

Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP.

Eric Macedo Massa¹
Jurandyr Luciano Sanches Ross²

Resumo: O presente artigo tem como objetivo analisar as fragilidades ambientais diante das intervenções humanas na bacia do córrego do Bispo, uma área bastante representativa do processo de ocupação desordenado na Serra da Cantareira. Como fundamento teórico-metodológico, adotou-se a proposta de ROSS (1994) - Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, baseada nos conceitos de Unidades Ecodinâmicas de TRICART (1977). O diagnóstico das fragilidades ambientais, sintetizado no Mapa das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e Emergente, baseou-se na correlação de quatro fatores de análise: o relevo, o solo, a cobertura vegetal/uso da terra e o regime pluviométrico.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental; Análise Ambiental; Serra da Cantareira.

Appliance of a "relief-soil" environmental fragility model in corrego do Bispo Basin, Serra da Cantareira, São Paulo – SP

Abstract: This article aims to analyze the environmental fragility of human interventions on stream in the basin of the Bispo, an area widely representative of the occupation process in the Serra da Cantareira disordered. As a theoretical and methodological framework, adopted the proposal of Ross (1994) - Empirical Analysis of the fragility of natural and anthropogenic, based on concepts of TRICART Ecodynamics Units (1977). The diagnosis of fragile environmental conditions, summarized in Map Units Ecodynamics Potential Instability and Emergent, based on the correlation analysis of four factors: topography, soil, land cover / land use and rainfall.

Keywords: Fragility Environmental, Environmental Analysis, Serra da Cantareira.

INTRODUÇÃO

Na segunda metade da década de 60, iniciou-se o declínio das taxas de crescimento geométrico da cidade de São Paulo, concomitante ao crescimento populacional das regiões periféricas da Grande São Paulo, em função do crescente deslocamento das indústrias para estas áreas e do contingente populacional provindo das migrações.

¹Graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade de São Paulo, graduação em Geografia Licenciatura pela Universidade de São Paulo e mestrado em Geografia Física pela Universidade de São Paulo. E-mail: ericmassa@yahoo.com.br

²Graduação em Geografia pela Universidade de São Paulo, USP, mestrado e doutorado em Geografia Física pela Universidade de São Paulo. Professor titular da Universidade de São Paulo. E-mail: juraross@usp.br

DOI: 10.7154/RDG.2012.0024.0004

Dessa forma, a mancha urbana, que até então ocupava preferencialmente as planícies e terraços fluviais começou a expandir-se para as áreas mais extremas da zona norte do município, onde o relevo é mais dissecado. Segundo LIMA (1990), nas décadas de 60 e 70, os maiores contingentes populacionais são atraídos para São Paulo, que apresenta as maiores taxas de crescimento populacional. Neste período, a expansão urbana, anteriormente restrita à porção sedimentar, começa a ocupar o embasamento cristalino.

Embora estes conjuntos do meio físico sejam desfavoráveis ao assentamento urbano, são incorporados a mancha metropolitana, visto que a expansão urbana está vinculada à lógica de mercado e a especulação imobiliária e não às características do meio. Esta lógica imprime padrões de loteamentos, parcelamentos e outras intervenções totalmente incompatíveis com as condições naturais. (LIMA, op.cit.)

Neste contexto, a pressão exercida pela expansão urbana desencadeou um processo de ocupação desordenado e irregular, que vem gradativamente dizimando a vegetação da Cantareira.

O objetivo deste artigo é analisar as fragilidades ambientais diante das intervenções humanas na Bacia do Córrego do Bispo, uma área bastante representativa do processo de ocupação desordenado na serra da Cantareira. Essa bacia apresenta como usos predominantes a área florestal destinada a preservação da fauna e flora do Parque Estadual da Cantareira e entorno, o uso urbano (de baixo padrão e desordenado) e áreas rurais. Foi realizada uma análise para diagnosticar os diferentes graus de fragilidade a que cada uma destas áreas está sujeita.

Abordagem teórica

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

"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 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. O objeto desta pesquisa pertence à uma especialização da Geografia: a Geomorfologia, que pode ser definida como o estudo das formas do relevo terrestre em sua localização, gênese e idade.

“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: 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, utilizou-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) *apud* AMARAL (2001) 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: 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 consequência, 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 pela capacidade rápida de discernir 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: 18-19) desenvolveram os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, partindo dos pressupostos teóricos preconizados por PENCK (1953) apud ROSS (*op.cit.*: 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.

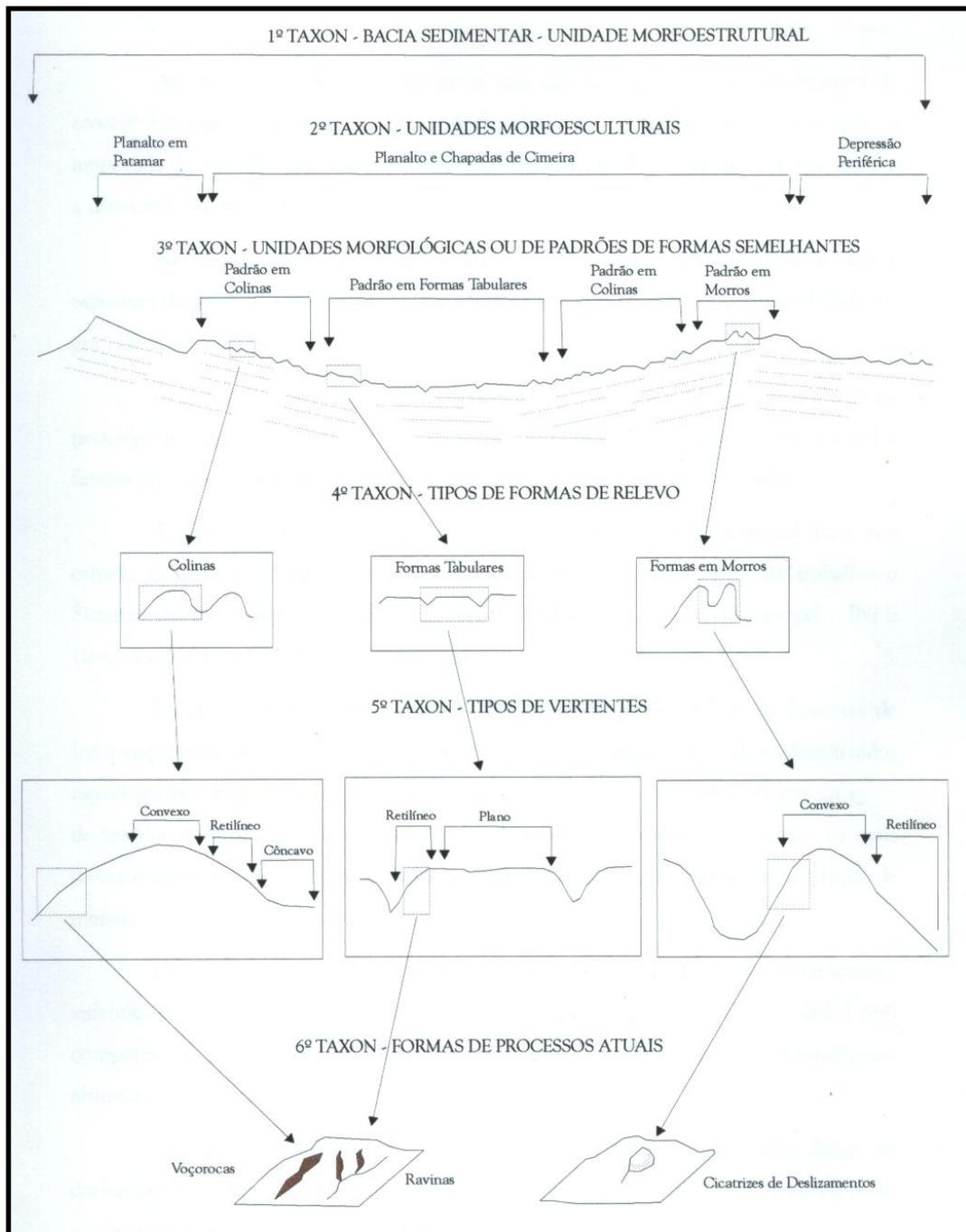


Figura 1: Unidades Taxonômicas do Relevo propostas por ROSS (1992).
Fonte: ROSS (1992) apud AMARAL (2001)
Org: MASSA, 2004.

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 as 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 as formas de relevo ainda menores decorrentes de processos geomórficos atuais e principalmente, pela ação humana, como os sulcos, ravinhas, 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 e 3.º - Grau de proteção do solo em função da cobertura vegetal e tipos de uso da terra. 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, como 1: 25.000, 1: 10.000, 1: 5.000 e 1: 2000, requer a utilização de intervalos de classes 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 frequentes. 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)

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 eucalíptos 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)

É importante ressaltar que 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. Contudo, esta variável não foi correlacionada com as demais, em função do caráter local da área de estudo, inserida totalmente no mesmo contexto, no que diz respeito às características pluviométricas.

Dessa forma, utilizou-se como último parâmetro de análise, os níveis hierárquicos dos componentes pluviométricos preconizados por ROSS (inédito) *apud* SPÖRL (2001):

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).

OBS: O comportamento pluviométrico em negrito é característico a toda área de estudo.

Fonte: ROSS (inédito) *apud* SPÖRL (2001)

A síntese das correlações dos dados de declividade e formas das vertentes, tipos de solos e grau de proteção dos solos de acordo com a cobertura vegetal e tipos de uso da terra, diagnostica os diferentes níveis de fragilidade ambiental, através do produto final desta pesquisa, o Mapa das Unidades Ecodinâmicas de Fragilidades Potenciais e Emergentes em escala 1:10.000.

Procedimentos técnico-operacionais

Para a análise da área de estudo foram consideradas informações sobre clima, hidrografia, geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação/uso da terra. Estes componentes físicos e bióticos devem ser analisados integradamente, pois é dessa maneira que se apresentam na natureza. Este estudo utilizou o Geoprocessamento como técnica operacional. Através do *software* de SIG SPRING 4.0, foram elaborados todos os produtos cartográficos intermediários e o mapa síntese.

Caracterização e análise integrada do meio físico

Os dados e informações climatológicas da área de estudo em contexto local e regional foram obtidos em Tarifa e Armani (2001).

A região metropolitana de São Paulo está localizada junto ao Trópico de Capricórnio, o que resulta em uma realidade climática de transição entre os Climas Tropicais úmidos de altitude, com período seco definido, e aqueles subtropicais, permanentemente úmidos, do Brasil Meridional.

Na escala de clima local, a área de estudo está inserida no contexto do Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira-Jaraguá. Nessa unidade climática as altitudes variam de 800 a 1200 metros. As temperaturas médias anuais variam de 19,3º a 17,7º C, as médias anuais das máximas, de 24,9º a 23,3ºC e a média anual das mínimas de 15,5º a 13,9º C.

A pluviosidade média anual oscila entre 1.400 a 1550 mm e os máximos de 24 horas de 150 a 220 mm. As altitudes mais elevadas da Serra da Cantareira e a sua orientação no sentido Leste-Oeste, perpendicular aos fluxos produtores de chuva induzem um acréscimo nos totais pluviométricos.

Segundo Tarifa e Armani (*op. cit.*: 42), as áreas inseridas neste contexto:

“requerem especial atenção quanto à ocupação e uso do solo, pois as altas declividades, aliadas aos elevados totais pluviométricos, fazem com que estas áreas tenham um grande potencial para a ocorrência de deslizamentos, movimentos de massa e desmoronamentos, exigindo edificações com fundação profunda, bem como arruamentos bem planejados e estruturados, a fim de evitar problemas futuros.”

Assim sendo, o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica estudada deve ser criterioso, levando-se em conta que o embasamento cristalino do Pré-Cambriano constitui a litologia predominante na bacia hidrográfica estudada. Os granitos e granodioritos normais, ou em parte gnaissicos, são as rochas de maior ocorrência, estando presentes em cerca de 80% da área da bacia. Em menor escala, há ocorrência de filitos e/ou metassilitos (vertente meridional do córrego do Bispo); micaxistos e/ou meta-arenitos; e migmatitos e gnaisses graníticos (à jusante da bacia). O vale do córrego do Bispo possui embasamento que data do Cenozóico, constituído de aluviões fluviais - argila, areia e cascalho - do Período Quaternário. Esse substrato, associado às altas declividades do relevo resultou em solos pouco desenvolvidos: cambissolos e argissolos vermelho-amarelos. Nas áreas com declividades médias a baixas, mais propícias aos processos de infiltração das águas das precipitações, há ocorrências de perfis mais desenvolvidos: associação de argissolos vermelho-amarelos e latossolos vermelho-amarelos.

Nas planícies do córrego do Bispo (área de estudo) e dos córregos Itaguaçu e Cabuçu de baixo (área do retângulo envolvente), os sedimentos do período quaternário constituem o material de origem dos solos. Nessas áreas, e em áreas próximas com declividades muito baixas (até 6%) são encontrados Gleissolos Melânicos.

Os solos argilosos, predominantes na área de estudo, favorecem os processos de escoamento superficial fluvial. Esse fator, associado às altas declividades, potencializa os movimentos de massa, o que reforça a importância da cobertura florestal, na medida em que esta proporciona um alto grau de proteção aos solos.

Geomorfologicamente, a bacia do córrego do Bispo, abrange o contato entre o batólito da Cantareira e o Planalto Paulistano. As altitudes variam entre 745 m nos fundos de vale e 1065 m nos topos do divisor principal da Serra da Cantareira e as declividades elevadas são predominantes. As classes de declividades forte (20 a 30%) e muito forte (acima de 30%) correspondem a aproximadamente 65% da área do projeto. (área da bacia e adjacências)

De acordo com a classificação taxonômica proposta por ROSS (1992), os Tipos de formas de relevo e Tipos de vertentes - respectivamente, quarto e quinto táxons - encontrados na área de estudo foram:

- ✓ Morros Altos da Serra da Cantareira, com embasamento cristalino ígneo. Os perfis retilíneos são predominantes nas vertentes, que se apresentam bastante entalhadas, com grotas profundas, anfiteatros e ravinas. Os topos são estreitos e alongados e os

vales fechados. Em relação aos tipos de vertentes, predominam as retilíneas com declividades muito fortes (acima de 30%). Observam-se ainda, vertentes convexas com declividades médias a muito fortes (12 a >30%), vertentes côncavas com declividades baixas a muito fortes (6 a > 30%), patamares convexos com declividades médias (12 a 20%) e topos convexos com declividades muito baixas a baixas (até 12%).

- ✓ Morros Baixos do Planalto Paulistano, com embasamento cristalino metamórfico. As vertentes possuem perfis retilíneos a convexas e os topos são estreitos e alongados. Os vales são fechados e assimétricos. Ocorrem vertentes retilíneas com declividades médias a muito fortes (12 a > 30%), vertentes convexas com declividades médias a fortes (12 a 30%), vertentes côncavas com declividades baixas a muito fortes (6 a > 30%) e topos convexos com declividades muito baixas a baixas (até 12%).
- ✓ Planícies Fluviais dos córregos do Bispo (área de estudo), Itaguaçu e Cabuçu (retângulo envolvente) com embasamento sedimentar do período quaternário. Apresentam o lençol freático próximo à superfície e solos com baixa capacidade de suporte. As declividades são muito baixas (até a 3%).

Em relação ao sexto táxon - Formas de processos erosivos atuais - não foi possível realizar um levantamento em campo. No entanto, são comuns a erosão laminar e freqüentes ravinamentos nos morros baixos. Nos morros altos, verifica-se a ocorrência generalizada de erosão laminar e em sulcos. Observam-se ainda, com alguma freqüência, escorregamentos naturais envolvendo grande volume de material.

Nas planícies fluviais, a deposição de sedimentos oriundos das encostas, assoreamentos, inundações periódicas, e o solapamento das margens dos córregos, constituem os processos mais comuns relacionados à dinâmica superficial do relevo.

Uso e ocupação da terra

Com o subsídio de fotografias aéreas em escala 1: 5.000 da BASE S.A, Vôo de Março de 2000, realizou-se o mapeamento dos usos da terra na área de estudo, com atualização feita em campo, no mês de Outubro de 2003.

Na década de 90, o processo de ocupação irregular iniciado na década de 80 intensificou-se na área de estudo, ocupando toda a planície fluvial do córrego do Bispo. Nos últimos anos,

após supersaturar esta planície, este tipo de ocupação expandiu-se até mesmo para a vertente direita do córrego, em detrimento da vegetação nativa.



Figura 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. Observa-se um barraco com dois andares e ligações de luz clandestinas, "gatos".

Autor: Eric Macedo Massa

Data: 27.10.03

Estes ambientes são extremamente frágeis e instáveis para a construção de habitações. Na planície, os solos são friáveis e há ocorrência de inundações no verão. Na vertente direita do córrego, as bordas escarpadas podem apresentar erosão e escorregamentos.

Nas últimas duas décadas, o processo de urbanização desordenado na Zona Norte de São Paulo, traduziu-se em perdas significativas de cobertura vegetal na Serra da Cantareira. Na falta de projetos oficiais de loteamentos populares, este tipo de ocupação ocorre por meio de invasões e de parcelamentos clandestinos. O expediente mais comum é o proprietário vender sua gleba informalmente a um loteador, que a revende aos pedaços. Quando surgem as invasões, o proprietário original simula que houve invasão, mas não pede reintegração de posse.

De acordo com um levantamento da Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente - SVMA, entre 1990 e 1999, surgiram 23 loteamentos clandestinos na região da Serra da

Cantareira, ocupando uma área de 9,85 quilômetros quadrados, equivalente a 5,78 parques do Ibirapuera. Nesse período foram suprimidos 2,78 quilômetros quadrados de vegetação de grande importância para a cidade. (SÃO PAULO, 2000).

O processo de urbanização desordenado é acompanhado por profundas alterações no uso e ocupação da terra, resultando em impactos nos comportamentos hidráulicos e hidrológicos das bacias hidrográficas. As transformações sofridas pelas bacias em fase de urbanização podem ocorrer muito rapidamente, gerando impactos na qualidade da água, nos níveis e frequência de inundações e no transporte de sólidos.

A Região Metropolitana de São Paulo constitui uma das referências mais conhecidas dos problemas advindos da urbanização intensa. A poluição das águas, as grandes cheias e o assoreamento são testemunhos de um processo de descontrole e instabilização hidromorfológica que tende a se ampliar, à medida que a população migra para áreas anteriormente ocupadas pelas planícies fluviais ou pelas matas.

A legislação ambiental vigente dispõe de leis que impõem uma série de restrições à apropriação do meio físico, expressas, sobretudo pela Lei de Proteção aos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo e pela Lei n.º 4771 de 15.09.65, que instituiu o novo código florestal. Esta última, estabelece em seu artigo 2.º:

"Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em forma marginal cuja largura mínima seja:
 - 1 - de 30 m para cursos d'água de menos de 10 m de largura
 - 2 - de 50 m para cursos d'água que tenham de 10 a 50 m de largura..."

A existência destas leis está longe de garantir a integridade do meio físico, como bem sintetizam MOROZ *et al.* (1994 p. 47):

"... os problemas ambientais e sociais existentes nas áreas de proteção aos mananciais refletem de um lado a incapacidade do poder público de fazer cumprir a lei e de outro, o fato de que onde prevalece um elevado estado de miséria, as questões de moradia e da sobrevivência falam mais alto. Não se resolve absolutamente nada a existência de magníficas leis e normas de uso do solo urbano, quando além de problemas ambientais, uma grande parte da população enfrenta o grande problema de conseguir um lugar para morar e um modo qualquer para continuar a existir."



Figura 3: Área próxima à confluência do Córrego do Bispo com o Córrego do Cabuçu de Baixo: ocupação irregular e lixo configuram um ambiente extremamente degradado.

Autor: Eric Macedo Massa

Data: 27.10.03

Contudo, a ocupação na região da Cantareira não se limita ao padrão desordenado. Próximo ao limite da área de estudo, há um exemplo claro: o condomínio fechado de alto padrão, Parque Itaguaçu Cantareira, limítrofe ao Parque Estadual da Cantareira. Este empreendimento é investigado pelo Ministério Público em função de denúncias de desflorestamento.

Sendo assim, somente as ações de planejamento - ao nível regional e local - baseadas em análises prévias da potencialidade do ambiente natural e social-econômico poderão melhor estruturar o espaço territorial, possibilitando assim o aproveitamento dos recursos hídricos de maneira mais adequada - preocupação emergente em face da atual crise no abastecimento da metrópole - e uma qualidade de vida melhor às milhares de pessoas que "sobrevivem" em áreas desfavoráveis a ocupação.

RESULTADOS

A partir do pressuposto de que a natureza apresenta uma funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos, a análise da fragilidade potencial natural requer a análise integrada dos conhecimentos setorizados.

O Mapa das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e Emergente, é o resultado da síntese deste estudo. Foi elaborado através da correlação entre as informações de clinografia, pedologia e uso da terra contidas nos produtos cartográficos intermediários e constitui o resultado da síntese deste estudo.

Os planos de informação de declividades do relevo, do esboço pedológico e de uso da terra foram sobrepostos, e as áreas de intersecção entre estes foram vetorizadas. Em seguida atribuiu-se os índices de fragilidade, compostos por três algarismos, conforme a metodologia proposta por ROSS (1994), apresentada nos fundamentos teórico-metodológicos desta pesquisa.

"A associação numérica representa um dígito para a intensidade de dissecação do relevo (de 1 a 5), outro para a suscetibilidade à erosão dos tipos de solos (de 1 a 5) do menos suscetível ao mais suscetível, outro dígito para o grau de proteção aos solos pela vegetação (natural ou cultivada), também variando da mais protetora a menos protetora (1 a 5)"(ROSS, *op. cit.*).

Ressalta-se, porém, que os graus de fragilidade correspondentes aos tipos de solo e graus de proteção em função do uso da terra/ cobertura vegetal, foram estipulados de acordo com as ocorrências destes parâmetros de análise na área de estudo.

Combinando-se os conjuntos de algarismos arábicos, foi possível obter uma hierarquia dos graus de fragilidade natural. A título de exemplo, o conjunto numérico 1111, representa uma área com declividade do relevo muito fraca (1), solos com potencial de erosão muito fraco (1) recoberto por mata (1) e chuvas regularmente distribuídas com totais pluviométricos anuais não muito superiores a 1000 mm (1). Já a combinação 5555, constitui outro valor extremo, em que todas as variáveis são desfavoráveis, como ocorre na área de estudo: Declividade do relevo muito baixa, porém em área suscetível a inundações (5), gleissolos melânicos muito suscetíveis à erosão (5), desprovido de cobertura vegetal (5) e com totais pluviométricos elevados regularmente distribuídos ou não durante o ano.

Entre estes extremos, encontram-se áreas intermediárias. Por exemplo, uma área com classificação 3433, apresenta relevo com declividades médias (3), com argissolos vermelho- amarelos de forte erodibilidade (4), ocupado por residências de baixo padrão em loteamento organizado (3) e chuvas concentradas no verão (3). Portanto, foi classificada como área de médio grau de fragilidade, apresentando o índice 3433.

Estes índices servem para identificar as áreas com diferentes graus de instabilidade. Doravante, são evidenciadas áreas que permanecem em estado de equilíbrio dinâmico, por não terem sido incorporadas aos espaços produtivos da sociedade, são áreas potencialmente instáveis - Unidades Ecodinâmicas Estáveis com diferentes graus de instabilidade potencial - e aquelas que tiveram seu equilíbrio alterado e, conseqüentemente, são áreas de risco e de desequilíbrio morfodinâmico emergente - Unidades Ecodinâmicas Instáveis com diferentes graus de instabilidade emergente.

Mapa 10 – Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e Emergente

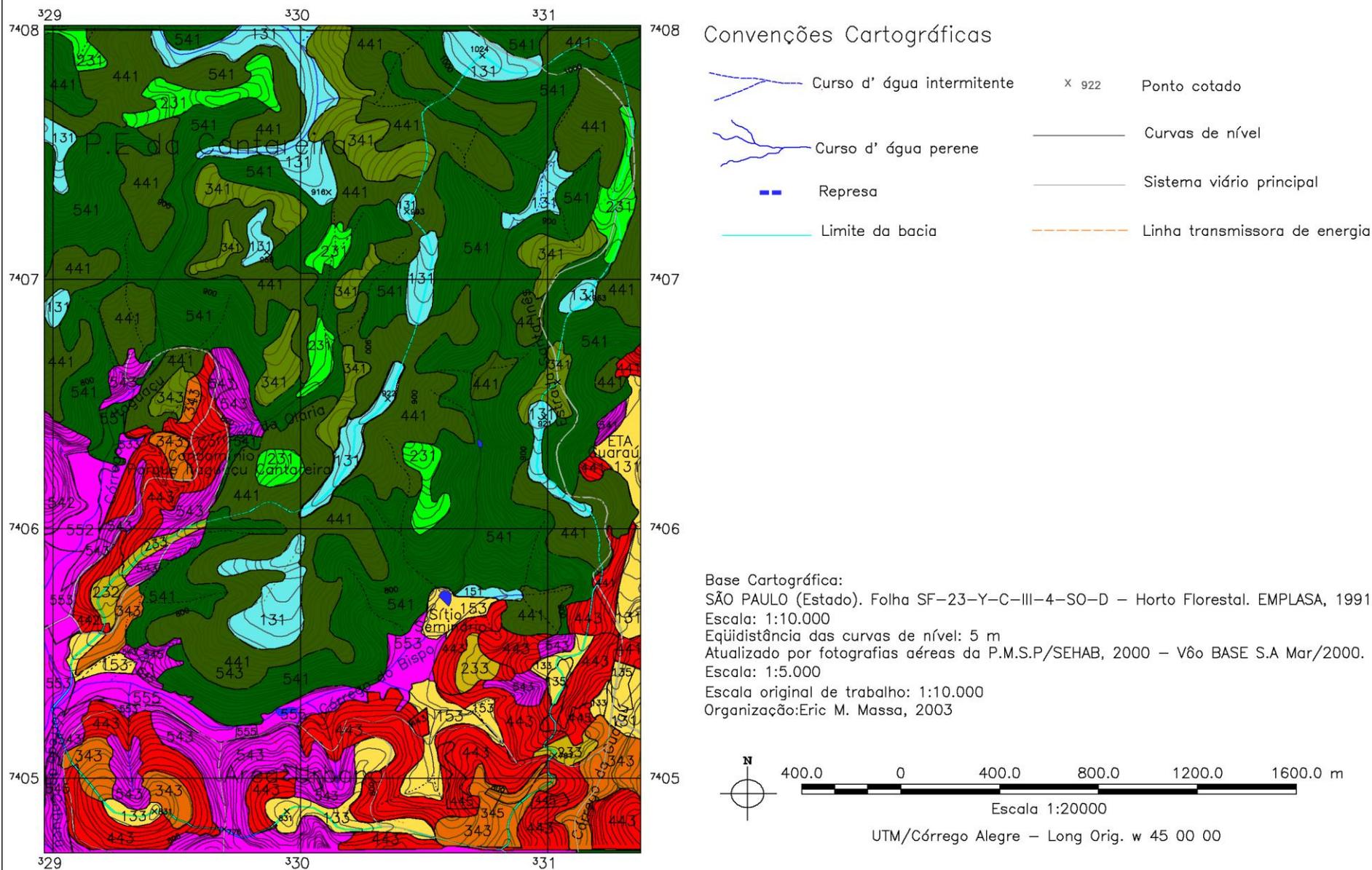


Tabela 6 - LEGENDA TEMÁTICA INTEGRADA

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, 1513	Muito Fraco		1313, 1333, 1353
Fraco		2313	Fraco		2323, 2333
Médio		3413	Médio		3433, 3453
Forte		4413	Forte		4413, 4423, 4433, 4453,
Muito Forte		5413, 5513	Muito Forte		5413, 5423, 5433, 5453, 5523, 5533, 5553

Obs: O primeiro algarismo refere-se ao grau de *fragilidade* em função das classes de declividade; 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 do Relevo	Tipos de Solos (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	Floresta (Mata Atlântica), ETA Guaraú	1- Muito Baixa	Sem ocorrência
2 - Fraca	6 a 12%	Sem ocorrência	2 - Alto	Mata secundária	2- Baixa	Sem ocorrência
3 - Média	12 a 20%	Argissolos VA + Latossolos VA	3 - Média	Urbano com loteamento organizado, Área Verde urbana Silvicultura, Capoeira, Área Rural	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 e Cambissolos Háplicos + Argissolos VA	4 - Baixo	Loteamento de alto padrão parcialmente ocupado	4 - Forte	Sem ocorrência
5 - Muito Forte	0 a 6% (planície fluvial) e acima de 30%	Gleissolos Melânicos	5 – Muito Baixo	Urbano com ocupação desordenada, Loteamento clandestino desocupado, Solo exposto, Cortes e Aterros	5 – Muito Forte	Sem ocorrência

Organização: Eric Macedo Massa, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram definidas como Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou de Instabilidade Potencial, somente as áreas com predomínio de vegetação nativa, sem intervenções humanas significativas. Dessa forma, apenas as áreas com cobertura florestal inseridas no Parque Estadual da Cantareira e entorno receberam esta classificação. As demais áreas, ocupadas e classificadas de acordo com as necessidades humanas, foram classificadas como Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente.

Em relação aos resultados obtidos no mapa síntese, é importante ressaltar que não necessariamente um relevo dissecado é de fato o mais frágil, ou o relevo pouco dissecado é realmente mais estável, tendo em vista que a fragilidade é condicionada também por outros fatores como tipo de rocha, de solos, de uso e ocupação da terra e características pluviométricas. Isto significa que a valorização do relevo/ declividade (1º. dígito) no modelo proposto por ROSS, define uma fragilidade muito forte para uma área muito dissecada, mas em contrapartida as demais variáveis podem amenizar sua vulnerabilidade, ou ainda, determinar uma fragilidade muito fraca para uma área de relevo estável, porém com a vulnerabilidade acentuada, pela influência das demais variáveis. Ambos os exemplos ocorrem na área de estudo.

As planícies fluviais, associadas aos Gleissolos Melânicos, ainda que localizadas em áreas de baixa declividade (até 3%), foram consideradas como áreas de grau de fragilidade muito forte, em função de estarem condicionadas a inundações constantes. Neste estudo, o Mapa das Unidades Ecodinâmicas evidencia que a maior parte da área de estudo localiza-se em relevo com graus de fragilidade forte e muito forte, com índices correspondentes ao primeiro algarismo, respectivamente iguais a 4 e 5. Apesar do relevo bastante dissecado, a ocorrência de sulcos e ravinas é restrita, em função do alto grau de proteção oferecido pela cobertura florestal e médio grau de proteção oferecido pelas áreas rurais e urbanas com loteamento organizado.

No entanto, esse quadro pode ser alterado a curto e médio prazo, se o padrão de ocupação desordenado continuar sua expansão na vertente norte do baixo curso do Córrego do Bispo, em detrimento da cobertura florestal. Esta cobertura constitui um fator de fundamental importância para o equilíbrio dinâmico na área de estudo (assim

como em toda a região da Serra Cantareira), na medida em que o relevo íngreme, os solos, predominantemente cambissolos e argissolos vermelho-amarelos com textura argilosa e os totais pluviométricos mais intensos de Dezembro à Março constituem fatores altamente favoráveis aos processos de escoamento superficial pluvial e de escorregamento. Estes processos podem degenerar o ambiente e ao mesmo tempo trazer trágicas conseqüências para os habitantes destas áreas.

A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes possibilita uma definição mais precisa das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial. Sendo assim, a aplicação desta metodologia que leva em consideração às Unidades de Fragilidades Naturais é de amplo interesse social, na medida em que subsidia o Zoneamento Sócio-Econômico Ambiental e, em conseqüência, o planejamento estratégico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. (2001) *A fragilidade ambiental na bacia do ribeirão Bonito, município de Teodoro Sampaio-SP*. São Paulo, 1v. Trabalho de Graduação Individual (Bacharelado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

BASE S.A. (março de 2000) Aerolevanteamento. Faixa 84, fotos n. 10, 12 e 14, faixa 85, foto n. 6; faixa 86, fotos 06, 07 e 09. (Escala 1: 5.000)

INPE. *Software SPRING 4.0.* "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" CAMARA G, SOUZA R.C.M, FREITAS U.M, GARRIDO J Computers e Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. Acesso em 09 fev. 2004.

LIMA, C.R. (1990) *Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica*. São Paulo, 1v. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MOROZ, I.C; CANIL, K; ROSS, J.L.S. (1994) Problemas ambientais nas áreas de Proteção aos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*. n. 7, p. 35-48.

NAGEL, E. (1979) Ciência: natureza e objetivo. In: MORGENBESSER, S. (ed.) *Filosofia da Ciência*. São Paulo, Ed. Cultrix. p. 12-24.

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

ROSS, J.L.S. (1992) O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*. n. 6, p. 17-29.

ROSS, J.L.S. (1994) Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*. n. 8, p. 63-73.

ROSS, J.L.S. (1995) Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia*. n. 9, p. 65-75.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria dos Negócios Metropolitanos. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo. Folha Horto Florestal (SF-23-Y-C-III-4-SO-D) (Escala 1: 10.000).

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente (2000) *Atlas Ambiental do Município de São Paulo: Primeiros Resultados - Dezembro de 2000*. São Paulo, SVMA/SEMPLA/PRODAM. (Atlas digital em CD-ROM)

SPÖRL, C. (2001) *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*. São Paulo, 1v. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

TARIFA, J.R; ARMANI, G. (2001) Os climas urbanos. In: TARIFA, J.R; AZEVEDO, T.R. (eds.) Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática. *Geosp – Coleção Novos Caminhos*. n. 4, p. 47-70.

TRICART, J. (1977) *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, FIBGE/SUPREN.

Artigo recebido em 05/08/2012.

Artigo aceito em 11/09/2012.