1994), baseado nas classes de declividade e o novo critério proposto, baseado na relação dos tipos de vertentes/classes de declividades.

Tabela 23 - Quadro comparativo entre os níveis de fragilidade baseados somente nas classes de declividade e baseado nas matrizes tipos de vertentes/classes de declividades

| Combinação tipo de vertente/ classe de declividade | Fragilidade baseada somente nas classes de declividade (ROSS, 1994) | Fragilidade baseada nos tipos de vertente/ classes de declividade | Varição (em níveis de fragilidade) |
|--|---|---|------------------------------------|
| 1.0x1 (PP** x > 6%) | 5 - Muito alta | 5 - Muito Alta | ■ 0 |
| 2.0x5 (CV x > 30%) | 5 - Muito alta | 3 - Média | ▼ -2 |
| 2.5x5 (CL x > 30%) | 5 - Muito Alta | 3 - Média | ▼ -2 |
| 3.0x5 (CC x > 30%) | 5 - Muito alta | 4 - Alta | ▼ -1 |
| 3.0x5 (LV x > 30%) | 5 - Muito alta | 4 - Alta | ▼ -1 |
| 3.5x5 (LL x > 30%) | 5 - Muito Alta | 4 - Alta | ▼ -1 |
| 4.0x5 (VV x > 30%) | 5 - Muito Alta | 5 - Muito Alta | ■ 0 |
| 4.5x5 (LC x > 30%) | 5 - Muito Alta | 5 - Muito Alta | ■ 0 |
| 4.5x5 (VL x > 30%) | 5 - Muito Alta | 5 - Muito Alta | ■ 0 |
| 5.0x5 (VC x > 30%) | 5 - Muito Alta | 5 - Muito Alta | ■ 0 |
| 2.0x4 (VC x 20 – 30%) | 4 - Alta | 2 - Baixa | ▼ -2 |
| 2.5x4 (CL x 20 – 30%) | 4 - Alta | 3 - Média | ▼ -1 |
| 3.0x4 (CC x 20 – 30%) | 4 - Alta | 3 - Média | ▼ -1 |
| 3.0x4 (LV x 20 – 30%) | 4 - Alta | 3 - Média | ▼ -1 |
| 3.5x4 (LL x 20 – 30%) | 4 - Alta | 3 - Média | ▼ -1 |
| 4.0x4 (VV x 20 – 30%) | 4 - Alta | 4 - Alta | ■ 0 |
| 4.5x4 (LC x 20 – 30%) | 4 - Alta | 5 - Muito Alta | ▲ +1 |
| 4.5x4 (VL x 20 – 30%) | 4 - Alta | 5 - Muito Alta | ▲ +1 |
| 5.0x4 (VC x 20 – 30%) | 4 - Alta | 5 - Muito Alta | ▲ +1 |
| 2.0x3 (CV x 12 - 20%) | 3 - Média | 2 - Baixa | ▼ -1 |
| 2.5x3 (CL x 12 - 20%) | 3 - Média | 2 - Baixa | ▼ -1 |
| 3.0x3 (CC x 12 – 20%) | 3 - Média | 2 - Baixa | ▼ -1 |
| 3.0x3 (LV x 12 – 20%) | 3 - Média | 2 - Baixa | ▼ -1 |

| | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|------|
| 3.5x3 (LL x 12 – 20%) | 3 - Média | 3 - Média | ■ 0 |
| 4.0x3 (VV x 12 – 20%) | 3 - Média | 3 - Média | ■ 0 |
| 4.5x3 (LC x 12 – 20%) | 3 - Média | 3 - Média | ■ 0 |
| 4.5x3 (VL x 12 – 20%) | 3 - Média | 3 - Média | ■ 0 |
| 5.0x3 (VC x 12 - 12%) | 3 - Média | 4 - Alta | ▲ +1 |
| 2.0x2 (CV x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 1 - Muito Baixa | ▼ -1 |
| 2.5x2 (CL x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 2 - Baixa | ■ 0 |
| 3.0x2 (CC x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 2 - Baixa | ■ 0 |
| 3.0x2 (LV x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 2 - Baixa | ■ 0 |
| 3.5x2 (LL x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 2 - Baixa | ■ 0 |
| 4.0x2 (VV x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 2 - Baixa | ■ 0 |
| 4.5x2 (LC x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 2 - Baixa | ■ 0 |
| 4.5x2 (VL x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 2 - Baixa | ■ 0 |
| 5.0x2 (VC x 6 - 12%) | 2 - Baixa | 3 - Média | ▲ +1 |
| 1.0x1 (PP/TP/TC x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 2.0x1 (CV x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 2.5 x1 (CL x < 6%) | 1 – Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 3.0x1 (CC x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 3.0x1 (LV x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 3.5x1 (LL x < 6%) | 1- Muito Baixa | 1- Muito Baixa | ■ 0 |
| 4.0x1 (VV x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 4.5x1 (LC x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 4.5x1 (VL x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 1 - Muito Baixa | ■ 0 |
| 5.0x1 (VC x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 2 - Baixa | ▲ +1 |
| 5.0x1 (VC x < 6%) | 1 - Muito Baixa | 2 - Baixa | ▲ +1 |

**** No caso da feição PP representar planícies fluviais.**

Org: MASSA, 2007.

Áreas anteriormente consideradas muito frágeis, com declividades acima de 30%, pelo novo critério, podem, no máximo, ser classificadas como áreas de fragilidade média, se estiverem associadas ao tipo de vertente menos frágil, de comprimento côncavo e largura convexa (CV).

Analogamente, áreas com declividades baixas, de 6 a 12%, podem, no máximo, representar áreas de fragilidade média, se estiverem associadas ao tipo de vertente mais frágil, de comprimento convexo e largura côncava (VC).

Já áreas com declividades médias (12 a 20%) por sua vez, dependendo do tipo de vertente aos quais se associam, podem, além de continuar indicando áreas de média fragilidade, indicar áreas de baixa e alta fragilidade.

Em suma, no novo critério proposto, para determinar os níveis de fragilidade do fator relevo, as classes de declividade não são mais consideradas isoladamente, mas sim em conjunto com os tipos de vertentes. Isso significa que, embora o fator declividade tenha sido relativizado, isto não ocorreu de forma radical.

Em relação à cartografia das formas, o produto cartográfico elaborado a partir desta nova tipologia de vertentes apresenta poucas diferenças em relação ao mapa geomorfológico utilizado para as análises de Ross e INPE. Isso decorre da divisão das feições em áreas com rupturas das classes de declividade. A grande maioria das feições do mapa geomorfológico, sempre associadas a uma classe de declividade predominante, apresentaram homogeneidade em termos de morfologia, tanto em planta como em perfil, o que permitiu classificá-las segundo a tipologia de Rueh, ora visualmente, ora através de perfis longitudinais para dirimir dúvidas.

Dessa forma, apenas um número reduzido de feições, em sua maioria à montante da bacia e de maior dimensão espacial e com morfologias de perfil heterogêneas, necessitaram ser subdivididas, conforme o exemplo a seguir:

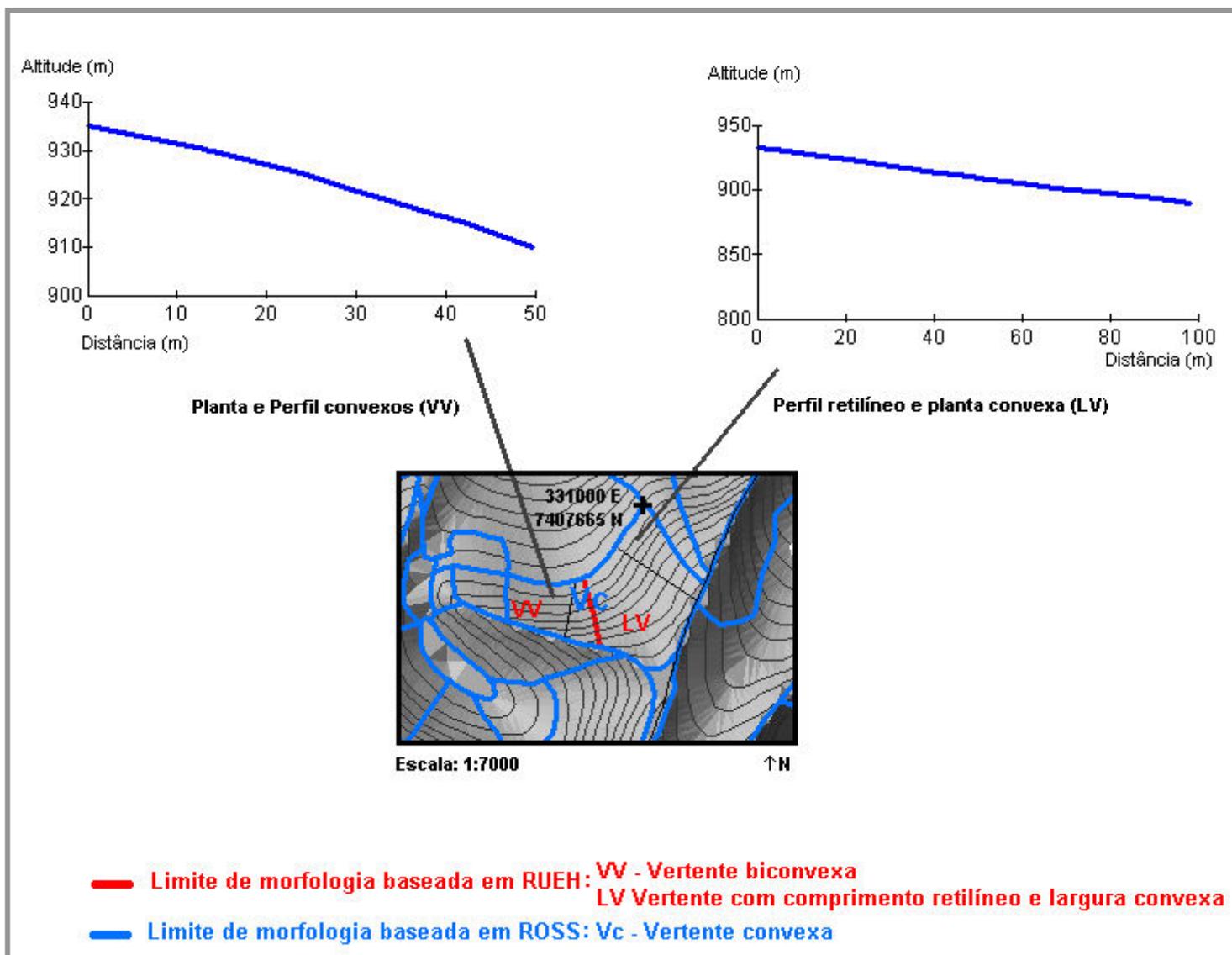
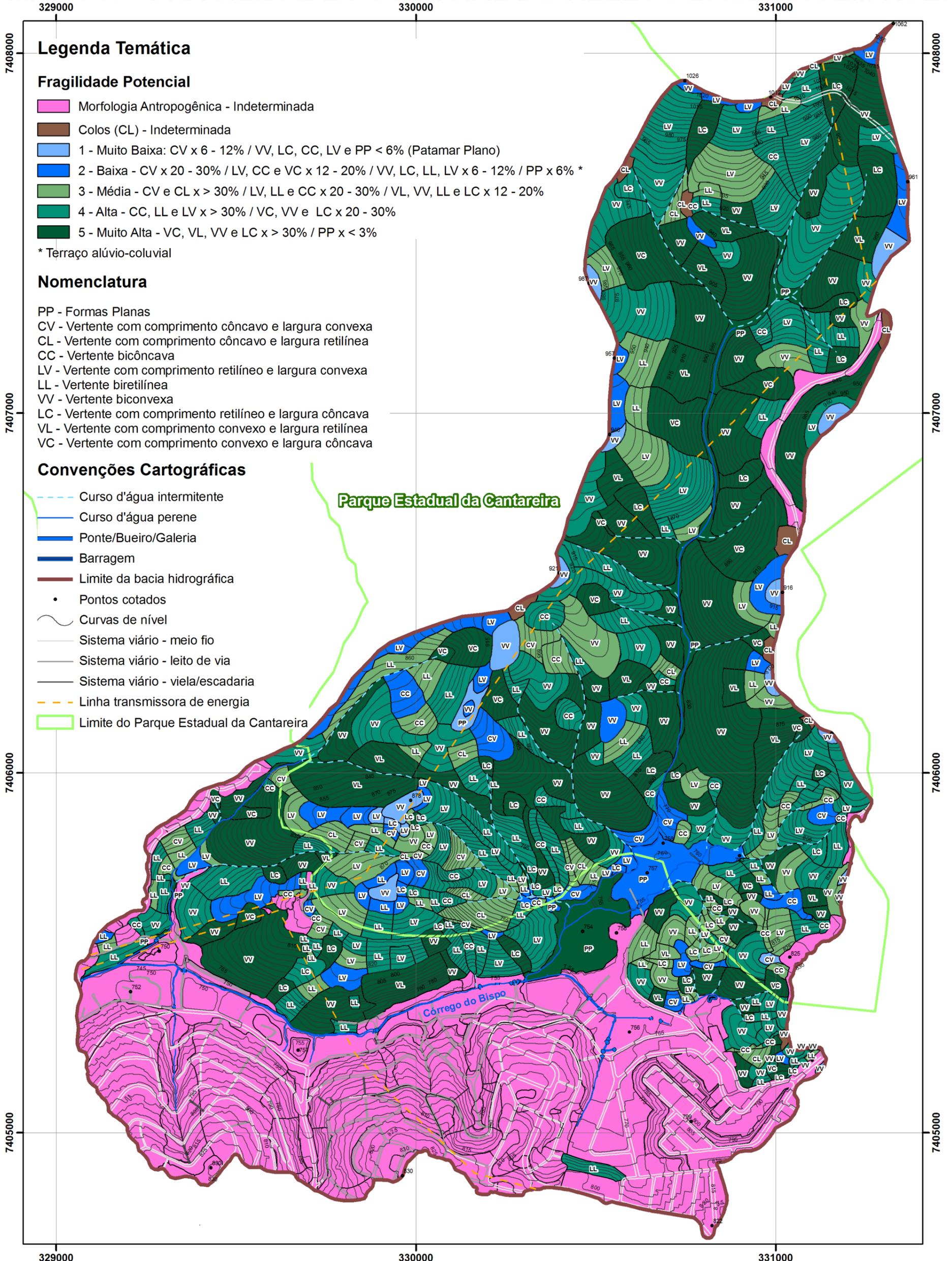


Figura 16: Vertente convexa da tipologia de Ross, subdividida em dois tipos da tipologia de Rueh.

Org: Massa, 2007.

MAPA 10 - FRAGILIDADE POTENCIAL DO RELEVO BASEADA EM RUEH



Base Cartográfica:

Fonte: EMPLASA, 1973.

Atualização: Imagem de satélite QuickBird - 20/08/2007

Fotografias aéreas 1:5000 - PMSP/SEAHB, 2000

Equidistância das curvas de nível: 5 m

Organização: Eric Macedo Massa, 2007

0 90 180 360 540 720 Metros

1:10.000

UTM/Córrego Alegre - Fuso 23 S



12. RESULTADOS E REFLEXÕES FINAIS

O Mapa 10 (p.126), mostra a fragilidade potencial da variável relevo baseada nesta nova tipologia de vertentes e índices de fragilidade propostos. As áreas com vertentes biconvexas e declividades acima de 30%, predominantes na bacia do córrego do Bispo, permaneceram na categoria muito frágil para a fragilidade potencial da variável relevo quando comparadas aos resultados do mapa síntese do modelo de Ross (Mapa 8, pp. 91 e 92). Entretanto, a quantidade de áreas com fragilidade muito alta e alta diminuíram e as áreas com fragilidade média aumentaram.

Os resultados obtidos são muito relativos e necessitam de mais pesquisas acerca da influência das formas geométricas das vertentes, em diversas condições de declividade. No entanto, revelam que existem alternativas, em relação à freqüente utilização das classes de declividade como parâmetros para a preservação e ocupação do meio-físico.

Para a morfologia antropogênica da área urbana e para as feições geomórficas dos colos, que apresentam fluxos superficiais mais complexos, a tipologia de vertentes baseada em Rueh não foi utilizada. Assim, não foram estabelecidos níveis de fragilidade da variável relevo para estas áreas.

Ainda que não dê conta das áreas urbanas, este ensaio metodológico é relevante, considerando que uma das variáveis da comparação entre os dois modelos era a importância do relevo. Essa é uma tentativa de dar um peso mais justo à variável relevo, já que ambos dão ênfase a declividade para as escalas de maior detalhe. Esta condição pode superestimar ou subestimar as fragilidades dependendo do caso, levando em conta que existem variações de formas e de processos morfodinâmicos em áreas classificadas com uma mesma classe de declividade.

Em relação à comparação entre as metodologias e sua aplicabilidade em ambientes urbanos, quando da qualificação desta pesquisa, foi sugerido pela banca

que os resultados obtidos fossem comparados com resultados de eventuais trabalhos já realizados na área de estudo. Dessa forma, o mapeamento das áreas de risco sócio-ambiental do município de São Paulo (Mapa 9, p. 93 e ANEXO C, p. 136), forneceu subsídios importantes para a avaliação dos resultados obtidos pelas metodologias em ambientes urbanos (pp. 87-88), momento no qual a pesquisa foi concluída.

Os capítulos 10 e 11 (pp. 94-126) resultaram de questionamentos suscitados pelos resultados da pesquisa, e que poderiam subsidiar um novo estudo. No entanto, devido a sua relevância e relação direta com o tema e com os objetivos, optou-se por incorporar estes dois capítulos como um complemento à pesquisa desenvolvida.

BIBLIOGRAFIA

BERTRAND, G. *Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico*. Trad. Olga Cruz. São Paulo, IGEO/USP, 1971, Série Caderno de Ciências da Terra, 13:1-27.

BLOOM, A.L. *Fragmentos rochosos em movimento*. In: *Superfície da Terra*. 1ª reimpressão. São Paulo. Edgard Blücher, 2000. 184p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Projeto RADAMBRASIL*. Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/ Vitória. (Levantamento dos Recursos Naturais, 32). Rio de Janeiro, 1983. 780 p.

CASSETI, V. *Ambiente e Apropriação do Relevo*. 2ª Ed. São Paulo. Ed. Contexto, 1995. 147p.

COLÂNGELO, A.C. *O modelo de feições mínimas, ou das unidades elementares de relevo: Um suporte cartográfico para mapeamentos geoecológicos*. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n.º 10, p. 29-40, 1996.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T;. *Curso de Sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. INPE, São José dos Campos, 1996.

CUNHA, M.A (coord.); FARAH, F. *Manual de ocupação de encostas*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, publicação nº 1831, 1991. 216 p.

FARAH, F. *Habitação e Encostas*. Tese de Doutorado – FAU/USP: São Paulo, 1998, 246p.

FELGUEIRAS, C.A. *Modelagem numérica de terreno*. In: CAMARA G. & SIMEÃO J. *Geoprocessamento para projetos ambientais*.(on-line): http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/4mnt.pdf (22.03.07). INPE, São José dos Campos, 1998.

GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. (Org). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4. ed. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2001.

HACK, J.J.; GOODLETT, J.C. Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the Central Appalachians. United States Geocological Survey Prof paper. p. 347-366, 1960.

LIMA, C.R. Urbanização e intervenções no meio físico na borda da bacia sedimentar de São Paulo: Uma abordagem geomorfológica. Dissertação (Mestrado). São Paulo, DG-FFLCH-USP, 1990.

MACHADO, J.C.E. *Conhecimento geomorfológico e geográfico aplicado no estudo dos processos morfodinâmicos atuantes em área urbana e no subsídio à formulação e justificação de políticas territoriais: O caso do município de Taboão da Serra – SP.* Trabalho de Graduação Individual. Orientador: ROSS, J.L.S. São Paulo, DG-FFLCH-USP, 2004.

MONTEIRO, C. A. F. *Os Geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente.* Florianópolis, Ed. da UFSC, 1995.

NAGEL, E. *Ciência: natureza e objetivo.* In *Filosofia da Ciência.* MORGENBESSER, S. (org.). São Paulo, Ed. Cultrix, 1979.

OLIVEIRA *et al.* *Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida.* Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1999. 64 p.

ROSS, J.L.S. - *Geomorfologia ambiente e planejamento.* São Paulo, Ed. Contexto 1990. 85 p.

_____ - *O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.* Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n.º 6, p. 17-29, 1992.

_____ - *Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.* Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n.º 8, p. 63-73, 1994.

_____ - *Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental.* Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n.º 9, p. 65-75, 1995.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.* São Paulo, FFCLH/IPT/ FAPESP, 1997. 64p.

ROSSI, M., MATTOS, I.F de A. & DÉSCIO, F. *Levantamento de solos do Núcleo Águas Claras, Parque Estadual da Cantareira - São Paulo.* Revista do Instituto Florestal. São Paulo, IF. v.9, n.º 1, p.87-101, 1997.

RUEH R.V. *Geomorphology: Geomorphic processes and surficial geology*. Houghten Mifflin Company, 1975. 246 p.

SANTOS, M. *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo. Razão e Emoção*. São Paulo, Hucitec, 1997.

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas. *Carta Geológica do Estado de São Paulo*. 1:100.000, folha RMSP. São Paulo, IPT, 1981.

_____. Secretaria dos Negócios Metropolitanos. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. Sistema Cartográfico Metropolitano. Escala 1:2000. Cartas n.ºs 343435, 343436, 343444. São Paulo, EMPLASA, 1973.

_____. Secretaria dos Negócios Metropolitanos. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. *Carta Topográfica. 1:10.000, folha SF-23-Y-C-III-4-SO-D - "Horto Florestal"*. São Paulo, EMPLASA, 1991.

SÃO PAULO (Município). *Fotografias aéreas*. Faixas 84 (n.ºs 10, 12 e 14), 85 (n.º 06) e 86 (n.ºs 06,0 e 09). Escala aproximada: 1. 5.000. Vôo Base SA, Março/2000. SEHAB, 2000.

_____. *Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo - 2002/2012*. Secretaria Municipal do Planejamento – SEMPLA. São Paulo, Ed. Senac, 2002.

SPÖRL, C. *Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata*. Tese (mestrado). Orientador: ROSS, J.L.S. São Paulo, FFLCH-USP, 2001.160 p.

TARIFA, J.R & ARMANI, G. *Os climas urbanos*. In: TARIFA, J.R & AZEVEDO, T.R. (orgs.) *Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática*. Revista Geousp. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n.º 4, p. 47-70, 2001.

TOMMASI, L. R. *Estudos de Impactos Ambientais*. São Paulo: CETESB, 1999, 355p.

TRICART, J. L. F. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, FIBGE/SUPREN, 1977.

_____ - *Paisagem & Ecologia*. Trad. Carlos Augusto Figueiredo Monteiro. São Paulo: IGEO / USP, 1981.

TROEH, F.R. *Landform equations fitted to contour maps*. American journal of sciences. nº 263, p.616-627, 1965.

VILLELA, F. N. J. *Estudo Empírico da Fragilidade de um ambiente natural Antropizado: o bairro Parque Novo Santo Amaro e seu entorno próximo*. Trabalho de Graduação Individual. São Paulo, DG-FFLCH-USP, 2000. p.14-48; 116-121.

ANEXOS

ANEXO A – BOLETIM DA SUBPREFEIRURA CASA VERDE/CACHOEIRINHA

Informação
à comunidade



PREFEITURA DA CIDADE DE
SÃO PAULO

Março de 2007

CASA VERDE CACHOEIRINHA

Boletim da Subprefeitura

O que é parque linear?

Um parque linear é projetado para recuperar a vegetação de uma determinada região. Ele nasce a partir do curso de um córrego ou fundo de um vale. As faixas ao longo das margens são cobertas por jardins e árvores e, em seguida, são construídas as áreas de lazer, como a que vai ser feita no Parque Linear do Córrego Bispo. Assim, terrenos sem uso e desocupados viram espaços de lazer para a comunidade, aumentam as áreas verdes da cidade e impedem invasões irregulares e o despejo dan destino de lixo e esgoto.



Agora, região vai ganhar um espaço de lazer próxima ao Parque Estadual da Cantareira

Um novo parque está a caminho

As margens do córrego do-Bispo serão transformadas em um parque linear

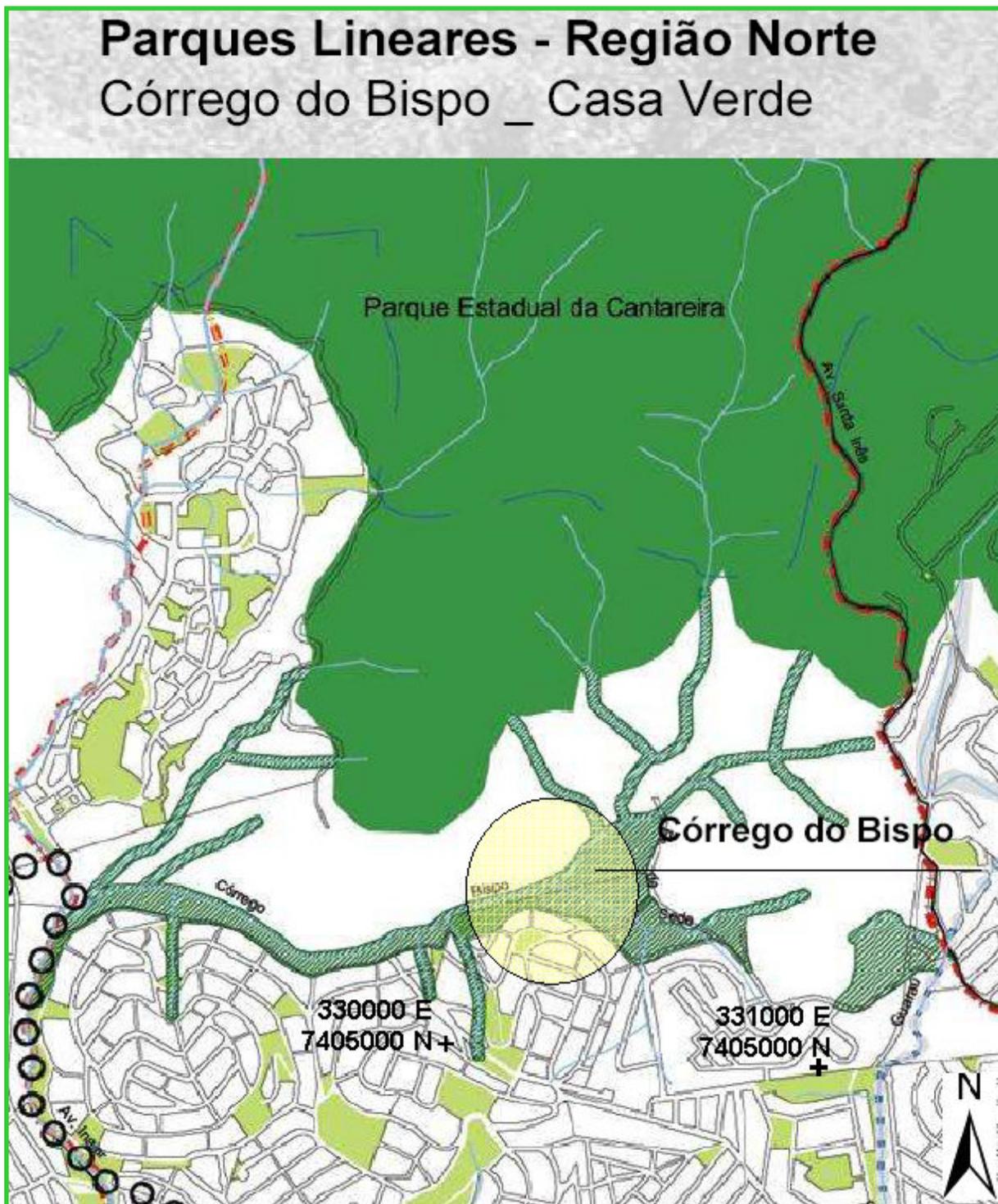
O distrito de Cachoeirinha vai ganhar um parque diferente de todos os outros. É um parque linear. Ele é chamado assim porque será construído às margens dos córregos e fundos de vale, para recuperar a vegetação e preservar os recursos naturais da região. Vai se chamar Parque Linear do Córrego do Bispo e foi projetado para proteger o leito do córrego e ainda permitir que a população aprenda coisas importantes sobre o respeito à

Foto: Juliana Ribeiro Guller

natureza. No novo espaço, a comunidade poderá desfrutar de locais de descanso, lazer infantil, circuito para corridas e pequenas estações com equipamentos de ginástica. Será proibido o despejo de lixo e de esgoto no córrego e a limpeza será fortemente incentivada. O Parque Linear do Córrego do Bispo vai ser instalado na fronteira com o Parque Estadual da Cantareira. Este será um dos 11 parques lineares que serão construídos ao longo dos córregos

76
mil m² será a área total prevista para a construção do Parque do Córrego do Bispo

ANEXO B – MAPA DO PARQUE LINEAR DO CÓRREGO DO BISPO



 **Parque Linear do Córrego do Bispo**

Escala aproximada: 1: 20.000

Fonte: SÃO PAULO, 2002. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo - 2002/2012

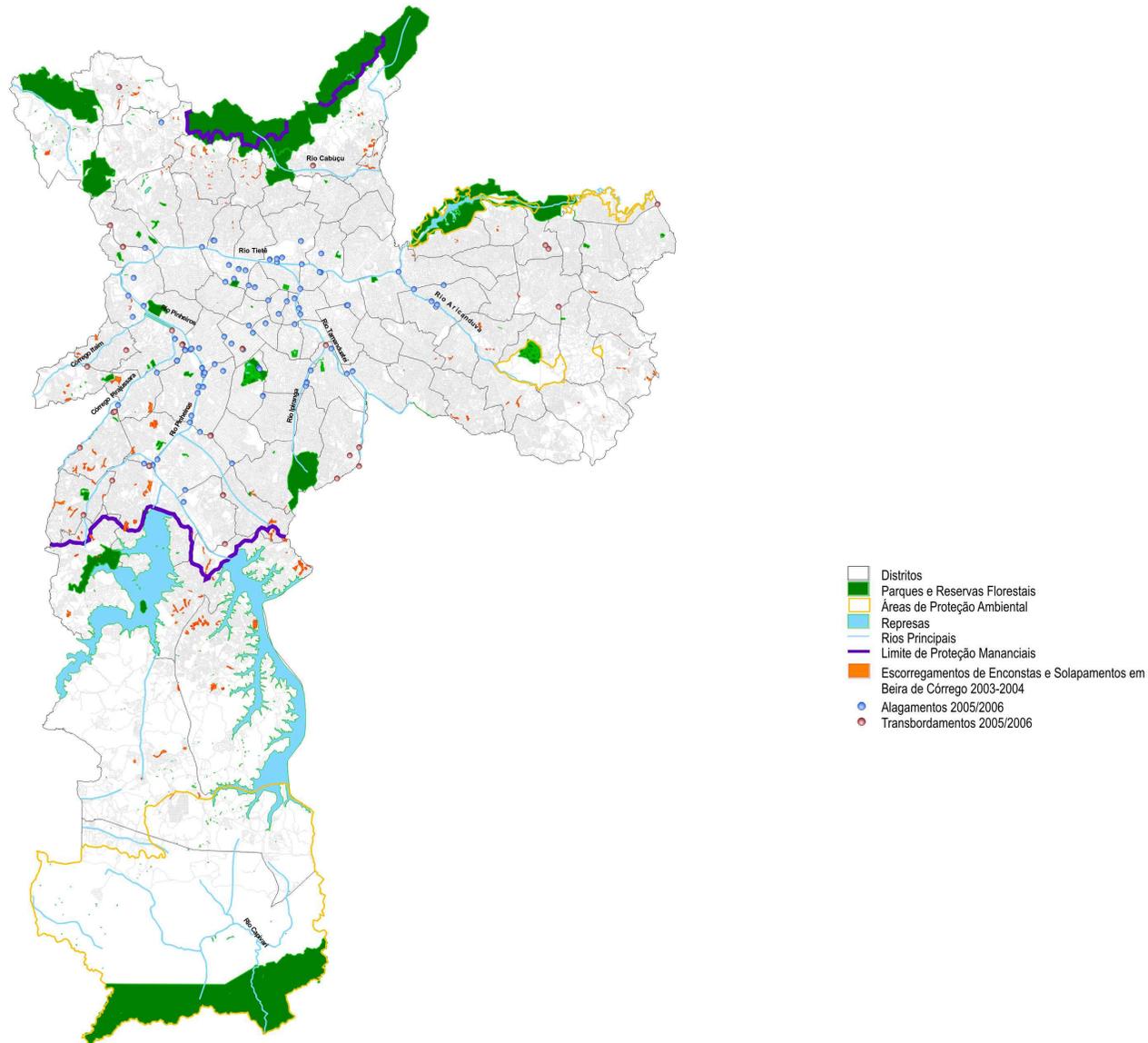
ORG: MASSA, 2007

ANEXO C – MAPA DAS ÁREAS DE RISCO SÓCIO-AMBIENTAL (ORIGINAL)

Áreas de Risco Sócio-Ambiental

Distritos Município de São Paulo

2006



Fonte: Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras. Mapeamento de Risco nas Encostas e Margens de Córregos em Área de Ocupação Precária na Cidade de São Paulo, 2003-2004; Secretaria Municipal de Infra-Estrutura Urbana e Obras - SIURB, 2006.



BREVE RESENHA CURRICULAR

Eric Macedo Massa nº USP3115233

- Mestrado: Departamento de Geografia – FFLCH – USP

Ingresso: Julho de 2005

Orientador: Luis Antonio Bittar Venturi

Qualificado em Junho de 2007

- Bacharelado em Geografia: Departamento de Geografia – FFLCH – USP

Início: Fevereiro de 1999 Conclusão: Novembro de 2003

Nota: 10

Orientador: Jurandyr Luciano Sanchez Ross

Título: *A Fragilidade ambiental na Serra da Cantareira: Bacia do Córrego do Bispo – SP*

- Licenciatura em Geografia: Faculdade de Educação – USP

Início: Fevereiro de 2002 Conclusão: Julho de 2005

CONTATO: ericmassa@yahoo.com.br