

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO SETOR NOROESTE DO
SÍTIO URBANO DE PIRACICABA (SP): UMA ABODAGEM
GEOGRÁFICA.**

ALAN SILVEIRA

Orientadora: Prof^a Dr. Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração em Organização do Espaço, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Rio Claro (SP)
2009

551.4+
S587d

Silveira, Alan

Diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP): uma abordagem geográfica / Alan Silveira. - Rio Claro : [s.n.], 2009

178 f. : il., figs., tabs., fots., mapas + 8 mapas mapa

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Orientador: Cenira Maria Lupinacci da Cunha

1. Geografia Física - Aspectos ambientais. 2. Geomorfologia. 3. Abordagem geográfica integrada. 4. Fragilidade ambiental. 5. Sistema natural. 6. Sistema antrópico. I. Título.

Comissão Examinadora

Profª Dr. Cenira Maria Lupinacci da Cunha (orientadora)

Profº Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross (DG/FFLCH/USP)

Profº Dr. Pompeu Figueiredo de Carvalho (Deplan/IGCE/UNESP)

Aluno: Alan Silveira

Rio Claro, 01 de outubro de 2009

Resultado: Aprovado

Dedico aos meus queridos Pais, José e Mirtes, pelo incessante esforço de educar seus filhos.

AGRADECIMENTOS.

No caminhar dessa dissertação foram inúmeras as pessoas que contribuíram das mais diversas formas para sua realização. Algumas delas merecem especial gratidão pelas contribuições indispensáveis para o trilhar da pesquisa. A todas elas meu sincero respeito e afeto:

À minha orientadora Prof^a Dr. Cenira Maria Lupinacci da Cunha por abrir as portas (oportunidade), demonstrar o caminho (trajetória) e transmitir o conhecimento geográfico e geomorfológico (orientação).

À Prof^a Dr. Regina Célia de Oliveira (IG/UNICAMP) e à Prof^a Dr. Iandara Alves Mendes (IGCE/UNESP) pelos valiosos apontamentos no exame geral de qualificação, bem como na transmissão de conhecimento em encontros imprevistos não formais.

Aos Professores que foram referências no trilhar geográfico-geomorfológico desde os tempos da graduação: Prof^o Adler Guilherme Viadana (IGCE/UNESP), Prof^o Dr. Antonio Carlos Tavares (IGCE/UNESP), Prof^o Dr. Archimedes Perez Filho (IG/UNICAMP), Prof^a Dr. Bernadete Ap. C. de Castro Oliveira (IGCE/UNESP) e Prof^o Dr. Pompeu Figueiredo de Carvalho (IGCE/UNESP).

Aos colegas integrantes do Laboratório de Geomorfologia (LAGEO/IGCE/UNESP), o qual me orgulho fazer parte, pelas trocas de informação e alegrias, em especial ao Leandro de Godoy Pinton, pela contribuição no domínio do Auto CAD.

Aos colegas das Bibliotecas da UNESP (Santana e Bela Vista) pelo apreço e carinho, em especial: Celinha, Nilza, Suzi, Gislaine, Mônica, Meire e João.

Aos funcionários do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (Deplan/IGC/UNESP), em especial a Bete.

Aos funcionários do Serviço de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE) e do Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP) pela contribuição no fornecimento das cartas topográficas e fotografias aéreas.

À Patrícia pela cumplicidade ao seguirmos juntos os caminhos da ciência geográfica e da vida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo crédito ao financiar esta pesquisa.

Nenhum homem de formação científica afirmaria que o conhecimento científico atual seja rigorosamente verdadeiro; ele apenas afirmará que se trata de um passo no caminho que leva à verdade. Quando ocorre uma mudança na ciência, como, por exemplo, a substituição da lei da gravitação de Newton, pela de Einstein, não se trata de jogar fora a primeira delas, mas, simplesmente, de substituí-la por outra que seja um pouco mais exata (Bertrand Russel 1969, p.55).

Desde a compreensão das formas elementares do relevo, que se pode iniciar pelo simples entendimento do que seja uma colina e uma planície, até os conhecimentos mais complexos sobre a origem de alguns pequenos ou grandes conjuntos, estamos recuperando conhecimentos científicos que levaram séculos para se acumular. Aos estudá-los, ainda que em nível de iniciação, estamos refazendo o caminho da ciência (Aziz N. Ab'Sáber 1975, p.8).

Diagnóstico Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP): Uma abordagem geográfica.

Resumo.

Esta pesquisa tem como objetivo fornecer um diagnóstico ambiental detalhado, de abordagem geográfica integrada, que venha a subsidiar ações de planejamento territorial do eixo de expansão urbana noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP). Fundamentada na Teoria Geral dos Sistemas, aplicou-se para a área de estudo a proposição metodológica de Ross (1990, 1994 e 2001), quanto à análise empírica da fragilidade de ambientes naturais e antropizados, assim como a proposta metodológica de Moroz, Canil e Ross (1994), na análise das condições de impactos ambientais derivados do uso e ocupação antrópica e das transgressões à legislação ambiental. Tais proposições metodológicas promoveram a elaboração de produtos cartográficos de síntese para análise integrada da informação geográfica, por meio da elaboração prévia de documentos cartográficos intermediários. Com base nos documentos cartográficos formulados, pretendeu-se apontar as condições impactantes impostas as formas de relevo, suas suscetibilidades aos processos morfodinâmicos, as transgressões relativas à legislação ambiental, como também apontar as áreas com restrições à expansão do sítio urbano do setor noroeste de Piracicaba, tanto do ponto de vista da fragilidade potencial, quanto do ponto de vista legal. Pôde-se constatar que as ações promovidas pelo sistema antrópico vêm alterando os fluxos de matéria e energia do sistema geomorfológico, sendo as principais formas de interferências associadas à monocultura canavieira e à expansão urbana sem planejamento.

Palavras-chave: abordagem geográfica integrada; fragilidade ambiental; sistema natural; sistema antrópico e setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba.

Environmental Diagnosis of Piracicaba (SP) Urbane Siege Northwestern Sector: A geographical approach.

Abstract.

This research aims to supply a detailed environmental diagnosis, considering an integrated geographical approach, which subsidizes territorial planning actions in the northwest urban expansion axis of Piracicaba (SP) urbane siege. It was based on the General System Theory and, for the studied area, it was applied a Ross' methodological proposition (1990, 1994 e 2001), concerning the empirical analysis of natural and anthropized environmental fragility, as well as the Moroz, Canil and Ross' methodological proposal (1994) for the analysis of the conditions of environmental impacts derived from the anthropical use and occupation and the transgressions to the environmental legislation. These methodological propositions furthered the elaboration of synthesis cartographic products for the geographical information integrated analysis by the previous elaboration of intermediate cartographic documents. We intended to point, from the formulated cartographic documents, the impressive conditions imposed to the relief, its susceptibilities to the morphodynamic processes, the transgressions related to the environmental legislation, as well as the areas with restrictions to expansion of the Piracicaba (SP) northwestern sector urbane siege, as the potential fragility point of view, as the legal one. We could verify that the actions promoted by the anthropical system are modifying the matter and energy flows of the geomorphological system and that the main interference forms are associated to sugar cane monoculture and the no-planning urban expansion.

Key words: integrated geographical approach; environmental fragility; natural system; anthropical system and Piracicaba urbane siege northwestern sector.

Lista de Figuras:

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.....	16
Figura 2 - Reação de um sistema ambiental a partir da interferência antrópica (DERW, 1986).....	23
Figura 3 - Fluxos de energia e matéria entre as componentes da natureza e da sociedade.....	30
Figura 4 - Análise dos sistemas morfológico, em seqüência, processo-resposta e controlado.....	37
Figura 5 - Relação entre os sistemas refletindo nos padrões das organizações espaciais.....	39
Figura 6 - Procedimento técnico operacional da pesquisa: etapas da pesquisa.....	42
Figura 7 - Condução da pesquisa para a análise dos resultados.....	46
Figura 8 - Níveis Taxonômicos do relevo.....	55
Figura 9 - “Base Fragilidade”. Somatória de informações – relevo/solos/cobertura vegetal e uso da terra.....	64
Figura 10 - “Base Fragilidade” com limites e números dos polígonos de informação relevo – solos - cobertura vegetal/uso da terra.....	65
Figura 11 - Formações Geológicas do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP)....	78
Figura 12 – Solos do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	83
Figura 13 – Balanço Hídrico da Região de Piracicaba (SP).....	89
Figura 14 - Macrozoneamento Urbano de Piracicaba (SP).....	91
Figura 15 – Carta Geomorfológica do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP)....	96
Figura 16 – Carta de Declividade ou Clinográfica do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	98
Figura 17 – Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	99
Figura 18: Carta de Fragilidade Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	130
Figura 19: Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	149
Figura 20: Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	150

Lista de Tabelas:

Tabela 1 - Evolução da População Total do Município de Piracicaba (SP).....	17
Tabela 2 - Classes de declividade e categorias hierárquicas.....	31
Tabela 3 - Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo.....	32
Tabela 4 - Classificação da fragilidade do relevo segundo índices morfométricos.....	32
Tabela 5 - Classes de fragilidade dos solos.....	33
Tabela 6 - Graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal.....	33
Tabela 7 - Classes de Declividade mapeadas no Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	49
Tabela 8 - Padrões de formas de relevo.....	57
Tabela 9: Matriz dos índices de dissecação do relevo do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).....	61
Tabela 10: Classificação da fragilidade do relevo segundo índices morfométricos para o setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).....	61

Tabela 11: Classes de fragilidade dos solos do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).....	62
Tabela 12: Graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal e uso da terra do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).....	62
Tabela 13: Níveis de fragilidade associadas às classes de declividade do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).....	63
Tabela 14: Classes de fragilidade ambiental e as diferentes combinações das variáveis.....	66
Tabela 15: Síntese das principais informações discutidas.....	127
Tabela 15: Síntese das principais informações discutidas (continuação).....	128
Tabela 16: Extensão das Variáveis das Unidades de Fragilidade Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).....	147
Tabela 17: Tabela síntese dos fatores condicionantes das classes de restrição ao uso urbano do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).....	168

Lista de Fotos:

Foto 1: Confluência dos rios Piracicaba e Corumbataí.....	75
Foto 2: Formação Iratí, aflorando no extremo norte da área de estudo.....	79
Foto 3: Formação Corumbataí, em corte na rodovia SP-304.....	80
Foto 4: Setor de nascente do córrego da Reta (alta bacia), onde registram-se as intrusões de diabásio da Formação Serra Geral. Acima, do lado esquerdo da foto, registra-se a presença de uma extração desta rocha.....	81
Foto 5: Formação Rio Claro transicionando com a Formação Corumbataí em corte da rodovia SP-304.....	82
Foto 6: Argissolos expostos em estrada de terra paralela ao rio Corumbataí. Diferença marcante entre os horizontes A e B.....	84
Foto 7: Neossolos em vertente que drena para o rio Piracicaba, demonstrando a pequena expressão dos processos pedogenéticos.....	87
Foto 8: Latossolos encontrados em setor de topo de interflúvio no extremo oeste da área de estudo Solos evoluídos, em avançado estágio de intemperização.....	88
Foto 9: Setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba. Córrego das Ondas envolto por cana-de-açúcar. Na parte superior da foto, a cidade de Piracicaba e seu eixo noroeste expansivo.....	90
Foto 10: Bairro Santa Terezinha instalado em vertente convexa que drena para o rio Corumbataí, com nítidas rupturas topográficas.....	99
Foto 11: Represamento do córrego da Reta, na Usina Costa Pinto.....	102
Foto 12: Indústria recentemente instalada na baixa vertente convexizada. Ao fundo, fragmento de mata ciliar pertencente ao rio Piracicaba.....	105
Foto 13: Sulcos erosivos em alta vertente do córrego das Ondas, com a presença de Neossolos (grau de fragilidade “muito “alta”) e a monocultura canavieira.....	108
Foto 14: Neossolos (grau de fragilidade “muito alta”), estabelecidos sobre a Formação Corumbataí.....	110
Foto 15: Forma concavizada (Vcc) onde se instala nascentes do córrego Itapocu, marcada pela presença de cana-de-açúcar no contato com a mata ciliar.....	112
Foto 16: Extração de diabásio no extremo norte do Setor, alterando a topografia e a dinâmica do escoamento fluvial e pluvial.....	114
Foto 17: Vertente ocupada pela cana-de-açúcar (à direita), pasto sujo (à esquerda) e fragmentos de matas ciliares nas margens do rio Piracicaba (ao fundo).....	116

Foto 18: Bairro Vila Sônia. Abaixo da pavimentação asfáltica e das residências de baixo padrão, encontra-se uma drenagem canalizada que a jusante foi desviada do seu leito original.....	119
Foto 19: Vertente do córrego do Itapocu, sendo ocupada pelo bairro Bela Vista. Ao lado direito-superior, a presença da cana-de-açúcar.....	122
Foto 20: Formas erosivas em solos de fragilidade “alta” (Argissolos) associados ao corte de estrada para remoção de cana-de-açúcar.....	124
Foto 21: Vale do Córrego do Itapocu, com parte de sua mata ciliar removida.....	125
Foto 22: Baixo vale do Rio Corumbataí, desprovido de mata ciliar.....	126
Foto 23: Vale do rio Corumbataí. Tanto na margem esquerda, quanto direita (pertencente a área de estudo), a presença significativa de mata ciliar, com grau de proteção aos solos “muito alta” (1).....	132
Foto 24: Vale do rio Piracicaba. Tanto na margem esquerda (pertencente a área de estudo), quanto direita, a presença significativa de mata ciliar, com grau de proteção aos solos “muito alta” (1).....	132
Foto 25: Argissolos com grau de fragilidade “alta” (4).....	134
Foto 26: Bairro Santa Terezinha instalado em área de pouco declive (1), no entanto com infraestrutura urbana deficitária (4).....	134
Foto 27: Córrego da Reta. Vegetações de áreas alagadas sobrepondo solos de grau de fragilidade “alta” (4).....	136
Foto 28: Afluente do Córrego da Reta. Cana-de-açúcar invadindo área de pasto sujo, que outrora invadira a área de mata ciliar. Nas margens fluviais, formas erosivas em solos de grau de fragilidade “alta” (4).....	136
Foto 29: Agroindústria canavieira (Usina Costa Pinto), representando grau de proteção aos solos “baixa” (4). Setor mapeado como fragilidade ambiental “forte”.....	137
Foto 30: Afluente do córrego da Reta com ravinamento instalado em área da Usina Costa Pinto.....	138
Foto 31: Vertente de um afluente da média Bacia do Córrego das Ondas. Formas erosivas em áreas destinadas a pastagem.....	139
Foto 32: Vertente convexizada do córrego das Ondas ocupada pelo Bairro Vila Sônia.....	140
Foto 33: Setor de nascentes do córrego Itapocu com presença de matas ciliares, porém envoltas pela monocultura canavieira.....	141
Foto 34: Indústria compondo a recente instalação do Distrito Industrial Noroeste de Piracicaba.....	142
Foto 35: Monocultura canavieira, com grau de proteção aos solos pela cobertura vegetal e uso da terra “muito baixa” (5), sobrepondo solos de grau de fragilidade “muito alta” (5).....	143
Foto 36: Interflúvio entre o córrego das Ondas e o córrego Itapocu. Formas de relevo convexizadas e dissecadas (5) com baixas declividades (1 e 2), solos de alta fragilidade (5) utilizados pelo cultivo de cana-de-açúcar (5).....	144
Foto 37: Nascente do córrego da Reta envolta pela monocultura canavieira.....	145
Foto 38: Vertente convexa com solos Neossolos (5) expostos devido à retirada da cana-de-açúcar.....	146
Foto 39: Área destinada a matas ciliares (área com restrição “total”) do córrego das Ondas ocupadas pela urbanização do bairro Santa Terezinha.....	152
Foto 40: Transgressão legal nas margens do rio Corumbataí (área com restrição “total”) em área de rebordo urbano de Santa Terezinha.....	152
Foto 41: Cabeceira de drenagem do córrego Itapocu (área com restrição “total”). Mata ciliar ainda preservada perdendo espaço para a cana-de-açúcar.....	152
Foto 42: APP do córrego da Reta (área com restrição “total”) tomada pela ocupação canavieira em área da Usina Costa Pinto.....	153

Foto 43: Áreas construídas (ranchos) em área que deveria ser destinada à mata ciliar (área com restrição “total”) do rio Piracicaba.....	154
Foto 44: Setor de mata ciliar (área com restrição “total”) na média bacia do córrego Itapocu e afluente. Matas comprometidas pela cana-de-açúcar, pastagens e proximidade dos bairros Vila Sônia e Parque Piracicaba.....	155
Foto 45: Reservatório em área da Usina Costa Pinto sem qualquer vegetação de entorno (área com restrição “total”).....	156
Foto 46: Residência do Bairro Bela Vista instalado em vertente declivosa que drena para o córrego Itapocu (área com restrição “total”).....	156
Foto 47: Ravinamento em área que deveria ser de preservação permanente (área com restrição “total”) do córrego das Ondas.....	158
Foto 48: Assoreamento no córrego das Ondas, localizado a jusante do ravinamento da foto 47.....	158
Foto 49: Área mapeada como restrição “total” ao uso urbano com base em parâmetros de fragilidade potencial, já ocupada pelo bairro Vila Sônia.....	160
Foto 50: Vertente declivosa ocupada pelo bairro Vila Sônia em área mapeada como restrição “total” com base em parâmetros de fragilidade potencial.....	160
Foto 51: Setor leste da área de estudo com restrição “total” ao uso urbano ocupado predominantemente pela cana-de-açúcar.....	161
Foto 52: Loteamento de expansão do bairro Vila Sônia em área de restrição “muito forte” com base em parâmetros de fragilidade potencial.....	162
Foto 53: Bairro Bela Vista ocupando vertente convexizada com declividades que em muitos setores extrapolam classes intermediárias (área com restrição “muito forte”).....	162
Foto 54: Vertente que drena para o córrego das Ondas mapeada como restrição “forte” ocupada pelo bairro Vila Sônia.....	163
Foto 55: Restrição “forte” com base em parâmetros de fragilidade potencial para área da média bacia do córrego das Ondas, dominada pela monocultura canavieira.....	164
Foto 56: Bairro Santa Terezinha instalado em área mapeada com restrição “média” com base em parâmetros de fragilidade potencial.....	165
Foto 57: Lavoura canavieira nas proximidades da usina Costa Pinto na baixa bacia do córrego da Reta. Área classificada com restrição “média”.....	164
Foto 58: Bairro Parque Piracicaba instalado em área determinada com restrição “fraca” com base em parâmetros de fragilidade potencial.....	166
Foto 59: Monocultura canavieira dominando o cenário mapeado com restrição “fraca” no sudoeste da área de estudo.....	167

SUMÁRIO.

	Página
1.INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Contextualizando a pesquisa: considerações iniciais sobre a proposição metodológica e apresentação da área de estudo.....	14
1.2 Da justificativa e dos objetivos da pesquisa.....	17
2. OS PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	20
2.1. A Teoria Geral dos Sistemas: o arcabouço teórico das abordagens geográficas integradas.....	20
2.2. As Unidades Ecodinâmicas, Morfodinâmicas e a EcoGeografia.....	24
2.3. A proposta metodológica de Ross: análise geográfica integrada aplicada ao planejamento e gestão do território.....	28
2.4. A concepção sistêmica da relação homem-natureza: o método da pesquisa.....	35
2.5 Etapas da pesquisa e a forma de análise dos resultados.....	40
3. AS TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS.....	47
3.1. A Base Cartográfica.....	47
3.2. A Carta de Declividade ou Clinográfica.....	48
3.3. Os dados Geológicos e Pedológicos.....	50
3.4. A Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra.....	52
3.5. A Carta Geomorfológica.....	54
3.6. A Carta de Fragilidade Ambiental.....	60
3.7. A Carta de Derivações Ambientais e Transgressões legais.....	68
3.8. A Carta de Restrições ao Uso urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial.....	72
4. A CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	75
5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO SETOR NOROESTE DO SÍTIO URBANO DE PIRACICABA – UMA ABORDAGEM GEOGRÁFICA.....	93
5.1 Análise dos Produtos Cartográficos Intermediários do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba: ênfase aos aspectos geomorfológicos.....	94
5.2 Análise Empírica da Fragilidade Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba.....	129
5.3 Análise das Transgressões Legais, Derivações Ambientais e das Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial.....	148
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	169
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	173

1. INTRODUÇÃO.

Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece (TRICART 1977, p. 35).

1.1 Contextualizando a pesquisa: considerações iniciais sobre a proposição metodológica e apresentação da área de estudo.

A Geografia contempla, com princípios metodológicos distintos, a relação estabelecida entre o homem, como sociedade organizada, e o espaço natural, ou sistema natural, que se materializa em diversas formas e dinâmicas, ou padrões de organizações espaciais. Tal relação, desde os primórdios da espécie humana e de sua configuração como sociedade, tem relevância, sobretudo, na forma de sua intervenção, apropriação e exploração dos recursos da natureza. Nesses termos, o progresso da cientificidade humana, constituindo sociedades urbano-industriais, propiciou um elevado grau de intervenção no sistema natural. Ab`Sáber (1994, p. 32), quanto à interferência antrópica e seu grau de evolução tecnológica, argumenta que:

Em algum tempo, em cada região do mundo, existia uma particular organização natural dos espaços físicos e ecológicos. Os grupos humanos, dotados de tecnologias brandas, adaptadas às condições e ritmos da natureza, eram muito pouco agressivos e abrangentes em face dos diferentes atributos da territorialidade regional. Por oposição, as comunidades humanas participantes do mundo urbano-industrial e de espaços rurais em que agroecossistemas substituíram ecossistemas naturais agrediram a natureza em grandes extensões do território.

Estes pressupostos, os quais a Geografia se atém, também é referenciado por este trabalho, ao pretender analisar de que forma a sociedade vem intervindo no sistema natural, quais as conseqüências dessa intervenção e a melhor forma de intervir, sobretudo no que concerne à ocupação urbana na superfície terrestre. Os meios para atingir tais pretensões apoiaram-se no conhecimento científico geográfico, com especial atenção a sua relação com a Geomorfologia, que estuda as formas de relevo e os processos atuais e pretéritos inerentes a sua elaboração.

Assim, o relevo é um componente da natureza, produto de fluxos internos e externos de energia, resultando em formas que oferecem sustentáculo para arranjos espaciais de produção humana (ROSS, 2006). Christofolletti (1995) argumenta que o modelado terrestre surge como elemento do sistema ambiental físico e condicionante para as atividades humanas e organizações espaciais. Logo, a Geomorfologia também tem fundamental importância na

compreensão da relação sociedade-natureza, visto que, no relevo, parte integrante do sistema natural, as sociedades organizam e produzem seus espaços. Ross (2006, p.9), argumenta que:

A Geomorfologia é a disciplina das ciências da Terra mais diretamente utilizada e proporciona suporte absoluto as atividades humanas. Nesse sentido, destaca-se que o relevo da superfície terrestre é o “piso”, o “chão”, onde a humanidade constrói e desenvolve suas atividades, produz, organiza e reorganiza seus espaços territoriais. A Geomorfologia ajuda a explicar como os espaços territoriais terrestres se organizam por meio das ações humanas.

Dessa forma, Ross (1994) compreende que os estudos integrados de um determinado território devem conter o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as interferências antrópicas. O pesquisador propõe uma metodologia para a análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados (ROSS, 1990, 1994 e 2001), aplicada ao planejamento territorial ambiental, tendo como arcabouço conceitual os ambientes ecodinâmicos ou morfodinâmicos, propostos por Tricart (1977).

A proposta de Ross (1990, 1994, 2001) exige estudos do relevo, da geologia, do solo, do uso da terra e do clima, os quais, somados às investidas ao campo e serviços de gabinete, geram produtos cartográficos, denominados por intermediários, de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra. A síntese dessas informações é configurada em um produto cartográfico de síntese, nomeado em uma primeira oportunidade por Carta de Unidades de Fragilidades Potenciais e Emergentes (ROSS, 1990, 1994 e 2001).

Considerando a contribuição para o planejamento territorial e ambiental da proposição metodológica de Ross (1990, 1994 2001), este trabalho procurou implementá-la, conforme adaptações necessárias e peculiares à área de estudo, em um setor de expansão urbana, mais especificamente no setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP) (figura 1).

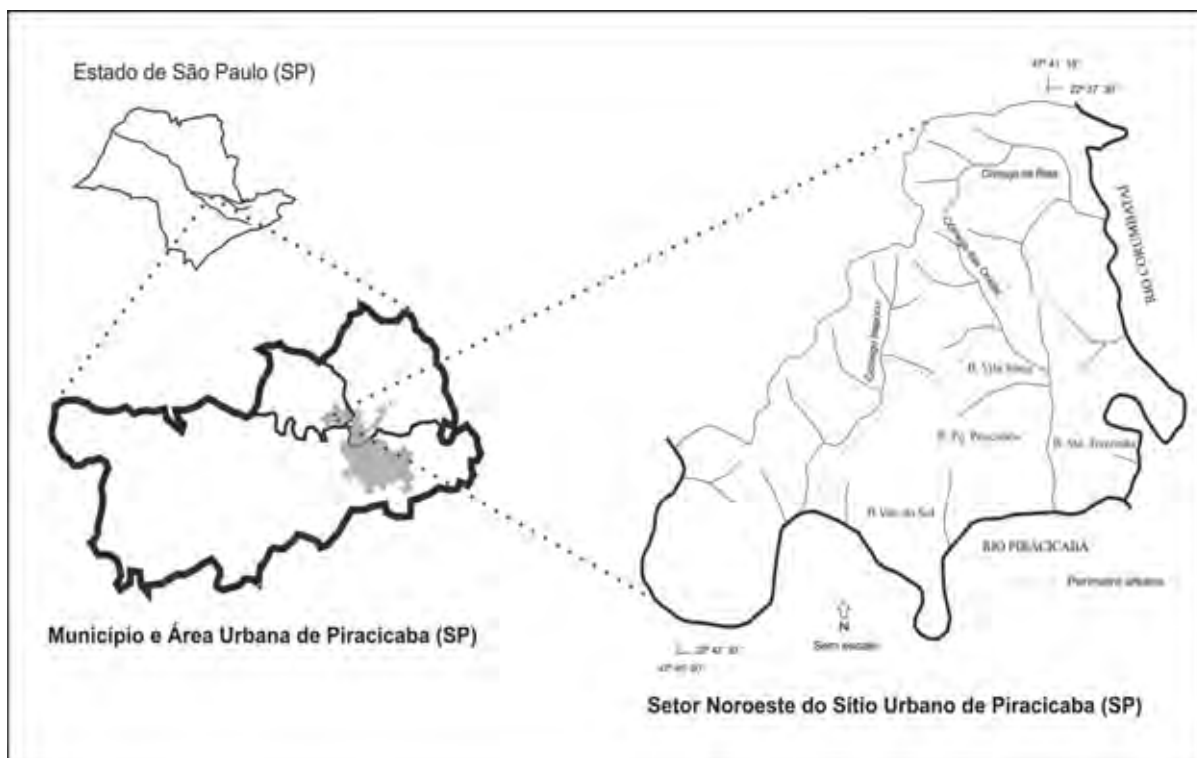


Figura 1: Localização da Área de Estudo.
 Fonte: PÓLIS, 2003.
 Organização: Silveira (2007).

Tal setor de expansão urbana, estabelecido entre as latitudes $22^{\circ}37'30''$ e $22^{\circ}42'30''$ S, e as longitudes $47^{\circ}41'15''$ e $47^{\circ}45'00''$ W, é delimitado pela confluência dos rios Piracicaba e Corumbataí, a partir de suas margens direitas, abrangendo as bacias dos córregos das Ondas e Itapocu, ambos afluentes do rio Piracicaba, dois setores de interflúvios, com vertentes convexas drenadas por pequenos afluentes do rio Piracicaba, bem como a bacia do córrego da Reta e de algumas drenagens que se constituem como afluentes da margem direita do rio Corumbataí. Nestes setores, estão instalados os bairros Santa Terezinha, Vila Sônia, Parque Piracicaba (Balbo) e Vale do Sol, compondo o setor noroeste de expansão do sítio urbano de Piracicaba.

1.2 Da justificativa e dos objetivos da pesquisa.

Conhecida também como ‘Noiva da Colina’, Piracicaba está estabelecida, do ponto de vista geomorfológico, na Depressão Periférica Paulista, Zona do Médio Tietê, instalada a 90 km a montante do deságüe do rio Piracicaba no rio Tietê, distante a aproximados 170 km da capital paulista. Teve sua expansão urbana a partir das margens do rio Piracicaba, o qual é motivo de orgulho e identificação de seus cidadãos.

A monocultura canaveira domina as condições produtivas da cidade a qual se tornou, nas últimas décadas, referência no setor sucroalcooleiro e metal mecânico, com a presença de importantes usinas de álcool e açúcar, metalúrgicas, siderúrgicas, como também a Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’(USP), importante centro de pesquisa nacional para a agricultura.

O elevado desenvolvimento desses setores permitiu que a cidade atingisse representatividade econômica no cenário estadual e nacional, quando recentes informes do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio classificaram-na em 5º e 9º lugares, respectivamente, em exportação no ano de 2006 (BARCELLA, 2006). Além disso, tem servido municípios vizinhos no setor de comércio e serviços, tomando proporções regionais.

Via de fato, o fenômeno do crescimento de cidades médias brasileiras atingiu também a cidade de Piracicaba, cuja pujança econômica acarretou conseqüências relacionadas à expansão de seu sítio urbano, com crescimento demográfico acentuado, especialmente a partir da década de 1970, quando no período de trinta anos o município dobrou sua população (tabela 1).

Ano	1970	1980	1991	1996	2000	2010*
População	152.505	214.295	283.634	308.147	329.158	382.777
Total						

Tabela 1: Evolução da População Total do Município de Piracicaba (SP). Fonte: PÓLIS, 2003. Estimativa. Fonte: Fundação SEADE
Organização: Silveira (2007).

O diagnóstico da revisão do Plano Diretor de 1991 aponta que, a partir da década de 1960, a cidade passou a se expandir de uma forma fragmentada, com a implementação de loteamentos públicos e privados distantes do eixo central. Tal fato promoveu uma ocupação descontínua da malha urbana, expandindo o perímetro urbano e surgindo os chamados vazios urbanos (PIRACICABA, 1991).

Dessa forma, eixos de expansão da malha urbana foram detectados, sendo que o Plano Diretor de 1991 já acusava o setor noroeste e sudeste como vetores de expansão, ocorrendo o mesmo em seu Diagnóstico de Revisão em 2003 (PIRACICABA, 1991 e PÓLIS, 2003). De acordo com o Censo de 2000, no setor noroeste, residem 37.873 habitantes, com índice de crescimento populacional registrado no período de 1991 a 2000, de 35% a 37,83% (PÓLIS, 2003).

Tais índices justificam, portanto, a presente pesquisa, haja vista o crescimento desordenado e, por muitas vezes irregular perante a legislação ambiental de eixos expansivos da cidade de Piracicaba, mais especificamente o setor noroeste, que necessita de estudos mais detalhados que dêem subsídio ao planejamento deste território.

Nestes termos, a pesquisa tem como objetivo principal fornecer um diagnóstico ambiental detalhado, de abordagem geográfica integrada, que venha a subsidiar ações de planejamento territorial do eixo de expansão urbana noroeste de Piracicaba, a partir da análise da fragilidade ambiental, embasado no conceito de ambientes ecodinâmicos ou morfodinâmicos de Tricart (1977), adaptados por Ross (1990, 1994 e 2001); assim como avaliar as condições de impactos ambientais derivados do uso e ocupação antrópica e das transgressões à legislação ambiental, apoiado na proposta de Moroz, Canil e Ross (1994).

Para atender tais objetivos, têm-se como objetivos específicos a análise das informações obtidas com os documentos cartográficos elaborados, categorizados como:

- Produtos Cartográficos Intermediários: Carta de Declividade ou Clinográfica (De Biasi, 1970 e 1992), Dados Geológicos, Dados Pedológicos, Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra e Carta Geomorfológica (Ross 1990,1992 e 2001);
- Produtos Cartográficos de Síntese: Carta de Fragilidade Ambiental (Ross 1990, 1994 e 2001) e Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (Moroz, Canil e Ross, 1994);
- Produto Cartográfico Final: Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial.

Diante dos produtos cartográficos elaborados, sob escopo da Teoria Geral dos Sistemas, direcionando-a a uma abordagem geográfico-geomorfológica, pretendeu-se, portanto, apontar as condições impactantes impostas as formas de relevo, suas suscetibilidades aos processos morfodinâmicos, as transgressões relativas à legislação ambiental, bem como contribuir com a identificação de áreas com diferentes níveis de restrições para futuras ocupações urbanas, além do apontamento de áreas já ocupadas irregularmente.

Para isso, a presente pesquisa, organizada na forma de dissertação referente ao mestrado acadêmico, inicia-se com os Pressupostos Teórico-Methodológicos (2), contemplando a revisão bibliográfica a respeito de as abordagens geográficas integradas sob influência do pensamento sistêmico, o qual também é referenciado como o método da pesquisa. Na seqüência, apresentam-se as Técnicas Cartográficas (3), utilizadas na elaboração dos produtos cartográficos intermediários, de síntese e final. Em seguida, registra-se a Caracterização da Área de Estudo (4), atrelada, sobretudo, às condições do meio físico. Segue a organização textual com a Análise dos Resultados (5), com o diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba, por meio da análise das informações contidas nos documentos cartográficos produzidos. Por fim, conclui-se a dissertação com as Considerações Finais (6) e as Referências Bibliográficas (7).

2. OS PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DA PESQUISA.

[...] o ser humano faz parte de um sistema social, no seio de um ecossistema natural, que está no seio de um sistema solar, que está no seio de um sistema galáctico [...] (MORIN 1977, p.128).

A Teoria Geral dos Sistemas vem sendo o arcabouço teórico das abordagens geográficas integradas, estando entre várias destas as proposições de Tricart (1977 e 1992) quanto à ecodinâmica e a ecogeografia. Tais proposições de cunho sistêmico, de difusão acentuada no Brasil, foram de influência marcante para adaptações promovidas por Ross (1990, 1994 e 2001), quanto ao estabelecimento de critérios de definição para as unidades ecodinâmicas estáveis e unidades ecodinâmicas instáveis.

Na continuidade do texto, conforme revisão da bibliografia geográfica e geomorfológica relativa ao arcabouço teórico-metodológico desta pesquisa, discute-se a influência exercida pela Teoria Geral dos Sistemas nas abordagens geográficas integradas (2.1), os conceitos de ecodinâmica e ecogeografia de Tricart (2.2), bem como a proposta metodológica de Ross (2.3). Na seqüência, registram-se algumas considerações a respeito da concepção sistêmica nesta pesquisa (2.4), atribuindo-a como seu método, seguida pela apresentação das etapas de pesquisa e a forma de análise dos resultados (2.5).

2.1. A Teoria Geral dos Sistemas: o arcabouço teórico das abordagens geográficas integradas.

A Teoria Geral dos Sistemas, atribuída aos trabalhos iniciais na biologia de R. Defay e Ludwing von Bertalanffy, vem contribuindo, sobretudo a partir do término da Segunda Guerra Mundial, para a sistematização do conhecimento geográfico, especialmente o da Geografia Física, bem como o da Geomorfologia (GREGORY, 1992).

De acordo com Gregory (1992), a forma sistêmica de pensamento foi adotada respectivamente pela Biogeografia, Geografia dos Solos, Climatologia e Geomorfologia, estendendo esse processo de adoção de 1935 a 1971, com o marco da publicação *Physical geography: A systems approach*, de Chorley e Kennedy (1971). No entanto, define como relevante a incorporação das idéias sistêmicas pelos geógrafos nos anos de 1965 a 1975, sendo que o conceito de *ecossistema* da ecologia botânica, que veio também a influenciar a Geografia, já advinha de 1935, quando proposto por Tansley (GREGORY, 1992).

Perez Filho e Vicente (2003), ao analisarem a aplicação da abordagem sistêmica na Geografia, apontaram algumas de suas contribuições voltadas aos estudos de ordem

ambiental, destacando a constituição de um método unificador para a Geografia; a apreensão das estruturas da superfície terrestre de forma integrada; o aprimoramento de uma proposta de trabalho multidisciplinar; o desenvolvimento de técnicas e métodos estatísticos e cartográficos voltados à análise espacial; e o aprimoramento dos conceitos de gestão e planejamento territoriais sob uma perspectiva ambiental.

Rodrigues (2001) registra que a partir da incorporação da Teoria Geral dos Sistemas à Geografia Física, em especial, surgiram diversas propostas de modelos conceituais, morfológicos, de classificação de sistemas, incluindo-se os sistemas naturais abertos. Entre tais propostas, cita especificamente as classificações propostas por Sotchava (1977/78) e Bertrand (1972), a abordagem Ecodinâmica de Tricart (1977), incluindo as proposições de Hach (1960) na Geomorfologia, quando aprofunda a idéia de equilíbrio na natureza e do ajuste recíproco entre sistemas, subsistemas e suas variáveis (RODRIGUES, 2001).

Ross (2001), ao tratar a evolução do pensamento naturalista analítico-descritivo às classificações sistematizadas da abordagem geográfica integrada, argumenta que as décadas de 1960 e 1970 são o tempo da produção e reprodução dos conhecimentos em torno das abordagens integradas das paisagens. Através dos soviéticos, estudiosos sobre a temática paisagística nos moldes da escola naturalista alemã, destacando Isachenko, Sukachec, Grigoriev e Sotchava, a utilização da abordagem sistêmica para definição de *paisagens naturais*, denominadas posteriormente por *sistemas naturais*, baseados fundamentalmente nos conceitos de estrutura e funcionamento, o qual derivou na proposição de Sotchava (1963) quanto ao *geossistema* (ROSS, 2001).

No que concerne ao geossistema, Christofolletti (1999) salienta que tal proposição, advinda dos soviéticos na figura de Sotchava (1976) e introduzida na França por Bertrand (1968), enquadra-se no contexto das abordagens holísticas para o estudo dos sistemas ambientais, sendo esta explícita nas proposições relacionadas com a ecodinâmica de Tricart (1977) e a ecogeografia de Tricart e Killian (1979) e Tricart e Kiewiedejong (1992). Em análise da revisão histórica do pensamento geográfico, elaborada por Rougerie e Beroutchvili (1991), Christofolletti (1999) relata que tal estudo:

[...] recompõe o envolvimento das conotações ligadas com o estudo das paisagens, considerando as perspectivas desenvolvidas na União Soviética, Alemanha, Polônia, França e outros países, cujas nuances designativas são expressas pelos termos de Geografia das Paisagens, Ecologia das Paisagens, Ciência das Paisagens, Síntese das Paisagens, Geofísica das Paisagens, Geoquímica das Paisagens, Etologia das Paisagens, Geosinergética, Geoecologia, Geossistema, Ecogeografia, etc. Todavia, desde 1938 quando Carl Troll criou o termo *Landschaftsökologie*, tanto na antiga Alemanha Oriental como em outros países o contexto inerente às diversas denominações engloba uma visão renovada e moderna da Geografia Física, no tocante ao estudo de objeto expressando unidade complexa e interativa. Em todas essas nuances verifica-se a proposição de abordagem holística, tendo como subjacente os fundamentos ligados com a teoria dos sistemas (CHRISTOFOLETTI 1999, p.46).

Eis o surgimento de um paradigma sistêmico na Geografia, sobretudo na Geografia Física, que Perez Filho e Vicente (2003) o atribuem à necessidade de reflexão analítica do complexo ambiental, por meio da evolução e interação de seus componentes sócio-econômicos e naturais no conjunto de sua organização espaço-temporal, sendo neste contexto o surgimento das propostas sistêmicas e sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo, e do entendimento do todo (sistema) e de sua complexidade. Dessa forma, Oliveira (2003) argumenta, quanto ao estudo de metodologias aplicadas ao zoneamento ambiental, que a abordagem sistêmica vem se constituindo como arcabouço teórico-metodológico, considerando o meio natural como um sistema, analisado em sua estrutura e dinâmica, tendo o homem como agente ativo nas relações intrínsecas do meio ambiente.

Dessa maneira, as abordagens geográficas integradas, de embasamento sistêmico, desenvolvidas no leste europeu, difundidas e aperfeiçoadas pelos franceses, chegaram ao Brasil, sobretudo, por meio dos trabalhos de Sotchava (1977 e 1978) e de Bertrand (1972), com o conceito de geossistema. Ross (2001) infere que o suporte teórico sobre o geossistema, tanto para russo-soviéticos, como para franceses, reside na idéia de *paisagem ecológica*, introduzida por Carl Troll, a partir do final da década de 1930 e na ampliação do conceito de ecossistema de Tansley (1935), mas que se desenvolveram nas décadas de 1940 e 1950 e alavancaram na Geografia Física russa e germânica nas décadas seguintes. Assim, para o francês Bertrand (1972), o geossistema resultaria da combinação de um potencial ecológico (integrado pelo relevo, clima e hidrologia), uma exploração biológica (representada pela vegetação, solo e fauna) e a ação antrópica.

Nestes termos, a concepção geográfica integrada de abordagem sistêmica passa considerar os efeitos e interferências promovidas pela sociedade sobre a natureza. Casetti (1991), apresentando um gráfico didático elaborado por Drew (1986) (figura 2), exemplifica a

reação de um sistema ambiental, considerando-se as implicações de natureza antrópica no geossistema.

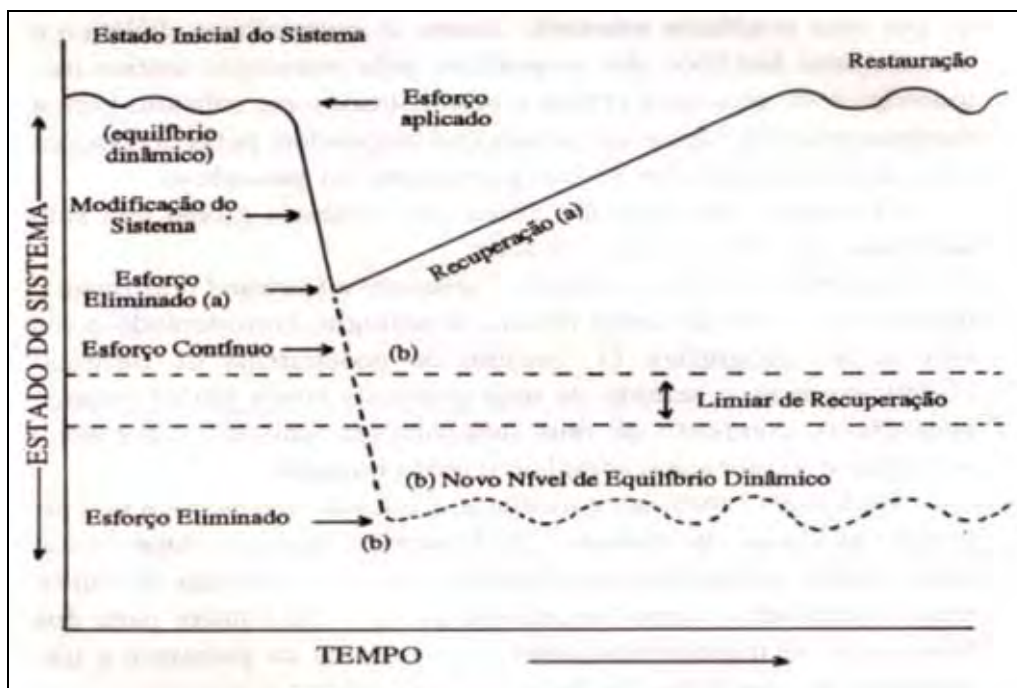


Figura 2: Reação de um sistema ambiental a partir da interferência antrópica (DREW, 1986).
Fonte: CASSETI, 1991.

Casetti (1991, p. 49), ao interpretar o gráfico de Drew (1986), com base em um *input* de origem antrópica, argumenta que:

[...] toda modificação do sistema processa uma alteração do estado inicial (bioestasia), o que pode ser interrompido ou eliminado (a), proporcionando a recuperação do próprio sistema (retorno à bioestasia). Caso contrário, a continuidade do esforço (b) pode implicar a ultrapassagem do limiar de recuperação, o que responderá por uma nova situação do equilíbrio dinâmico, com características totalmente diferentes do estado inicial (resistasia). Observa-se que enquanto a emissão de esforços e conseqüente alteração do estado do sistema (de bioestasia para resistasia) acontece em curto espaço de tempo, o processo de recuperação é bastante demorado até atingir a restauração.

Outra concepção geográfica integrada de cunho sistêmico, bastante difundida no Brasil, que se utiliza das classificações de Ehart (bioestasia/resistasia), corresponde a ecodinâmica de Tricart (1977), a qual fundamentou os trabalhos de Ross (1990, 1994, 1995, 2001 e 2006), que se constituem na base metodológica desta pesquisa.

De acordo com Rodrigues (2001), a metodologia mais utilizada para trabalhar ou identificar unidades de planejamento físico-territorial nas experiências brasileiras, tem sido a abordagem morfodinâmica de Tricart (1977), “prima irmã” dos geossistemas. Christofolletti (1999) registra que a perspectiva da análise integrada do sistema natural tornou-se lema

marcante na obra de Jean Tricart, surgindo de modo explícito ao considerar a Terra como planeta vivo e a ordenação do meio natural. Ainda argumenta que:

Essa proposição torna-se mais sistematizada com o delineamento da *Ecodinâmica* (TRICART, 1976; 1977) e a focalização da análise sistêmica do meio natural (TRICART, 1979). Em seu desenvolvimento conceitual e analítico, propõe de maneira específica o campo da *Ecogeografia* e as suas aplicações para a ordenação do meio natural (TRICART e KILLIAN, 1979; TRICART e KIEWIEdeJONGE, 1992) (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.40).

Em palavras iniciais de sua obra *Ecodinâmica*, Tricart (1977), quanto à concepção sistêmica e sua eficácia nos estudos ambientais, registra que:

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade de análise - que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação - e a necessidade contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. Ainda mais, o conceito de sistema é, por natureza, de caráter dinâmico e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação - o que não é o caso de um inventário, por natureza estático (TRICART, 1977, p.19).

Considerando a influência sistêmica nas obras de Tricart, do ponto de vista analítico, de uma visão de conjunto (todo) e de caráter dinâmico do meio ambiente, na seqüência são tratados com maior especificidade os conceitos propostos pelo autor.

2.2. As Unidades Ecodinâmicas ou Morfodinâmicas e a EcoGeografia.

No final da década de 1970 e, mais especificamente, no Brasil, em 1977, foi publicada pelo IBGE a já citada obra do renomado geomorfólogo Jean Tricart, denominada por *Ecodinâmica*, que teve a proposta, no contexto da abordagem geográfica integrada, de analisar a natureza, mais especificamente o ecossistema, sob as interferências da sociedade.

O autor argumenta que a gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema, determinando a taxa aceitável de extração de recursos, sem degradação do ecossistema, ou determinar quais medidas devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada sem degradação. Para isso, exige-se um elevado conhecimento do funcionamento do ecossistema, ou seja, dos fluxos de energia e matéria que o caracterizam (TRICART, 1977). Ainda acrescenta que:

A ação humana é exercida em uma natureza mutante, que evolui segundo leis próprias, das quais percebemos, de mais a mais, a complexidade. Não podemos nos limitar à descrição fisiográfica, do mesmo modo que o médico não pode se contentar com a anatomia.

Dessa forma, para Tricart (1977), o conceito de unidade ecodinâmica é integrado no conceito de ecossistema, enfocando as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de matéria e energia no meio ambiente. Tal unidade caracteriza-se por

certa dinâmica do meio ambiente que tem relações mais ou menos imperativas sobre as biocenoses (conjunto de seres vivos de um ecossistema), sendo a morfodinâmica (que depende do clima, da topografia e do material rochoso) o elemento determinante (TRICART, 1977). Infere Tricart (1977, p.29) que:

Do ponto de vista ecológico a morfodinâmica é uma limitação. Onde se processa intensa - por exemplo, num campo de dunas ou em área de intenso ravinamento - a vegetação é pobre e muito aberta, com biomassa reduzida e pouca variedade específica. Existe, portanto, uma antinomia entre a morfodinâmica e o desenvolvimento da vida. Um dos objetivos da administração e ordenamento do meio ambiente é, necessariamente, diminuir a instabilidade morfodinâmica.

Sob determinados argumentos, considerando uma metodologia baseada no estudo da dinâmica dos ecótopos, ou seja, do meio ambiente de um ecossistema, Tricart (1977) sentiu a necessidade de estabelecer uma taxonomia dos tipos de meios ambientes, fundada no seu grau de estabilidade e instabilidade morfodinâmica, respondendo às exigências de uma conservação/restauração dinâmica dos recursos ecológicos (TRICART, 1977).

Assim, Tricart (1977) classificou as unidades ecodinâmicas ou unidades morfodinâmicas em três categorias, as quais estão sinteticamente transcritas a seguir:

Os meios estáveis:

Tricart (1977) aplica a noção de estabilidade ao modelado, na interface litosfera – atmosfera, sendo bastante difícil a percepção de sua evolução, já que os processos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento. Sugere o autor que:

A característica essencial desse tipo de meio é, com a lenta evolução, a constância dessa evolução, resultante da permanência no tempo de combinações de fatores. O sistema morfogenético não comporta paroxismos violentos que se traduzam por manifestações catastróficas. As condições se aproximam daquelas que os fitoecologistas designam pelo termo *clímax* (TRICART, 1977, p.36).

Segundo o autor, os meios morfodinâmicos estáveis ocorrem em determinadas áreas com as seguintes características:

- cobertura vegetal suficientemente fechada para opor freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese;
- dissecação moderada do relevo, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamento dos rios e vertentes de lenta evolução;
- ausências de manifestações vulcânicas suscetíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos.

Os meios intergrades:

Retirado do vocábulo geológico, intergrade é correspondente à transição. Estes meios referenciam a passagem gradual dos meios estáveis e meios instáveis. É característica destes meios “a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço” (TRICART, 1977, p.47).

Os meios instáveis.

Corresponde a áreas nas quais a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural e fator determinante do sistema natural, a qual os outros elementos estão subordinados. Tal situação pode ter diferentes origens, bem como estão suscetíveis de se combinarem entre si (TRICART, 1977).

O autor exemplifica algumas dessas origens, como: a geodinâmica interna que intervém em numerosos casos, como o vulcanismo, cujos efeitos são mais imediatos do que os das deformações tectônicas; a cobertura vegetal, que sofre maior influência em área onde apresentam condições climáticas instáveis, como, por exemplo, em regiões áridas e semi-áridas; e as intervenções humanas que promovem a ativação morfodinâmica no sistema natural (TRICART, 1977).

Segundo Perez Filho e Vicente (2003), sob perspectiva da relação morfogênese/pedogênese, Tricart (1977) relacionou os meios estáveis a bioestasia, e os meios instáveis a resistasia, sendo os meios intergrades o diferencial, pois busca uma maior aproximação da dinâmica natural, refinando a compartimentação entre dois estádios limite, inserindo uma tentativa de apreensão do processo contínuo de transformação do meio.

Para Ross (2001), ao estabelecer a classificação por meios morfodinâmicos, Tricart (1977) valorizou os processos geomorfológicos atuais, com uma preocupação eminentemente conservacionista dos denominados recursos ecológicos. Lembra, ainda, que no início da década de 1990, Tricart, juntamente com Kiewietdejonge, ampliam o conceito de ecodinâmica, com a publicação da obra *Ecogeography and Rural Managment* (1992), demonstrando maior entendimento da relação sociedade – natureza, desenvolvendo o conceito de *ecogeografia*. Fazendo menção à lógica de pensamento na obra de Tricart e Kiewietdejonge (1992), Ross (2001, p.82) argumenta que:

[...] torna-se evidente que do ponto de vista da utilização racional dos recursos ecológicos, interessa antes de tudo entender na sua totalidade as interações e relações dos fluxos de energia e matéria entre os diversos componentes da natureza, incluindo aí as intervenções das sociedades humanas, na perspectiva de que os seres humanos também fazem parte dos ecossistemas. Nesse sentido, parece-nos que é fundamental o entendimento da dinâmica presente e passada, de cada um dos ambientes identificados na superfície terrestre, partindo daquilo que é mais facilmente perceptível, que são suas formas e fisionomias, entendendo-se a seguir suas estruturas (estático) e suas funcionalidades (dinâmica) e por último suas suscetibilidades frente as atuais e futuras intervenções humana.

Com relação a comparações relativas às primeiras proposições de classificação de unidades ecodinâmicas de Tricart (1977) com a concepção de ecogeografia, observou-se uma evolução quanto à concepção da globalidade do entendimento da relação sociedade-natureza, no entanto, manteve-se o mesmo procedimento metodológico ao estabelecer a classificação dos ambientes estáveis e instáveis, excluindo apenas a unidade intergrade, dada dificuldade de estabelecê-la (ROSS, 2001).

Dessa forma, Ross, inspirado nos ambientes ecodinâmicos ou morfodinâmicos de Tricart, criou uma metodologia de análise da fragilidade dos ambientes naturais aplicada ao planejamento territorial ambiental, inicialmente, com a publicação da obra *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento* (1990); posteriormente, com diversos outros trabalhos no arcabouço da abordagem geográfica integrada.

Utilizando-se, portanto, dos conceitos de Tricart, o autor propôs novos critérios de definição para as unidades ecodinâmicas estáveis e unidades ecodinâmicas instáveis, com os quais esta pesquisa veio a trabalhar.

2.3. A proposta metodológica de Ross: análise geográfica integrada aplicada ao planejamento e gestão do território.

Sob influência de Tricart (1977 e 1992), com referência às análises morfodinâmicas ou ecodinâmicas, Ross (1990, 1994 e 2001) passou a desenvolver trabalhos que resultaram em proposições para análises geográficas integradas aplicadas ao planejamento territorial com vista à gestão ou gerenciamento ambiental. Quanto à visão ecodinâmica, Ross (1994, p.65) infere que:

Dentro dessa concepção ecológica o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria Geral dos Sistemas que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é freqüentemente alterado pelas intervenções do homem nos diversos componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até permanentes.

Compreende o autor que os estudos integrados de um determinado território devem conter o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as interferências antrópicas. Conforme já mencionado, o autor propõe uma metodologia de análise para a fragilidade dos ambientes naturais (ROSS, 1990, 1994 e 2001) aplicado ao planejamento territorial ambiental.

Dessa forma, Ross (1990, 1994 e 2001) utilizando os conceitos de ambientes estáveis, que apresentam equilíbrio dinâmico e de ambientes instáveis, quando em desequilíbrio, propôs novos critérios de definição para as unidades ecodinâmicas estáveis e unidades ecodinâmicas instáveis. As primeiras são aquelas cuja intervenção antrópica alterou significativamente o ambiente, ao passo que as segundas foram poupadas de tal intervenção, encontrando-se em estágio natural.

Com o objetivo de estes conceitos subsidiarem o planejamento ambiental, na mesma oportunidade, Ross (1990, 1994 e 2001) os ampliou hierarquizando as unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente em diversas categorias, desde instabilidade “muito fraca” a “muito forte”. O mesmo critério foi aplicado às unidades ecodinâmicas estáveis ou de instabilidade potencial, classificando-as de “muito fraca” a “muito forte”, de acordo com suas características naturais ou da possível ocupação antrópica (ROSS, 1994).

Com constante aprimoramento desta metodologia proposta e adaptações a cada área de estudo e suas diferentes escalas, com publicações a partir de 1990, diversos trabalhos elaborados e citados por Ross (1990, 1994 e 2001) podem ser registrados, como: na região da grande São Paulo, no programa de controle de prevenções a inundações das bacias dos rios Cabaçu de Cima (1985) e do ribeirão Carapicuíba (1986), na escala 1:25.000; nos vales dos

rios Xingu (Pará), Ji-Paraná (Rondônia), Iguaçu (Paraná), Uruguai (Rio Grande do Sul), voltados para aproveitamento hidrelétrico, na escala 1: 250.000, sendo apenas um estudo de maior detalhe no alto Uruguai, na escala 1:10.000; entre outros.

No ano de 1994, o autor publica um artigo de grande interesse para esta pesquisa, intitulado como *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados*. Como pressuposto teórico da relação sociedade-natureza, Ross (1990, 1994 2001) apóia-se no conceito de “Estrato Geográfico” de Grigoriev (1968), que compreende uma estreita faixa entre a parte superior da litosfera e a baixa atmosfera, correspondendo ao ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e social, bem como os demais elementos bióticos da natureza. Argumenta que:

A estrutura físico-biótica do estrato geográfico se consubstancia nas diversas “camadas” ou componentes da natureza tais como a baixa atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera. Estas componentes se articulam de forma tal, que definem mecanismos extremamente complexos de funcionamento e de interdependência. Além do ambiente natural, o meio antrópico é parte fundamental no entendimento do processo, sendo para isso imprescindível a análise das relações sócio-econômicas entre os homens e destes com a natureza. Assim sendo, os estudos ambientais integrados e espacializados no tempo e no território devem contemplar a pesquisa, tanto em nível das disciplinas que representam o todo ou parte das componentes do “estrato geográfico”, como a inter-relação entre elas (ROSS, 1994, p.65).

Nestes termos, os diferentes ambientes naturais encontrados na superfície da terra, decorrentes das relações de troca de energia e matéria entre as componentes, denominam-se, na concepção da Teoria dos Sistemas, como os ecossistemas (ROSS, 1994). Os fluxos de energia e matéria entre as componentes da natureza e da sociedade foram sintetizadas por Ross (1994) na figura 3.

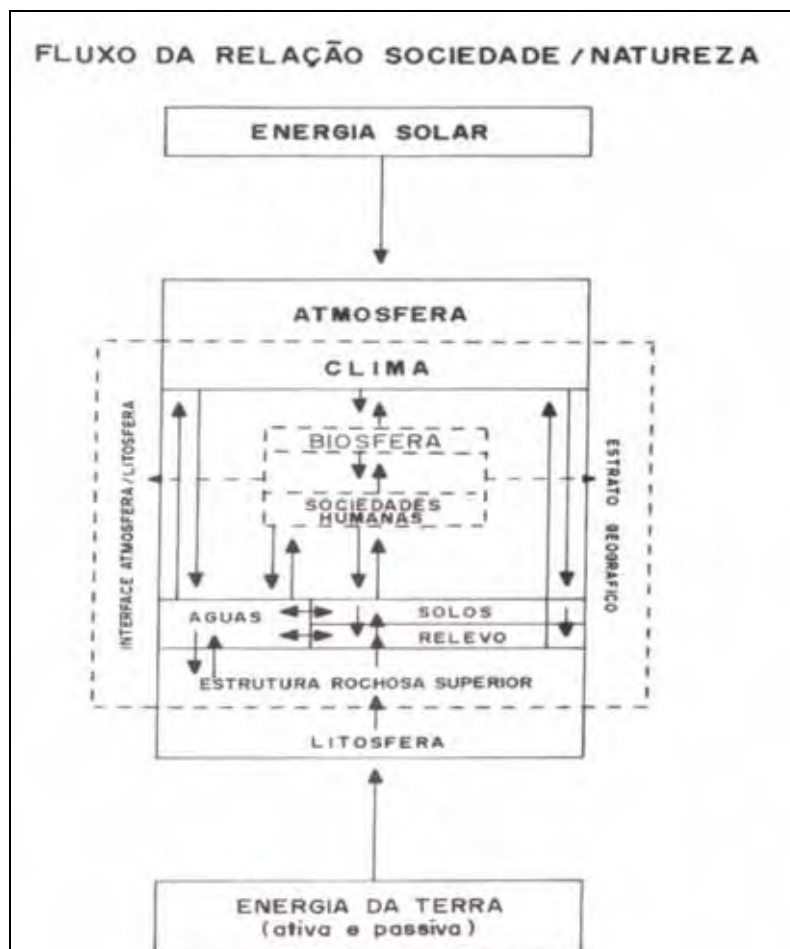


Figura 3: Fluxos de energia e matéria entre as componentes da natureza e da sociedade.
 Fonte: ROSS (1994).

Assim, a análise da fragilidade proposta por Ross (1990, 1994 e 2001) vem a exigir levantamentos de campo, serviços de gabinete, a partir dos quais, em um primeiro momento, geram-se produtos cartográficos temáticos, denominados por produtos cartográficos intermediários, referentes à Geomorfologia, Geologia, Pedologia, Climatologia e Uso da Terra/Vegetação. Em uma fase posterior, tais informações são sintetizadas em um produto cartográfico de síntese, denominado por Carta de Unidades de Fragilidades Potenciais e Emergentes (ROSS, 1995).

Convêm mencionar que além da bibliografia já citada, referente à proposta metodológica do pesquisador, outras derivadas de sua aplicação, sob sua orientação ou não, foram consultadas, tais como, os trabalhos de: Gouveia (2000), Fujimoto (2001), Nogueira (2001), Furrier (2002), Oliveira (2003) e Villela (2005). Dessa forma, a seguir estão descritos os critérios operacionais sugeridos por Ross (1990, 1994 e 2001), já aplicados em diversos trabalhos, para a análise empírica da fragilidade, sobretudo aqueles referentes aos produtos

cartográficos intermediários; documentos de base para a hierarquização das fragilidades potenciais e emergentes.

Quanto às informações morfométricas relacionadas à declividade, o autor faz referência à utilização dos 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. As classes de declividade associadas aos níveis de fragilidade propostos pelo autor estão sintetizadas na tabela 2.

CLASSES DE DECLIVIDADE (%)	CATEGORIAS HIERÁRQUICAS
1 - < 3	Muito fraca
2 - 3 a 6	Muito fraca (até 6%)
3 - 6 a 12	Fraca (6 a 12%)
4 - 12 a 20	Média (12 a 20%)
5 - 20 a 30	Forte (20 a 30 %)
6 - 30 a 50	Muito forte (acima de 30%)
7 - > 50	Muito forte

Tabela 2: Classes de declividade e categorias hierárquicas.
Fonte: ROSS (1994 e 2001).

Para a Carta Geomorfológica, Ross (1994 e 2001) propôs sua organização baseada em sua própria proposta para mapeamentos geomorfológicos, datadas de 1990 e 1992 e, mais recentemente, 1997. Valendo-se da experiência de trabalho no Projeto RADAMBRASIL, Ross (1990, 1992, 1997 e 2001) organizou uma metodologia de mapeamento geomorfológico, baseado em níveis taxonômicos, cuja fundamentação teórico-metodológica está atrelada às concepções de Penck (1953, citado por ROSS, 1990, 1992 e 2001), quanto às forças geradoras das formas de relevo (exógenas e endógenas); e Guerasimov (1946, citado por ROSS, 1990, 1992 e 2001) e Mescerjakov (1968, citado por ROSS, 1990, 1992 e 2001), quanto aos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Esta proposta está mais bem detalhada no item Técnicas Cartográficas (3.5, p.54), visto que a Carta Geomorfológica desta pesquisa baseou-se em tais procedimentos.

Mesmo assim, destaca-se dentro da proposta de mapeamento geomorfológico de Ross (1990, 1992, 1997 e 2001), a composição dos padrões de formas semelhantes, bem como os referenciais morfométricos, que são utilizados para o estabelecimento das categorias de fragilidade do relevo com base nos índices de dissecação do relevo. Tais índices são baseados na relação de densidade de drenagem/dimensão interfluvial média para a dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano

vertical. A tabela 3 representa uma matriz dos índices de dissecação do relevo, ao passo que a tabela 4 representa as categorias morfométricas classificadas como fragilidade do relevo.

Grau do entalhamento dos vales	Densidade de drenagem ou dimensão interfluvial média				
	MUITO BAIXA (1) > 3750 m	BAIXA (2) 1750 a 3750 m	MÉDIA (3) 750 a 1750 m	ALTA (4) 250 a 750 m	MUITO ALTA (5) < 250
MUITO FRACO (1) < 20 m	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
FRACO (2) 20 a 40 m	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
MÉDIO (3) 40 a 80 m	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
FORTE (4) 80 a 160	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
MUITO FORTE (5) >160 m	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5

Tabela 3: Matriz dos índices de dissecação do relevo.

Fonte: ROSS (1994 e 2001).

1 – MUITO FRACA	1.1
2 – FRACA	2.1, 2.2, 1.2
3 – MÉDIA	3.1, 3.2, 3.3, 1.3, 2.3
4 – FORTE	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 1.4, 2.4, 3.4
5 – MUITO FORTE	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5

Tabela 4: Classificação da fragilidade do relevo segundo índices morfométricos.

Fonte: ROSS (1994 e 2001).

Mediante os resultados de pesquisas elaboradas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), destacando os trabalhos de Lombardi Neto e Bertoni (1975, citado por ROSS, 1994 e 2001) e Fasolo et al (1992, citado por ROSS, 1994 e 2001), somadas a suas experiências de campo, Ross (1994 e 2001) propôs as classes de fragilidade dos solos, destacados na tabela 5.

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 – Alta	Podzólico vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolo.
5 – Muito alta	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias quartzosas.

Tabela 5: Classes de fragilidade dos solos.
Fonte: ROSS (1994 e 2001).

Para o tratamento da Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, Ross (1994 e 2001) sugere o estabelecimento de uma hierarquia de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal, com base nos estudos de Marques et al (1961, citado por ROSS, 1994 e 2001) e Cassetti (1984, citado por ROSS, 1994 e 2001). A tabela 6 apresenta tal hierarquia, obedecendo à ordem decrescente da capacidade de proteção.

GRAUS DE PROTEÇÃO	TIPOS DE COBERTURA
1 – Muito alta	Florestas/ matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária)
3 – Média	Cerrado denso (capoeira densa), mata homogênea de pinus densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como o café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silviculturas de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
5 – Muito baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solos exposto por arado/gradeado, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionista.

Tabela 6: Graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal.
Fonte: ROSS (1994 e 2001).

Em outra oportunidade, Ross (1995), considerando a Carta de Unidades de Fragilidades Potenciais e Emergentes como um produto de síntese dentro da abordagem geográfica integrada, enumera outros quatro produtos cartográficos de mesma abordagem, utilizados por sua equipe de trabalho: Unidades dos Sistemas Naturais, Unidades dos Sistemas Sócio-Econômicos, Unidades Integradas dos Sistemas Naturais e Sócio-Econômicos e Derivações Ambientais e Transgressões Legais. Argumenta que:

Esses produtos são cartográficos e são acompanhados de textos com conteúdos técnico-científicos. Pode-se classificá-los como sub-produtos ou produtos derivados da pesquisa analítica tema a tema mas de integração simultânea [...] (ROSS 1995, p. 70).

Ross, Moroz e Canil (1994) propuseram a configuração da carta síntese de Derivações Ambientais e Transgressões Legais. Trata-se da combinação de informações contidas nos produtos cartográficos intermediários como as Cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, de Declividade ou Clinográfica, além de informações referentes à legislação ambiental (MOROZ, CANIL e ROSS, 1994).

Para Ross (1995), a Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais representa uma análise sintética sobre os tipos de intervenções feitas pelos homens nos sistemas naturais, avaliando os impactos ambientais gerados na natureza, além das transgressões à legislação ambiental incidente. Os autores da proposta, quanto ao objetivo do trabalho, argumentam que:

[...] este trabalho tem como objetivo maior, afirmar ainda mais a necessidade de um planejamento urbano efetivo e conseqüente, que compatibilize os interesses sociais e econômicos e as condições do ambiente natural, a fim de minimizar os efeitos impactantes e conseqüentemente, diminuir os prejuízos causados à qualidade de vida da população, direta ou indiretamente afetada (MOROZ, CANIL e ROSS, 1994, p.36).

Tal proposição técnica-cartográfica, juntamente à Carta de Unidades de Fragilidades Potenciais e Emergentes, foi contemplada por esta pesquisa, conforme adaptações necessárias à escala de trabalho, às características físicas e de ocupação da área de estudo, assim como à legislação ambiental vigente.

Por fim, as proposições de análises geográficas integradas aplicadas ao planejamento são resultados das preocupações permanentes com o desenvolvimento da Geomorfologia Aplicada, que evoluiu para a Geografia Física Aplicada e, na seqüência, para a Geografia Aplicada (ROSS, 2001). Tais pressupostos levaram Ross (2001, p.294) a considerar que:

Do lado que nós nos encaixamos, pode-se dizer que quando se pensa na Geografia Física Aplicada, estamos pensando numa Geografia Física e talvez numa Geografia que tem um lastro, uma base conceitual/teórica que se apóia na abordagem que vem dos naturalistas, mesmo que se faça uma Geomorfologia com suporte extremamente cartográfico, que é a Geomorfologia européia, sobretudo do leste europeu e da França [...]

No bojo dessa abordagem integrada vem uma seqüência de denominações e terminologias: geossistemas, ecossistemas, sistema de terras, unidades de paisagem, enfim, uma série de denominações. [...] geossistemas para os franceses e russos, unidades de paisagens também trabalhadas com os franceses, ou ainda nos franceses, através de Jean TRICART, unidades ecodinâmicas ou morfodinâmicas. Mais recentemente ecogeografia. Tudo isso tem uma mesma raiz, a tentativa de tratar as informações geográficas, ou as de interesse geográfico, dentro de uma abordagem integrada. Aparecem então as dificuldades técnicas/operacionais para que isso apareça no plano aplicado (ROSS, 2001, p.294).

Diante de tal argumentação, pode-se dizer que esta pesquisa encaixa-se, ou procura se encaixar, nos termos de uma Geografia Física Aplicada, como também de uma Geomorfologia Aplicada, no bojo de uma abordagem geográfica integrada, com o intuito de contribuir com o planejamento do território. Esta abordagem remete a adoção da Teoria Geral dos Sistemas como o método da pesquisa, discutido com maior direcionamento a seguir.

2.4. A concepção sistêmica da relação homem-natureza: o método da pesquisa.

O que um homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver (KUHN, 1962, p.148).

A Teoria Geral dos Sistemas aplicada à ciência geográfica, sobretudo no que concerne aos sistemas geomorfológicos, constitui-se no método da pesquisa. Tal adoção remete ao fato das abordagens geográficas integradas derivarem do processo evolutivo da concepção sistêmica, bem como do próprio processo de formação do pesquisador, quando atribui o método como “visão de mundo”. Logo, a visão sistêmica vem subsidiar a tentativa de compreensão das relações estabelecidas entre sociedade e a natureza ou, ainda, entre o sistema natural e o sistema antrópico, que é pedra de toque da Geografia.

Quanto à concepção e definição de sistemas, Capra (1982, p.260), em sua renomada obra *O Ponto de Mutação*, argumenta que:

A concepção sistêmica vê o mundo em termos de relações e integração. Os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos ou substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização (CAPRA 1982, p.260).

Christofoletti (1979), em sua obra *Análise de Sistemas em Geografia*, procurou focalizar as questões geográficas sob a perspectiva sistêmica, considerando que os sistemas funcionam executando processos e obtendo determinadas respostas. Referiu-se à definição de Thorne e Brunson (1977, citado por CHRISTOFOLETTI, 1979, p.1), que compreende o sistema como um “conjunto de objetos ou atributos e das suas relações que se encontram organizados para executar uma função particular”.

Nesta perspectiva, os sistemas devem ter: elementos ou unidades, que são suas partes componentes; relações, sendo as inter-relações entre seus componentes; atributos, relativos às qualidades atribuídas aos elementos do sistema ou ao próprio sistema; entrada (*input*), correspondente ao que o sistema recebe; e saída (*output*), que são as entradas do sistema

transformadas e encaminhadas para fora (CHRISTOFOLETTI, 1979). O autor ainda acrescenta que no estudo da composição dos sistemas, aspectos relevantes, como *matéria*, *energia* e *estrutura*, devem ser abordados.

A tipologia dos sistemas, quanto ao critério funcional, pode ser diferenciada em *sistemas isolados* e *sistemas não-isolados* (CHRISTOFOLETTI, 1979). Este último está subdividido em *sistemas fechados*, os quais permutam matéria, mas não energia, com o ambiente circundante; e *sistemas abertos*, o qual este trabalho adotou, que se caracterizam por constantes trocas e fluxos de matéria e energia, podendo ser exemplificados pelos *inputs* e *outputs* no sistema geomorfológico, derivados da associação com as variáveis solo, geologia, clima e interferências antrópicas.

Ainda quanto à tipologia, Chorley e Kennedy (1971) propuseram uma classificação estrutural e distinguiram onze tipos de sistemas. Entre estes, Christofolletti (1999), levando em consideração os mais relevantes para o campo da Geografia Física e da análise ambiental, sobretudo aos aspectos geomorfológicos, selecionou os quatro primeiros, sendo estes:

- *Sistemas morfológicos*: que são compostos pela associação das propriedades físicas e dos elementos dos sistemas. “Correspondem às formas, sobre as quais se podem escolher diversas variáveis a serem medidas (comprimento, altura, largura, declividade, granulometria, densidade e outras)” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.6).

- *Sistemas em seqüência*: “compostos por cadeias de subsistemas, relacionados por uma cascata de fluxos de matéria e energia” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.6).

- *Sistemas processos-respostas*: formados pela combinação dos sistemas morfológicos e sistemas em seqüência. “Os sistemas em seqüência indicam o *processo*, enquanto o morfológico representa a *forma*, a resposta a determinado funcionamento” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.6).

- *Sistemas controlados*: resultado da interferência do homem no sistema processo-resposta, “produzindo modificações na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas em seqüência e, conseqüentemente, influenciar nas formas que com ele estão relacionadas” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.6).

Assim, Christofolletti (1999) chama atenção para, ao invés de se usar as denominações da complexidade da composição estrutural como categorias de sistemas, conforme utilizados por Chorley e Kennedy (1971), utilizar esta nomenclatura para distinguir categorias no procedimento analítico:

Dessa maneira, realiza-se a análise morfológica de sistemas, a análise dos processos em sistemas e a análise da interação formas e processos em sistemas. Em consequência, a quarta categoria encontra-se relacionada com a avaliação dos sistemas e atividades de planejamento, delineando os procedimentos de interferência (CHRISTOFOLETTI 1999, p.7).

Visto isso, esta pesquisa pretendeu realizar a análise morfológica, a análise dos processos e a análise da interação de formas e processos no sistema natural, mais especificamente, no sistema geomorfológico. Este, como um sistema aberto, em ou a procura de um equilíbrio dinâmico, que vem sofrendo a interferência antrópica, alterando seus fluxos de matéria e energia, permite a implementação do quarto nível da análise, com a avaliação dos sistemas para fins de planejamento (figura 4).



Figura 4: Análise dos sistemas morfológico, em sequência, processo-resposta e controlado.

Organização: Silveira (2007).

Quanto à interferência antrópica nos sistemas naturais, Ross (2006) argumenta que a ação humana modifica e intensifica as trocas energéticas, no entanto, não criam e nem mudam as leis que regem a funcionalidade dos sistemas naturais:

As inserções humanas, por mais tecnicizadas que possam ser, não criam natureza, não modificam as leis da natureza, apenas interferem nos fluxos de energia e matéria alterando suas intensidades, forçando a natureza a encontrar novos pontos de equilíbrio funcional (ROSS 2006, p.56).

Dessa forma, o sistema morfológico, associado ao sistema em sequência, compoem o sistema processo-resposta, compreendendo as formas e os processos atuantes e existentes no

relevo, faz parte de um todo funcional, com temporalidade geológica, no arcabouço do sistema natural. Este sistema sofre permanentes interferências em seus fluxos de matéria e energia, condicionados aos padrões técnico-científicos da sociedade, registrando a composição de um sistema controlado no âmbito das interferências no relevo, e de cunho sistêmico antrópico, no âmbito das interferências no sistema natural. Nesta temática, Perez Filho e Quaresma (2008, p. 4) argumentam que:

Apesar do desenvolvimento tecnológico desenvolvido pelo homem, tornando-o capaz de alterar e controlar parte dos elementos e fenômenos pertencente à natureza, esta, uma vez que constitui um sistema complexo, esta distante de ser plenamente conhecida, quanto menos controlada. Assim, apesar da existência do tempo da ação humana (escalas do tempo histórico do homem e presente), há o tempo natural (escala de tempo da natureza), que coexistem no processo das organizações espaciais – formas e dinâmicas existentes na superfície terrestre. O sistema antrópico é, portanto, capaz de influenciar parte dos sistemas físicos/naturais impondo-lhes ritmos diferentes e acelerando processos com conseqüente alteração de suas escalas de tempo de ocorrência.

Na mesma temática, com a análise das interferências humanas no sistema natural, Figueiredo (1995) recorreu à explanação de Seva (1988), o qual diferenciou dois ritmos distintos de interferência:

1. um tempo geológico, telúrico, durante o qual as mesmas energias poderosas de sempre, com seus longos processos de transformação e de ajustes estruturais, continuam conformando, dinamizando a atividade na nossa ecosfera, na parte vital do planeta;
2. um tempo da ação antropogênica, técnico-degenerativa, durante o qual a acumulação e a combinação dos efeitos da atividade humana tecnificada leva a alterações de curto prazo (agudas), de longa permanência ou recorrência (crônicas, recalcitrantes), agravando assim os efeitos telúricos, os riscos de outra origem, intervindo irreversivelmente sobre vários patrimônios genéticos e vários ecossistemas singulares (SEVA 1988, citado por FIGUEIREDO, 1995, p. 191),

Compreende-se, assim, que as interferências humanas exemplificadas por retiradas e remoções de materiais, bem como pela construção de espaços urbanizados e agrícolas na superfície terrestre, retratam a composição de um sistema controlado, que apresenta temporalidade distinta ao sistema processo-resposta, sendo dinamizado pelo tempo histórico/humano. Dessa maneira, a relação do sistema processo-resposta, com a interferência do homem compondo o sistema controlado, bem como da relação entre o sistema natural sofrendo interferências do sistema antrópico, reflete na espacialização dos fenômenos registrados no espaço geográfico, compondo os diversos padrões de organizações espaciais (figura 5).

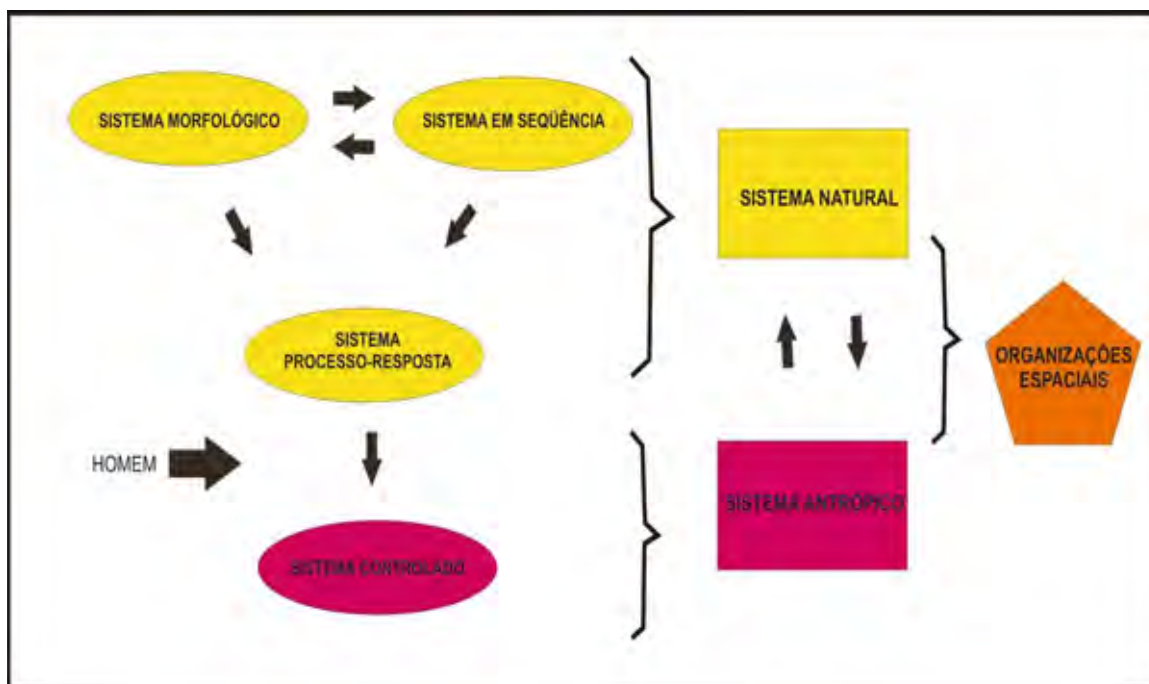


Figura 5: Relação entre os sistemas refletindo nos padrões das organizações espaciais.
Organização: Silveira (2007).

Quanto ao conceito de organização espacial, Christofolletti (1999) o atribui como um sistema funcional estruturado espacialmente, sendo o mais adequado para a incorporação do conteúdo holístico na Geografia. Nestes termos, o autor argumenta:

[...] que o termo *organização* expressa a existência de ordem e entrosamento entre as partes ou elementos componentes de um conjunto. O funcionamento e a interação entre tais elementos são resultante da ação dos processos, que mantém a dinâmica e a relação entre eles. Essa integração resulta num sistema organizado, cujo arranjo e forma são expressos pela estrutura. Se há possibilidade para se distinguir diversos tipos de organização, as de interesse geográfico são possuidoras da característica espacial (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.41).

De forma explícita, o autor enfatiza que a Geografia é a disciplina que estuda as organizações espaciais. Os sistemas espaciais de mais alta complexidade são constituídos pelo englobamento estrutural, funcional e dinâmico dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos (CHRISTOFOLETTI, 1999). Na análise destes sistemas espaciais (organizações espaciais), sob a perspectiva sistêmica, registra o pesquisador que “dois componentes básicos entram em sua estruturação e funcionamento, representados pelas características do sistema ambiental físico e pelas do sistema sócio-econômico” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.41).

Sobre a temática da organização espacial, no exame das obras de Christofolletti, Reis Junior (2007, p. 319) registra que:

[...] tais organizações detêm o atributo de indicar o “grau de ajustamento” entre a sociedade e o “meio ecológico”. Aquilo que o geógrafo, à ocasião, chama de “estado de equilíbrio estável” representaria a melhor circunstâncias possível; uma espécie de clímax (a simpatia pelo pensamento ecológico permitia a comparação) que denotaria, pois, um máximo desenvolvimento da estrutura espacial. Entre outras palavras, este estado quereria falar do ajuste (“perfeito”) entre natureza e grupo humano; em que a sociedade também se encontraria desenvolvida maximamente.

Tendo em vista, portanto, a tentativa de compreensão da relação estabelecida entre o sistema natural (sistema ambiental físico) e o sistema antrópico (sistema sócio-econômico), que resulta em diversos padrões de organizações espaciais (sistemas espaciais), foi necessária a utilização de uma proposta metodológica de fundamentação sistêmica, que contemple e busque tal compreensão. Dessa forma, a proposta metodológica de Ross foi eleita para a condução desta pesquisa, derivando, em etapas sequenciais da pesquisa e de um procedimento analítico dos resultados.

2.5 Etapas da pesquisa e a forma de análise dos resultados.

O presente trabalho, apoiado na fundamentação da Teoria Geral dos Sistemas, embasado em metodologias que resultam em produtos cartográficos de síntese para análise integrada da informação geográfica, teve como procedimento técnico operacional **três grandes etapas** que estão sintetizadas em:

1ª Etapa: Elaboração de Produtos Cartográficos Intermediários.

- Base Cartográfica;
- Carta de Declividade ou Clinográfica;
- Dados Geológicos;
- Dados Pedológicos;
- Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra;
- Carta Geomorfológica;
- Obtenção de Informações Intermediárias: climáticas (pluviométricos e temperaturas) e da legislação ambiental.

2ª Etapa – Síntese: Elaboração de Produtos Cartográficos de Síntese.

- Carta de Fragilidade Ambiental e Carta de Fragilidade Potencial: elaborada com base nos procedimentos técnicos de Ross (1990, 1994 e 2001);

- Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais: elaborada com base nos procedimentos técnicos de Moroz, Canil e Ross (1994);

Estas Cartas sintetizam as informações processadas nos Produtos Cartográficos Intermediários, assim como as Informações Intermediárias.

3ª Etapa – Final: Elaboração do Produto Cartográfico Final.

- Carta Final: denominada por Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial.

As etapas da pesquisa mencionadas estão sintetizadas na figura 6:

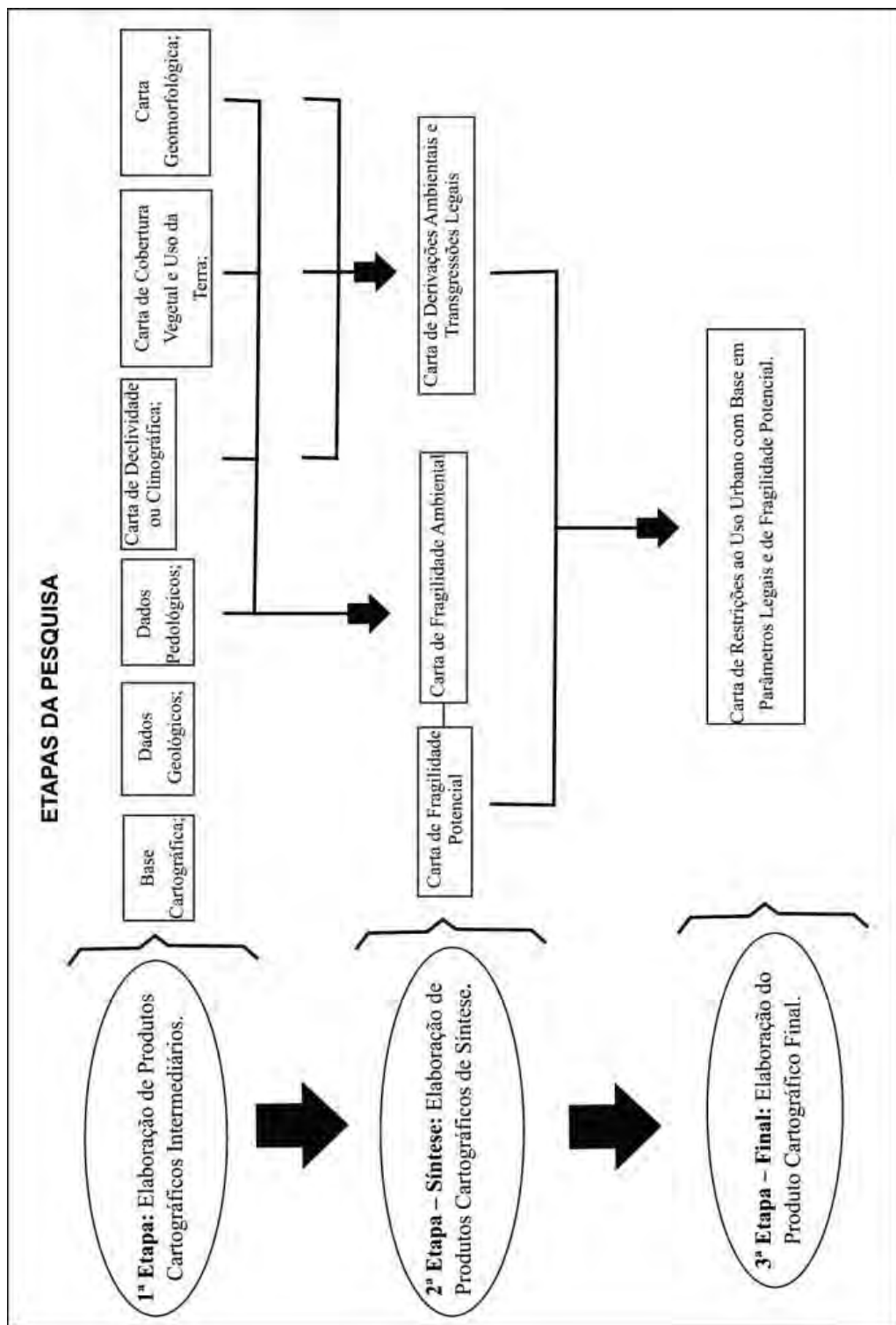


Figura 6: Procedimento técnico operacional da pesquisa: etapas da pesquisa. Organização: (Silveira, 2009).

Fundamentado, portanto na proposição metodológica da abordagem geográfica integrada de Ross (1990, 1994 e 2001), que é fruto do desenvolvimento teórico-conceitual da visão sistêmica da relação homem-natureza, foram elaborados os produtos cartográficos (intermediários, os de síntese e o final), conforme as etapas seqüenciais mencionadas, para posterior análise das organizações espaciais, resultando em um diagnóstico ambiental de subsídio ao planejamento do território.

Nestes termos, conforme proposta apresentada no item “concepção sistêmica da relação homem-natureza” (2.4, p. 36 e 37), ao invés de se usar as denominações da complexidade da composição estrutural como categorias de sistemas, utilizados por Chorley e Kennedy (1971), vêm a se utilizar esta nomenclatura para distinguir categorias no procedimento analítico (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Buscou-se, assim, compreender a morfologia, os processos e a interação formas/processos do sistema natural, com ênfase aos sistemas geomorfológicos. Este, como um sistema aberto, em ou a procura de um equilíbrio dinâmico, vem sofrendo permanentes interferências do sistema antrópico, alterando seus fluxos de matéria e energia, permitindo a implementação do quarto nível da análise, com a avaliação dos sistemas controlados para fins de planejamento.

Dessa forma, as informações contidas na Carta de Declividade ou Clinográfica, bem como na Carta Geomorfológica, associadas às informações geológicas e pedológicas, permitem a análise morfológica. A primeira representa quantitativamente, em porcentagem, a inclinação das vertentes; ao passo que a segunda representa, por meio da análise da rugosidade topográfica, os padrões de formas semelhantes ou unidades morfológicas (3° e 4° táxons), as quais são complementadas com informações da dimensão interfluvial média e do entalhamento médio dos vales que compõem a matriz dos índices de dissecação. Ainda na Carta Geomorfológica, podem-se obter dados sobre a morfologia, os tipos de vertentes (5° táxon), bem como formas individualizadas de relevo (6° táxon).

A análise dos processos pode ser inferida com base na avaliação conjunta de todos os documentos elaborados, somando as informações climáticas, já que os modelados de relevo, em região de clima Cwa, sofrem influências diretas da ação das águas correntes. Dessa maneira, a análise dos processos no sistema geomorfológico deve estar associada às influências exercidas pela geologia, pelos solos, pelo clima e pela cobertura vegetal, bem como os parâmetros morfológicos e morfométricos, mapeadas na Carta Geomorfológica.

A análise da interação de formas e processos também pode ser averiguada mediante a composição das informações identificadas nos documentos cartográficos elaborados. Tal

relação é complexa, realizando-se em ambos os sentidos: processos-formas e formas-processos. Como exemplo, pode-se analisar um processo erosivo instalado em uma concavidade a montante de cabeceira drenagem. Considerando que tal processo resulta na concavização da vertente, sabe-se também que a forma concavizada concentra as águas pluviais, auxiliando a evolução dos processos erosivos, assim como perpetuando a concavização da vertente.

Tem-se, portanto, os processos erosivos resultando em formas de vertentes, assim como formas de vertentes dinamizando os processos erosivos. A tais informações, ainda deve-se considerar, na análise processo-forma e forma-processo, as variáveis registradas na Carta de Declividade ou Clinográfica, nas representações cartográficas dos dados geológicos e pedológicos, na Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, bem como nos informes climáticos.

Quando registrada a interferência do sistema antrópico no sistema processo-resposta (que está no arcabouço do sistema natural), tem-se a análise para fins de planejamento. Tal análise pressupõe a aferição das interferências causadas no sistema natural pela ação antropogênica. Soma-se, portanto, a variável humana, visto que a área pesquisada sofre por toda sua extensão, influência direta do sistema antrópico, que pode ser identificada na Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, tal como na presença de certas feições registradas na Carta Geomorfológica e é expressa claramente na Carta de Fragilidade Ambiental e na Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais.

A Carta de Fragilidade Ambiental reúne de forma sintética informações referentes ao relevo (morfologia e morfometria), a tipologia pedológica, a cobertura vegetal e uso da terra, bem como as declividades. Reúnem-se, portanto, informações inerentes ao sistema natural (sistema morfológico, sistema em seqüência e sistema processo-resposta), como também informações referentes ao sistema antrópico (sistema controlado), resultando em unidades que determinam a fragilidade do ambiente, seja com efetiva ou modesta intervenção humana.

Não diferentemente na análise das interferências promovidas pelo sistema antrópico no sistema natural, a Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais apresenta uma leitura espacializada das interferências promovidas, sobretudo no que tange a legislação ambiental, bem como o reflexo dessas interferências expressas nas derivações ambientais. Reúnem-se também as informações do sistema natural, quanto às declividades do relevo e as ainda restantes matas ciliares e fragmentos vegetacionais, assim como as áreas já transgredidas perante a legislação ambiental, focando as interferências do sistema antrópico. Além disso, apresenta algumas informações contidas na Carta Geomorfológica, apontando as

derivações ambientais resultantes da contribuição das interferências impostas pelo sistema antrópico nos termos das leis.

Integrando as informações trazidas pela Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais e as informações do sistema natural trazidas pela Carta de Fragilidade Ambiental (reunidas na Carta de Fragilidade Potencial), a Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial apresenta níveis de restrições ao uso urbano, com base na fragilidade potencial, assim como as restrições impostas pelo sistema antrópico por meio da legislação ambiental.

Assim, a figura 7 procura sintetizar a forma de condução da pesquisa para a análise dos resultados, apontados no item referente ao “Diagnóstico Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba” (5, p.93).

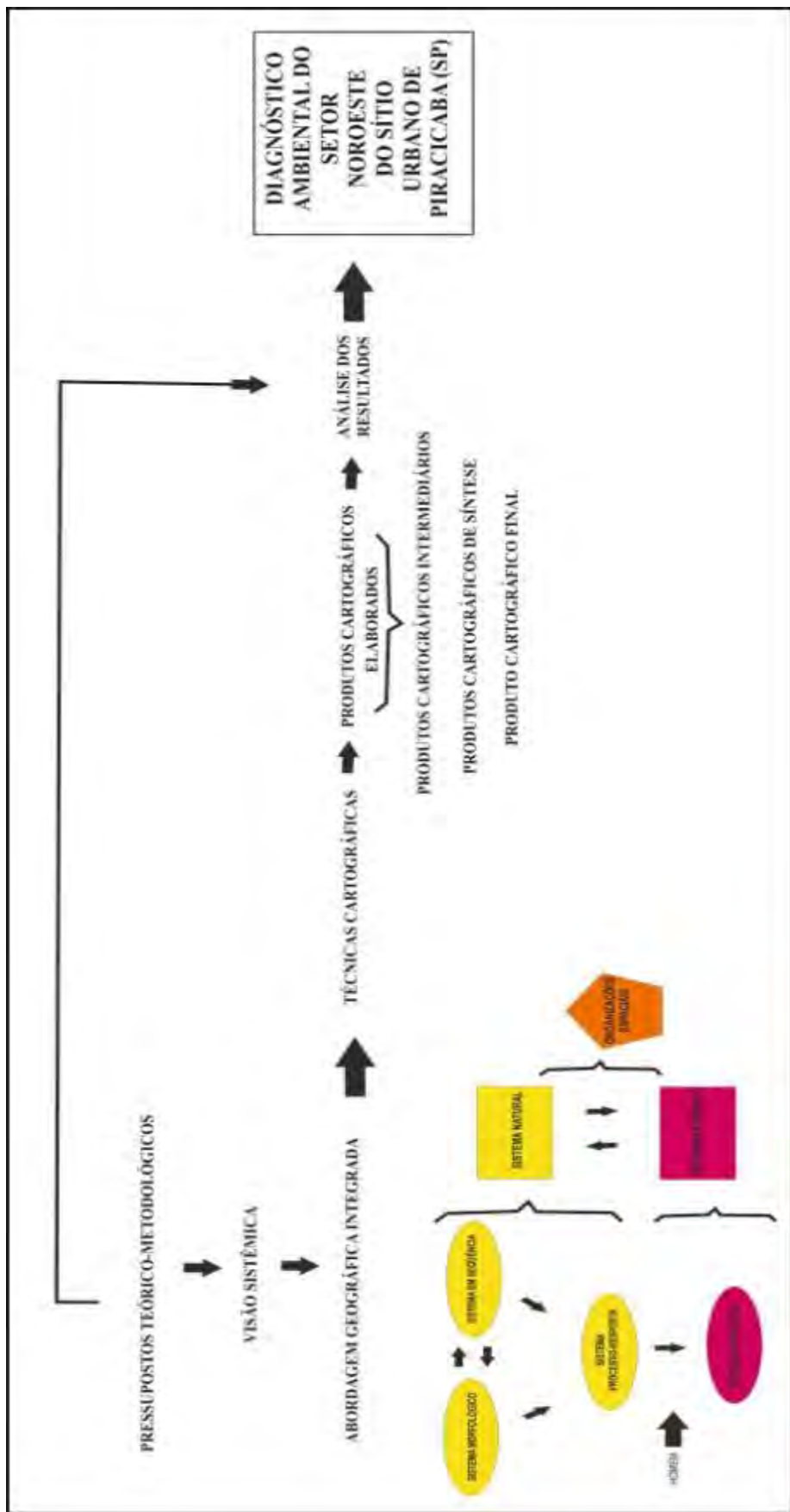


Figura 7: Condução da pesquisa para a análise dos resultados. Organização: Silveira (2009).

3. AS TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS.

Nesta fase, o ciclo da pesquisa está temporariamente completo porque o resultado é uma nova visão do mundo real. Os mapas usados desta maneira, não são simplesmente ornamentos, ou mesmo retratos, mas instrumentos vitais para a pesquisa. Reconhecer isto é devolver aos mapas seu lugar legítimo, “como instrumento importante do geógrafo, tanto na investigação dos problemas como na apresentação dos resultados” (WOOLDRIDGE e EAST, 1958, p.64) (BOARD, 1975, P.180).

Definidas as etapas da pesquisa, passou-se à elaboração dos produtos cartográficos mencionados. Para a elaboração destes documentos, foi necessário o conhecimento das técnicas cartográficas, a aquisição de materiais bibliográficos e cartográficos, além de materiais operacionais. Seguem explícitas a seguir as técnicas e materiais utilizados.

3.1. A Base Cartográfica.

A Base Cartográfica foi elaborada a partir da vetorização no software AutoCAD Map (2004), das Cartas Topográficas, na escala 1:10.000, do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979). Foram utilizadas as Folhas Córrego das Ondas (070/088), Usina Costa Pinto (070/089), Santa Terezinha do Piracicaba (071/088) e Piracicaba V (071/089), disponibilizadas pelo Serviço de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE). Primeiramente, tais Cartas foram escaneadas, sendo transferidas para o software Auto CAD Map (2004) para posterior vetorização das curvas de nível, pontos cotados, estradas de rodagem e a drenagem, com o comando “polyline”.

Convém esclarecer que toda documentação cartográfica foi produzida na escala de 1:10.000, contudo, é apresentada a 1:20.000 para facilitar seu manuseio. Ainda, considerou-se que a apresentação nesta escala não comprometeria a análise dos resultados obtidos visto que todos os dados são passíveis de leitura, mesmo com essa redução escalar.

3.2. A Carta de Declividade ou Clinográfica.

A elaboração da Carta de Declividade ou Clinográfica seguiu a proposta de De Biasi (1970 e 1992), sendo realizada de modo analógico sobre a Base Cartográfica. Tomou-se este procedimento pela riqueza do nível de detalhe. Conforme Zacharias (2001), por meio de um sistema de informação geográfica (SIG), alguns dados poderiam ser generalizados, sendo a técnica convencional mais indicada qualitativamente, embora demande maior tempo e dedicação.

Dessa forma, a primeira etapa de elaboração corresponde à obtenção dos valores de maior e menor espaçamento entre as curvas de nível que, utilizados na fórmula abaixo, permitem a identificação dos valores limites da declividade da área de estudo (DE BIASI, 1970).

$$Dc = DN / DH \times 100$$

Na qual:

Dc = declividade em porcentagem;

DN = equidistância das curvas de nível e;

DH = distância horizontal.

Feita a etapa inicial, definem-se as classes de declividade que devem obedecer aos limites máximos e mínimos de declive da área, assim como princípios que atendam os objetivos da pesquisa. Definidas as classes, constrói-se um ábaco com os valores correspondentes a cada classe pré-estabelecida (DE BIASI, 1992).

As classes de declividade seguiram a proposta de Ross (1994 e 2001), com a composição de sete classes, com valores estabelecidos com base em estudos sobre a capacidade de uso/aptidão agrícola associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia. Foi realizada apenas uma adaptação, com relação aos valores limites entre as duas últimas classes, modificando o valor de 50%, sugerido por Ross (1994), para 45%, acima do qual “não é permitida a derrubada de florestas [...] sendo nelas toleradas a extração de toros quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes”, segundo o Código Florestal – Lei n. 4771 de 15/09/1965 (BRASIL, 1965).

A tabela 7 apresenta as classes, as cores definidas e os valores limites do ábaco, que correspondem à distância entre as curvas de nível, assim como os parâmetros considerados para a Carta de Declividade ou Clinográfica do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).

CLASSES DE DECLIVE Cores	VALORES DO ÁBACO	PARÂMETROS
Verde claro < 3 %	Limite 3 % = 1,6 cm	< 3% áreas susceptíveis a inundação
Amarelo claro 3 6 %	Limite 6 % = 0,66 cm	A partir de 6% é possível a urbanização sem restrições quanto à possibilidade de inundações
Amarelo escuro 6 12 %	Limite 12 % = 0,41 cm	Possibilidade de urbanização e mecanização agrícola
Laranja 12 20 %	Limite 20 % = 0,25 cm	Acima de 12% há restrição a utilização de mecanização agrícola
Vermelho 20 30 %	Limite 30 % = 0,16 cm	Até 30% permite-se a urbanização
Marrom 30 45 %	Limite 45% = 0,1 cm	Acima de 30% área com restrições a urbanização
Preto ≥ 45 %		Acima de 45% área restrita ao corte de vegetação

Tabela 7: Classes de Declividade mapeadas no Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).

Para as áreas inseridas em topos de morros, espaço isolado entre uma única curva de nível e nos limites das bacias, utilizou-se um ábaco suplementar, segundo adaptações de Sanchez (1993), que sugere que tenha a metade dos valores do ábaco principal.

Posteriormente a sua elaboração manual, a Carta de Declividade ou Clinográfica foi escaneada e transferida para o software Auto CAD Map (2004), utilizando-se do comando “insert - raster image”. No mesmo software promoveu-se sua edição para apresentação.

3.3. Os Dados Geológicos e Pedológicos.

Os procedimentos para a realização da representação cartográfica dos dados geológicos e pedológicos foram bastante semelhantes, embora realizados em momentos distintos, seguindo o cronograma proposto para a pesquisa. Desse modo, foram adotados os seguintes procedimentos:

- Busca por materiais cartográficos e bibliográficos sobre a área de estudo que contemplassem os temas Geologia e Pedologia;
- Aferição dos dados encontrados com trabalhos de campo;
- Transferência dos dados encontrados para a Base Cartográfica no software AutoCAD Map (2004), com auxílio do detalhe das curvas de nível e das fotografias aéreas;
- Trabalho de campo para recompor os limites dos dados esboçados com o auxílio de trado, martelo geológico e GPS, considerando que a área de estudo apresenta uma malha viária de fácil acesso.

Para o levantamento dos dados geológicos, foram utilizados os seguintes materiais cartográficos: IGG (1966), escala 1:100.000; IPT (1981a), escala 1:500.000; Sepe (1990), escala 1:50.000, Souza (2002), escala 1:100.000, e principalmente IPT (1980), na escala 1:25.000.

O documento cartográfico do IPT (1980) serviu como referência para a representação dos dados geológicos, sobretudo por conta de sua escala. Os outros documentos tiveram contribuição na descrição das formações geológicas registradas na área de estudo, bem como para a análise da compatibilidade dos dados encontrados. Constatou-se que embora existam diferenças escalares entre os trabalhos consultados, ocorreram semelhança das formações geológicas mapeadas. Observou-se, na maioria destes, o predomínio da Formação Corumbataí com fragmentos aflorantes das Formações Iratí, Serra Geral e Rio Claro.

Feita a etapa de aquisição de fontes de informações geológicas, realizou-se pesquisa de campo para a aferição das diferentes litologias aflorantes. Como já mencionado, pôde-se comprovar a presença marcante da Formação Corumbataí, com setores ocupados pelas Formações Iratí, Serra Geral e Rio Claro.

Constatada a presença das litologias registradas pelos materiais cartográficos, promoveu-se a transferência dos dados encontrados para a Base Cartográfica no software

AutoCAD Map (2004), com base no documento elaborado pelo IPT (1980), com auxílio do detalhe das curvas de nível e das fotografias aéreas.

A partir da transferência de tais informações, configurando em um documento na escala de 1:10.000, dirigiu-se novamente ao campo para recompor os limites dos dados esboçados com o auxílio do martelo geológico e do GPS.

Já para o levantamento dos dados pedológicos, utilizou-se como documento cartográfico o mapeamento realizado pelo IAC (1989), Folha Piracicaba, escala 1:100.000, bem como seu Boletim Explicativo (OLIVEIRA, 1999). Como documento bibliográfico, foi utilizado o trabalho dos pesquisadores da ESALQ-USP Sparovek e Lepsch (1998), intitulado *Diagnóstico de Uso e Aptidão das Terras Agrícolas de Piracicaba*. Este trabalho detalhou, com base no IAC (1989), os tipos de solos em cada sub-bacia do Município, o que facilitou os trabalhos de campo realizados, setorizando a área de estudo na identificação dos limites das classes de solos. Assim, foram utilizados os dados registrados pelos autores nas Bacias: Córrego das Ondas, Córrego do Itapocu, Córrego da Reta e afluentes que drenam para a margem direita do Rio Corumbataí, assim como dois setores de interflúvios e vertentes que drenam para a margem direita do rio Piracicaba, nomeados por Náutico e Tanques.

Adquiridos os materiais de fontes de informações pedológicas, promoveu-se, logo em seguida o trabalho de campo para a aferição dos diferentes solos registrados nos documentos selecionados. Salvo em alguns setores que surgiram dúvidas pontuais, que foram sanadas com o próprio uso do trado, a grande maioria da extensão territorial da área de estudo apresentou tipos de solos coincidentes com os dados mapeados pelos documentos fonte. Registrou-se, em grande maioria, a presença dos solos Litólicos e Podzólicos, com pontuais setores de Terra Roxa e Podzólico Vermelho-Escuro.

Feita a constatação dos solos existentes, transferiu-se os dados encontrados para a Base Cartográfica no software AutoCAD Map (2004), com base no material do IAC (1989), com auxílio do detalhe das curvas de nível e das fotografias aéreas.

Promovida a composição do material de informação pedológica, procedeu-se a transferência de informação para a escala 1:10.000, com posterior trabalho de campo para recompor e detalhar os limites existente entre os tipos de solos, com a utilização do trado e do GPS.

Por fim, as informações coletadas, aferidas e transferidas para o documento cartográfico foram atualizadas com a classificação proposta pela EMBRAPA (1999).

3.4. A Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra.

A Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra foi elaborada por meio da interpretação de fotografias aéreas coloridas do ano de 2005, concedidas em formato digital pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP), na escala aproximada de 1:25.000. Foi, portanto, constituído um mosaico de fotografias aéreas inseridas no software Auto CAD Map (2004) com o comando “insert - raster image”, utilizando-se, em seguida, o comando “align” para a conversão de escala, georeferenciando a imagem com a Base Cartográfica.

Dada a qualidade do material digital (fotografias aéreas) e as ferramentas de “zoom” do software, foi possível identificar diversos padrões de uso da terra, bem como das coberturas vegetais da área de estudo. Mediante a identificação e organização dos padrões de uso e cobertura vegetal a serem mapeados, com o comando “polyline”, delimitaram-se os polígonos, preenchendo-os com as cores selecionadas para cada classe de uso, que correspondem a diferentes “layers”. Sempre que necessário, recorreu-se a fotointerpretação tradicional, com estereoscópios de bolso, a fim de sanar dúvidas.

Elaborada a Carta, foram realizados trabalhos de campo para aferir a veracidade dos padrões mapeados, como também para atualizar o registro das informações. Dessa forma, foram mapeadas as seguintes classes de uso da terra e cobertura vegetal:

- *Área construída*: que corresponde a áreas de chácaras, sítios, espaços de lazer, entre outras atividades, ligadas normalmente às áreas peri-urbanas;
- *Áreas urbanizadas*: setor marcado por densa urbanização;
- *Áreas verdes urbanas*: correspondem a áreas destinadas a parques e praças com presença de árvores de porte significativo, envoltas pela urbanização;
- *Cana-de-açúcar*: monocultura tradicional na região sucroalcooleira de Piracicaba;
- *Cultura de ciclo curto*: marcada pela presença de pequenas plantações de milho;
- *Cultura de ciclo longo*: marcada pela presença de pequenas plantações de café e laranja;
- *Cobertura herbácea urbana e peri-urbana*: setores normalmente destinados à futura urbanização com presença marcante de gramíneas “ralas”;

- *Indústrias*: normalmente associadas às margens das rodovias SP - 304 e SP – 308;
- *Matas*: correspondentes aos fragmentos de matas de porte e densidade elevada, bem como as matas ciliares;
- *Mineração*: correspondentes as cavas de extração de argila da Formação Corumbataí, como também das extrações de diabásio das intrusivas básicas da Formação Serra Geral.
- *Pastagem*: gramíneas (“braquiáras”) utilizadas para pastagem de gado.
- *Pasto sujo*: gramíneas (“braquiáras”) de porte e densidade mais elevada, além de arbustos espaçados.
- *Silvicultura*: fragmentos associados normalmente aos eucaliptos e aos pinus;
- *Solo exposto*: fragmentos de solos sem qualquer vegetação, normalmente associados a áreas que futuramente serão urbanizadas;
- *Vegetação de área alagada*: vinculada a áreas próximas a rede de drenagem, com vegetação arbustiva, setores brejosos e de taboas.

Somaram-se ainda, as *rodovias pavimentadas*, a *malha urbana asfaltada* (ruas e avenidas) e as *estradas de terra*.

3.5. A Carta Geomorfológica.

A Carta Geomorfológica foi elaborada seguindo a proposta dos níveis taxonômicos do relevo de Ross (1990, 1992 e 2001). Para sua elaboração, foi utilizada a Base Cartográfica, como também as fotografias aéreas concedidas pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP), na escala aproximada de 1:25.000, cenário de 2005.

Ross (2001), citando pesquisadores consagrados como Penck (1924 e 1953), Gerasimov (1947) e Mescerjakov (1968), Demek (1967), Tricart (1965), Abreu (1982), Ab`Sáber (1969) e o projeto RADAMBRASIL (1982), argumenta que os trabalhos desenvolvidos por estes o auxiliaram com pressupostos teóricos para a formulação de uma nova proposição metodológica para mapeamento geomorfológico de diferentes escalas. De acordo com o autor (1992, p. 23):

A proposta taxonômica tem a preocupação de resolver um antigo problema não solucionado pelas propostas de classificação dos fatos geomorfológicos de Cailleux-Tricart (1965) e o esquema geral de classificação de relevo da terra de Mescerjakov (1968), que não conseguiram definir concretamente a relação de suas propostas com a cartografia das formas do relevo realmente identificadas ao se executar a cartografia geomorfológica.

[...] O que ambas classificações têm de positivo é que procuram mostrar que existe diferentes ordens de grandeza das formas do relevo e que estas grandezas têm relação com as idades das formas e com os tipos de processos atuantes. Assim, a classificação que ora se propõe é calcada fundamentalmente no aspecto fisionômico que cada tamanho de forma de relevo apresenta, não interessando a rigidez da extensão em Km², mas sim o significado morfogenético e as influências estruturais e esculturais do modelado (ROSS, 1992, p.23).

Desse modo, a taxonomia do relevo, proposta por Ross (1990, 1992 e 2001), fundamenta-se na fisionomia das formas, com base na gênese e na idade destas, afirmando-se que “quanto maior a dimensão da forma, maior é sua idade e quanto menor a dimensão, menor idade ela têm” (ROSS, 1992, p.23). Sob tais pressupostos, Ross (1992) organizou uma figura elucidativa representando os seis níveis taxonômicos propostos (figura 8).

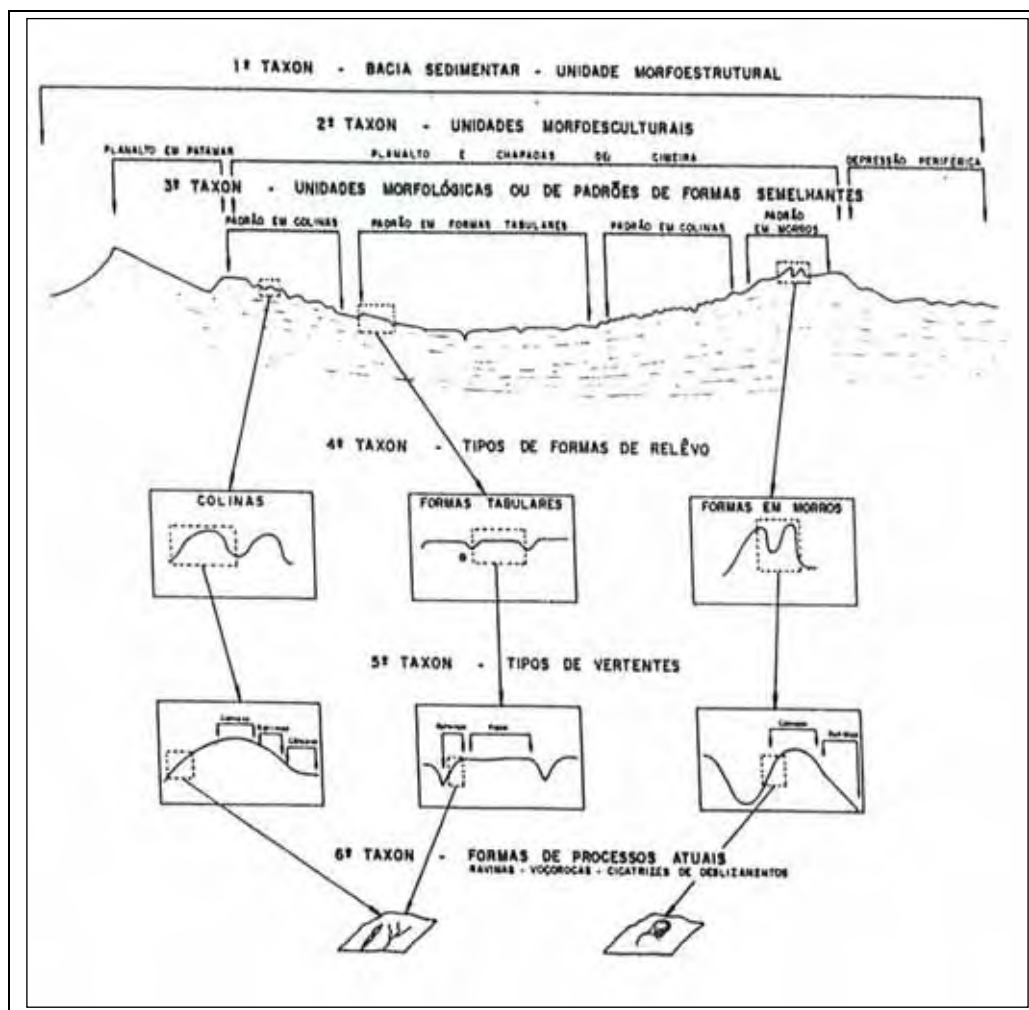


Figura 8: Níveis taxonômicos de relevo.

Fonte: ROSS (1992).

Visto isso, o 1º táxon, correspondente às unidades morfoestruturais ou macroestruturas, é identificado na imagem de radar e controlado pelo trabalho de campo ou, ainda, por cartas geológicas de qualidade, representando a maior extensão em área (ROSS, 1992 e 2001). O 2º táxon, denominada por unidades morfoesculturais estão contidas em cada unidade morfoestrutural, identificando-as também na imagem de radar e nas investigações de campo (ROSS, 1992 e 2001). O autor exemplifica tais níveis taxonômicos do relevo, registrando:

Tomando como exemplo concreto a morfoestrutura da bacia sedimentar do Paraná, pode-se encontrar nela várias unidades morfoesculturais. De imediato já se tem, baseando-se na interpretação genética, dois níveis de entendimento. O primeiro, que se caracteriza por um táxon maior, ou seja, a morfoestrutura da bacia sedimentar que pelas suas características estruturais define um determinado padrão de formas grandes do relevo. O segundo, definido por um táxon menor são as unidades morfoesculturais, geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico, no seio da morfoestrutura. Assim a unidade morfoestrutural como a bacia do Paraná pode ter várias unidades morfoesculturais como por exemplo depressões periféricas, depressões monoclinais, planaltos em patamares intermediários, planaltos e chapadas de superfície de cimeira, planaltos residuais entre outros (ROSS, 1992, p.19).

Dessa forma, o 1º e o 2º táxons da área de pesquisa, foram atribuídos, respectivamente, a Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná e a Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Paulista – Zona do Médio Tietê, embasado nos trabalhos do IPT (1981b) e de Ross e Moroz (1997).

O 3º táxon, contido nas unidades morfoesculturais, denominadas por unidades morfológicas ou dos padrões de formas semelhantes, sendo definidas pelo “conjunto de tipologias de formas que guardam entre si elevado grau de semelhança, quanto ao tamanho de cada forma e o aspecto fisionômico” (ROSS, 1992, p.26). Tais padrões de formas semelhantes apresentam diferenças entre si em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, bem como do formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão de formas (ROSS, 1992 e 2001).

Assim, para Ross (1992 e 2001), é neste táxon que se estabelecem os dados morfométricos, podendo considerar a densidade da drenagem, as declividades médias e matriz dos índices de dissecação, que compreende informações da dimensão interfluvial média, nas colunas horizontais e entalhamento médio dos vales nas colunas verticais, conforme pode ser visto na tabela 3 (p.32).

Ross (1992 e 2001) argumenta que estes padrões de formas semelhantes vão ser de duas linhagens genéticas: as formas agradacionais (acumulação), representadas pela letra símbolo “A”; e as formas de denudação (erosão), representadas pela letra símbolo “D”. Estas receberam outras letras que indicam a morfologia do topo da forma individualizada (reflexo do processo morfogenético), ao passo que as formas de acumulação recebem outras duas letras minúsculas, representando a gênese e o processo de geração da forma. A tabela 8 apresenta tais nomenclaturas.

Formas denudacionais (D)	Da – denudacional de topos aguçados Dc – denudacional de topos convexos Dt – denudacional de topos tabulares Dp – denudacional de topo plano
Formas agradacionais (A)	Apf – acumulação de planícies fluviais Apm – acumulação de planícies marinhas Apl – acumulação de planícies lacustres Atf – acumulação de terraços fluviais

Tabela 8: Padrões de formas de relevo.

Fonte: ROSS (1992 e 2001).

Nestes termos, o 3º táxon passa a ser representado na Carta Geomorfológica por conjuntos de letras-símbolo maiúsculas e minúsculas, acompanhados de um conjunto de algarismos arábicos, oriundos da matriz dos índices de dissecação (exemplificada pela tabela 3, p.32), sendo que para as formas agradacionais tais índices não são anexados. Pode-se exemplificar com o conjunto Dc 3.3, com base na tabela 3, que representa a forma denudacional de topo convexo com entalhamento de vale de índice “3” (40 a 80 m) e dimensão interfluvial de tamanho “3” (750 a 1750 m).

O 4º táxon é denominado por formas de relevo contidas de forma individualizada nas unidades morfológicas. São indicadas de maneira conjunta com o 3º táxon, ou seja, a unidade morfológica do tipo Dc 3.3 constitui-se por formas de topos convexos e vales entalhados que, individualmente, se caracterizam por colinas (ROSS, 1992 e 2001). Dessa forma, “uma unidade de padrão de formas semelhantes constitui-se por grande número de formas de relevo do 4º táxon, todas semelhantes entre si, tanto na morfologia quanto na morfometria [...]” (ROSS, 1992, p.20).

Para a área da pesquisa, o 3º o 4º táxons foram mapeados diretamente na Base Cartográfica impressa. Identificaram-se as unidades morfológicas ou os padrões de formas semelhantes mediante análise da rugosidade topográfica, com auxílio da Carta de Declividade ou Clinográfica, reconhecendo unidades denudacionais de topo convexo (Dc) e de topo plano (Dp). As unidades de agradação foram identificadas pela fotointerpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, sendo mapeadas conjuntamente às áreas de acumulação de planícies e de terraços fluviais (Aptf), já que foi impossível diferenciá-las em razão da escala das fotografias.

Posteriormente a compartimentação das unidades morfológicas, calculou-se sobre a Base Cartográfica os índices morfométricos, com informações da dimensão interfluvial média e do entalhamento dos vales, configurando a matriz dos Índices de dissecação do relevo, encontrada na Carta Geomorfológica. Em seguida, tais informações foram transferidas para o software AutoCAD Map (2004) com a vetorização na Base Cartográfica com o comando “polyline”. As 14 unidades morfológicas definidas foram nomeadas para facilitar a leitura do documento cartográfico na análise dos resultados da pesquisa.

O 5º táxon representa as vertentes ou os setores de vertentes que pertencem a cada uma das formas individualizadas do relevo. Somente pode ser representado cartograficamente em trabalhos que se utilizam de fotografias aéreas em escalas de detalhe como 1:25.000, 1:10.000 e 1:5.000 (ROSS, 1992 e 2001). Para estes casos, o autor propõe que as vertentes sejam identificadas por seus setores, podendo ser dos tipos: convexa (Vc); escarpada (Ve); côncava (Vcc); retilíneas (Vr); em patamares planos (Vpp); em patamares inclinados (Vpi); assim como para os topos, como: topos convexos (Tc), topos planos (Tp), entre outras (ROSS, 1992 e 2001).

O 6º e último táxon corresponde às formas menores produzidas pelos processos erosivos ou deposicionais atuais, que se desenvolvem por interferência antrópica ao longo das vertentes (ROSS, 1992 e 2001). Exemplifica o autor, com base nos ravinamentos, voçorocamentos, deslizamentos, corridas de lama, bancos de assoreamento, entre outros: “A representação cartográfica dessas formas de relevo só pode ser efetuada em escalas grandes, sendo possível cartografar detalhes dos fatos geomórficos identificados em fotos aéreas ou no campo” (ROSS, 1992, p.28).

Assim, o 5º e o 6º táxons na área de estudo foram mapeados baseados na fotointerpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas. No 5º táxon foram mapeadas as formas de vertentes e dos topos, sendo estas: côncavas (Vc), convexas (Vcc), retilíneas (Vr), topos convexos (Tc) e topos planos (Tp). Como 6º táxon, foram identificadas as seguintes formas de relevo: sulcos erosivos, ravinamentos, voçorocamentos, colos, linha de cumeada arredondada, linha de cumeada aguda, caimento topográfico, vales em “V”, vales em fundo chato, rápidos, rupturas topográficas, ilhas fluviais, Aptf, terraços agrícolas, cortes de estradas, aterros de estradas, drenagem canalizada, cava de mineração, retirada de material, drenagem original aterrada, drenagem pluvial, entre outros. Tais informações foram mapeadas com uso das simbologias, bem como sua organização na legenda, valendo-se da proposta de Tricart (1965).

Feito a fotointerpretação mediante uso do estereoscópio, o papel “overlay” foi escaneado para a transferência destas informações para o software AutoCAD Map (2004), utilizando-se o comando “insert - raster image”. Com o comando “align”, converteu-se a escala e georeferenciou-se as imagens com a Base Cartográfica já organizada com os 3º e 4º níveis taxonômicos. Em seguida, criaram-se as simbologias propostas por Tricart (1965), sendo vetorizadas de acordo com as informações existentes no “overlay” escaneado. A edição final da Carta Geomorfológica foi procedida no próprio software AutoCAD Map (2004).

Organizada a Carta Geomorfológica, partiu-se ao campo para aferir as informações mapeadas.

3.6. A Carta de Fragilidade Ambiental.

Conforme já mencionado, Ross (1990, 1994 e 2001), embasado no conceito de unidades ecodinâmicas de Tricart (1977), propôs as unidades ecodinâmicas instáveis, ou de instabilidade emergente, e as unidades ecodinâmicas estáveis, ou de instabilidade potencial, a serem representadas em um produto cartográfico de síntese, nomeado por Carta de Unidades de Fragilidades Potenciais e Emergentes. Tal produto cartográfico é resultado da síntese de informações adquiridas nos produtos cartográficos intermediários.

Para este trabalho, seguiu-se a proposta metodológica de Ross (1990, 1994 e 2001), sendo apenas realizadas algumas adaptações, sobretudo quanto a não utilização do conceito de instabilidade potencial, sendo utilizada apenas a classificação de instabilidade emergente, por conta de características peculiares a área de estudo.

De acordo com Ross (1994), a instabilidade emergente, ou fragilidade emergente, corresponde àquelas áreas cuja intervenção antrópica alterou significativamente o ambiente, ao passo que as áreas de instabilidade potencial, ou fragilidade potencial, foram poupadas de tal intervenção, encontrando-se em estágio natural.

Muito embora a área de estudo da pesquisa apresente pontuais fragmentos de matas, sobretudo ciliares em cabeceiras de drenagem, tais vegetações, que seriam analisadas com base no conceito de instabilidade potencial, estão envoltas, normalmente, pela monocultura da cana-de-açúcar, quando não, pela própria urbanização ou mesmo pastagens. Esta situação implica em considerável pressão das atividades antrópicas sobre tais áreas.

Assim, tendo em vista o predomínio de ambientes altamente influenciados pelas ações humanas, procurou-se analisar a área de estudo por meio da classificação hierárquica do ponto de vista da fragilidade emergente, nomeando o produto cartográfico de síntese por Carta de Fragilidade Ambiental. Quanto a esta classificação hierárquica, Matos Fiers e Ross (2008, p. 2) argumentam que:

Devido ao aprimoramento conceitual com relação às definições das unidades ecodinâmicas, Ross (1994) passou a considerar a potencialidade dos ambientes naturais e antropizados como definidora das fragilidades ambientais não mais as separando em emergente e potencial. Levando-se em consideração que por mais intocado que esteja um ambiente sempre está sendo indiretamente afetado pela ação antrópica, seja pela poluição do ar, seja pelas águas subterrâneas, entre outros.

Dessa forma, a Carta de Fragilidade Ambiental, embasada na metodologia, bem como nos procedimentos operacionais para consecução do produto cartográfico propostos por Ross (1990, 1994 e 2001), teve como procedimento de elaboração nove grandes **fases**, que estão descritas na seqüência do texto:

- A **primeira fase** correspondeu à organização de tabelas classificatórias das variáveis a serem consideradas no produto cartográfico de síntese (relevo, solos, cobertura vegetal/uso da terra e declividade), variando cada parâmetro de 1 a 5, ou seja, do mais fraco ao mais forte, ou do mais protegido para o menos protegido, no caso da cobertura vegetal e uso da terra. Assim, com base nas tabelas já apresentadas no item referente à “proposta metodológica de Ross” (2.3, p.28) e adaptações necessárias devido às peculiaridades da área de estudo, foram elaboradas as seguintes tabelas:

Variável Relevo: índice de dissecação do relevo (dimensão interfluvial média e grau médio de entalhamento dos vales), registrados na Carta Geomorfológica para cada unidade morfológica ou padrões de formas semelhantes (tabela 9). Classificação da fragilidade do relevo segundo índices morfométricos da matriz dos índices de dissecação do relevo (tabela 10).

Grau do entalhamento dos vales	Densidade de drenagem ou dimensão interfluvial média				
	MUITO BAIXA (1) > 700 m	BAIXA (2) 500 a 700 m	MÉDIA (3) 350 a 500 m	ALTA (4) 250 a 350 m	MUITO ALTA (5) < 250
MUITO FRACO (1) < 50 m	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
FRACO (2) 50 a 55 m	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
MÉDIO (3) 55 a 60 m	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
FORTE (4) 60 a 65	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
MUITO FORTE (5) >65 m	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5

Tabela 9: Matriz dos índices de dissecação do relevo do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP). Adaptado de ROSS (1994 e 2001).

1 – MUITO FRACA	1.1
2 – FRACA	2.1, 2.2, 1.2
3 – MÉDIA	3.1, 3.2, 3.3, 1.3, 2.3
4 – FORTE	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 1.4, 2.4, 3.4
5 – MUITO FORTE	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5

Tabela 10: Classificação da fragilidade do relevo segundo índices morfométricos para o setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).
Fonte: ROSS (1994 e 2001).

Variável Solo: classes de fragilidade dos solos identificados na representação cartográfica dos Dados Pedológicos (tabela 11).

CLASSES DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS
1 – Muito baixa	Latosolos Vermelho-Amarelo Álico da Unidade Serra Alta (LV-4).
2 – Baixa	
3 – Média	Podzólicos Vermelho-Escuro (PE) da Unidade Campestre; Terra Roxa Estruturada Podzólica (TEP) da Unidade Santana.
4 – Alta	Podzólicos Vermelho-Amarelo da Unidade Usina (PV-1); Podzólicos Vermelho-Amarelo da Unidade Baguari (PV-6); Podzólicos Vermelho-Amarelo da Unidade Santa Cruz (PV-9) e
5 – Muito alta	Podzólicos Vermelho-Amarelo com cascalho e/ou cascalentos (PV-11); Litólicos cacalentos (LI-1); Litólicos Eutróficos ou Distróficos (LI-2); Litólicos Eutróficos ou Distróficos (LI-3).

Tabela 11: Classes de fragilidade dos solos do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP). Adaptado de ROSS (1994 e 2001).

Variável Cobertura Vegetal e Uso da Terra: graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal e uso da terra, identificados na Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra (tabela 12).

GRAUS DE PROTEÇÃO	TIPOS DE COBERTURA
1 – Muito alta	Matas
2 – Alta	
3 – Média	Pasto Sujo; Áreas Construídas; Áreas Urbanizadas; Áreas Verdes Urbanas; Áreas Alagadas.
4 – Baixa	Pastagem; Silvicultura; Culturas de Ciclo Longo; Áreas Urbanizadas sem Infra-estrutura; Indústrias.
5 – Muito baixa	Solo exposto; Cobertura Herbácea Urbana e Peri-urbana; Mineração; Cana-de-açúcar; Cultura de Ciclo Curto.

Tabela 12: Graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal e uso da terra do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP). Adaptado de ROSS (1994 e 2001).

Variável Declividade: classes de declividade associadas aos níveis de fragilidade, identificadas na Carta de Declividade ou Clinográfica (tabela 13).

NÍVEIS DE FRAGILIDADE	CLASSES DE DECLIVIDADE (%)
1 - Muito fraca (até 6%)	< 3 3 a 6
2 - Fraca (6 a 12%)	6 a 12
3 - Média (12 a 20%)	12 a 20
4 - Forte (20 a 30 %)	20 a 30
5 - Muito forte (acima de 30%)	30 a 45 > 45

Tabela 13: Níveis de fragilidade associadas às classes de declividade do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).

Adaptado de ROSS (1994 e 2001).

- Como **segunda fase** da elaboração da Carta de Fragilidade Ambiental, no software AutoCAD Map (2004), em um único arquivo, foram sobrepostas as informações referentes às unidades morfológicas com os índices de dissecação do relevo (Carta Geomorfológica), os tipos de solos em tons de “hachura” (Dados Pedológicos) e a cobertura vegetal e uso da terra ao fundo (Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra). Essa composição de informações em um mesmo arquivo foi denominada “Base Fragilidade”. A figura 9 ilustra um pequeno setor da “Base Fragilidade”, com a composição das diferentes variáveis.

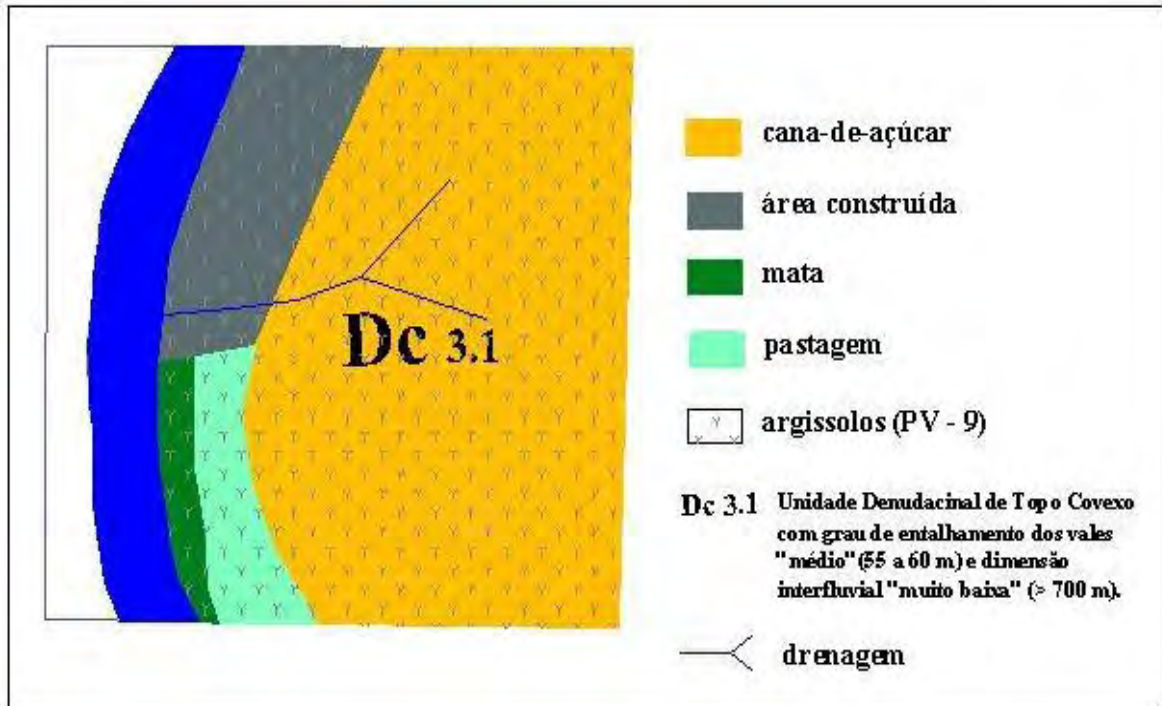


Figura 9: “Base Fragilidade”. Composição de informações – relevo/solos/cobertura vegetal e uso da terra. Organização: Silveira (2008).

- A **terceira fase** de elaboração correspondeu à delimitação das diferentes composições das variáveis registradas, ou seja, delimitar polígonos que registrassem unidades homogêneas baseadas no conjunto de informações. Tal procedimento foi realizado no software AutoCAD Map (2004) em virtude da qualidade de seu “zoom”, garantindo o detalhe dos limites identificados.

Os polígonos delimitados foram acrescidos dos números registrados nas tabelas elaboradas na primeira fase referentes a cada variável identificada (p. 61 a 63), seguindo a ordem: relevo, solos e cobertura vegetal/uso da terra. Assim, como exemplo, um determinado polígono que contivesse a seqüência numérica 3.4.5. corresponderia, respectivamente, à fragilidade “média” de relevo (parâmetros morfométricos), grau de fragilidade “forte” de solos e grau de proteção “muito baixa” quanto à cobertura vegetal e uso da terra.

Feita a compartimentação dos diferentes registros de informações, imprimiu-se esta “Base Fragilidade” somente com os “layers” ativos correspondentes aos limites e números dos polígonos de informação relevo – solos - cobertura vegetal/uso da terra, conforme ilustra a figura 10.

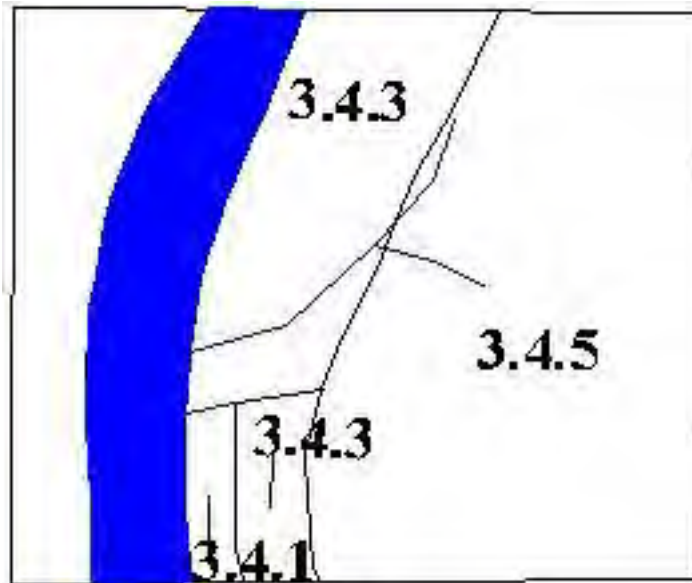


Figura 10: “Base Fragilidade” com limites e números dos polígonos de informação relevo – solos - cobertura vegetal/uso da terra.
Organização: Silveira (2008).

- A **quarta fase** de elaboração é correspondente a utilização de uma mesa de luz, quando, sob a “Base Fragilidade” (informações relevo – solos - cobertura vegetal/uso da terra) integrou-se os dados da Carta de Declividade ou Clinográfica.

Dessa forma, foi transferida para a “Base Fragilidade”, impressa na terceira fase de elaboração, mais uma informação, correspondente a classe de declividade predominante para cada polígono delimitado. Foi, portanto, acrescido mais um dígito numérico, podendo exemplificar com o polígono anteriormente citado, sendo agora classificado como 3.4.5.1. Corresponderia, então, à fragilidade “média” de relevo (parâmetros morfométricos), grau de fragilidade “forte” de solos, grau de proteção “muito baixa”, quanto à cobertura vegetal e uso da terra e nível de fragilidade “muito fraca”, quanto à declividade.

Deve-se registrar que algumas vezes foram acrescentados aos limites, anteriormente identificados na terceira fase de elaboração, novas delimitações. Isto é, foram criadas novas unidades a partir da integração da variável declive. Isso foi necessário quando se registrou uma variação muito abrupta entre classes mapeadas na Carta de Declividade ou Clinográfica no interior do mesmo polígono. No entanto, foram casos pontuais.

- Como **quinta fase** de elaboração da Carta de Fragilidade Ambiental, tomou-se como procedimento a configuração de uma planilha contendo todas as combinações das variáveis registradas na “Base Fragilidade”. Diante dos quatro dígitos levados em consideração (relevo – solos – cobertura vegetal/uso da terra – declividade), registraram-se 130 diferentes

combinações. Estas foram agrupadas conforme a somatória resultante dos quatro dígitos, variando de 7 a 20.

- A **sexta fase** correspondeu à classificação das classes de unidades de fragilidade ambiental, com base na especificidade do agrupamento dos diferentes níveis de fragilidade registrados pelas variáveis, tanto de forma quantitativa, pela somatória dos níveis de fragilidade das variáveis, quanto de forma qualitativa, baseando-se na reflexão do pesquisador sobre o significado do conjunto de informações para cada polígono. Foram definidas quatro classes de unidades de fragilidade ambiental, sendo estas: “fraca” (somatória variando entre 7 e 8); “média” (somatória variando de 9 a 11); “forte” (somatória variando de 12 a 16) e “muito forte” (somatória variando de 17 a 20). A tabela 14 representa as classes de fragilidade ambiental e suas diferentes combinações de variáveis.

CLASSES DE FRAGILIDADE AMBIENTAL	COMBINAÇÕES DAS VARIÁVEIS (relevo, solos, cobertura vegetal/uso da terra e declividade)					
FRACA	1.4.1.1	3.1.3.1	1.5.1.1	1.4.1.2		
MÉDIA	1.4.3.1	1.4.1.3	1.4.4.1	1.4.3.2	1.5.3.1	1.5.4.1
	1.4.5.1	1.4.1.5	1.4.4.2	1.5.3.2	1.4.3.3	3.4.1.1
	3.1.3.2	3.1.4.1	3.1.5.1	3.4.1.2	3.5.1.1	3.3.3.1
	3.4.3.1	3.4.1.3	3.5.1.2	4.1.4.1	4.4.1.1	4.5.1.1
	4.4.1.2	5.1.3.1	5.4.1.1	5.1.4.1		
FORTE	1.5.5.1	1.5.4.2	1.4.4.4	1.5.5.2	1.5.5.3	3.3.5.1
	3.4.4.1	3.4.3.2	3.5.3.1	3.5.1.3	3.3.4.2	3.5.1.4
	3.5.4.1	3.5.3.2	3.4.5.1	3.4.3.3	3.3.4.3	3.4.1.5
	3.4.4.2	3.4.5.2	3.5.5.1	3.5.1.5	3.4.4.3	3.5.3.3
	3.5.4.2	3.4.4.3	3.5.3.4	3.5.4.3	3.5.5.2	3.4.3.5
	3.4.4.4	3.5.3.5	3.5.5.3	4.5.1.2	4.4.3.1	4.4.4.1
	4.5.3.1	4.5.1.3	4.4.3.2	4.5.3.2	4.5.1.4	4.4.4.2
	4.5.4.1	4.4.5.1	4.4.3.3	4.3.5.2	4.5.4.2	4.4.5.2
	4.5.5.1	4.5.3.3	4.5.4.3	4.5.3.4	4.5.5.2	5.1.5.1
	5.1.4.2	5.4.1.2	5.5.1.1	5.3.3.1	5.4.3.1	5.4.1.3
	5.5.1.2	5.5.1.3	5.4.4.1	5.5.3.1	5.4.1.4	5.4.3.2
	5.4.4.2	5.4.5.1	5.4.3.3	5.5.3.2	5.4.5.1	5.5.1.4
	5.5.4.1	5.3.3.4	5.5.4.2	5.5.1.5	5.5.3.3	5.5.5.1
	5.4.4.3	5.4.5.2	5.4.3.4	5.3.5.3		
MUITO FORTE	3.5.5.4	4.5.5.3	4.5.3.5	4.5.4.4	4.5.5.4	5.5.4.3
	5.5.3.4	5.5.5.2	5.4.5.3	5.4.4.4	5.5.5.3	5.5.4.4
	5.5.3.5	5.5.4.5	5.5.5.4	5.5.5.5		

Tabela 14: Classes de fragilidade ambiental e as diferentes combinações das variáveis.
Organização: Silveira (2008).

- A **sétima fase** foi correspondente ao agrupamento na “Base Fragilidade” das classes de fragilidade ambiental, compondo suas as unidades. Este procedimento foi realizado com a utilização de diferentes lápis de cores, diferenciando cada polígono a partir de seus respectivos dígitos, colorindo-os conforme a classe pertencente.

Realizou-se, portanto, o procedimento de forma analógica, pois assim foi possível analisar qualitativamente cada polígono identificado, garantindo uma maior coerência e precisão dos dados mapeados.

- A **oitava fase**, correspondeu à vetorização das unidades de fragilidade ambiental, dispostas na “Base Fragilidade”. Primeiramente, o material analógico foi escaneado, inserindo-o posteriormente no software Auto CAD Map (2004), utilizando-se o comando “insert - raster image”. Em seguida, com a imagem escaneada ao fundo, vetorizou-se as unidades de fragilidade com o comando “polyline”. A edição para apresentação procedeu-se no próprio software.

- A **nona e última fase** de elaboração da Carta de Fragilidade Ambiental correspondeu à investida ao campo, para aferir a coerência das unidades mapeadas, além de registrar fotograficamente os fenômenos mapeados.

3.7. A Carta de Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais.

Fundamentou-se a elaboração deste produto cartográfico de síntese na proposta técnica de Moroz, Canil e Ross (1994). Estes a aplicaram em áreas de mananciais da região metropolitana de São Paulo, com o objetivo de confrontar a legislação (Lei de Proteção aos Mananciais da RMSP) com a forma de uso e ocupação, procurando obter resultados que indicassem as transgressões à lei, bem como as alterações ambientais da área (MOROZ, CANIL e ROSS, 1994).

Para isso, propuseram a elaboração de um documento cartográfico de síntese, resultante da combinação dos produtos cartográficos intermediários representados pelas Cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra (em diferentes cenários) e de Declividade ou Clinográfica, somadas às informações referentes à legislação ambiental (MOROZ, CANIL e ROSS, 1994).

Nestes termos, sua aplicação para a área do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba contou com algumas adaptações necessárias, relacionadas com a legislação ambiental considerada, com a utilização da Carta Geomorfológica como produto cartográfico intermediário e com os diferentes cenários de ocupação e uso da terra. Esta adaptação justifica-se pelo fato de a pesquisa não ter contemplado a elaboração de diferentes cenários de uso e ocupação da terra, não sendo possível apontar os usos e ocupações anteriores às legislações vigentes, conforme recomenda a proposta técnica de Moroz, Canil e Ross (1994).

Já a utilização da Carta Geomorfológica, como produto cartográfico intermediário, justifica-se pela aquisição de informações relativas às formas erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), retiradas de material, minerações e canalizações de cursos fluviais, que passaram a ser tratadas como derivações ambientais, enriquecendo o produto cartográfico de síntese. Quanto à legislação ambiental considerada para análise das transgressões, esta se justifica pelas peculiaridades da área estudada. Assim, foram consideradas as seguintes leis:

- Lei Federal 4.771/1965 - Código Florestal (BRASIL, 1965), assim como as Resoluções CONAMA (2002) 302 (que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno) e 303 (que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente). Foram considerados os seguintes artigos e incisos das mencionadas Resoluções:

Art 3º - Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:

I – trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais (CONAMA 302/2002).

Art 3º - Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

I – em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de:

a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;

b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;

II – ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que, intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte (CONAMA, 303/ 2002).

- Lei Federal 6.766/1979 - Lei Lehmann (BRASIL, 1979), e Lei Complementar Municipal 204/2007, que disciplina o parcelamento do solo no Município de Piracicaba (PIRACICABA, 2007), sendo considerado para a elaboração do documento cartográfico o seguinte artigo e inciso, registrados em seu capítulo I, Seção I:

Art 3º - Não será permitido o parcelamento do solo e implementação de condomínios:

IV – em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo atendidas as exigências específicas das autoridades competentes (PIRACICABA 207/2007).

Também no que tange a legislação ambiental, acrescentou-se no documento cartográfico produzido os limites das Macrozonas Urbanas, contidas na Lei Complementar Municipal 186/2006, que regulamenta a Revisão do Plano Diretor, em seu Título II, Capítulo I, que fixa as regras de ordenamento do território, definindo as áreas adensáveis e não adensáveis, de acordo com a infra-estrutura e a preservação do meio ambiente (PIRACICABA, 2006).

No entanto, não foi possível apontar as transgressões a essa legislação em termos específicos, pois os parâmetros urbanísticos utilizados pelo Macrozoneamento não são contemplados por essa pesquisa, como: coeficiente de aproveitamento básico, coeficiente de aproveitamento máximo, taxa de ocupação, taxa de permeabilidade, e tamanho mínimo do lote (PIRACICABA, 2006). Pôde-se apenas utilizar as informações trazidas por essa Lei,

quanto a uma breve caracterização das Macrozonas, que estão detalhadas no item “Caracterização da Área de Estudo”, (4, p.91), e relacioná-las com os resultados encontrados.

Definidos os parâmetros da legislação ambiental a serem utilizados, bem como os documentos cartográficos intermediários, representados pelas Cartas de Declividade ou Clinográfica, Cobertura Vegetal e Uso da Terra e a Geomorfológica, iniciou-se o processamento da carta síntese no software AutoCAD Map (2004). Dessa forma, para a configuração da Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba, procedeu-se por meio de 6 **fases**, descritas a seguir:

- Tomou-se como medida da **primeira fase** o armazenamento em um mesmo arquivo, salvo como Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais, das Cartas de Declividade ou Clinográfica, Cobertura Vegetal e Uso da Terra e Geomorfológica.

- A **segunda fase** correspondeu à criação da chamada zona buffer, que corresponde à faixa destinada a Áreas de Preservação Permanente.

A zona buffer compreende uma faixa desenhada ao redor das feições correspondentes a uma dada topologia, onde se pode obter uma análise espacial por meio da delimitação da largura da faixa ao redor da topologia desejada, seja esta um ponto, uma linha ou um polígono (ZACHARIAS, 2001).

Para este caso, a topologia foi representada pelas linhas dos canais de drenagem, com base nas quais foram projetadas faixas marginais (zona buffer) de 30 metros, para os canais com menos de dez metros de largura, e 50 metros, para os canais com dez a cinquenta metros de largura, representando as faixas destinadas as Áreas de Preservação Permanente. Para criação dessa zona buffer, utilizou-se o comando “Map/Topology/Create”.

Na seqüência, com o mesmo comando “Map/Topology/Create”, criou-se a zona buffer para a topologia dos reservatórios de água. Dessa forma, foram projetadas faixas marginais de 30 metros para os reservatórios urbanos e de 100 metros para os reservatórios rurais.

Por fim, na delimitação das faixas de Preservação Permanente, criaram-se as áreas destinadas às nascentes. Com o comando “circle”, projetaram-se ao redor das nascentes uma área circular com raio de 50 metros.

- Para a **terceira fase**, com o “layer” imagem da Carta de Declividade ou Clinográfica ativado, delimitaram-se polígonos em áreas com declividade acima de 30%. Foram, portanto,

vetorizadas as classes de declividade 30 a 45% e > 45% (marrom e preta), restritas ao processo de ocupação urbana.

- Na **quarta fase** foi ativado o “layer” vegetação da Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, que foi sobreposto às áreas delimitadas como de Preservação Permanente. Ou seja, o “layer” vegetação, agora de cor branca, sobreposto as Áreas de Preservação Permanente, passou a representar as áreas não transgredidas. Já as áreas não recobertas pela vegetação, nas faixas de Área de Preservação Permanente, passaram a representar as áreas transgredidas.

- A **quinta fase** correspondeu à transferência das coordenadas do perímetro urbano e dos limites das Macrozonas Urbanas, para posterior vetorização. Também correspondeu a ativação dos “layers” de interesse dos produtos cartográficos intermediários, representando as derivações ambientais pontuais (Carta Geomorfológica), convenções cartográficas e edição de legenda.

- Na **sexta e última fase** de elaboração da Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais procedeu-se a investida ao campo, para aferir a coerência das informações mapeadas, registrar fotograficamente os fenômenos mapeados, além de pontuar, por meio do GPS, outras transgressões ou derivações ambientais pontuais não mapeadas.

3.8. A Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial.

A elaboração da carta final exigiu dos pesquisadores extremo cuidado e rigor, pois esta foi sendo construída, por meio do processo de seleção e compilação das informações trazidas nos produtos cartográficos de síntese, derivados das propostas de Ross (1990, 1994 e 2001) e Moroz, Canil e Ross (1994), previamente elaborados. Dessa forma, pode-se considerar que sua elaboração foi de grande desafio para a pesquisa, e gerou novos desafios futuros, por reconhecer determinados limites em sua formulação.

Inicialmente, este produto cartográfico final, nomeado em primeira instância por Possibilidades e Restrições Físico-Ambientais e Legais a Ocupação e Uso Urbano, seria elaborado com base na compilação das informações encontradas nas Cartas de Fragilidade Ambiental e de Derivações Ambientais e Transgressões Legais. No entanto, no processo de sua elaboração, surgiram algumas modificações que devem ser notificadas.

Primeiramente, a Carta de Fragilidade Ambiental foi substituída pela Carta de Fragilidade Potencial. Esta, elaborada posteriormente a Carta de Fragilidade Ambiental, contemplou a síntese das variáveis: declividade, relevo (dissecação do relevo) e solos. Difere, portanto, da Carta de Fragilidade Ambiental, por não considerar a variável cobertura vegetal e uso da terra.

Justifica-se a alteração pelo fato da Carta de Fragilidade Ambiental apontar unidades de fragilidade, considerando o uso e ocupação atual do relevo, ou seja, é a fragilidade ambiental promovida pelo uso da terra do cenário de 2005 (Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra), associado aos condicionantes físicos (potencial físico).

Deixa-se claro que o processo histórico de uso e ocupação da terra promove em níveis diferenciados a fragilidade ambiental. Nestes termos, não foi possível considerar somente o uso atual dentro da proposta de apontamento das possibilidades ou restrições para o uso urbano, já que as suscetibilidades promovidas pelo uso e ocupação da terra derivam do processo histórico.

Para isso, seria necessário o levantamento de diferentes cenários, que possibilitassem, por exemplo, a compreensão de como determinado tempo de uso de cana-de-açúcar desestabiliza os agregados de um determinado tipo de solo e quais as respostas deste solo perante a um novo uso, ou seja, qual a possibilidade de ocupar esta área pela urbanização sem um comprometimento ambiental. Trata-se da identificação da fragilidade promovida pelo sistema antrópico real/histórica e não apenas a fragilidade promovida pela ocupação atual.

Foi reconhecido, portanto, um limite existente na pesquisa. Desse modo, adotaram-se como critério para o apontamento das áreas restritas ao uso e ocupação urbana, do ponto de vista da fragilidade, apenas as variáveis físicas, compiladas na Carta de Fragilidade Potencial.

Dessa forma, alterou-se o nome de Possibilidades e Restrições Físico-Ambientais e Legais a Ocupação e Uso Urbano para Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial. O termo “possibilidades” foi retirado da proposta do conteúdo da Carta, pelo fato de não ter sido realizado o levantamento histórico de ocupação, bem como não ser apontado, já que o projeto de pesquisa também não contemplava, as formas possíveis de ocupação. Ou seja, seria necessário apontar a morfologia do espaço urbano ideal/adequado para área com determinada fragilidade.

Porém, tais limitações não impediram a produção de um documento cartográfico final, que contivesse informações relevantes para o planejamento urbano da área de estudo. Por meio da integração das Cartas de Fragilidade Potencial e de Derivações Ambientais e Transgressões Legais, foi possível apontar áreas restritas ao processo de urbanização com base em parâmetros legais e de restrições por níveis de fragilidade potencial. O processo de elaboração foi desenvolvido de forma analógica e no software AutoCAD Map (2004), contando com as seguintes **fases**:

- A **primeira fase** de elaboração, condiz com a produção da Carta de Fragilidade Potencial. Ou seja, todos os procedimentos adotados nas fases de elaboração da Carta de Fragilidade Ambiental (3.6, p.60), também foram aplicadas para a Carta de Fragilidade Potencial, apenas não contando com as informações de cobertura vegetal e uso da terra (Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra).

Imprimiu-se novamente a “Base Fragilidade” (ver figura 10, p. 65), somente com os “layers” ativos correspondentes aos limites e números dos polígonos de informação de relevo e solos, com acréscimo dos valores de declividade.

Na seqüência, definiram-se as classes de unidades de fragilidade potencial com base na especificidade do agrupamento dos diferentes níveis de fragilidade registrados pelas variáveis. Foram definidas cinco classes de unidades de fragilidade potencial, sendo estas: “fraca” (somatória até 5, derivando em restrição à urbanização “fraca”); “média” (somatória variando de 6 a 8, derivando em restrição à urbanização “média”); “forte” (somatória variando de 9 a 11, derivando em restrição à urbanização “forte”); “muito forte” (somatória variando de 12 a 13 derivando em restrição à urbanização “muito forte”) e “extremamente forte” (somatória variando de 14 a 15, derivando em restrição “total” à urbanização).

Em seguida, procedeu-se o agrupamento na “Base Fragilidade” das classes de fragilidade potencial, compondo as unidades de fragilidade potencial. Tal procedimento foi realizado de forma analógica com a utilização de diferentes lápis de cores, diferenciando cada polígono a partir de seus respectivos dígitos, colorindo-os conforme a classe pertencente. Por fim, vetorizou-se as unidades de fragilidade potencial dispostas na “Base Fragilidade” no software Auto CAD Map (2004), compondo a Carta de Fragilidade Potencial do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba.

- A **segunda fase** correspondeu à compilação em um mesmo arquivo, salvo como Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial, das Cartas de Fragilidade Potencial e de Derivações Ambientais e Transgressões Legais.

- Como **terceira fase**, sobre as informações da Carta de Fragilidade Potencial, que registra diferentes níveis de fragilidade potencial, derivando em diferentes níveis de restrições ao uso urbano (“fraca”, “média”, “forte”, “muito forte” e “total”) ativaram-se os “layers” correspondentes às faixas destinadas as Áreas de Preservação Permanente e áreas restritas ao processo de ocupação urbana, com base nas leis contempladas pela Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais. Todos estes “layers”, juntamente com as pequenas áreas que ainda preservam fragmentos de matas, foram modificados para a cor roxa, apresentando do ponto de vista legal, restrição “total” ao processo de urbanização.

- A **quarta fase** correspondeu à ativação dos “layers” das convenções cartográficas e a edição da legenda. Com o produto cartográfico em mãos, dirigiu-se ao campo para verificar a coerência das informações e fotografar os fenômenos mapeados.

4. A CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

Piracicaba Noiva da Colina

Quando a neblina cobre o seu luar

Também te envolve neste véu macio

Que sai do rio como de um tear

(“Madrugada Piracicabana”, música de Frei Marcelino de Angatuba, 1964).

Conforme já mencionado, o setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba, área selecionada para a pesquisa, delimitada a partir das margens direita da confluência dos rios Piracicaba e Corumbataí (foto 1), do ponto de vista geomorfológico, está estabelecida na Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Paulista - na Zona do Médio Tietê, embutida na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná (ROSS e MOROZ, 1997).



Foto 1: Confluência dos rios Piracicaba e Corumbataí.
Autor: Silveira (2007).

Ab'Sáber (1969, p.2) compreende morfologicamente a Depressão Periférica Paulista “como um corredor de topografia colinosa de aproximadamente 50Km de largura, que está embutida entre a cuesta da Borda da Mata e Monte Santo e as elevações cristalinas do acidentado planalto atlântico”. Para Penteado (1976), a Depressão Periférica Paulista está esculpida predominantemente em sedimentos do Paleozóico, correspondendo a uma área deprimida embutida entre as escarpas avançadas da zona das cuestas e o planalto cristalino atlântico, com topografia pouco acidentada em uma faixa de cerca de 450 quilômetros de comprimento, de norte a sul, e de aproximadamente 100 quilômetros de largura média.

Nesta Província, destaca-se a ocorrência de seqüências sedimentares infra-basálticas, Paleozóicas e Mesozóicas, incluindo áreas descontínuas de corpos intrusivos, sob forma de diques e *sills* de diabásio, predominando relevos de colinas amplas, colinas médias e, em menor quantidade, morrotes alongados e espigões (IPT, 1981b). Almeida (1964), compartimentando o relevo paulista, subdividiu a Província da Depressão Periférica em três Zonas, sendo a do Médio Tietê, do Mogi-Guaçu e do Paranapanema, delimitadas segundo os divisores de água desses rios, estando a área desta pesquisa, conforme já explicitado, calcada na primeira zona citada.

Para Almeida (1964), a Zona do Médio Tietê é coberta por uma rede de drenagem bastante organizada, em que se destacam o Tietê e seus dois principais afluentes, o Piracicaba e o Sorocaba. O padrão geral da drenagem é dendrítico, notando-se algum controle estrutural a partir de diáclases e da presença de corpos litológicos mais resistentes, sobretudo o diabásio (ALMEIDA, 1964). Apresenta formas de relevo denudacionais com modelado constituído especialmente por colinas de topos amplos tabuliformes e convexos (ROSS e MOROZ, 1997).

De acordo com o mapa geomorfológico do estado de São Paulo, elaborado pelo IPT (1981b), o setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba fica caracterizado majoritariamente pela presença de *colinas médias*. Encontram-se margeando o vale do rio Corumbataí (extremo leste da área), *morrotes alongados e espigões*. Tais formas de relevo e algumas de suas características foram definidas pelo IPT (1981b) em sua legenda como:

- *Colinas médias*: predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 Km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos e retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (IPT, 1981b).

- *Morrotes alongados e espigões*: predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de alta e média densidade, com padrão dendrítico e vales fechados (IPT, 1981b).

Para o mapa geomorfológico do Estado de São Paulo elaborado por Ross e Moroz (1997), o setor noroeste piracicabano caracteriza-se pela presença de *colinas de topos amplos e convexizados* classificando este setor de acordo com os níveis de fragilidade potencial, em *alta fragilidade*. Compreendem os autores como *alta fragilidade potencial*, as formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, com alta densidade de drenagem; áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas. Na matriz dos índices de dissecação, registram-se valores para dimensão interfluvial média, variando entre 250 a 750 m, identificada como *pequena*, enquanto para o grau de entalhamento dos vales, registraram-se valores inferiores a 20 m, o classificando como *muito fraco* (ROSS e MOROZ, 1997).

Em termos geológicos, a área pesquisada situa-se na borda nordeste da Unidade Geotectônica da Bacia Sedimentar do Paraná, estabelecida a partir do Devoniano Inferior/Siluriano sobre a Plataforma Sul-Americana. Tal Bacia, com subsidência oscilatória por milhares de anos, acumulou grande espessura de sedimentos, lavas basálticas e sills de diabásio (IPT, 1981a).

A partir de consultas a diversos trabalhos, como os do IGG (1966), IPT (1981a), Sepe (1990), Souza (2002) e, sobretudo, IPT (1980), aferindo em campo tais informações, foram identificadas e cartografadas as formações geológicas aflorantes no setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (figura 11). Dessa forma, afloram litologias Paleozóicas do Grupo Passa Dois, Mesozóicas do Grupo São Bento e Cenozóicas.

O Grupo Passa Dois se faz presente com as Formações Iratí e Corumbataí, ambas datadas do Permiano Superior. A Formação Iratí (foto 2) aflora margeando longitudinalmente o extremo leste da área de estudo, nas vertentes e vales drenados para o rio Corumbataí. Identifica-se pela presença de “siltitos, argilitos e folhelhos sílticos de cor cinza clara a escura, folhelhos pirobetuminosos, localmente em alternância rítmica com calcários areno silicificados e restritos níveis conglomeráticos” (IPT, 1981a, p.48).

FORMAÇÕES GEOLÓGICAS DO SETOR NOROESTE DO SÍTIO URBANO DE PIRACICABA (SP)

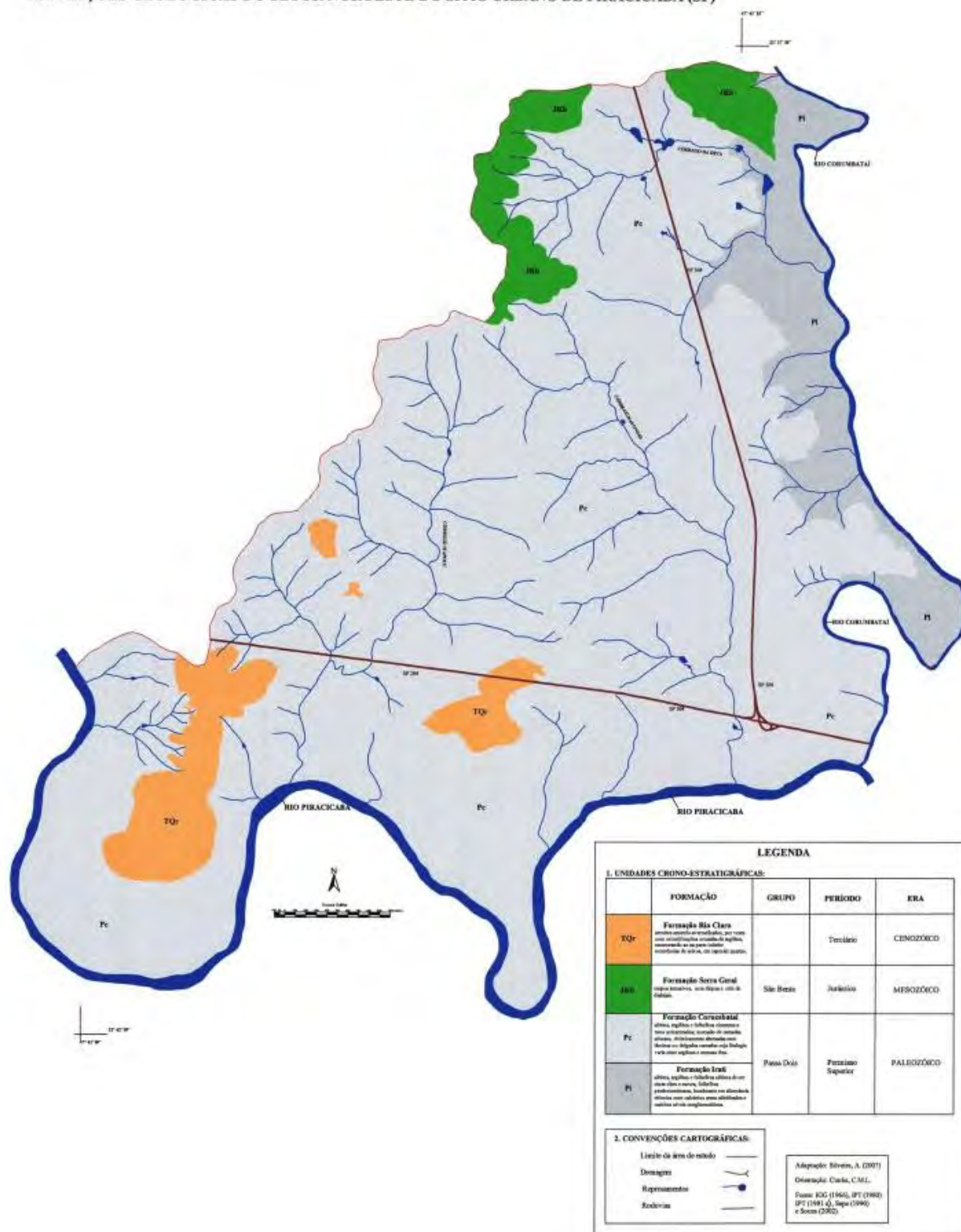


Figura 11: Formações Geológicas do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).



Foto 2: Formação Iratí, aflorando no extremo norte da área de estudo.

Autor: Silveira (2007).

Caracteriza-se por estar sobreposta discordantemente pelos sedimentos da Formação Tatuí, subdividindo-se nos membros Taquaral e Assistência. O membro Taquaral é composto por folhelhos cinza dispostos na base da Formação, enquanto na parte superior encontram-se intercalações de calcário dolomítico e folhelho preto pirobotuminoso do membro Assistência (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996). Relevância econômica é dada à extração de calcário dolomítico, destinado para correção de acidez do solo na agricultura, além da importância geológica pela ocorrência de fósseis mesossaurídeos, diagnóstico de ambientes marinhos, em tempos pretéritos (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996).

Dominante na área de estudo, a Formação Corumbataí (foto 3) esta sobreposta concordantemente a Formação Iratí, apresentando em “sua parte inferior, siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos a roxo acinzentado [...]. Segue-se uma sucessão de camadas siltosas, ritmicamente alternadas com lâminas ou delgadas camadas cuja litologia varia entre argilosa e arenosa fina [...]” (IPT, 1981a, p.61). Os sedimentos desta Formação constituem-se na matéria prima de diversas olarias e cerâmicas da região, assim como evidenciam ambientes marinhos costeiros pantanosos e eventualmente lacustres, que se formaram há aproximadamente 230 milhões de anos (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996).



Foto 3: Formação Corumbataí, em corte na rodovia SP-304.

Autor: Silveira (2007).

Já a Formação Serra Geral, datada do Jurássico, representante do Grupo São Bento, é constituída pelos basaltos toleíticos entre os quais se intercalam arenitos da Formação Botucatu, associados a corpos intrusivos de mesma composição, constituindo, sobretudo, diques e *sills* de diabásio, respectivamente, em forma discordante e concordante em relação às camadas da rocha hospedeira (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996). Os *sills* são muito freqüentes na depressão periférica, enquanto os diques encontram-se por todo o Estado de São Paulo, penetrando nas rochas sedimentares da Bacia ou nas cristalinas pré-cambrianas (IPT, 1981a).

Tais corpos intrusivos, dominados por intrusões de diabásio, registram ocorrência na área da pesquisa no setor noroeste da área, na alta e baixa bacia do córrego da Reta (foto 4). Quando em formas concordantes, tais corpos localizam-se comumente no contato basal das Formações Corumbataí, Iratí e Pirambóia (COTTAS, 1983). Tem relevância econômica para o setor da construção civil, sendo utilizado na fabricação do concreto, no substrato de pavimentação asfáltica, como lastro de ferrovias, nas calçadas portuguesas, entre outras (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996).



Foto 4: Setor de nascente do córrego da Reta (alta bacia), onde registram-se as intrusões de diabásio da Formação Serra Geral. Acima, do lado esquerdo da foto, registra-se a presença de uma extração desta rocha.

Autor: Silveira (2007).

Quanto à sedimentação Cenozóica, datada do Terciário, aflora em setores de interflúvios que drenam para o rio Piracicaba e afluentes, a chamada Formação Rio Claro. Esta é composta por arenitos de várias classes granulométricas, amarelo-avermelhados, friáveis, por vezes com estratificações cruzadas e níveis centimétricos a decimétricos de argilitos, comumente encontrando-se na parte inferior da unidade, ocorrências de seixos, em especial de quartzo (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996). Pode estar sobreposta as Formações Corumbataí (foto 3), Pirambóia e Iratí (foto 2), tendo sido depositada em ambiente continental fluvial de clima semi-árido (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996).



Foto 5: Formação Rio Claro transicionando com a Formação Corumbataí em corte da rodovia SP-304.
Autor: Silveira (2007).

Sobre as litologias mencionadas, estão sobrepostos solos representados na figura 12, identificados a partir do mapeamento elaborado pelo IAC (1989) e nos trabalhos derivados deste, como o de Sparovek e Lepsch (1998) e Oliveira (1999). Feito diversos trabalhos de campo para aferir as informações encontradas, bem como para garantir a veracidade dos registros cartografados na escala da Base Cartográfica, tais informações pedológicas foram atualizadas seguindo a classificação da EMBRAPA (1999), estando contidas nas classes dos Argissolos, Neossolos e Latossolos.

SOLOS DO SETOR NOROESTE DO SÍTIO URBANO DE PIRACICABA (SP)

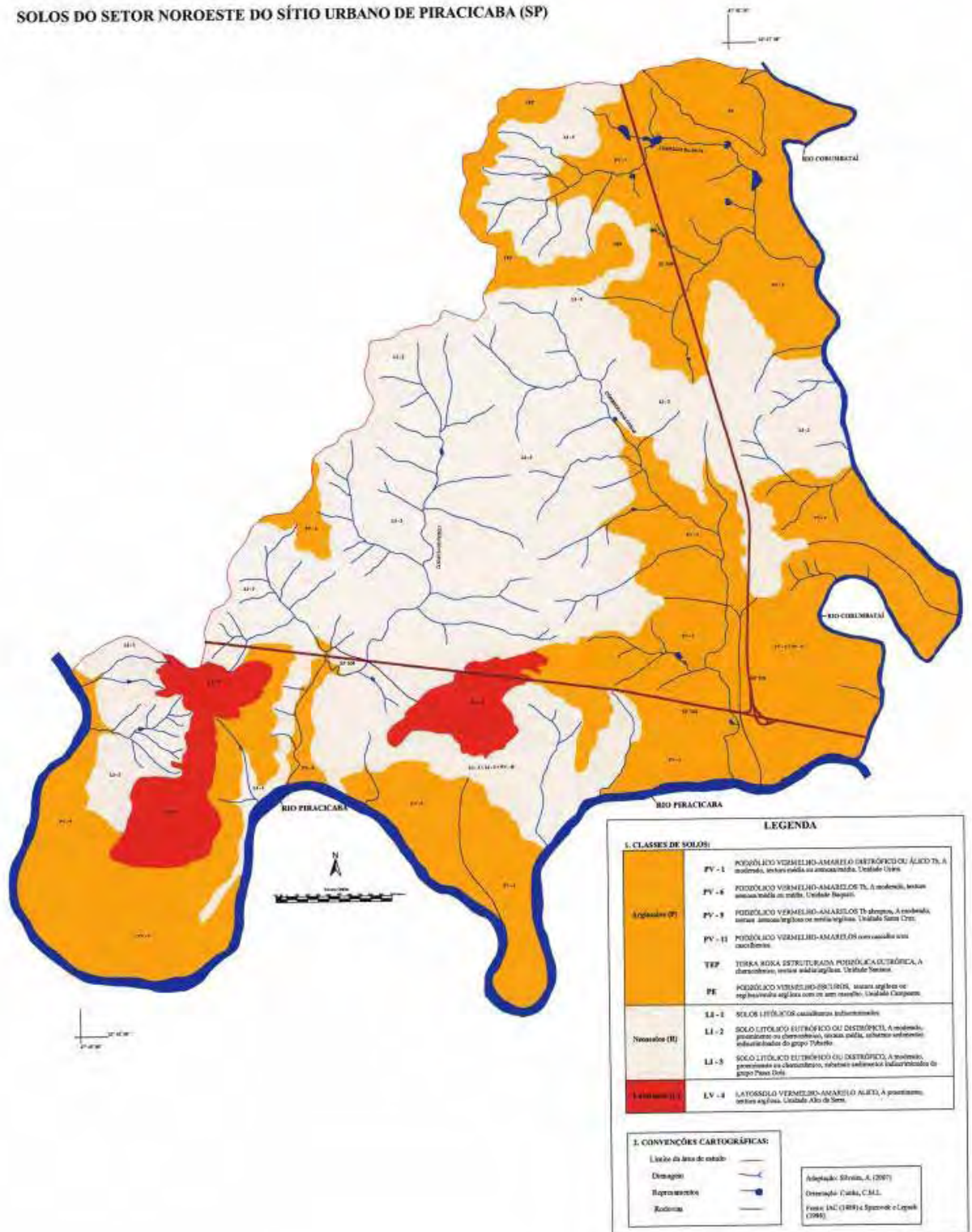


Figura 12: Solos do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).

Constituem-se os Argissolos (foto 6) de material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. “São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e, mais raramente, brunadas ou acinzentadas” (EMBRAPA, 1999, p.83). Dessa forma, para a área de pesquisa, ficaram enquadrados na classe dos Argissolos, os solos anteriormente classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelo (Unidade Usina - PV-1), Podzólicos Vermelho-Amarelo (Unidade Baguari - PV-6), Podzólicos Vermelho-Amarelo com cascalho e/ou cascalhentos (PV-11), Podzólicos Vermelho-Escuro (Unidade Campestre - PE) e a Terra Roxa Estruturada Podzólica (Unidade Santana - TEP) (IAC, 1989).



Foto 6: Argissolos expostos em estrada de terra paralela ao rio Corumbataí. Diferença marcante entre os horizontes A e B.
Autor: Silveira (2007).

Os Podzólicos Vermelho-Amarelo compreendem solos com “distinta individualização de horizontes, decorrente de acentuada diferença em textura, cor ou estrutura. Apresentam horizonte B textural e a seguinte seqüência de horizontes: A, E (pode faltar), Bt e C” (OLIVEIRA, 1999, p.63).

Os Podzólicos Vermelho-Amarelo, da Unidade Usina (PV-1), encontrados na baixa bacia do córrego das Ondas e na área de confluência dos rios Piracicaba e Corumbataí, caracterizam-se por solos com fraca diferenciação entre os horizontes, muitas vezes podendo confundi-los, à primeira vista, com os Latossolos Vermelho-Amarelo (OLIVEIRA, 1999).

Mesmo assim, apresentam horizontes A moderado de textura arenosa e horizontes Bt, pouco evidente, com riscos moderados em relação à erosão (OLIVEIRA, 1999).

Já os Podzólicos Vermelho-Amarelo, da Unidade Baguari (PV-6), que se registram apenas em um setor de média e baixa vertente que drena para o rio Piracicaba, caracterizam-se por serem provavelmente formados em sedimentos fluviais dos rios Piracicaba e Tietê, com textura contrastante entre os horizontes A e Bt podendo ocorrer mudança estrutural abrupta; estão presentes em relevo aplainado ou levemente ondulado o que dificulta o processo erosivo, contudo, são solos que apresentam gradiente textural significativo necessitando de práticas conservacionista (OLIVEIRA, 1999).

Destacando-se pela presença significativa pela área de estudo, os Podzólicos Vermelho-Amarelo da Unidade Santa Cruz (PV-9), caracterizam-se por serem profundos a muito profundos, no entanto, com espessura do solum raramente ultrapassando 150 cm (ao solum se segue o horizonte C com mais de 50 cm de espessura) (OLIVEIRA, 1989). Apresentam “textura média na camada superficial, sendo a classe areia fraca a mais comum com teor médio de argila de 21g/kg. No horizonte Bt, há um substancial acréscimo de argila que se reflete no valor médio de 49 g/kg” (OLIVEIRA, 1999, p.94). Dessa forma, a “relação textural acentuada e o relevo relativamente movimentado, no qual maior parte desses solos se distribui na folha Piracicaba, indicam tratar-se de solos com sérias limitações quanto à erodibilidade” (OLIVEIRA, 1999, p.96), ou seja, solos com baixa a muito baixa resistência à erosão (OLIVEIRA, 1999).

Os Podzólicos Vermelho-Amarelo com cascalho e/ou cascalhentos (PV-11), ocorrendo apenas em um pequeno fragmento de vertente que drena para o rio Piracicaba, ainda associado a solos Litólicos (LI-1 e LI-2), são profundos, bem drenados a moderadamente drenados, com textura franco-arenosa na camada superficial e argilosa e franco-argilo-arenosa, na subsuperficial, apresentando, alguns destes, mudança textural abrupta (OLIVEIRA, 1999). “Tal distribuição granulométrica permite relacioná-los, especialmente aqueles que apresentam mudança textural abrupta, aos que apresentam erodibilidade média à acentuada” (OLIVEIRA, 1999, p.105).

Já os Podzólicos Vermelho-Escuro (PE) são caracterizados como “solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas” (OLIVEIRA, 1999, p.106), característica esta que os enquadraram na classe dos Argissolos estabelecida pela EMBRAPA (1999). Os Podzólicos Vermelho-Escuro, existentes em um pequeno fragmento no setor noroeste da área de estudo, correspondem a Unidade Campestre. Tal Unidade apresenta gradiente textural relativamente baixo, não ocorrendo mudança textural abrupta entre os

horizontes, tendo o Bt coloração avermelhado-escuro, comumente com presença de “bonecas” de sílex (associados à Formação Iratí) (OLIVEIRA, 1999). “Como são solos, em geral, com baixa relação textural ($< 1,2$) e situados em relevo relativamente pouco movimentado apresentam limitações ligeiras a moderadas quanto à erodibilidade (OLIVEIRA, 1999, p.110).

A Terra Roxa Estruturada Podzólica (TEP), compreende solos intermediários entre a própria Terra Roxa estruturada e os Podzólicos Vermelho-Escuros, com apreciável diferença textural entre os horizontes A e Bt (OLIVEIRA, 1999), o que levou a incluí-la, conforme classificação da EMBRAPA (1999), na classe dos Argissolos. Na área de estudo, encontram-se no setor noroeste, nas cabeceiras de drenagem do córrego da Reta, atrelados a Unidade Santana. Esta é resultante do intemperismo das rochas intrusivas básicas (*sills* de diabásio) e rochas sedimentares da Formação Corumbataí (OLIVEIRA, 1999). “Apesar de não demonstrarem diferença textural abrupta [...] demanda cuidados especiais com respeito à sua conservação” (OLIVEIRA, 1999, p.129).

Já os Neossolos (foto 7) são constituídos por material mineral, de pouca espessura com “pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário” (EMBRAPA, 1999, p.94). Em relação aos Neossolos existentes na área de estudo, ficaram incluídos nesta classe, os solos anteriormente classificados como Litólicos cacalientos (LI-1) e Litólicos Eutróficos ou Distróficos (LI-2), associados aos Podzólicos Vermelho-Amarelo com cascalho e/ou cascalientos (PV-11), que estão reduzidos a um pequeno setor em vertente que drena para o rio Piracicaba; e, em grande maioria, dominando grande parte da área de estudo, registram-se os Litólicos Eutróficos ou Distróficos (LI-3) (IAC, 1989).

São solos rasos relacionados diretamente com o material subjacente, com espessura inferior a 50 cm, comumente com seqüência dos horizontes A, C e Cr (OLIVEIRA, 1999). “Essa condição limita seu uso com agricultura devido ao reduzido volume de terra disponível para o ancoramento das plantas e para retenção da umidade e, além disso, favorece a erodibilidade das terras” (OLIVEIRA, 1999, p.163).



Foto 7: Neossolos em vertente que drena para o rio Piracicaba, demonstrando a pequena expressão dos processos pedogenéticos.

Autor: Silveira (2007).

Diferentemente dos Neossolos, os Latossolos (foto 8) são compreendidos como solos “em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo” (EMBRAPA, 1999, p.91). São típicos das regiões equatoriais, tropicais, e subtropicais, distribuídos por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 1999).

Para a classe dos Latossolos da área de estudo, que se apresentam em interflúvios que drenam para o rio Piracicaba e afluentes, foram incluídos os solos anteriormente denominados por Latossolos Vermelho-Amarelo, álico, da Unidade Serra Alta (LV-4) (IAC, 1989). Tais solos são profundos, friáveis e porosos, com horizonte A proeminente e horizonte B de textura argilosa “leve” (OLIVEIRA, 1999). “É possível, contudo, que o maior conteúdo de argila confira-lhes uma resistência à erosão e uma capacidade absorviva ligeiramente superiores a dos Latossolos de textura mais grosseira” (OLIVEIRA, 1999, p.46).



Foto 8: Latossolos encontrados em setor de topo de interflúvio no extremo oeste da área de estudo. Solos evoluídos, em avançado estágio de intemperização.
Autor: Silveira (2007).

As condições pedológicas mencionadas estão sujeitas, conforme dados obtidos por Silva e Pfeifer (1998) para o período de 1985 a 1994, a um regime pluviométrico de duas estações bem definidas, uma chuvosa de verão, que se estende de outubro a abril e outra, seca de inverno, se estendendo de maio a setembro. O mês de agosto é o mais seco, com precipitação média de 30 mm e março é o mais chuvoso, com média de 221 mm de chuva. A precipitação média anual é de 1.374 mm. Os autores ainda indicam que o mês de janeiro é o mais quente, com temperatura média de 25,1° C e julho é o mês mais frio, com temperatura média de 17,5° C, tendo uma média anual de 22,1° C (SILVA e PFEIFER, 1998).

Thornthwaite e Mather (1955, citado por INSTITUTO FLORESTAL, 1999), apresentando gráfico do balanço hídrico da região de Piracicaba (Figura 13), registraram os meses de julho a outubro como o período de deficiência hídrica, com valor de 18 mm, enquanto o excedente hídrico nos meses decorrentes atingiu o valor de 276 mm. Dessa forma, de acordo com a classificação de Köppen, a região de Piracicaba, onde se insere a área de estudo, apresenta um clima do tipo Cwa, caracterizando-se como mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (INSTITUTO FLORESTAL, 1999).

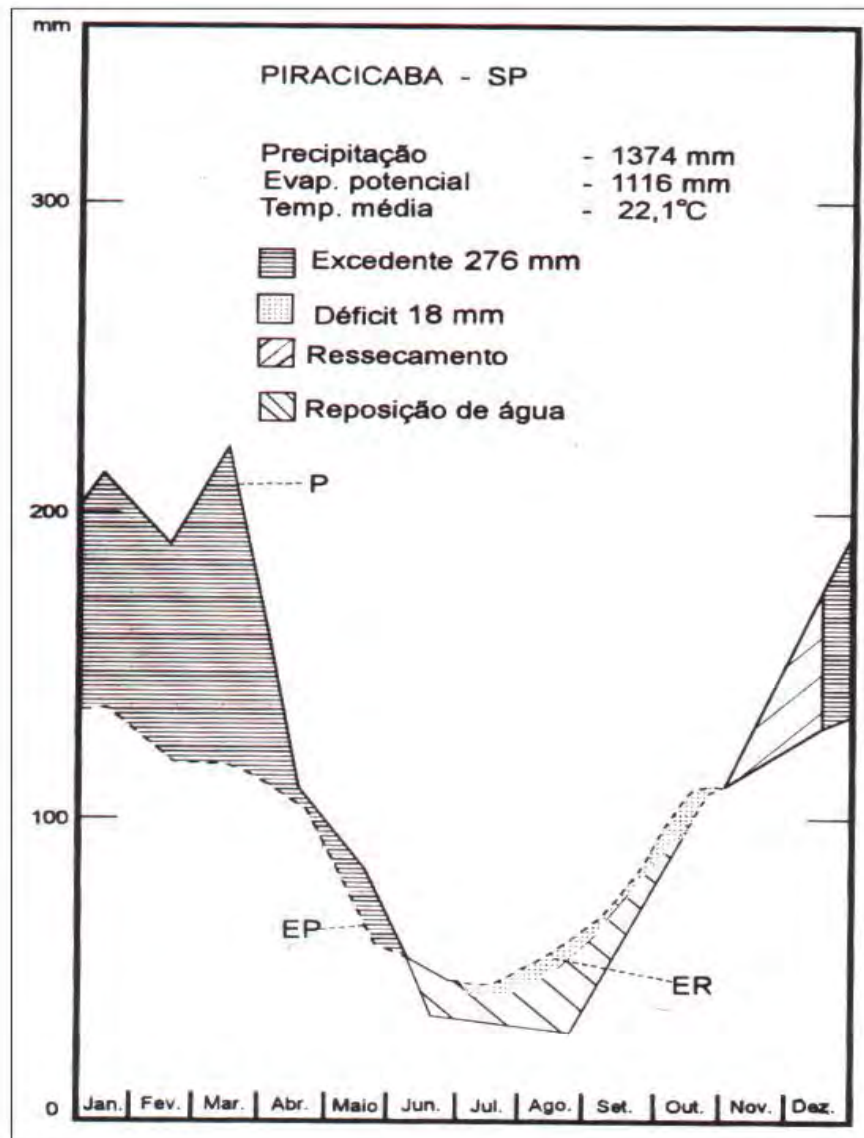


Figura 13: Balanço Hídrico da Região de Piracicaba (SP) (Thornthwaite e Mather, 1955).
 Fonte: INSTITUTO FLORESTAL (1999).

Tais condições físicas apresentadas até este momento, compreendendo o sistema natural, estão submetidas à ação permanente do sistema antrópico. De forma geral, o setor noroeste do sítio urbano piracicabano, diagnosticado pelos Planos Diretores (PIRACICABA, 1991 e PÓLIS, 2003) como um eixo de expansão da cidade, está ocupado, evidentemente, pela urbanização, bem como e em grande maioria, nos arredores da área urbanizada, pela presença da monocultura canvieira, como demonstra a foto 9.



Foto 9: Setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba. Córrego das Ondas envolto por cana-de-açúcar. Na parte superior da foto, a cidade de Piracicaba e seu eixo noroeste expansivo.
Autor: Silveira (2008).

No que diz respeito ao setor urbanizado, o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município, aprovado em 2007 nos termos da Lei Complementar Municipal 186/2006 (PIRACICABA, 2006), consolidou com base na proposta de Macrozoneamento Urbano (PÓLIS, 2003), as seguintes Zonas Urbanas na área de estudo: Adensamento Prioritário (ZAP), Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA), Especial de Interesse Ambiental (ZEIA) e Especial de Urbanização Específica Itaperú (ZEUE) (figura 14).

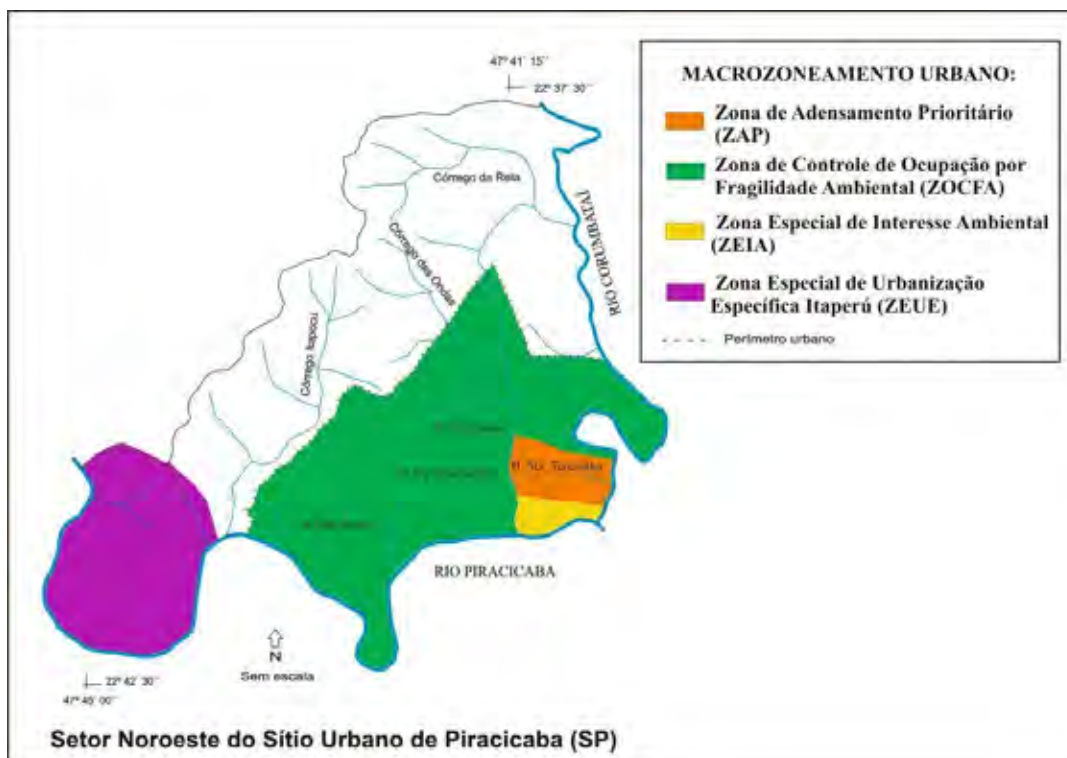


Figura 14: Macrozonamento Urbano de Piracicaba (SP).

Fonte: PÓLIS, 2003.

Adaptação: Silveira, A (2009).

A constituição destas Zonas tem por objetivo o incentivo, a coibição ou a qualificação do processo de expansão territorial, procurando compatibilizar a capacidade de infra-estrutura e a proteção ao meio ambiente, ordenando o processo de expansão territorial (PIRACICABA, 2006). Dessa forma, o Macrozonamento, bem como as Zonas atreladas a área de estudo, foram atribuídas no Título I (Do Ordenamento Territorial), Capítulo I (Do Macrozonamento) e Capítulo II (Das Zonas Especiais) da Lei Complementar Municipal 186/2006 (PIRACICABA, 2006), como:

Macrozonamento Urbano:

Art. 31 - O Macrozonamento fixa as regras fundamentais de ordenamento do território, definindo as áreas adensáveis e não adensáveis, de acordo com a capacidade de infra-estrutura e a preservação do meio ambiente (PIRACICABA, 2006, p.11).

Zona Adensamento Prioritário (ZAP):

Art. 36 – A Zona Adensamento Prioritário (ZAP) é a região mais consolidada da cidade que não apresenta fragilidade ambiental e possui as melhores condições de infra-estrutura (água e esgoto), acesso a transporte, lazer, educação e cultura (PIRACICABA, 2006, p.13).

Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA):

Art. 49 – A Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA) é composta por áreas do território que embora possuam condições de infra-estrutura, apresentam fragilidades ambientais, com solo sujeito a altos índices de erosão, não recomendáveis para o adensamento populacional (PIRACICABA, 2006, p.16).

Zona Especial de Interesse Ambiental (ZEIA):

Art. 88 – A Zona Especial de Interesse Ambiental (ZEIA) é constituída por áreas públicas ou privadas destinadas à proteção e recuperação da paisagem e do meio ambiente (PIRACICABA, 2006, p.26).

III – ZEIA Beira Rio – áreas públicas ou privadas, de uso residencial e não residencial não incomodo, ao longo do Rio Piracicaba, cujas funções são proteger as características ambientais existentes e oferecer espaços públicos adequados e qualificados ao lazer da população (PIRACICABA, 2006, p. 26).

Zona Especial de Urbanização Específica (ZEUE):

Art. 98 – A Zona Especial de Urbanização Específica (ZEUE) é constituída por porções do território, localizadas na Macrozona Rural, destinadas à regularização fundiária, urbanização dos loteamentos clandestinos e implantação dos distritos industriais, os quais, a partir de sua delimitação e aprovação por lei complementar, se enquadrarão no disposto do art. 3º da Lei Federal nº 6766 de 19 de dezembro de 1979 (PIRACICABA, 2006, p.27).

Art. 105 – Fica criada a Zona Especial de Urbanização Específica do Itaperú, situada no Distrito de Artemis, neste Município [...] (PIRACICABA, 2006, p.29).

Art. 106 – Aplicar-se-ão para a Zona de Urbanização Específica ora criada os dispositivos constantes da Zona Especial Industrial e da Lei de Uso e Ocupação do Solo (PIRACICABA, 2006, p.29).

Art. 64 – A Zona Especial Industrial é constituídas por áreas destinadas à instalação de indústrias incompatíveis com o uso residencial (PIRACICABA, 2006, p.21).

Apresentado as informações referentes à caracterização da área de estudo, estas vieram a ser discutidas juntamente aos resultados encontrados por esta pesquisa, dispostos na seqüência do texto.

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO SETOR NOROESTE DO SÍTIO URBANO DE PIRACICABA – UMA ABORDAGEM GEOGRÁFICA.

Os dilemas envolvidos nas decisões sobre as questões ambientais podem ser mais adequadamente delineados e avaliados, estabelecendo bases para as tomadas-de-decisão, quando há disponibilidade de fundamentação baseada no uso do conhecimento geográfico sobre o meio ambiente e sobre as organizações espaciais (CHRISTOFOLETTI 1993, p.2).

O diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba, ao pretender compreender a relação estabelecida entre o sistema natural e o sistema antrópico, que resulta em diversos padrões de organizações espaciais, por meio da análise dos resultados encontrados nos documentos cartográficos elaborados, foi organizado em três associadas temáticas, na tentativa de compor um diagnóstico ambiental detalhado de abordagem geográfica integrada.

A primeira faz referência à análise dos produtos cartográficos intermediários, a partir das unidades morfológicas definidas na Carta Geomorfológica, reunindo-se as informações de relevo, litologia, solos, declividade, cobertura vegetal e uso da terra e clima, compondo uma análise com ênfase aos aspectos geomorfológicos (5.1).

A segunda temática deriva da análise da Carta de Fragilidade Ambiental, procurando avaliar de forma sintética as variáveis naturais e antrópicas, espacializando os níveis de fragilidades emergentes, tratadas como ambientais derivadas desta relação. Tratou-se da análise empírica da fragilidade ambiental (5.2).

Na terceira e última temática, concluindo a análise dos resultados a partir da leitura dos documentos cartográficos elaborados, procurou-se realizar uma análise das transgressões relativas à legislação ambiental, bem como das derivações ambientais resultantes do processo de contribuição dessas intervenções, além de a análise das áreas com diferentes níveis de restrições para futuras ocupações urbanas. Trata-se das restrições ao processo de urbanização, com base em parâmetros de fragilidade potencial, ou seja, a fragilidade do meio natural (sistema natural), bem como as restrições a este processo devido às leis ambientais selecionadas. As Cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais, assim como de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial foram os documentos utilizados para a promoção desta análise espacializada (5.3).

5.1 Análise dos Produtos Cartográficos Intermediários do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba: ênfase aos aspectos geomorfológicos.

Entre a glória de pôr o pé no cimo de uma montanha onde nenhum pé humano jamais pisou e a honra de me servir do meu cérebro para fornecer uma descrição melhor de uma montanha já conhecida de longa data, não hesito: escolho a última (WILLIAN MORRIS DAVIS citado por AB'SÁBER em sua tese de doutorado, 1957).

O setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba foi compartimentado na Carta Geomorfológica (figura 15) em 14 grandes unidades morfológicas denudacionais (Dc e Dp) e nas unidades agradacionais ou de acumulação (Aptf), que correspondem ao 3º táxon proposto por Ross (1990 e 1992). Para facilitar a leitura conjunta dos resultados obtidos com os produtos cartográficos intermediários, tais informações serão discutidas com base nessas unidades, seguindo a lógica sequencial da fragilidade do relevo, embasado na matriz dos índices de dissecação, de “muito baixa” a “muito forte”. Dessa forma, segue a análise das informações trazidas pelos produtos cartográficos intermediários por meio das seguintes unidades morfológicas:

- Setor de Confluência dos Rios Piracicaba e Corumbataí (Dc 1.1);
- Setor de Interflúvios drenados pelo Rio Corumbataí e Afluentes (extremo norte da área de estudo) (Dc 1.3);
- Setor de Topos e Vertentes Convexizadas do Rio Piracicaba (extremo oeste da área de estudo) (Dc 3.1);
- Setor de Topos Planos e Altas Vertentes do Rio Piracicaba e Afluentes (Dp 3.2);
- Setor drenado pelo Córrego das Ondas e Afluentes e Médias Vertentes do Córrego da Reta e Afluentes (Dc 2.4);
- Setor de Médias Vertentes do Rio Piracicaba e Afluentes (Dc 4.4);
- Setor drenado pelo Córrego Itapocu e Afluentes (Dc 4.4);
- Setor de Topos e Altas Vertentes Convexizadas dos Interflúvios dos Córregos das Ondas-Itapocu-Reta (Dc 2.5);
- Setor de Baixas Vertentes do Rio Piracicaba e Afluentes (Dc 5.2);
- Setor de Interflúvios Médios do Rio Piracicaba (Dc 5.3);
- Setor de Interflúvios Extensos de Afluentes da Margem Direita do Córrego das Ondas (Dc 5.3);
- Setor de Interflúvios Dissecados de Afluentes do Rio Piracicaba (Dc 4.5),

- Setor de Interflúvios Dissecados da Margem Direita do Córrego Itapocu e Afluentes (Dc 4.5);
- Setor de Interflúvios Dissecados dos Afluentes do Rio Corumbataí (Dc 5.5).

Culmina-se a análise dos resultados desta primeira temática com os Setores de Agradação ou Acumulação (Aptf).

O Setor de Confluência dos Rios Piracicaba e Corumbataí (Dc 1.1), corresponde à unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “muito fraco” (< 50 m) e dimensão interfluvial média “muito baixa” (> 700 m), caracterizando-se na matriz dos índices de dissecação por fragilidade do relevo “muito fraca” (ver tabelas 9 e 10, p.61).

Apresenta, conforme demonstrado pela Carta de Declividade ou Clinográfica (figura 16), declividades, variando em grande maioria entre as classes categorizadas por fragilidade “muito fraca” (< 3% e entre 3 a 6%) (ver tabela 13, p.63), salvo alguns setores de cabeceira de drenagem de afluentes da margem direita do rio Corumbataí. Constitui-se, de forma geral, mediante as variáveis morfométricas, um Setor de interflúvios extensos, com baixo entalhamento dos vales e declives suavizados.

Do ponto de vista litológico aflora, predominantemente, a Formação Corumbataí, ocorrendo no extremo leste do Setor, nas vertentes que drenam para o rio Corumbataí, afloramentos da Formação Iratí (ver figura 11, p.78). A primeira apresenta sucessão de camadas siltosas, ritmicamente alternadas com lâminas ou delgadas camadas, cuja litologia varia entre argilosa e arenosa fina, enquanto a segunda é composta por dois membros, por folhelhos cinza dispostos na base da Formação e por intercalações de calcário dolomítico e folhelho preto pirobotuminoso na parte superior (IPT a, 1981). Ambas, pela presença de fácies diferenciadas de materiais de composição, apresentam fragilidade erosiva.

Sobre tais litologias, encontram-se solos do tipo Argissolos (EMBRAPA, 1999) (ver figura 12, p.83), anteriormente classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelo (PV-1 e PV-9) (IAC, 1989), caracterizados por grau de fragilidade “alta” (ver tabela 11, p.62), em razão da diferença textural marcante entre os horizontes A e B.

Tem como forma predominante das vertentes, a convexidade (Vc), registrando, nos setores de cabeceiras de drenagens, sobretudo aqueles relacionados a afluentes do rio Corumbataí, vertentes côncavas (Vcc) com declives mais elevados (> 20%), que estão margeados por rupturas topográficas. Verifica-se, ainda, a presença de sulcos erosivos que se constituem em formas de relevo que indicam a ocorrência de processos erosivos lineares, conforme pode ser visto na Carta Geomorfológica. Nos fundos de vales predominam os formatos em fundo plano, exceto nas cabeceiras de drenagens acima citadas, com fundos em “V”.

CARTA DE DECLIVIDADE OU CLINOGRÁFICA DO SETOR NOROESTE DO SÍTIO URBANO DE PIRACICABA (SP)

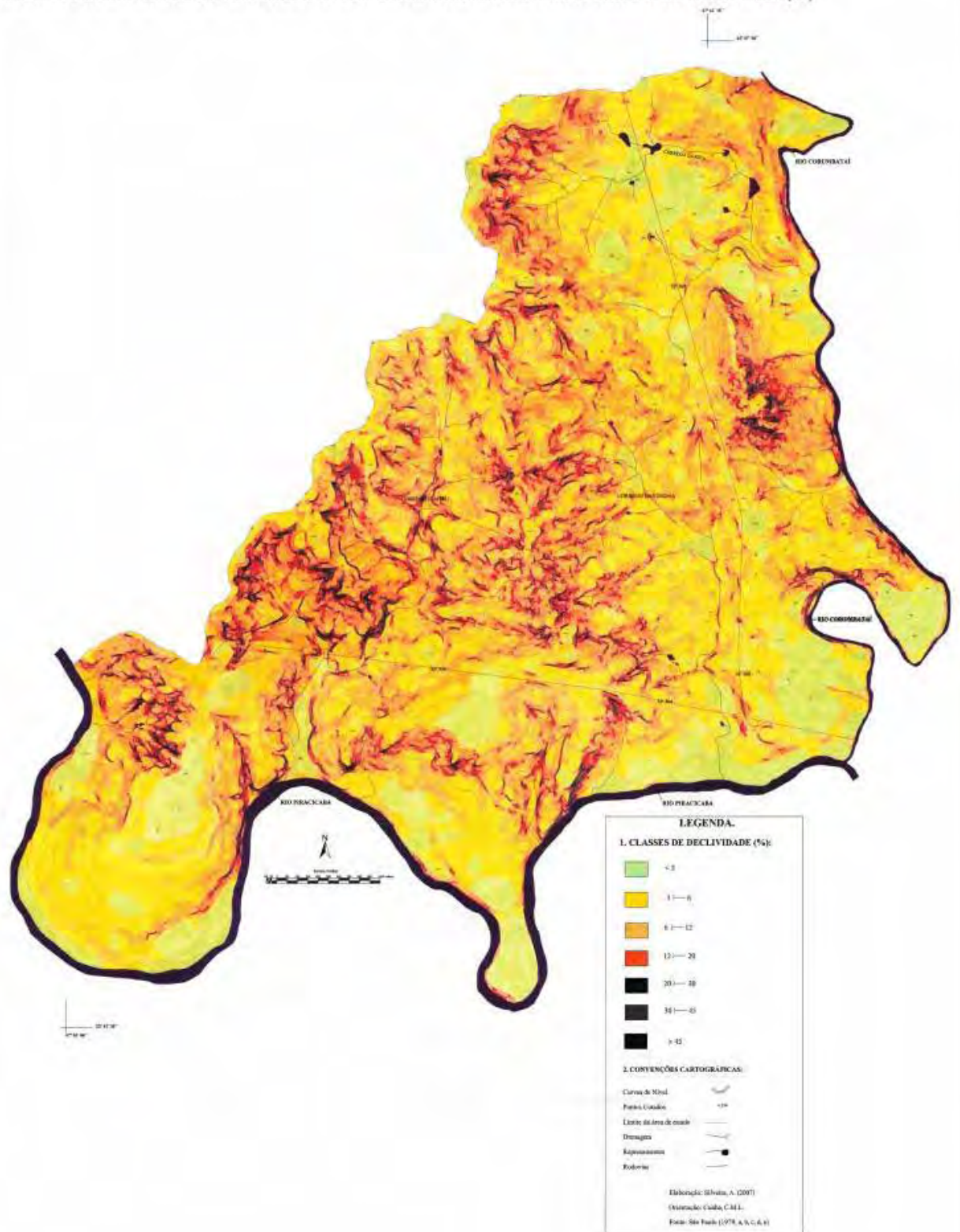


Figura 16: Carta de Declividade ou Clinográfica do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).

Quanto à ocupação humana, conforme registrado na Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra (figura 17), como na Carta Geomorfológica, o Setor caracteriza-se pela expressiva ocupação urbana com a presença do bairro Santa Terezinha (foto 10), bem como das rodovias SP - 304 e SP – 308, que deformam a topografia original. Nas margens do rio Corumbataí, praticamente todo o espaço é ocupado pela urbanização, quando não, ocupado por áreas construídas (chácaras, sítios, espaço de lazer, entre outros). Já as margens do rio Piracicaba não se encontram ocupadas pela urbanização, mas manifestam tendência a este processo, caracterizando-se, a princípio, pelas alterações antrópicas vinculadas à ocorrência de pasto sujo e pastagem (ver tabela 12, p.62).



Foto 10: Bairro Santa Terezinha instalado em vertente convexa que drena para o rio Corumbataí, com nítidas rupturas topográficas.
Autor: Silveira (2008).

De maneira sintética, pode-se dizer que o Setor referenciado apresenta condições morfométricas de fragilidade do relevo e de classes de declividades categorizadas como “muito fraca”. Porém, as condições geológicas e pedológicas são classificadas como de “alta” fragilidade. Tais condições estão sob o regime de um clima do tipo Cwa, caracterizado como mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, conforme classificação de Köppen, ou seja, duas estações bem definidas, com inverno seco e verão chuvoso, o qual influencia os processos denudativos.

CARTA DE COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA DO SETOR NOROESTE DO SÍTIO URBANO DE PIRACICABA (SP)

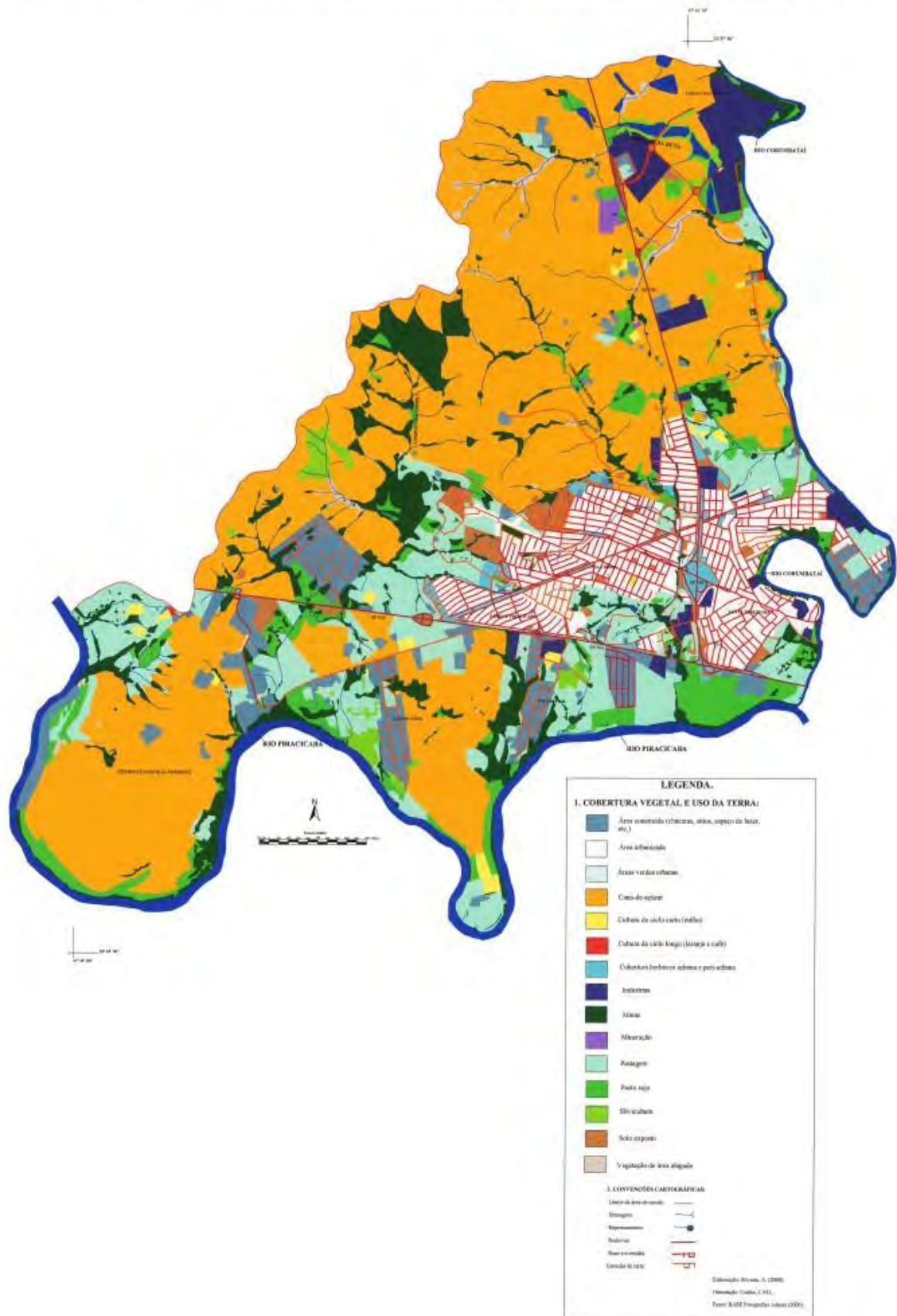


Figura 17: Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).

Tais variáveis, componentes do sistema natural, estão sobre a interferência permanente do sistema antrópico, sobretudo via composição de espaços urbanizados, os quais modificam a topografia original do relevo, bem como o escoamento das águas fluviais e pluviais, registrando-se, ainda, na Carta Geomorfológica, processos erosivos lineares que dão origem a sulcos erosivos nas bordas urbanas. Estes estão associados à litologia e aos solos de “alta fragilidade”, bem como a ação antrópica com a retirada da cobertura vegetal para futuros usos urbanos.

Vale acrescentar que grande parte deste Setor, segundo a proposta de Macrozoneamento Urbano (ver figura 14, p.91), aprovada recentemente no Plano Diretor de Desenvolvimento, nos termos da Lei 186/2006 (PIRACICABA, 2006), é considerada como Zona de Adensamento Prioritário (ZAP), tratando-se da região mais consolidada da cidade que não apresenta fragilidade ambiental e possui as melhores condições de infra-estrutura (PIRACICABA, 2006). Porém, como já visto, o Setor apresenta algumas fragilidades ambientais, sobretudo atreladas ao processo de urbanização, tornando-se incoerente a caracterização elaborada para a ZAP proposta e definida nos termos da Lei aprovada.

Em área próxima às margens do rio Piracicaba, na confluência com o rio Corumbataí, o Macrozoneamento aponta a Zona Especial de Interesse Ambiental (ZEIA), mais especificamente a ZEIA Beira Rio, destinada a áreas públicas ou privadas, de uso residencial e não residencial ao longo do rio Piracicaba, cujas funções são proteger as características ambientais existentes e oferecer espaços públicos adequados e qualificados ao lazer da população (PIRACICABA, 2006).

Embora seja louvável a idéia de proteção às características ambientais da área mencionada, a realidade demonstra certa incoerência, a partir do momento em que predomina a cobertura vegetal de pasto sujo com usos de áreas construídas, além das transgressões as áreas destinadas às matas ciliares. Contabiliza-se, ainda a esta ZEIA Beira Rio, algumas formas erosivas lineares (sulcos erosivos) e retiradas de material.

O Setor de Interflúvios drenados pelo Rio Corumbataí e Afluentes (Dc 1.3) corresponde à unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “muito fraco” (< 50 m) e dimensão interfluvial “média” (350 a 500 m), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “média”, apresentando declividades preponderantes menores que 12%, compondo as classes de declive categorizadas como fragilidade “muito fraca” e “fraca” (< 3%, 3 a 6% e 6 a 12%) e setores pontuais com classes de declividade entre 12 a 20% e de 20 a 30%, que correspondem, respectivamente, à fragilidade “média” e “forte”.

As litologias aflorantes no Setor correspondem às Formações Corumbataí, predominantemente, bem como as Iratí e Serra Geral. As duas primeiras apresentam fragilidade erosiva pela presença de fácies diferenciadas de materiais de composição. A Formação Serra Geral, representada na área de estudo por corpos intrusivos de diabásio, apresenta resistência a processos erosivos, dado seu grau de coesão, constituindo-se uma rocha magmática. Os solos do Setor são, em sua maioria, do tipo Argissolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como PV-9 e Podzólicos Vermelho-Escuro (PE) (IAC, 1989), respectivamente atribuídos a graus de fragilidade “alta” e “média”; seguidos por pequenos fragmentos de Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriores classificados como LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”.

As formas de vertentes encontradas no Setor condizem a vertentes convexizadas (Vc) e côncavas (Vcc). Estas se posicionam especialmente a montante de cabeceiras de drenagem, onde muitas se apresentam escalonadas por rupturas de declives associadas a sulcos erosivos, ravinamento e voçorocamentos. Grande parte do Setor é banhado pela média e baixa bacia do córrego da Reta, o qual apresenta inúmeros represamentos promovidos pela Usina Costa Pinto (Grupo COSAN) (foto 11). Tal curso d'água, bem como seus afluentes, apresenta formas de fundo de vale plano.



Foto 11: Represamento do córrego da Reta, na Usina Costa Pinto.
Autor: Silveira (2008).

Os constantes represamentos e processos erosivos lineares posicionam-se entre os galpões industriais pertencentes à Usina Costa Pinto, quando não envoltos por cana-de-açúcar. Encontram-se, ainda, áreas de empréstimo e de extração de argila da Formação Corumbataí, destinadas a olarias e cerâmicas, como também cortes na rodovia SP – 308. As margens do rio Corumbataí apresentam uma singela mata ciliar, enquanto no córrego da Reta constata-se a presença de pequenos fragmentos desta e fragmentos de silviculturas envolvendo seus represamentos.

Têm-se, de maneira sintética, quanto às variáveis do sistema natural para este Setor, parâmetros morfométricos que apresentam fragilidade do relevo “média” e de declividade, de forma geral, “muito fraca” e “fraca” com fragmentos de classes que correspondem à fragilidade “média” e “forte”. As litologias, quando não associadas às intrusões de diabásio, apresentam potencialidade ao desenvolvimento de processos erosivos, enquanto os solos existentes denotam fragilidade “média”, “alta” e “muito alta”. Tais variáveis estão sob a égide de um clima com altas pluviosidades no verão, que representa chuvas em pelo menos a metade de um ano.

Estas condições das variáveis do sistema natural estão sob constante interferência do sistema antrópico. Muitos dos processos erosivos mapeados, que estão atrelados a fragilidades de variáveis do sistema natural, passam a ser constantemente dinamizados, quando não provocados pelas ações antrópicas, sobretudo pelos represamentos, que modificam o nível de base local e alteram a dinâmica da drenagem. Além disso, os solos ocupados pela monocultura canavieira, que em parte do ano ficam desprovidos de vegetação, tornam-se altamente vulneráveis a processos morfológicos, mesmo com práticas conservacionistas. Outra manifestação de ordem antropogênica, que altera significativamente a dinâmica morfológica e hidrológica, refere-se às áreas de empréstimos de materiais, cavas de extração de argila e cortes de estradas.

O Setor de Topos e Vertentes Convexizadas do Rio Piracicaba (Dc 3.1) faz referência à unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento dos vales “médio” (55 a 60 m) e dimensão interfluvial “muito baixa” (> 700 m), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “média”, apresentando em grande maioria classes de declividade categorizadas como fragilidade “muito fraca” (< 3% e entre 3 a 6%).

Neste Setor, nos topos convexizados, afloram litologias cenozóicas da Formação Rio Claro, enquanto nas vertentes, que drenam para o rio Piracicaba, afloram as litologias da Formação Corumbataí. O contato discordante entre estas litologias promove uma fragilidade erosiva em razão da diferença de material constitutivo. A primeira é composta por arenitos de

várias classes granulométricas, friáveis, por vezes com estratificações cruzadas e níveis centimétricos a decimétricos de argilitos (PERINOTTO e ZAINÉ, 1996), ao passo que a segunda apresenta sucessão de camadas siltosas, ritmicamente alternadas com lâminas ou delgadas camadas cuja litologia varia entre argilosa e arenosa fina (IPT a, 1981).

Do ponto de vista pedológico, sobre tais litologias, registram-se nos topos convexizados os Latossolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como Latossolos Vermelho-Amarelo (LV-4) (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito baixa”, já que são profundos, friáveis e porosos, com horizonte A proeminente e horizonte B de textura argilosa “leve” (OLIVEIRA, 1999). Nas vertentes que drenam para o rio Piracicaba, registram-se, predominantemente, os Argissolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como PV-9 (IAC, 1989) com grau de fragilidade “alta”, marcados pela diferença textural entre os horizontes A e B; e, em menor quantidade, em pequenos fragmentos, os Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como Litólicos (LI-3) (IAC, 1999), com grau de fragilidade “muito alta”, condizentes a solos rasos relacionados diretamente com o material subjacente, com espessura inferior a 50 cm, comumente com seqüência dos horizontes A, C e Cr (OLIVEIRA, 1999).

O Setor apresenta, em sua maior extensão, formas de vertentes convexizadas (Vc) com alguns setores de cabeceira de drenagem e média vertente com formas concavizadas (Vcc). Em ambas as formas de vertentes encontram-se rupturas de declive escalonadas, associadas a sulcos erosivos e ravinamentos, entre terraços agrícolas da monocultura canavieira. Os afluentes que drenam para o rio Piracicaba estão normalmente entalhados em vales de formato em “V”.

A monocultura canavieira se faz presente tomando todo o topo convexizado, como também as altas, médias e grande parte das baixas vertentes, estando o vale do rio Piracicaba marcado pela presença de fragmentos de matas ciliares, pastos sujos e áreas construídas. Deve-se, ainda, registrar que esse Setor foi recentemente atribuído, por meio do Macrozoneamento Urbano como Zona Especial de Urbanização Específica do Itaperú (ZEUA), sendo instalado o Distrito Industrial Noroeste nas áreas de médias e baixas vertentes (foto 12), sendo incompatível com o uso residencial (PIRACICABA, 2006).



Foto 12: Indústria recentemente instalada na baixa vertente convexizada. Ao fundo, fragmento de mata ciliar pertencente ao rio Piracicaba.
Autor: Silveira (2008).

Em síntese, as variáveis componentes do sistema natural caracterizam-se por apresentar condições morfométricas de fragilidade do relevo “média” e de declividade “muito fraca”. As litologias demonstram-se propensas a fragilidade erosiva, enquanto as tipologias dos solos, com a presença de Latossolos, Argissolos e Neossolos, demonstram, respectivamente, graus de fragilidade “muito baixa”, “alta” e “muito alta”. Conforme já explicitado, o clima reinante na área de estudo é o Cwa, com inverno seco e verão chuvoso, com altos índices pluviométricos neste período que auxiliam os processos denudativos, sobretudo quando os solos utilizados para o plantio de cana-de-açúcar estão desnudos.

Conforme mencionado, além da monocultura canavieira, outra interferência antropogênica condiz com a implantação do Distrito Industrial Noroeste, o qual se encontra em uma área próxima ao rio Piracicaba, apontando registros de retiradas e remoções de material, alterando a topografia original e interferindo no escoamento das águas pluviais.

Logo, observa-se que embora as condições de relevo não denotem “alta fragilidade”, tanto a monocultura canavieira como o Distrito Industrial vêm sendo implantados em setores com “alta fragilidade” litológica e pedológica, sobretudo nas médias e baixas vertentes convexizadas que drenam para o rio Piracicaba.

O Setor de Topos Planos e Altas Vertentes do Rio Piracicaba e Afluentes (Dp 3.2)

é correspondente à unidade denudacional de topo plano com grau de entalhamento dos vales “médio” (55 a 60 m) e dimensão interfluvial “baixa” (500 a 700 m), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “média”, apresentando declividades preponderantes menores que 12%, compondo as classes categorizadas como fragilidade “muito fraca” e “fraca” (< 3%, 3 a 6% e 6 a 12%).

As litologias aflorantes são representadas pelas Formações Rio Claro e Corumbataí, estando a primeira nos topos aplainados e a segunda nas vertentes convexizadas. Conforme já mencionado, o contato discordante entre estas litologias promove uma fragilidade erosiva em virtude da diferença de material constitutivo. Para os solos, foi registrada a presença dos Latossolos (EMBRAPA, 1999) em áreas de topo, classificados anteriormente como LV-4 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito baixa”, por serem solos bem desenvolvidos; e os Neossolos (EMBRAPA, 1999) nas vertentes, anteriormente classificados como Litólicos (LI-1 e LI-2), em associação com Podzólicos Vermelho-Amarelo (PV-11), e os LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”, por serem solos pouco desenvolvidos associados normalmente a litologia aflorante e a topografia local.

Quanto à morfologia do relevo, o setor caracteriza-se por topos planos (Tp) com vertentes concavizadas (Vc), apresentando cabeceiras de drenagens correspondentes aos afluentes do córrego Itapocu e afluentes diretos do rio Piracicaba, normalmente envoltas por rupturas topográficas com a presença de sulcos erosivos. Tais processos erosivos estão presentes, sobretudo, em áreas de pastagem e de cana-de-açúcar, vigentes nas bordas urbanas do bairro Parque Piracicaba, que toma praticamente todo o topo plano do Setor.

De maneira geral, as variáveis do sistema natural, correspondentes aos parâmetros morfométricos, apresentam a fragilidade do relevo “média” e de declividade “muito fraca” e “fraca”. As litologias denotam fragilidade erosiva, ao passo que os solos dos topos planos, correspondentes aos Latossolos, denotam grau de fragilidade “muito baixa”; já os solos das vertentes convexizadas denotam fragilidade “muito alta”, vinculada à presença dos Neossolos. O clima Cwa, conforme já registrado, tem significativa participação nos processos denudativos.

Visto isso, o Setor mencionado apresenta interferência antrópica no sistema natural, marcada pela urbanização com registros de formas pontuais de relevo que indicam ocorrência de processos erosivos em seu entorno, dinamizados tanto por essa ocupação, como também pela presença da Rodovia SP – 304, que deforma a topografia, conforme registrado na Carta Geomorfológica, com a presença de cortes e aterros para sua passagem.

De acordo com a proposta de Macrozoneamento, aprovada nos termos de Lei (PIRACICABA, 2006), a área urbanizada deste Setor é caracterizada como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA), composta por áreas do território que apresentam fragilidades ambientais, com solo sujeito a altos índices de erosão, não recomendáveis para o adensamento populacional (PIRACICABA, 2006).

Assim, tem-se detectado, conforme os registros cartográficos, bem como a partir das investigações de campo, certa incoerência nos termos da Lei estabelecida, já que a ZOCFA deste Setor vem passando por intenso processo de expansão urbana sem medidas de controle, conforme registrado pelos próprios Planos Diretores (PIRACICABA, 1991 e PÔLIS, 2003), caracterizando-o como eixo expansivo de urbanização.

O Setor drenado pelo Córrego das Ondas e Afluentes e Médias Vertentes do Córrego da Reta e Afluentes (Dc 2.4) é correspondente a unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “fraco” (50 a 55 m) e dimensão interfluvial média “alta” (250 a 350 m), que a caracteriza com fragilidade do relevo “forte”, apresentando declividades preponderantes variando entre as classes categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca” e “média” (3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20%) e, em menor quantidade, classes categorizadas como “forte” e “muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e \geq 45%).

Tais condições morfométricas apresentam como estrutura litológica aflorante os sedimentos da Formação Corumbataí, com potencial erosivo considerável, por conta das camadas diferenciadas de materiais constitutivos. Para os solos, registram-se o predomínio dos Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta” e os Argissolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como PV-9 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “alta”.

Quanto às formas de vertentes deste Setor, predominam as de forma convexa (Vc) com registro, a montante das nascentes, de concavidades (Vcc), que se conectam com fundos de vale com formato em “V”. Ambos os tipos de vertentes apresentam escalonadas rupturas topográficas, as quais receberam medidas insuficientes de práticas conservacionistas, mediante terraços agrícolas, haja vista a presença marcante de processos erosivos lineares (sulcos erosivos), sobretudo nas vertentes que drenam para o córrego das Ondas (foto 13). O interflúvio entre esta drenagem e o córrego da Reta apresenta linha de cumeada aguda, a partir da qual, para ambas as vertentes, projetam-se rupturas de declive e sulcos erosivos.



Foto 13: Sulcos erosivos em alta vertente do córrego das Ondas, com a presença de Neossolos (grau de fragilidade “muito “alta”) e a monocultura canavieira.
Autor: Silveira (2008).

O interflúvio mencionado, bem como as vertentes e grande parte dos fundos de vale que se conectam ao córrego das Ondas e ao córrego da Reta, estão predominantemente ocupados pela monocultura canavieira, apresentando fragmentos de matas ciliares nas margens de pequenos trechos da primeira drenagem citada. Na vertente esquerda da média bacia do córrego das Ondas registram-se, ainda, setores das bordas urbanas do bairro Vila Sônia, com construções de baixo padrão e sem planejamento.

Tendo em vista as já explicitadas variáveis do sistema natural, sinteticamente, pode-se dizer que esse Setor apresenta fragilidade do relevo “forte”, declividades majoritárias classificadas como fragilidades “muito fraca”, “fraca” e “média”, litologia aflorante com potencialidade para a erosão e solos com graus de fragilidade “alta” e “muito alta”. A composição dessas variáveis está sob condições de um clima Cwa com duas estações bem definidas, com inverno seco e verão chuvoso, o qual influencia na ação dos processos denudativos.

Conforme registro de tais processos, sobretudo na Carta Geomorfológica, juntamente com a reunião das variáveis já mencionadas, detectando uma fragilidade potencial elevada do sistema natural, pode-se aferir que as interferências do sistema antrópico, via monocultura canavieira, vem dinamizando ou, muitas vezes, agindo como “input” de energia na ação dos processos denudativos existentes.

Outra interferência antrópica registrada condiz com as bordas urbanas do bairro Vila Sônia, considerando que tal processo de ocupação urbana vem se realizando em área determinada pelo Macrozoneamento Urbano (PIRACICABA, 2006) como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA). No entanto, embora a área não seja recomendável para o adensamento populacional, tal processo de urbanização vem se promovendo desconsiderando qualquer medida de controle de ocupação, não embasando-se em qualquer tipo de fragilidade ambiental.

O **Setor de Médias Vertentes do Rio Piracicaba e Afluentes (Dc 4.4)** faz referência à unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “forte” (60 a 65 m) e dimensão interfluvial média “alta” (250 a 350 m), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “forte”, apresentando declividades, em grande maioria, variando entre as classes categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca”, “média” e “forte” (3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20% e 20 a 30%) e, em menor quantidade, classes categorizadas como fragilidade “muito forte” (30 a 45% e $\geq 45\%$), o que representa uma variação acentuada deste parâmetro.

A litologia dominante corresponde à Formação Corumbataí, que apresenta fragilidade erosiva por conta das camadas diferenciadas de materiais de composição. A tipologia dos solos é representada pelos Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados com a associação de LI-1, LI-2 e PV-11 (IAC, 1989), que apresentam grau de fragilidade “muito alta”; e os Argissolos (EMBRAPA, 1999), de classificação anterior como PV-9 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “alta”.

As vertentes apresentam concavidades (V_{cc}) em setores a montante de cabeceiras de drenagens, margeadas por rupturas topográficas com a presença de sulcos erosivos e ravinamentos. No entanto, as vertentes convexizadas (V_c) não deixam de apresentar tanto as rupturas de declive, quanto os processos erosivos representados pelos sulcos. As cabeceiras de drenagens apresentam formas de fundo de vale em “V”, enquanto os médios e baixos cursos registram vales de fundo plano.

Do ponto de vista da ocupação humana, o Setor fica marcado pela presença do bairro Grand Park, com pequenas propriedades, sobretudo destinadas a chácaras, muitas delas para moradia. A monocultura canieira se faz presente juntamente com pastagens destinadas ao gado. A drenagem de maior representatividade do Setor apresenta um fragmento significativo de mata ciliar, porém, esta pode estar comprometida pelas penetrações de pastagens.

Desse modo, as variáveis do sistema natural já citadas demonstram uma fragilidade considerável, já que a fragilidade do relevo determinou-se como “forte”, as declividades, variando entre as classes categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca”, “média” e

“forte” e, em menor quantidade, classes categorizadas como “muito forte”. A litologia dominante apresenta potencialidade erosiva significativa, enquanto os solos apresentam graus de fragilidade “alta” e “muito alta” (foto 14). Tais condições físicas estão sob regime de um clima Cwa, com altos índices pluviométricos no verão.



Foto 14: Neossolos (grau de fragilidade “muito alta”), estabelecidos sobre a Formação Corumbataí.
Autor: Silveira (2008).

Esse potencial de elevada fragilidade do sistema natural, resultante da somatória de variáveis, é ainda dinamizado pelas ocupações promovidas pelo sistema antrópico, quando da retirada da vegetação original e sua substituição por pastagens, cana-de-açúcar e áreas construídas.

Tais áreas construídas, conforme mencionado, são predominantemente representadas pelo bairro Grand Park, que apresenta proximidade das bordas urbanas do bairro Parque Piracicaba, sendo um potencial vetor de expansão urbana, já que podem vir a interligar-se. Dessa forma, deve-se atentar para este fenômeno, já que o Macrozoneamento Urbano (PIRACICABA, 2006) aponta este Setor como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA).

O Setor drenado pelo Córrego Itapocu e Afluentes (Dc 4.4) trata-se da unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “forte” (60 a 65 m) e dimensão interfluvial média “alta” (250 a 350 m), caracterizando-a com fragilidade do relevo “forte”. Apresenta declividades em grande maioria variando entre as classes categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca” e “média” (3 a 6%, 6 a 12% e 12 a 20%) e, em menor quantidade, classes categorizadas como “forte” e “muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e $\geq 45\%$), o que representa uma variação acentuada de declividades.

Com potencial à fragilidade erosiva, pela presença de camadas sedimentares diferenciadas em termos de materiais constitutivos, aflora neste Setor a Formação Corumbataí. Os solos são representados pelos Neossolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”, por serem solos rasos relacionados diretamente com o material subjacente e com a topografia local.

As formas de vertentes apresentam anfiteatros concavizados (Vcc) em setores de nascentes, os quais são margeados por escalonadas rupturas de declive com a presença marcante de processos erosivos lineares, sobretudo os sulcos erosivos. As vertentes convexizadas (Vc), embora muitas delas apresentem terraços agrícolas para contenção de processos erosivos, que não são suficientes para conter tais processos, fato comprovado pelos sulcos erosivos mapeados na Carta Geomorfológica. Os vales fluviais apresentam-se encaixados, em forma de “V” nas cabeceiras de drenagens, enquanto os médios cursos apresentam fundo plano.

O Setor caracteriza-se, em termos de cobertura vegetal e uso da terra, por apresentar fragmentos de matas ciliares conservados nas cabeceiras de drenagens e em área da média bacia do córrego Itapocu. Tais fragmentos conservados estão envoltos pela monocultura canavieira, a qual domina grande extensão deste Setor (foto 15). Na média bacia do córrego Itapocu, na vertente esquerda, registra-se a borda urbana do bairro Vila Sônia, o qual é margeado por áreas de pastagens e de solos expostos.



Foto 15: Forma concavizada (Vcc) onde se instala nascentes do córrego Itapocu, marcada pela presença de cana-de-açúcar no contato com a mata ciliar.
Autor: Silveira (2008).

Tem, dessa forma, o sistema natural, com base na análise de suas variáveis, um elevado potencial morfométrico quanto à fragilidade do relevo (“forte”). As declividades, em grande maioria, variam entre as classes categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca”, “média” e, em menor quantidade, classes categorizadas como “forte” e “muito forte”. A litologia manifesta potencial erosivo, enquanto os solos registram grau de fragilidade “muito alta”. Tal potencial de fragilidade tem como regime climático verões chuvosos, que auxiliam consideravelmente nos processos denudativos.

Assim, as condições apresentadas do sistema natural estão sofrendo a interferência do sistema antrópico, que vem dinamizando, quando não provocando os processos denudativos registrados, já que manifestam intervenções a partir dos cultivos extensos de cana-de-açúcar, de pastagens com presença e pisoteio do gado e de urbanização sem planejamento, permitindo que solos friáveis fiquem expostos aos condicionantes climáticos.

Nos termos da Lei que rege o Macrozoneamento Urbano (PIRACICABA, 2006), o Setor foi caracterizado como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA). Como tratado anteriormente, observa-se o não cumprimento da Lei, visto que, embora o processo de ocupação urbana seja restrito em uma pequena área, esta representa um vetor de expansão, que se processa sem qualquer medida de controle a ocupação que leve em consideração a fragilidade ambiental.

O Setor de Topos e Altas Vertentes Convexizadas dos Interflúvios dos Córregos das Ondas-Itapocu-Reta (Dc 2.5) é representante da unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “fraco” (50 a 55 m) e dimensão interfluvial média “muito alta” (< 250), caracterizando-a com fragilidade do relevo “muito forte”. Predominam nos topos dos interflúvios as classes de declividade categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca” e “média” (3 a 6%, 6 a 12% e 12 a 20%), enquanto nas altas vertentes, que drenam para os córregos das Ondas, Itapocu e Reta, registram-se o predomínio das classes de declividade, categorizadas como fragilidade “forte” e muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e \geq 45%).

A litologia aflorante condiz por todo o Setor com a Formação Corumbataí, salvo em seu extremo norte, nos topos e altas vertentes do córrego da Reta, onde se registram as intrusões de diabásio da Formação Serra Geral. Enquanto a primeira apresenta fragilidade erosiva, por suas diferentes fácies sedimentares de materiais constitutivos, a segunda apresenta maior resistência a estes processos, já que se trata de uma rocha magmática.

As classes de solos estão predominantemente representadas pelos Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”, por serem solos rasos relacionados diretamente com a topografia; e, em menor quantidade, os Argissolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como Terra Roxa Estruturada Podzólica (TEP) (IAC, 1989), com grau de fragilidade “média”, devido à diferença textural entre os horizontes A e Bt (OLIVEIRA, 1999).

Os topos dos interflúvios apresentam-se em formas convexas (Tc), por onde seguem vertentes convexas (Vc) e côncavas (Vcc). Pela elevada dissecação do relevo existente neste Setor, registram-se inúmeros canais de primeira ordem instalados em anfiteatros concavizados (Vcc), estando seus fundos de vale entalhados em formas de “V”. As vertentes côncavas e convexas apresentam prolongadas e escalonadas rupturas topográficas, nas quais se registram diversos processos erosivos lineares, identificados por meio dos sulcos erosivos mapeados. Vale acrescentar que medidas de práticas conservacionistas são tomadas, mediante os terraços agrícolas, no entanto, os processos denudativos não deixam de existir.

A apropriação humana dos topos e altas vertentes deste Setor procede-se predominantemente mediante a monocultura canavieira. Apresenta, no extremo sul do Setor, as bordas urbanas do bairro Vila Sônia, no qual registra-se grande quantidade de solos expostos, enquanto no extremo norte ocorre uma extração de diabásio (foto 16). Quanto às matas ciliares, são registrados poucos fragmentos, os quais provavelmente estão condenados, caso não haja fiscalização, devido à invasão promovida pela cana-de-açúcar.



Foto 16: Extração de diabásio no extremo norte do Setor, alterando a topografia e a dinâmica do escoamento fluvial e pluvial.
Autor: Silveira (2007).

Dessa forma, diante das variáveis analisadas pertencentes ao sistema natural, este Setor apresenta, de forma sintética, fragilidade do relevo “muito forte”, classes de declive nos topos dos interflúvios caracterizadas como fragilidades “muito fraca”, “fraca” e “média” e nas altas vertentes que drenam para os córregos das Ondas, Itapocu e Reta, registram-se o predomínio das classes de declividade categorizadas como fragilidade “forte” e “muito forte”. As litologias, em grande parte do Setor, demonstram-se friáveis aos processos erosivos, registrando apenas no extremo norte um fragmento litológico de maior resistência. Para os solos, dominam aqueles com grau de fragilidade “muito alta” e, em menor quantidade, aqueles com grau de fragilidade “média”.

Tal somatória de variáveis do sistema natural permite identificar parcialmente este Setor com fragilidade considerável. Esta fragilidade vem sendo ainda mais potencializada pelas ações de cunho antrópico, já que predomina por todo o Setor os cultivos de cana-de-açúcar, os quais geram exposição dos solos durante grande parte do ano, deixando-os à mercê dos condicionantes erosivos.

Outra situação semelhante se faz presente nas áreas periféricas urbanas, nas quais construções precárias e sem planejamento permitem a exposição do solo, sobretudo as águas pluviais de verão. Nestes termos, o sistema natural, que já apresenta condições de fragilidade,

é ainda submetido às ações do sistema antrópico, que interfere nos fluxos de matéria e energia das leis próprias do meio natural.

Com referência ao Macrozoneamento Urbano (PIRACICABA, 2006), o Setor é caracterizado como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA). No entanto, conforme registrado, os processos de ocupação urbana vêm ocorrendo sem qualquer planejamento, não levando em consideração qualquer modalidade de fragilidade ambiental.

O Setor de Baixas Vertentes do Rio Piracicaba e Afluentes (Dc 5.2) representa-se pela unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “muito forte” (≥ 65 m) e dimensão interfluvial média “baixa” (500 a 700 m), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “muito forte”, com predomínio de classes de declividade categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca” e “média” (3 a 6%, 6 a 12% e 12 a 20%).

A litologia aflorante corresponde à Formação Corumbataí, que apresenta potencial ao desenvolvimento de processos erosivos por registrar camadas de diferentes materiais constitutivos, além do domínio, quanto aos solos, dos Argissolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como PV-6 e PV-9 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “alta”, sobretudo pela diferença textural entre os horizontes A e B.

As formas de vertentes são dominadas por convexidades (Vc), as quais apresentam rupturas de declive e sulcos erosivos, apesar da presença dos terraços agrícolas que visam evitar os processos erosivos. As vertentes côncavas (Vcc) estão restritas aos anfiteatros que abrigam cabeceiras de drenagens entalhadas, com formas de fundo de vale em “V”, margeadas por rupturas topográficas e sulcos erosivos.

As vertentes mencionadas estão ocupadas, em sua maioria, pela monocultura canavieira, pastagens e pastos sujos, bem como por uma pequena extensão da área construída do bairro Grand Park. Pequenos fragmentos de matas ciliares e de silvicultura são encontrados nas margens do rio Piracicaba (foto 17).

Assim, o sistema natural tem em suas variáveis, sinteticamente o registro de fragilidade do relevo “muito forte”, declividades cujas classes estão categorizadas como fragilidades “muito fraca”, “fraca” e “média”, litologia caracterizada por fragilidade erosiva e solos com grau de fragilidade “alta”, bem como, todas estas, sob regime de um clima Cwa, com altos índices pluviométricos no verão.



Foto 17: Vertente ocupada pela cana-de-açúcar (à direita), pasto sujo (à esquerda) e fragmentos de matas ciliares nas margens do rio Piracicaba (ao fundo).
Autor: Silveira (2008).

Tendo em vista as características do sistema natural, e seu potencial elevado quanto à fragilidade a processos denudativos, o sistema antrópico, mediante ocupação do relevo pela monocultura canavieira, pastagens e áreas construídas, dinamizam ou, muitas vezes, são os grandes responsáveis pelos processos erosivos, já que as práticas conservacionistas adotadas não vêm sendo suficientes para impedir ou estabilizar tais processos.

É importante destacar que o Macrozoneamento Urbano, aprovado recentemente em Lei, pelo Plano Diretor de Desenvolvimento (PIRACICABA, 2006), considera este Setor como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA). Diante disso, certa cautela deve ser tomada, já que, conforme visto, o processo de ocupação vem se promovendo a partir de áreas construídas destinadas a residências.

O **Setor de Interflúvios Médios do Rio Piracicaba (Dc 5.3)** representa a unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “muito forte” (≥ 65 m) e dimensão interfluvial categorizada como “média” (350 a 500 m), caracterizando-a com fragilidade do relevo “muito forte”. Apresenta declividades nas altas e médias vertentes variando entre as classes categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca”, “média” (3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20%) e nas baixas vertentes, classes categorizadas como “forte” e “muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e $\geq 45\%$).

Quanto às litologias, nas áreas de topos registra-se a presença da Formação Rio Claro, enquanto nas vertentes aflora a Formação Corumbataí. O contato discordante e divergente em termos dos materiais constitutivos dessas duas Formações promove fragilidade erosiva. Para a tipologia pedológica, encontram-se nas áreas de topo os Latossolos (EMBRAPA, 1989), classificados anteriormente como LV-4 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito baixa”; nas médias vertentes registram-se os Argissolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como PV-9 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “alta”; e nas baixas vertentes apresentam-se os Neossolos (EMBRAPA, 1999), com classificação anterior de LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”.

As formas de vertentes encontram-se, em sua maioria, convexizadas (Vc), registrando áreas retilíneas (Vr), estando as concavidades (Vcc) em anfiteatros de cabeceira de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas por cursos com formas de fundo de vale em “V”. Rupturas de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os sulcos erosivos.

As vertentes mencionadas, como também as áreas de topos, estão ocupadas predominantemente pela cana-de-açúcar, registrando-se ainda a presença de áreas construídas, correspondentes a chácaras de lazer, abrangendo parte do bairro nomeado por Náutico. Pequenos fragmentos de matas ciliares e pastagens também foram registrados.

De forma sintetizada, ficam caracterizadas as variáveis do sistema natural com fragilidade do relevo “muito forte”, classes de declividade bastante variável, predominando nas altas e médias vertentes classes categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca”, “média” e nas baixas vertentes, classes categorizadas como “forte” e “muito forte”. Para as litologias, o contato divergente em termos dos materiais constitutivos entre as duas Formações aflorantes promove uma fragilidade erosiva, enquanto os solos diferenciam-se por áreas de topos, altas e médias vertentes e baixas vertentes, respectivamente caracterizados com os graus de fragilidade “baixa”, “alta” e “muito alta”. Tais variáveis morfométricas, geológicas e pedológicas estão sob ação permanente de um clima de inverno seco e verão chuvoso, o qual apresenta índices pluviométricos que contribuem para os processos denudacionais.

Dessa maneira, as variáveis do sistema natural denotam um potencial elevado de fragilidade, que sofre processos denudativos representados pelos processos erosivos lineares, os quais se manifestam por sulcos erosivos, que são condicionados também pelas interferências antrópicas, que dinamizam estes processos, sobretudo a partir da monocultura canavieira com a exposição temporária de seus solos.

O Setor de Interflúvios Extensos de Afluentes da Margem Direita do Córrego das Ondas (Dc 5.3) corresponde à unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “muito forte” (≥ 65 m) e dimensão interfluvial “média” (350 a 500 m), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “muito forte”. Apresenta declividades nas baixas e médias vertentes da bacia do córrego das Ondas categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca” e “média” (3 a 6%, 6 a 12% e 12 a 20%) e nas altas vertentes classes de declive, categorizadas como “forte” e “muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e $\geq 45\%$).

A Formação Corumbataí aflora predominantemente em todo o Setor, o que o caracteriza, conforme já mencionado para outros Setores de mesma litologia, com significativo potencial erosivo. Os solos são representados em sua maioria pelos Argissolos (EMBRAPA, 1999), categorizados anteriormente como PV-1 e PV-9 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “alta” e, em menor quantidade, registram-se os Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LI-3 (IAC, 1989), apresentando grau de fragilidade “muito alta”.

As formas de vertentes predominantes são convexizadas (Vc), registrando rupturas de declive margeando os vales fluviais, as quais se associam aos sulcos erosivos. As drenagens majoritariamente apresentam vales de fundo plano.

Tais vales fluviais e vertentes mencionadas estão sob interferência humana, sendo modificados pela urbanização, pela presença do bairro Vila Sônia. Neste, registra-se uma drenagem, a qual seu leito original, na baixa bacia, foi aterrado, sendo desviado por canalização de sub-superfície, ou seja, abaixo da urbanização (foto 18).

Assim, as variáveis do sistema natural mencionadas, denotam fragilidade potencial relevante, por apresentarem sinteticamente fragilidade do relevo “muito forte”, litologia com potencial ao desenvolvimento dos processos erosivos, solos categorizados com grau de fragilidade “alta” e “muito alta”, sob condições climáticas predominantemente chuvosas no verão (Cwa), contribuindo significativamente com a dinamização dos processos denudativos.



Foto 18: Bairro Vila Sônia. Abaixo da pavimentação asfáltica e das residências de baixo padrão, encontra-se uma drenagem canalizada que a jusante foi desviada do seu leito original. Autor: Silveira (2008).

Estas condições intrínsecas ao sistema natural estão sofrendo interferência marcante pelo processo de urbanização, condicionada pelo sistema antrópico. O registro fotográfico anteriormente mencionado, com a canalização e desvio do leito original da drenagem, apontado na Carta Geomorfológica e observado “in loco”, demonstra claramente a interferência humana na dinâmica do sistema natural. Alteram-se seus fluxos de energia e matéria, interferindo na topografia original, bem como na dinâmica funcional do escoamento e infiltração das águas fluviais e pluviais.

Conforme o Macrozoneamento Urbano já citado, o Setor ficou caracterizado como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA), que é composta por áreas do território que apresentam fragilidades ambientais, com solo sujeito a altos índices de erosão, não recomendáveis para o adensamento populacional (PIRACICABA, 2006). Os dados encontrados por esta pesquisa corroboram com as informações do Macrozoneamento Urbano. No entanto, medidas para o controle planejado deste processo de ocupação não vêm sendo tomadas.

O **Setor de Interflúvios Dissecados de Afluentes do Rio Piracicaba (Dc 4.5)** faz referência à unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “forte” (60 a 65 m) e dimensão interfluvial média “muito alta” (< 250), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “muito forte”, apresentando declividades em grande

maioria variando entre as classes categorizadas como fragilidade “forte” e “muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e $\geq 45\%$).

A litologia aflorante corresponde à Formação Corumbataí, com a presença de fácies diferenciadas, apresentando fragilidade erosiva. Os solos predominantes são Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”, e em menor quantidade, os Argissolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como PV-9 (IAC), com grau de fragilidade “alta”.

Apresenta vertentes convexizadas (Vc) e anfiteatros (Vcc) nas cabeceiras de drenagens, as quais se encontram dissecadas, margeadas por rupturas de declive com processos erosivos lineares, como sulcos erosivos e ravinamentos. As formas de fundos de vale denotam entalhamento, sendo caracterizadas por formatos em “V”.

Do ponto de vista da ocupação humana, registra-se um domínio de pastagens, seguido de pastos sujos e cana-de-açúcar, ocorrendo, às margens dos cursos d’água, fragmentos expressivos de mata ciliar, sobretudo na baixa vertente que drena para o rio Piracicaba.

Dessa forma, as variáveis do sistema natural apresentam para o Setor um alto grau de fragilidade, já que se registra fragilidade do relevo “muito forte”, classes de declividade categorizadas como “forte” e “muito forte”, litologia com potencial erosivo e solos com grau de fragilidade “alta” e “muito alta”. Essas condições físicas estão sob a égide de um clima Cwa com duas estações bem definidas, seca de inverno e verão chuvoso, o qual influi diretamente nos processos de denudação.

O arcabouço de fragilidade do sistema natural, que denota potencialidade a processos denudativos, vem sendo dinamizado pelas interferências do sistema antrópico, o qual utiliza esse terreno para pastagens destinadas ao gado. O pisoteio desses animais promovem prolongadas linhas de solos desnudos, sobre os quais muitas vezes desenvolvem-se processos erosivos lineares que dão origem a sulcos erosivos e ravinamentos, conforme demonstra a Carta Geomorfológica.

O Setor de Interflúvios Dissecados da Margem Direita do Córrego Itapocu e Afluentes (Dc 4.5) refere-se unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “forte” (60 a 65 m) e dimensão interfluvial média “muito alta” (< 250), o que a caracteriza com fragilidade do relevo “muito forte”. Apresenta classes de declividade nas altas vertentes, sobretudo nas cabeceiras de drenagens, categorizadas como fragilidade “forte” e “muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e $\geq 45\%$), enquanto nas baixas e médias vertentes, predominam classes categorizadas como “muito fraca”, “fraca” e “média” (3 a 6%, 6 a 12% e 12 a 20%).

As litologias aflorantes são representadas em grande maioria pela Formação Corumbataí e por pequenos fragmentos em áreas de topos de interflúvios pela Formação Rio Claro. Ambas as formações denotam potencial erosivo, tanto em seu contato, marcado pela discordância erosiva, como em suas características particulares, sendo a primeira marcada pela presença de camadas diferenciadas de materiais de composição, e a segunda por apresentar em grande quantidade material arenoso.

Os solos registrados são pertencente a classe dos Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”, e em menor expressão, os Argissolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como PV-9 (IAC), com grau de fragilidade “alta”.

As formas de vertentes apresentam-se convexizadas (Vc) nas altas, médias e baixas vertentes, a não ser em áreas côncavas (Vcc), presentes em grande número, por conta da dissecação do relevo e que, portanto, convergem para nascentes de canais perenes. Ambos os tipos de vertentes então marcadas pela presença de prolongadas e escalonadas rupturas topográficas e processos erosivos lineares, para os quais foram tomadas medidas insuficientes de contenção, com a implantação de terraços agrícolas. Os canais de drenagem se mostram entalhados, com formatos em “V”, especialmente nos canais afluentes e em forma de fundo plano, nos canais principais.

A ocupação humana no Setor se faz presente pela grande extensão de cana-de-açúcar e de áreas construídas, tanto do lado esquerdo como direito da rodovia SP-304, a qual apresenta cortes para sua instalação. Registram-se, ainda, a presença de fragmentos de silvicultura, pastos sujos e pastagens, assim como pequenas áreas preservadas de matas ciliares.

Tem-se, para este Setor, a partir das variáveis analisadas do sistema natural, a fragilidade do relevo “muito forte”, declividades nas cabeceiras de drenagens categorizadas como fragilidade “forte” e nas baixas e médias vertentes predominando classes categorizadas como “muito fraca”, “fraca” e “média”. As litologias configuram-se com potencial ao desenvolvimento de processos erosivos, enquanto os solos apresentam graus de fragilidade “muito alta”, em sua maioria, e, secundariamente, “alta”. O clima dominante, que interfere no desenvolvimento de processos denudativos, é o Cwa, já mencionado anteriormente.

Sobre o quadro estabelecido para o sistema natural, que apresenta considerável fragilidade, ocorre a interferência do sistema antrópico mediante, sobretudo, áreas construídas com o bairro Bela Vista (foto 19), além de áreas agrícolas, destinadas, em maioria, à cana-de-açúcar. Nitidamente, os processos denudativos apontados na Carta Geomorfológica estão

associados, dinamizados e/ou provocados pelas ações humanas, que interferem na funcionalidade dos fluxos de matéria e energia intrínsecos ao sistema natural.



Foto 19: Vertente do córrego do Itapocu, sendo ocupada pelo bairro Bela Vista. Ao lado direito-superior, a presença da cana-de-açúcar.

Autor: Silveira (2008).

Tendo em vista as informações adquiridas com a pesquisa, deve-se registrar que os limites dos bairros Vila Sônia e Parque Piracicaba encontram-se muito próximos deste Setor, sendo que, em um futuro próximo, o processo de urbanização pode vir a se consolidar.

O Setor de Interflúvios Dissecados dos Afluentes do Rio Corumbataí (Dc 5.5) refere-se à unidade denudacional de topo convexo com grau de entalhamento médio dos vales “muito forte” (≥ 65 m) e dimensão interfluvial média “muito alta” (< 250), caracterizando-a com fragilidade do relevo “muito forte”. Predominam nos topos dos interflúvios e nas baixas vertentes às classes de declividade, categorizadas como fragilidade “muito fraca”, “fraca” e “média” (3 a 6%, 6 a 12% e 12 a 20%), enquanto nas altas e médias vertentes registram-se o predomínio das classes de declividade categorizadas como fragilidade “forte” e “muito forte” (20 a 30%, 30 a 45% e $\geq 45\%$).

As litologias aflorantes são representadas pelas Formações Corumbataí em áreas de topos e altas vertentes, e pela Formação Iratí, nas médias e baixas vertentes. Ambas as formações apresentam fácies diferenciadas de materiais constitutivos, representando potencial a erosão. Os solos predominantes estão atrelados a classe dos Neossolos (EMBRAPA, 1999), classificados anteriormente como LI-3 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “muito alta”, e,

em menor quantidade, registram-se os Argissolos (EMBRAPA, 1999), presentes nas baixas vertentes que drenam para o rio Corumbataí, sendo anteriormente classificados como PV-9 (IAC, 1989), com grau de fragilidade “alta”.

Quanto à tipologia das formas de vertentes, as convexidades (Vc) dominam as áreas de altas, médias e baixas vertentes. A montante das cabeceiras de drenagens, registram-se as morfologias côncavas (Vcc), as quais se encontram entalhadas com formas de fundo de vales em “V”, margeados por rupturas de declive. Os processos erosivos lineares se manifestam por todo o Setor, em concavidades e convexidades, representadas na Carta Geomorfológica por sulcos erosivos.

Predomina como ocupação desses topos de interflúvios, bem como nas vertentes côncavas e convexas, o cultivo de cana-de-açúcar com medidas de práticas conservacionistas. Registram-se, ainda, fragmentos de matas, de pastagens voltadas aos rebordos urbanos, de pastos sujos e de silviculturas, como também uma indústria do setor metalúrgico. A monocultura canavieira expande-se em direção aos fundos de vales, tomando o lugar das matas ciliares que estão reduzidas a fragmento inexpressivo.

Compõe-se, portanto, o sistema natural de variáveis que denotam uma relevante fragilidade para o Setor. Têm fragilidade do relevo “muito forte”, classes de declividade nos topos dos interflúvios e nas baixas vertentes caracterizadas como fragilidades “muito fraca”, “fraca” e “média” e nas altas e médias vertentes classes de declividade categorizadas como fragilidade “forte” e “muito forte”. As litologias apresentam-se frágeis aos processos erosivos, enquanto os solos, predominantemente, registram grau de fragilidade “muito alta” e em menor quantidade fragilidade “alta”.

Tendo em vista as características apresentadas de fragilidade relevante do sistema natural, o Setor passa a sofrer forte interferência do sistema antrópico, como em muitos dos outros Setores, pela ocupação da monocultura canavieira. Esta tem contribuição singular na dinamização ou mesmo na geração de processos denudativos, seja pela exposição do material pedológico, ou mesmo pelo corte de estradas para escoamento da produção (foto 20).

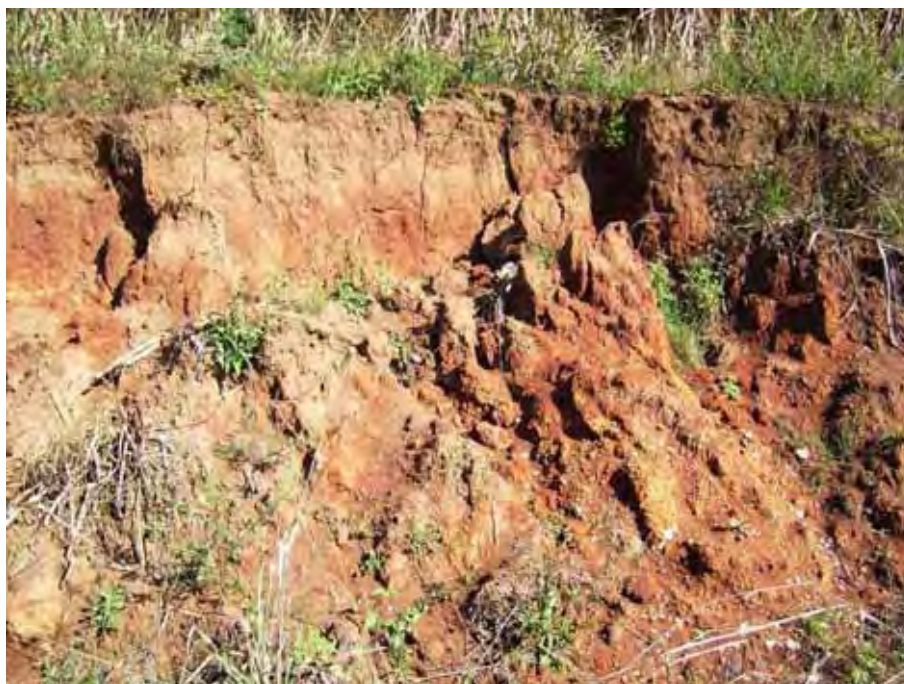


Foto 20: Formas erosivas em solos de fragilidade “alta” (Argissolos) associados ao corte de estrada para remoção de cana-de-açúcar.
Autor: Silveira (2008).

Quanto às áreas de rebordos urbanos, ainda hoje ocupados por pastagens, registra-se o alerta de um possível processo de expansão urbana. Para o Macrozoneamento Urbano o Setor é tido como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA) (PIRACICABA, 2006). Porém, os processos de expansão das áreas urbanas que avançam para o Setor, historicamente, não adotaram medidas de planejamento, não considerando os parâmetros de análise da fragilidade ambiental.

Por fim, os **Setores de Agradação ou Acumulação (Aptf)** correspondem conjuntamente às áreas de acumulação de planícies fluviais e de terraços fluviais. Seus sedimentos são provavelmente derivados dos processos denudativos oriundos das unidades denudacionais (Dc e Dt) e concentram-se tanto no nível atual das drenagens, caracterizando áreas de planícies fluviais, como em níveis altimétricos superiores, caracterizando os terraços. Estes indicam claramente a dinâmica de busca de perfil de equilíbrio da drenagem, a qual, em determinado período, escavou seus próprios sedimentos, os quais passaram a constituir esses terraços.

Foram registradas na Carta Geomorfológica as seguintes unidades Aptf: na baixa e média bacia do córrego da Reta; na margem direita do rio Corumbataí; na margem direita do rio Piracicaba; na confluência com o córrego das Ondas; na média bacia do córrego das Ondas; e na baixa e média bacia do córrego do Itapocu.

Todas as unidades Aptf, em especial aquelas referentes aos córregos da Reta, Ondas e Itapocu, estão possivelmente atreladas aos processos denudativos oriundos das unidades morfológicas mapeadas, associados aos processos erosivos ocorridos em áreas canavieiras e de pastagens, as quais dominam o cenário de uso e ocupação da terra. As áreas urbanizadas, em razão do processo de ocupação sem planejamento, também contribuem para estes processos, já que os rebordos urbanos normalmente apresentam solos desnudos. Vale registrar ainda a pouca expressão das matas ciliares (foto 21), as quais deixam de contribuir para a manutenção dos taludes dos vales fluviais.



Foto 21: Vale da baixa bacia do Córrego do Itapocu, desprovido de mata ciliar.
Autor: Silveira (2008).

Já as unidades Aptf atribuídas aos rios Piracicaba e Corumbataí (foto 22) estão atreladas aos processos de incisão fluvial, formando os chamados terraços fluviais. Também estas áreas encontram-se desprovidas de matas ciliares, o que muitas vezes contribui para processos erosivos nestes próprios terraços. Registram-se, ainda, na Carta Geomorfológica, sobretudo no rio Piracicaba, acúmulos de sedimentos no leito fluvial, nas chamadas “ilhas fluviais”.



Foto 22: Vale da baixa bacia do rio Corumbataí, também desprovido de mata ciliar.
Autor: Silveira (2008).

Dessa forma, tendo em vista as análises parciais dos documentos cartográficos intermediários, a partir das unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes definidas, o quadro a seguir (tabela 15) sintetiza as principais informações discutidas até o momento:

UNIDADES MORFOLÓGICAS	MORFOLOGIA	MORFOMETRIA	GEOLOGIA	SOLOS	COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA	REGISTROS NA CARTA GEOMORFOLÓGICA
Setor de Interflúvios Médios do Rio Piracicaba (De 5.3)	As formas de vertentes encontram-se em sua maioria embelezadas (Ve), registrando áreas retilíneas (Ve), segundo as convexidades (Vce) em ângulos de cabeceira de drenagem.	Uma de entalhamentos médios-baixas "muito forte" (2 a 6 m) e última interflúvia representada como "muito forte" (2 a 6 m). A 6%, 8 a 12%, 12 a 20%, e as bacias vertentes, das quais usamos como "muito forte" (20 a 30%), 30 a 45% e 45%.	Nas áreas de topos registra-se a presença da Formação Rio Claro, enquanto nas vertentes aflora a Formação Escumbatal.	Em áreas de topos se registra a Formação Escumbatal, enquanto nas vertentes aflora a Formação Escumbatal.	Em áreas de topos se registra a Formação Escumbatal, enquanto nas vertentes aflora a Formação Escumbatal.	As vertentes, como também as áreas de cabeceiras (Vce) em ângulos de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas, por serem representadas em forma de "muito forte". Ruptura de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os saltos erosivos.
Setor de Interflúvios Extensos de Afluentes da Margem Direita do Corrego das Ondas (De 5.3)	As formas de vertentes encontram-se em sua maioria embelezadas (Ve), registrando áreas retilíneas (Ve), segundo as convexidades (Vce) em ângulos de cabeceira de drenagem.	Uma de entalhamentos médios-baixas "muito forte" (2 a 6 m) e última interflúvia representada como "muito forte" (2 a 6 m). A 6%, 8 a 12%, 12 a 20%, e as bacias vertentes, das quais usamos como "muito forte" (20 a 30%), 30 a 45% e 45%.	A Formação Escumbatal aflora predominantemente em todo o setor.	Os solos são representados em sua maioria pelos Argissolos (EMBRAPA, 1999), caracterizados anteriormente como PV-1 e PV-2 (IAC, 1989), com grau de fragilidade moderado a alto, segundo os critérios de Naves (EMBRAPA, 1999). Outros solos anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), apresentando grau de fragilidade "muito alto".	Ve registrando rupturas de declive nas áreas de cabeceira (Vce) em ângulos de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas, por serem representadas em forma de "muito forte". Ruptura de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os saltos erosivos.	
Setor de Interflúvios Dissecados de Afluentes do Rio Piracicaba (De 4.5)	Apresenta vertentes embelezadas (Ve) e arfiteiras (Vce) nas cabeceiras de drenagem, as quais se encontram dissecadas.	Uma de entalhamentos médios-baixas "muito forte" (2 a 6 m) e última interflúvia representada como "muito forte" (2 a 6 m). A 6%, 8 a 12%, 12 a 20%, e as bacias vertentes, das quais usamos como "muito forte" (20 a 30%), 30 a 45% e 45%.	A litologia aflorante corresponde à Formação Escumbatal.	Os solos predominantemente são Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), segundo os critérios de Naves (EMBRAPA, 1999). Outros solos anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), apresentando grau de fragilidade "muito alto".	Ve e arfiteiras (Vce) nas cabeceiras de drenagem encontram-se dissecadas, apresentando rupturas de declive com processos erosivos lineares, como também as áreas de cabeceira (Vce) em ângulos de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas, por serem representadas em forma de "muito forte". Ruptura de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os saltos erosivos.	
Setor de Interflúvios Dissecados da Margem Direita do Corrego Itapocu e Afluentes (De 4.5)	As formas de vertentes apresentam-se embelezadas (Ve) nas áreas de cabeceira de drenagem, as quais se encontram dissecadas.	Uma de entalhamentos médios-baixas "muito forte" (2 a 6 m) e última interflúvia representada como "muito forte" (2 a 6 m). A 6%, 8 a 12%, 12 a 20%, e as bacias vertentes, das quais usamos como "muito forte" (20 a 30%), 30 a 45% e 45%.	As litologias aflorantes são representadas em grande maioria pela Formação Escumbatal e por pequenas fragmentos em áreas de topos de interflúvios pela Formação Rio Claro.	Domínio dos Neossolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), segundo os critérios de Naves (EMBRAPA, 1999). Outros solos anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), apresentando grau de fragilidade "muito alto".	Ve e arfiteiras (Vce) nas cabeceiras de drenagem encontram-se dissecadas, apresentando rupturas de declive com processos erosivos lineares, como também as áreas de cabeceira (Vce) em ângulos de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas, por serem representadas em forma de "muito forte". Ruptura de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os saltos erosivos.	
Setor de Bacias Vertentes Dissecadas do Rio Piracicaba e Afluentes (De 5.2)	As formas de vertentes são dominadas por convexidades (Vc), vales "muito forte" (2 a 6 m) e áreas retilíneas (Ve), registrando áreas retilíneas (Ve), segundo as convexidades (Vce) em ângulos de drenagem, as quais se encontram dissecadas.	Uma de entalhamentos médios-baixas "muito forte" (2 a 6 m) e última interflúvia representada como "muito forte" (2 a 6 m). A 6%, 8 a 12%, 12 a 20%, e as bacias vertentes, das quais usamos como "muito forte" (20 a 30%), 30 a 45% e 45%.	A litologia aflorante corresponde à Formação Escumbatal.	Domínio dos Argissolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), segundo os critérios de Naves (EMBRAPA, 1999). Outros solos anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), apresentando grau de fragilidade "muito alto".	Ve e arfiteiras (Vce) nas cabeceiras de drenagem encontram-se dissecadas, apresentando rupturas de declive com processos erosivos lineares, como também as áreas de cabeceira (Vce) em ângulos de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas, por serem representadas em forma de "muito forte". Ruptura de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os saltos erosivos.	
Setor de Topos e Altas Vertentes Convexas dos Interflúvios dos Corregos das Ondas-Itapocu-Reta (De 2.5)	Os tipos de interflúvios apresentam-se em sua maioria embelezadas (Ve), registrando áreas retilíneas (Ve), segundo as convexidades (Vce) em ângulos de drenagem, as quais se encontram dissecadas.	Uma de entalhamentos médios-baixas "muito forte" (2 a 6 m) e última interflúvia representada como "muito forte" (2 a 6 m). A 6%, 8 a 12%, 12 a 20%, e as bacias vertentes, das quais usamos como "muito forte" (20 a 30%), 30 a 45% e 45%.	A litologia aflorante corresponde à Formação Escumbatal.	Domínio dos Argissolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), segundo os critérios de Naves (EMBRAPA, 1999). Outros solos anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), apresentando grau de fragilidade "muito alto".	Ve e arfiteiras (Vce) nas cabeceiras de drenagem encontram-se dissecadas, apresentando rupturas de declive com processos erosivos lineares, como também as áreas de cabeceira (Vce) em ângulos de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas, por serem representadas em forma de "muito forte". Ruptura de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os saltos erosivos.	
Setor de Interflúvios Dissecados de Afluentes do Rio Escumbatal (De 5.5)	Quanto à tipologia das formas de vertentes, as convexidades (Vc) são dominadas por áreas de alturas, médias e baixas vertentes, quando não a montante das cabeceiras de drenagem.	Uma de entalhamentos médios-baixas "muito forte" (2 a 6 m) e última interflúvia representada como "muito forte" (2 a 6 m). A 6%, 8 a 12%, 12 a 20%, e as bacias vertentes, das quais usamos como "muito forte" (20 a 30%), 30 a 45% e 45%.	As litologias aflorantes são representadas em grande maioria pela Formação Escumbatal e por pequenas fragmentos em áreas de topos de interflúvios pela Formação Rio Claro.	Domínio dos Argissolos (EMBRAPA, 1999), anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), segundo os critérios de Naves (EMBRAPA, 1999). Outros solos anteriormente classificados como LU-3 (IAC, 1989), apresentando grau de fragilidade "muito alto".	Ve e arfiteiras (Vce) nas cabeceiras de drenagem encontram-se dissecadas, apresentando rupturas de declive com processos erosivos lineares, como também as áreas de cabeceira (Vce) em ângulos de drenagem, as quais apresentam-se entalhadas, por serem representadas em forma de "muito forte". Ruptura de declive são registradas em todas as formas de vertentes, bem como os saltos erosivos.	

Tabela 15: Síntese das principais informações discutidas.

5.2 Análise Empírica da Fragilidade Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba.

A fragilidade dos ambientes naturais face as intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em um estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais (ROSS 1994, p.63).

A proposta metodológica adotada, referente à fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, estabelecida por Ross (1990, 1994 e 2001), culmina em um produto cartográfico de síntese, com base em informações de relevo/solo/declividade/cobertura vegetal e uso da terra. Assim, nesta segunda temática, pretende-se, por meio da Carta de Fragilidade Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (figura 18), analisar de forma sintética as informações do conjunto das variáveis definidoras das unidades de fragilidade ambiental, bem como suas espacializações e extensões, contribuindo para o diagnóstico ambiental da área estudada.

Assim, em uma mesma tipologia de unidades de fragilidade, teremos setores diferenciados quanto aos atributos e pesos representados pelas suas variáveis. Para uma melhor leitura dos resultados obtidos, recomenda-se a consulta dos valores registrados nas tabelas de 9 a 13 (p.61 a 63), que demonstram os níveis de fragilidade representados pelas variáveis em análise.

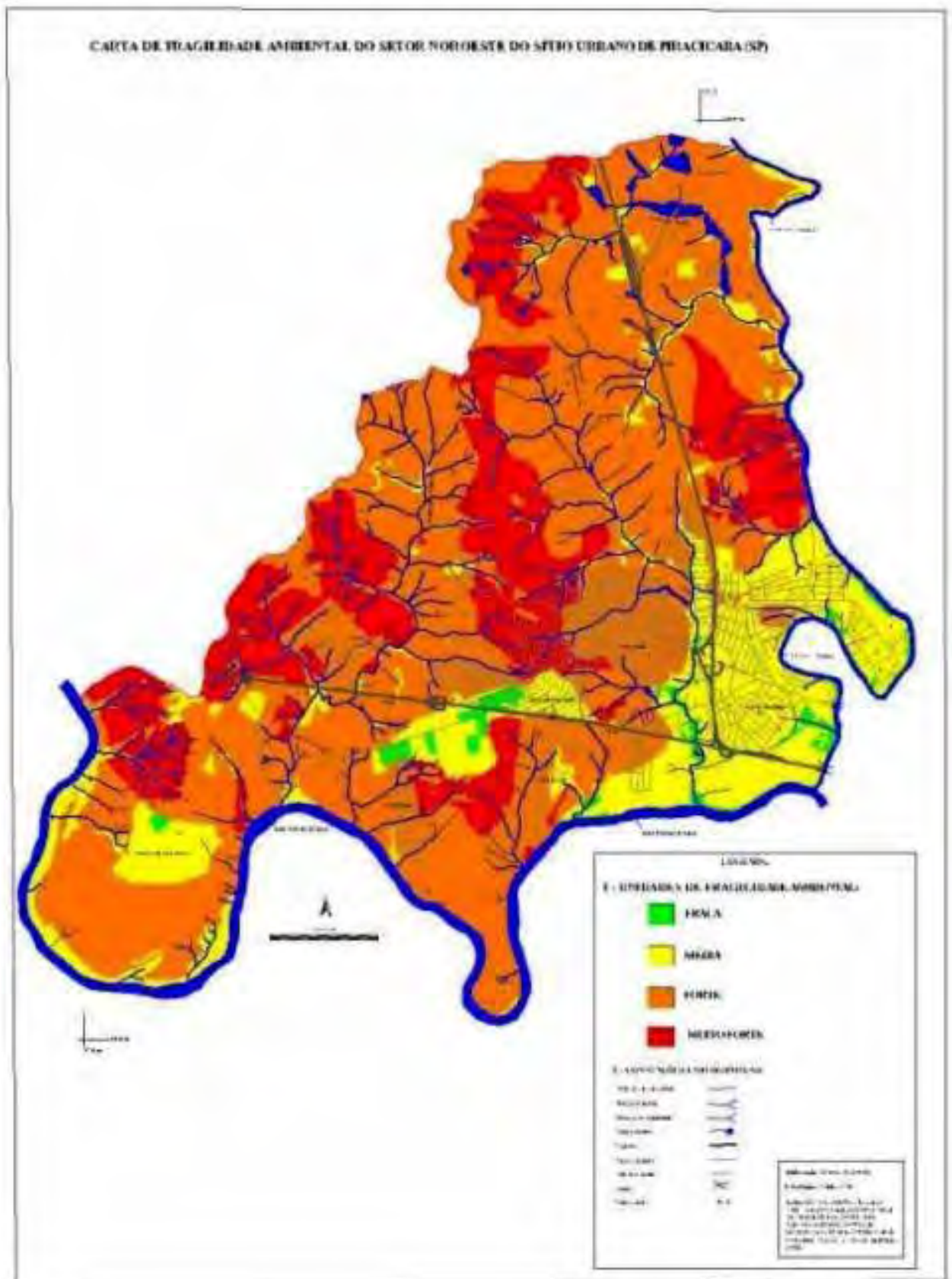


Figura 18: Carta de Fragilidade Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).

As **unidades de fragilidade ambiental**, categorizadas como “**fraca**”, apresentam menor expressividade no contexto da área de estudo, quando comparada em extensão com as outras unidades. Estão restritas e associadas aos setores de baixas vertentes e fundos de vale do rio Corumbataí e do rio Piracicaba, no sudeste da área estudada. Também se encontram nas baixas vertentes e fundos de vale da baixa e média bacia do córrego das Ondas e nos setores de topos dos interflúvios, que drenam para o rio Piracicaba e afluentes.

Nos setores de baixas vertentes e fundos de vale do rio Corumbataí e do rio Piracicaba (sudeste da área estudada), como também nas baixas vertentes e fundos de vale da baixa e média bacia do córrego das Ondas, as formas de relevo apresentam-se levemente convexizadas e suavizadas. Estas, pouco dissecadas (1; ver tabelas 9 e 10, p.61) com baixas declividades (1 e 2; ver tabela 13, p.63), quando associadas ao grau de proteção aos solos promovido pelas matas ciliares (1; ver tabela 12, p.62), permitiram a classificação destes setores na classe de fragilidade ambiental “fraca”, mesmo sendo a variável solo de alto potencial erosivo (4; ver tabela 11, p.62).

Nestes termos, as variáveis do relevo (morfologia e morfometria) associadas à proteção dos solos pelas matas ciliares, garantiram estes setores na classe da fragilidade ambiental “fraca”. As fotos 23 e 24 ilustram, respectivamente, o vale do rio Corumbataí e o vale do rio Piracicaba, em áreas de expressivas matas ciliares, como típicas representações destes setores.

Deve-se, ainda, destacar, que algumas áreas destes setores, correspondem a áreas de agradação ou acumulação (Aptf), indicadas na Carta Geomorfológica como áreas de acumulação de planícies fluviais e de terraços fluviais.



Foto 23: Vale do rio Corumbataí. Tanto na margem esquerda, quanto direita (pertencente a área de estudo), a presença significativa de mata ciliar, com grau de proteção aos solos “muito alta” (1).
Autor: Silveira (2008).



Foto 24: Vale do rio Piracicaba. Tanto na margem esquerda (pertencente a área de estudo), quanto direita, a presença significativa de mata ciliar, com grau de proteção aos solos “muito alta” (1).
Autor: Silveira (2008).

Para as unidades de fragilidade ambiental “fraca” registradas nos setores de topos dos interflúvios que drenam para o rio Piracicaba e afluentes, as formas de relevo registraram-se planas ou convexizadas, sendo a associação das variáveis relevo e cobertura vegetal e uso da terra, que não extrapolaram níveis de fragilidade medianos, somadas as variáveis declividade e solos com valores reduzidos, como condicionantes para a classificação destes setores como unidades de fragilidade ambiental “fraca”.

Registram-se, portanto, formas de relevo levemente dissecadas (3), com baixas declividades (1 e 2), solos bem desenvolvidos com baixo potencial à erosão (1), sobrepostos, predominantemente, por áreas construídas, que muitas vezes preservam alguma vegetação (3).

Já as **unidades de fragilidade ambiental “média”** estão predominantemente representadas por setores instalados na confluência dos rios Corumbataí e Piracicaba, em área dominada pelo bairro Santa Terezinha; nos setores de interflúvios do rio Piracicaba e afluentes; nas baixas vertentes e fundos de vale do rio Piracicaba, no extremo sudoeste da área de estudo; nas baixas vertentes e fundos de vale do rio Corumbataí, no extremo nordeste da área de estudo e nas baixas vertentes e fundos de vale do baixo e médio curso do córrego da Reta.

Na área dominada pelo bairro Santa Terezinha, na confluência dos rios Corumbataí e Piracicaba, predominam relevos levemente convexizados, pouco dissecados (1) com baixas declividades (1 e 2), no entanto, com solos de considerável fragilidade erosiva (4) e usos da terra associados à urbanização (com e sem infra-estrutura) e áreas construídas (3 e 4).

Mesmo com condições de relevo (morfologia e morfometria) que não denotem potencial à fragilidade, a variável solo (foto 25) associada ao uso urbano sem planejamento (foto 26), sobretudo em áreas de rebordos urbanos, promoveram a classificação deste setor como fragilidade ambiental “média”.



Foto 25: Argissolos com grau de fragilidade “alta” (4).
Autor: Silveira (2008).



Foto 26: Bairro Santa Terezinha instalado em área de pouco declive (1), no entanto com infra-estrutura urbana deficitária (4).
Autor: Silveira (2008).

Nos setores de interflúvios do rio Piracicaba e afluentes, as variáveis declividade, solos e dissecação do relevo foram preponderantes em suas classificações, pois apresentam valores reduzidos a medianos quanto à fragilidade. Mesmo desprovidas ou temporariamente desprovidas de cobertura vegetal, marcadas pelos usos da monocultura canavieira, solos expostos e coberturas herbáceas peri-urbanas (5), tais formas de relevo planas ou convexizadas, denotam-se levemente dissecadas (3), com baixas declividades (1), sobrepostas por solos de maior resistência erosiva (1), classificando-as como fragilidade ambiental “média”.

As unidades de fragilidade ambiental “média” correspondentes aos setores das baixas vertentes e fundos de vale do rio Piracicaba, no extremo sudoeste, bem como as baixas vertentes e fundos de vale do rio Corumbataí, no extremo nordeste da área de estudo, apresentam características semelhantes. Registram em suas formas convexizadas solos com potencial erosivo (4), porém associados a matas ciliares (1) e áreas construídas que preservam alguma vegetação (3). Além disso, as variáveis declive (1) e relevo (3) não extrapolam valores intermediários, sendo estes condicionantes fundamentais para serem classificados como fragilidade “média”.

As baixas vertentes e fundos de vale do baixo e médio curso do córrego da Reta apresentaram em suas formas convexizadas a variável solo com considerável potencial erosivo (4), no entanto, devido aos valores intermediários registrados pelas variáveis relevo (3) e cobertura vegetal e uso da terra (3), além de baixos declives (1), foram classificados como fragilidade ambiental “média” (foto 27).

Contudo, conforme registrado em trabalho de campo, as áreas de vegetação alagada e pasto sujo, sobretudo nos fundos de vale de afluentes do córrego da Reta, nas proximidades da Usina Costa Pinto, vem sendo tomadas pela monocultura canavieira, fator este que, em um futuro próximo, poderá elevar o grau de fragilidade ambiental deste setor, visto que já são registradas formas erosivas nas margens dos cursos d’água, conforme demonstra a foto 28.



Foto 27: Córrego da Reta. Vegetações de áreas alagadas sobrepondo solos de grau de fragilidade “alta” (4).
Autor: Silveira (2008).



Foto 28: Afluente do Córrego da Reta. Cana-de-açúcar invadindo área de pasto sujo, que outrora invadira a área de mata ciliar. Nas margens fluviais, formas erosivas em solos de grau de fragilidade “alta” (4).
Autor: Silveira (2008).

As **unidades de fragilidade ambiental “forte”** predominam em extensão na área de estudo. Foram classificados predominantemente como fragilidade “forte” grande extensão da baixa e média bacia do córrego da Reta; o setor de topos da alta bacia do córrego da Reta; grande extensão da bacia do córrego das Ondas; grande extensão da bacia do córrego Itapocu e grandes extensões das médias e baixas vertentes dos interflúvios que drenam para o rio Piracicaba e afluentes.

Nos setores de grande extensão da baixa e média bacia do córrego da Reta foram determinantes na classificação as variáveis solos e cobertura vegetal e uso da terra, pois as formas de relevo convexas, embora levemente dissecadas (3) com declividades reduzidas (1), apresentam solos de alto potencial erosivo (4 e 5) sobrepostos pela cana-de-açúcar (5) e pela indústria canavieira (4), como registra a foto 29.



Foto 29: Agroindústria canavieira (Usina Costa Pinto), representando grau de proteção aos solos “baixa” (4). Setor mapeado como fragilidade ambiental “forte”. Autor: Silveira (2008).

Vale destacar que na Carta Geomorfológica pontuam-se processos erosivos lineares por toda a extensão de uso canavieiro, bem como em áreas da Usina Costa Pinto, conforme demonstrado pela foto 30, com ravinamento instalado em área pertencente à agroindústria citada. Nesta, ainda se encontram seqüências de represamentos do córrego da Reta, alterando significativamente a dinâmica natural do escoamento fluvial, conforme registra a foto 11 (p.102), anteriormente apresentada.



Foto 30: Afluente do córrego da Reta com ravinamento instalado em área da Usina Costa Pinto. Autor: Silveira (2008).

Já no setor de topos da alta bacia do córrego da Reta, as formas de relevo convexizadas dominadas pelo uso canavieiro (5), apresentam-se altamente dissecadas (5), no entanto com declividades reduzidas (1) e solos de fragilidade erosiva moderada (3). Dessa forma, as variáveis relevo e cobertura vegetal e uso da terra tiveram destaque na classificação do nível de fragilidade, no caso, a fragilidade ambiental “forte”.

Para a bacia do córrego das Ondas, na qual as formas predominantes do relevo são convexas, as variáveis relevo, solos e cobertura vegetal e uso da terra tiveram significativa participação na sua classificação como fragilidade ambiental “forte”, com exceção do fator declividade, que somente em determinados trechos apresentou valores medianos.

Em sua alta e média bacia, as formas de relevo dissecadas (4) com solos de potencial a fragilidade erosiva alta (4 e 5), estão recobertos por pastagem (4) e cana-de-açúcar (5). A foto 31 apresenta uma extensa vertente convexizada, de baixo declive, de um afluente da média bacia córrego das Ondas, com solos Neossolos ocupados por pastagem, registrando formas erosivas atreladas ao pisoteio do gado e a fragilidade pedológica.



Foto 31: Vertente de um afluente da média Bacia do Córrego das Ondas. Formas erosivas em áreas destinadas a pastagem.
Autor: Silveira (2008).

Já para a baixa bacia do córrego das Ondas, as formas de relevo altamente dissecadas (5), compondo solos de alta fragilidade erosiva (4 e 5), estão sobrepostos pela urbanização do bairro Vila Sônia sem infra-estruturar adequada (4), como registra a foto 32. Pode-se observar que o bairro mencionado ocupa toda a vertente convexizada que drena para o córrego das Ondas, sendo que as águas pluviais, quando registrados altos índices pluviométricos típicos de verão, são conduzidas pelas vias asfaltadas que se comportam como canais de escoamento, interferindo no processo natural de infiltração e redução da energia da água. Portanto, aumenta-se bruscamente a vazão do canal fluvial, que encontra suas margens desprovidas de matas ciliares com solos expostos de alta fragilidade, promovendo-se assim os processos erosivos, conforme registrado na Carta Geomorfológica pelos sulcos erosivos.



Foto 32: Vertente convexizada do córrego das Ondas ocupada pelo Bairro Vila Sônia.
Autor: Silveira (2008).

O setor de grande extensão da alta bacia do córrego Itapocu, classificado como fragilidade ambiental “forte”, apresenta formas de relevo convexizadas e dissecadas (4), com declividades elevadas (4 e 5) nas cabeceiras de drenagens, solos de alta fragilidade erosiva (4 e 5), sobrepostos com fragmentos de matas ciliares (1), porém envoltas pela monocultura canavieira, como ilustra a foto 33.

A presença destes fragmentos condicionou a classificação deste setor da alta bacia do córrego Itapocu como unidade de fragilidade “forte”, mesmo com as outras variáveis em análise demonstrando níveis elevados de fragilidade. Assim, caso não houvesse a presença da vegetação ou se esta for substituída pela monocultura canavieira, estas áreas passariam a apresentar fragilidade ambiental “muito forte”.



Foto 33: Setor de nascentes do córrego Itapocu com presença de matas ciliares, porém envoltas pela monocultura canavieira.
Autor: Silveira (2008).

Na média bacia, as formas de relevo convexas altamente dissecadas (5), apresentam declividades baixas a médias (1, 2 e 3), com domínio de solos de alta fragilidade (4 e 5), que estão sobrepostos pela cana-de-açúcar (5), pastagens (4) e áreas construídas (3). Se para o setor da alta bacia, a variável cobertura vegetal e uso da terra permitiram tal classificação, para a média bacia do córrego Itapocu, o fator responsável por não incluí-la na classificação das unidades de fragilidade “muito forte”, foi a variável declividade, visto que esta não atingiu níveis de fragilidade superiores aos medianos.

Já para sua baixa bacia, quanto às variáveis solos e cobertura vegetal e uso da terra, registraram-se cenários semelhantes aos da média bacia, combinadas a formas de relevo convexas levemente dissecadas (3) com declividades reduzidas (1 e 2). Embora as condições de relevo e declividade não denotem fragilidade acima dos níveis intermediários, os solos e seu uso preponderante garantiram, também, aos setores da baixa bacia do córrego Itapocu, a classificação de fragilidade ambiental “forte”.

Os setores de fragilidade ambiental “forte” das grandes extensões das médias e baixas vertentes dos interflúvios que drenam para o rio Piracicaba e afluentes, nitidamente, não atingiram classificação superior quanto à fragilidade pelo fato da variável declividade não apresentar níveis acima dos medianos. Dominantemente, as vertentes convexas, de leve (3) a elevadas (5) dissecções do relevo, registraram solos de alta fragilidade erosiva (4), cujo

uso se faz em grande maioria pela pastagem (4) e pela cana-de-açúcar (5), além da recente instalação do Distrito Industrial Noroeste (3) (foto 34), apresentando apenas valores reduzidos a médios, na variável declive (1, 2 e 3).



Foto 34: Indústria compondo a recente instalação do Distrito Industrial Noroeste de Piracicaba. Autor: Silveira (2008).

Nas **unidades de fragilidade ambiental “muito forte”** as variáveis em análise, relevo/solos/cobertura vegetal e uso da terra/declividade denotam níveis elevados quanto às fragilidades. Em ambos os critérios de análise, tanto quantitativo quanto qualitativo, a classificação destes cenários foi de fragilidade “muito forte”.

Abrangem os setores de drenagens que se direcionam ao rio Piracicaba, no sudoeste da área de estudo; setores das médias vertentes do interflúvio entre o rio Piracicaba e afluentes; setores dos topos e vertentes da margem direita da média bacia do córrego Itapocu; setores dos topos e altas vertentes do interflúvio entre o córrego das Ondas e o córrego Itapocu; setores de vertentes da alta bacia do córrego da Reta e setores de drenagens que se direcionam ao rio Corumbataí, no extremo leste da área de estudo.

Os setores de drenagens que se direcionam ao rio Piracicaba (sudoeste da área de estudo), as médias vertentes do interflúvio entre o rio Piracicaba e afluentes, bem como os topos e vertentes da margem direita da média bacia do córrego Itapocu apresentaram níveis de fragilidade elevados para todas as variáveis em análise, com raríssimos valores intermediários, classificando-os como fragilidade “muito forte”. As formas de relevo convexizadas encontram-se dissecadas (4) ou extremamente dissecadas (5), com declividades

médias e elevadas (3, 4 e 5), solos de considerável fragilidade erosiva (4 e 5), sendo utilizados para pastagens (4), fragmentos de silvicultura (4) e para a monocultura da cana-de-açúcar (5).

A foto 35 ilustra o setor das médias vertentes do interflúvio entre o rio Piracicaba e afluentes, apresentando formas de relevo convexizadas e dissecadas, com declividades médias e solos com considerável fragilidade erosiva, sobrepostos pela monocultura canavieira.



Foto 35: Monocultura canavieira, com grau de proteção aos solos pela cobertura vegetal e uso da terra “muito baixa” (5), sobrepondo solos de grau de fragilidade “muito alta” (5).
Autor: Silveira (2008).

Os setores dos topos e altas vertentes do interflúvio entre o córrego das Ondas e o córrego Itapocu, mesmo com valores reduzidos de declividade em áreas de topos (1 e 2), foi classificado como fragilidade “muito forte”, por tratar-se de um interflúvio convexizado de onde partem canais de primeira ordem que abastecem duas bacias de drenagem que direcionam ao rio Piracicaba, como também, pelas características de elevada fragilidade do relevo (5) e solos (5), sendo seus usos destinados a monocultura canavieira (5). A foto 36 representa o cenário do extremo norte do interflúvio do Córrego das Ondas e Itapocu.



Foto 36: Interflúvio entre o córrego das Ondas e o córrego Itapocu. Formas de relevo convexizadas e dissecadas (5) com baixas declividades (1 e 2), solos de alta fragilidade (5) utilizados pelo cultivo de cana-de-açúcar (5). Autor: Silveira (2008).

Já nos setores das vertentes da alta bacia do córrego da Reta a declividade se acentua (4 e 5), no entanto, as características de relevo, solos e cobertura vegetal e uso da terra permanecem idênticas as dos setores do interflúvio acima mencionado. Tais características também levaram a classificação destes setores com fragilidade ambiental “muito forte”, sendo que a foto 37 registra a monocultura canavieira tomando uma área de cabeceira de drenagem do córrego da Reta, com processos erosivos lineares assoreando o canal fluvial.



Foto 37: Nascente do córrego da Reta envolta pela monocultura canavieira.
Autor: Silveira (2008).

Os setores de vertentes que se direcionam ao rio Corumbataí, classificados como fragilidade ambiental “muito forte” apresentaram no conjunto de suas variáveis, níveis extremamente elevados, o que, de fato, torna-se preocupante a partir do momento em que o rebordo urbano da zona de expansão noroeste de Piracicaba apresenta-se muito próxima. As formas de relevo convexizadas e muito dissecadas (5), com declividades elevadas (4 e 5), sobretudo nas altas e médias vertentes, apresentam solos de alta fragilidade (5), que ficam expostos aos condicionantes erosivos, em especial as pluviosidades que, em parte do ano, em razão de sua utilização pela monocultura canavieira (5), encontram-se desprovidos de cobertura vegetal (foto 38).



Foto 38: Vertente convexa com solos Neossolos (5) expostos devido à retirada da cana-de-açúcar.
Autor: Silveira (2008).

Dessa forma, a análise do documento cartográfico de síntese propiciou uma leitura espacializada da relação estabelecida entre as variáveis pertencentes à natureza, ou ao sistema natural, com as variáveis antrópicas, ou do sistema antrópico. Tal leitura, com base na metodologia adotada por esta pesquisa, veio a contribuir para o diagnóstico detalhado das condições ambientais, sobretudo aquelas atreladas ao relevo, que é palco das atividades humanas do setor de expansão urbana noroeste do sítio urbano de Piracicaba. Por fim, a tabela 16 sintetiza os níveis de fragilidade das variáveis registradas nas unidades de fragilidade ambiental, de acordo com suas extensões.

Unidades de Fragilidade Ambiental.	Extensão das Unidades de Fragilidade Ambiental.	Formas predominantes de relevo.	Fragilidade do relevo (ver tabelas 9 e 10).	Níveis de fragilidade – declividade (ver tabela 13).	Grau de fragilidade dos solos (ver tabela 11).	Grau de proteção aos solos pela cobertura vegetal/uso da terra (ver tabela 12).	
FRACA	Setores de baixa vertente e flanco de vale do rio Cerambani e do rio Piracicaba (extensão da área estudada) e bacia vertente e flanco de vale da Mata e média bacia do córrego do Onças.	Levemente convexizadas e suavizadas.	"muito fraca" (1).	"muito fraca" (1) e "fraca" (2).	"alta" (4).	"muito alta" (1).	
	Setores de topo dos morfotopos que dominam para o rio Piracicaba e afluentes.	plano ou convexizadas.	"média" (3).	"muito fraca" (1).	"muito baixa" (1).	"média" (3).	
	Área delimitada pelo bairro Santa Cruz e a rodovia estadual das Fins Cerambani e Piracicaba.	levemente convexizadas.	"muito fraca" (1).	"muito fraca" (1) e "fraca" (2).	"alta" (4).	"médio" (3) e "baixa" (4).	
	Setores de morfotopo de rio Piracicaba afluentes.	planos ou convexizadas.	"média" (3).	"muito fraca" (1).	"muito baixa" (1).	"muito baixa" (5).	
MÉDIA	Setores de baixa vertente e flanco de vale do rio Piracicaba no extremo sudoeste, bem como as bacias vertentes e flancos de vale do rio Cerambani, do córrego, afluente da área estudada.	convexas.	"média" (3).	"muito fraca" (1).	"alta" (4).	"muito alta" (1) e "médio" (3).	
	Bacia vertente e flanco de vale do rio Onças e região sudeste do córrego do Rio.	convexas.	"média" (3).	"muito fraca" (1) e "fraca" (2).	"alta" (4).	"média" (3).	
	Setores de grande extensão de bacia e média bacia do córrego do Rio.	convexas.	"média" (3).	"muito fraca" (1).	"alta" (4) e "muito alta" (5)".	"baixa" (4) e "muito baixa" (5).	
	Setor de topo de alta bacia do córrego do Rio.	convexas.	"muito forte" (5).	"muito fraca" (1).	"média" (3).	"muito baixa" (5).	
FORTE	Bacia do córrego das Onças.	convexas.	"forte" (4) e "muito forte" (5).	"muito fraca" (1), "fraca" (2) e "média" (3).	"alta" (4) e "muito alta" (5)".	"baixa" (4).	
	Alta bacia do córrego Itapoca.	convexas.	"forte" (4).	"forte" (4) e "muito forte" (5).	"alta" (4) e "muito alta" (5)".	"muito alta" (1).	
	Média bacia do córrego Itapoca.	convexas.	"muito forte" (5).	"muito fraca" (1), "fraca" (2) e "médias" (3).	"alta" (4) e "muito alta" (5)".	"médias" (3), "baixa" (4) e "muito baixa" (5).	
	Bacia sudeste do córrego Itapoca.	convexas.	"média" (3).	"muito fraca" (1) e "fraca" (2).	"alta" (4) e "muito alta" (5)".	"muito baixa" (5).	
MUITO FORTE	Grande extensão de média e bacia vertentes de interflúvio que abrangem para o rio Piracicaba e afluentes.	convexas.	"média" (3) e "muito forte" (5).	"muito fraca" (1), "fraca" (2) e "média" (3).	"alta" (4) e "muito alta" (5)".	"baixa" (4) e "muito baixa" (5).	
	Setores de abrangência que se desenvolvem no rio Piracicaba (extensão da área de estudo), as médias vertentes de interflúvio entre o rio Piracicaba e o rio Onças, as bacias vertentes e afluente da margem direita da média bacia do córrego Itapoca.	convexas.	"forte" (4) e "muito forte" (5).	"muito fraca" (1), "fraca" (2) e "média" (3).	"muito fraca" (1), "fraca" (2) e "média" (3).	"alta" (4) e "muito alta" (5)".	"baixa" (4) e "muito baixa" (5).
	Setores de alta e média vertentes de interflúvio entre o córrego das Onças e o córrego Itapoca.	convexas.	"muito forte" (5).	"muito fraca" (1) e "fraca" (2).	"muito fraca" (1) e "fraca" (2).	"muito alta" (5)".	"muito baixa" (5).
	Setores das vertentes de alta bacia do córrego Itapoca.	convexas.	"muito forte" (5).	"médias" (3), "forte" (4) e "muito forte" (5).	"forte" (4) e "muito forte" (5).	"muito alta" (5)".	"muito baixa" (5).

Tabela 16: Extensão das Variáveis das Unidades de Fragilidade Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP). Organização: Silveira (2008).

5.3 Análise das Transgressões Legais, Derivações Ambientais e das Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial.

Desde os mais altos escalões do governo e da administração até o mais simples cidadão, todos têm uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não-predatória dessa herança única que é a paisagem terrestre. Para tanto, há que conhecer melhor as limitações de uso específicas de cada tipo de espaço e paisagem. Há que procurar obter indicações mais racionais, para preservação do equilíbrio fisiográfico e ecológico. E, acima de tudo, há que permanecer equidistante de um ecologismo utópico e de um economismo suicida (AB'SÁBER 2003, p.10).

Para esta terceira e última temática analítica da pesquisa, foram interpretados os dados fornecidos pelos documentos cartográficos referentes à Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (figura 19) e a Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial (figura 20).

Inicia-se esta análise tratando da “restrição total”, com base em parâmetros legais apontado na Carta de Restrições com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial, bem como das transgressões a esta legislação, além de suas derivações ambientais, apontadas pela Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais. Na seqüência, discutem-se as variáveis condicionantes das classes de restrições ao uso urbano (“total”, “muito forte”, “forte”, “média” e “fraca”), compiladas na Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial por meio das informações oriundas das variáveis relevo, declividade e solos, compondo a mencionada fragilidade potencial.

CARTA DE DERIVAÇÕES AMBIENTAIS E TRANSGRESSÕES LEGAIS DO SETOR NOROESTE DO SÍTIO URBANO DE PIRACICABA (SP)

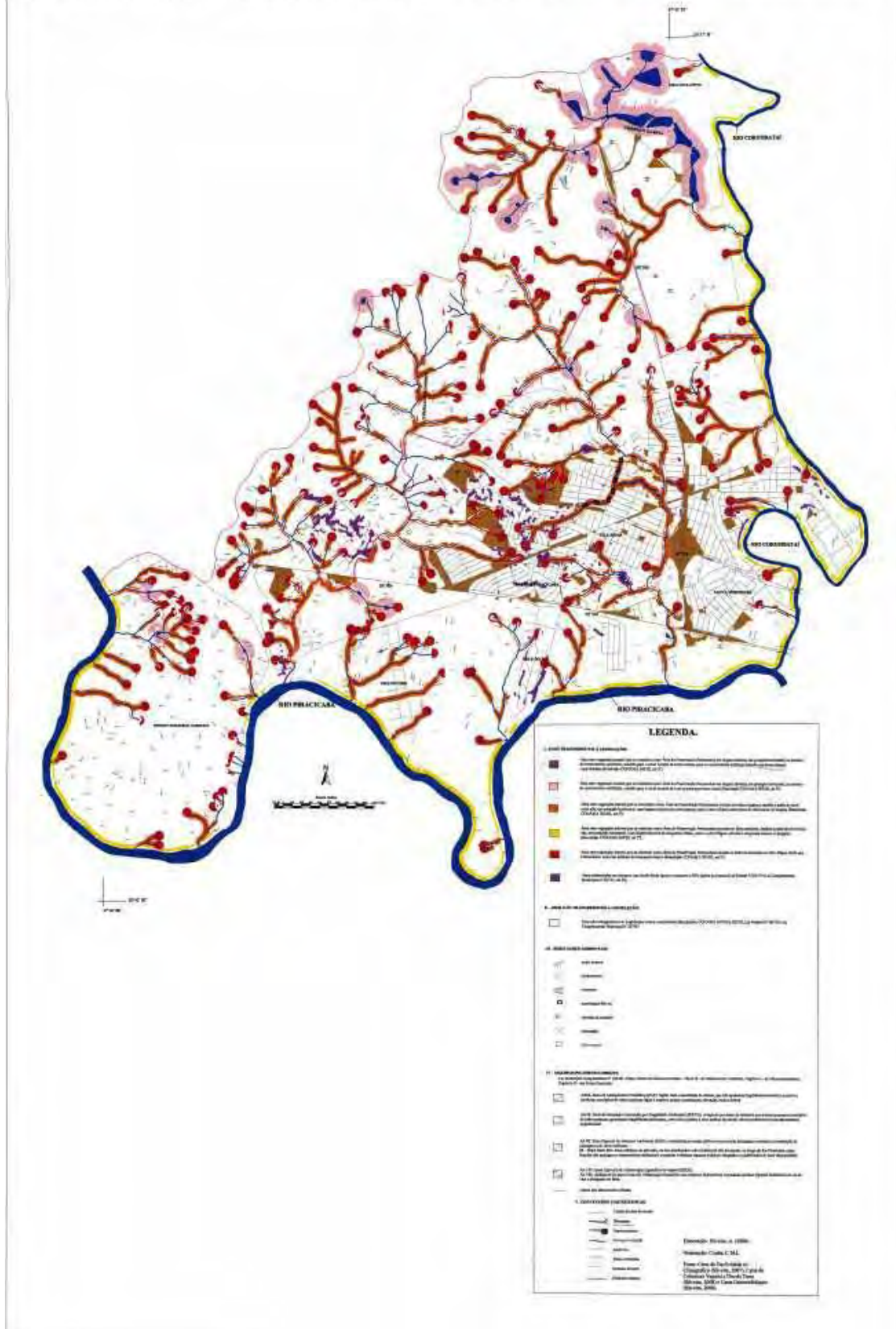


Figura 19: Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP).

Inicialmente, é preciso deixar claro que foram selecionadas determinadas legislações, não abrangendo todas referentes às questões ambientais, mas selecionadas algumas de grande importância que se relacionam diretamente a parâmetros geomorfológicos analisados nessa pesquisa, como as já mencionadas Lei Federal 4.771/1965 - Código Florestal (BRASIL, 1965), Resoluções CONAMA 302 e 303 (2002), a Lei Federal 6.766/1979 (BRASIL, 1979), e a Lei Complementar Municipal 204/2007 (PIRACICABA, 2007).

Na Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial, a classe de **“restrição total”**, com base em **parâmetros legais**, abrange as faixas marginais destinadas às Áreas de Preservação Permanente (APP) ao longo dos cursos fluviais, de 30 e 50 metros (CONAMA 303, 2002); as faixas de 50 metros destinadas a APP ao redor das nascentes (CONAMA 303, 2002); as faixas de APP ao redor de reservatórios artificiais rurais e urbanos, respectivamente de 100 e 30 metros (CONAMA 302, 2002); e aos setores com restrição ao parcelamento do solo e implementação de condomínios em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (BRASIL, 1979 e PIRACICABA, 2007).

Reconheceu-se, por meio da aplicação da Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais ao setor de expansão urbana noroeste do sítio urbano de Piracicaba, que o processo de urbanização, bem como o de ocupação do território, sobretudo via monocultura canavieira, vem sendo conduzido de forma irregular perante a legislação ambiental vigente, contribuindo para a promoção de derivações ambientais.

Nitidamente, as áreas mapeadas com restrição “total”, referentes à preservação de matas ciliares ao longo dos cursos fluviais, relacionadas às faixas marginais de 30 ou 50 metros, como também das cabeceiras de drenagens, com seus 50 metros de raio, expressas no Código Florestal e na Resolução CONAMA 303/02, não estão sendo respeitadas.

As áreas consolidadas pelo processo de urbanização, sobretudo pelos bairros de Santa Terezinha, Vila Sônia e Parque Piracicaba, ocupam a APP do rio Corumbataí e dos córregos das Ondas e Itapocu. Nestes setores tomados pela urbanização, mesmo não respeitando os valores de 30 e 50 metros solicitados pela Lei, pontuais fragmentos de vegetação ao longo dos cursos fluviais ainda são encontrados, no entanto nas cabeceiras de drenagem as matas praticamente inexistem, sendo canalizadas ou soterradas pelo espaço urbano. As fotos 39 e 40 ilustram, respectivamente, as transgressões as APP do córrego das Ondas, em área do bairro Santa Terezinha e em APP do rio Corumbataí, em área do rebordo urbano do mesmo bairro.



Foto 39: Área destinada a matas ciliares (área com restrição “total”) do córrego das Ondas ocupadas pela urbanização do bairro Santa Terezinha.
Autor: Silveira (2009).



Foto 40: Transgressão legal nas margens do rio Corumbataí (área com restrição “total”) em área de rebordo urbano de Santa Terezinha.
Autor: Silveira (2009).

Não diferentemente das áreas consolidadas pela urbanização, nas áreas que extrapolam o perímetro urbano, o mesmo processo de ocupação de áreas com restrição “total” vem ocorrendo, porém predominantemente pela monocultura canavieira, pastagens e áreas construídas (chácaras, ranchos, sítios, entre outros). Salvo raras exceções, as cabeceiras de drenagens também vêm sendo tomadas, como demonstra a foto 41, pela ocupação por cana-de-açúcar em nascente do córrego Itapocu. Constata-se, ainda, que as margens dos canais de drenagens seguem o mesmo modelo, visto com clareza nas fotos 42 e 43.



Foto 41: Cabeceira de drenagem do córrego Itapocu (área com restrição “total”). Mata ciliar ainda preservada perdendo espaço para a cana-de-açúcar.
Autor: Silveira (2009).



Foto 42: APP do córrego da Reta (área com restrição “total”) tomada pela ocupação canavieira em área da Usina Costa Pinto. Autor: Silveira (2009).



Foto 43: Áreas construídas (ranchos) em área que deveria ser destinada à mata ciliar (área com restrição “total”) do rio Piracicaba. Autor: Silveira (2009).

Quanto aos fragmentos de mata ainda restantes nas margens fluviais, nas proximidades do bairro Vale do Sol, registra-se um afluente do rio Piracicaba com percentual relevante, mesmo assim, vale o registro de que as cabeceiras de drenagem vêm sendo invadidas, como sinalizadas na Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais, bem como parte da faixa marginal de mata ciliar, por um setor do bairro mencionado.

Outra área de relevância corresponde a alguns setores bacia do córrego Itapocu, onde ainda se concentram preservados fragmentos de matas. Como alerta para sua preservação, destaca-se, na média bacia, a proximidade do rebordo urbano do bairro Vila Sônia e Parque Piracicaba, além da presença da cana-de-açúcar e pastagens (foto 44), assim como na alta bacia, com invasões promovidas pela cana-de-açúcar.



Foto 44: Setor de mata ciliar (área com restrição “total”) na média bacia do córrego Itapocu e afluente. Matas comprometidas pela cana-de-açúcar, pastagens e proximidade dos bairros Vila Sônia e Parque Piracicaba. Autor: Silveira (2009).

Quanto às transgressões à resolução CONAMA 302/02, que delimita as larguras das faixas marginais de vegetação para os reservatórios artificiais, denota-se, sobretudo para os reservatórios rurais (100 metros), em maior quantidade na área de estudo, o desprovimento quase que total de vegetação para as áreas de preservação permanente, como é o caso dos reservatórios da Usina Costa Pinto (foto 45).



Foto 45: Reservatório em área da Usina Costa Pinto sem qualquer vegetação de entorno (área com restrição “total”).

Autor: Silveira (2008).

Já as transgressões relativas, Lei Lehmann e a Lei Complementar Municipal 204/2007, no que tange a restrição a implementação de espaços urbanos em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, embora a área de estudo não registre declividades predominantes acima deste valor, os poucos setores existentes vêm sendo ocupados pelo processo de urbanização. Registraram-se ocupações em declividades elevadas (igual e acima dos 30%) em setores de vertentes na bacia do córrego das Ondas, com o bairro Vila Sônia, bem como em setores de vertentes que drenam para o córrego Itapocu, como nas áreas de chácaras residenciais do bairro Bela Vista (foto 46).

Nestes termos, o processo de ocupação urbana, como também rural, de áreas destinadas à preservação permanente e áreas declivosas contribui para a ocorrência de derivações ambientais. Por meio da Carta Geomorfológica e de permanentes trabalhos de campo, foi possível registrar na Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais o desvio e canalização de cursos fluviais, sulcos erosivos, ravinamentos, voçorocamentos, retiradas de material, minerações e solos expostos.



Foto 46: Residência do Bairro Bela Vista instalado em vertente declivosa que drena para o córrego Itapocu (área com restrição “total”).
Autor: Silveira (2009).

Deve-se deixar claro que as derivações ambientais registradas não resultam única e exclusivamente das transgressões às legislações consideradas, mas diante de um arcabouço sistêmico, de uma integração de fatores condicionantes. Portanto, as transgressões à legislação ambiental contribuem, e em muitos casos decisoriamente, para as derivações ambientais. No entanto, as derivações ambientais resultantes das intervenções promovidas pelo sistema antrópico no sistema natural já foram bastante discutidas nas temáticas anteriores, garantindo maior atenção neste momento às transgressões a legislação e as restrições ao uso urbano.

Ainda assim, vale o registro de que muitos dos processos erosivos lineares registrados na área de estudo estão situados em áreas de preservação permanente que se encontram desprovidas de vegetação. Conforme já mencionado, as derivações ambientais como, por exemplo, o processo erosivo, deriva de uma totalidade de condicionantes, incluindo a retirada da cobertura vegetal. Pôde-se notar que as áreas que deveriam ser destinadas às matas ciliares segundo a legislação ambiental, ocupadas hoje pela monocultura canavieira, pastagens, solos expostos, bem como por rebordos urbanos, apresentam uma concentração destes processos.

As fotos na seqüência ilustram esta situação. O ravinamento instalado nas margens do córrego das Ondas em área que deveria ser destinada a APP, ocupada pela pastagem na proximidade da periferia urbana do bairro Vila Sônia (foto 47), promove o assoreamento do curso fluvial, como exemplifica a foto 48, localizado a jusante do ravinamento, já em área urbanizada.



Foto 47: Ravinamento em área que deveria ser de preservação permanente (área com restrição “total”) do córrego das Ondas.
Autor: Silveira (2009).



Foto 48: Assoreamento no córrego das Ondas, localizado a jusante do ravinamento da foto 47.
Autor: Silveira (2009).

Por fim, quanto às derivações ambientais, vale ressaltar que não se pretende afirmar que os sedimentos retirados da vertente ravinada da foto 47 estão depositados no assoreamento registrado na foto 48. Mas, sim, argumentar que as transgressões à legislação ambiental, como a retirada de matas ciliares, auxiliam no desencadeamento de derivações ambientais, tais como feições vinculadas às erosões lineares aceleradas e aos assoreamentos dos cursos fluviais.

Feitas as considerações a respeito das transgressões legais e das derivações ambientais nas áreas mapeadas como restrição “total”, quanto aos parâmetros legais apontados na Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial, apresenta-se a seguir a discussão das variáveis condicionantes das classes de restrições ao uso urbano (“total”, “muito forte”, “forte”, “média” e “fraca”) com base em parâmetros de fragilidade potencial.

Semelhante à análise da Carta de Fragilidade Ambiental, recomenda-se a consulta dos valores registrados nas tabelas 9, 10, 11 e 13 (p.61 a 63), que demonstram os níveis de fragilidade representados pelas variáveis em análise (relevo, declividade e solos), consideradas na determinação das classes de restrição ao uso urbano com base na fragilidade potencial.

Os setores mapeados como **restrição “total”**, com base em parâmetros de **fragilidade potencial**, apresentam predominantemente nas variáveis relevo, solos e declividade, níveis elevados de fragilidade. As formas de relevo denotam-se muito dissecadas (5), com declividades elevadas (4 e 5), apresentando solos de alta fragilidade (5).

Mesmo com estas variáveis indicando restrição “total” ao uso urbano, tal processo já vem sendo efetivado, como o caso de parte do bairro Vila Sônia, ilustrado nas fotos 49 e 50. Quando não ocupado pela urbanização, predomina a ocupação pela monocultura canavieira, além de áreas construídas, silviculturas e pastagens, conforme registrado pela foto 51 em vertente que drena para o rio Corumbataí (leste da área de estudo).



Foto 49: Área mapeada como restrição “total” ao uso urbano com base em parâmetros de fragilidade potencial, já ocupada pelo bairro Vila Sônia.
Autor: Silveira (2009).



Foto 50: Vertente declivosa ocupada pelo bairro Vila Sônia em área mapeada como restrição “total” com base em parâmetros de fragilidade potencial.
Autor: Silveira (2009).



Foto 51: Setor leste da área de estudo com restrição “total” ao uso urbano ocupado predominantemente pela cana-de-açúcar.
Autor: Silveira (2009).

Para as áreas mapeadas com **restrição “muito forte”**, com base em parâmetros de **fragilidade potencial**, predominam formas de relevo muito dissecadas (5) e secundariamente dissecadas (4), enquanto a declividade é dominada pela classe intermediária (3), registrando alguns setores com classes reduzidas (1 e 2), sobretudo nos topos dos interflúvios, como também com classes elevadas (4 e 5); já os solos são marcados pela alta fragilidade (5).

Tais condições físicas, derivadas em restrição “muito forte”, já vêm sendo ocupadas pela urbanização, como pode ser exemplificado pelos casos do bairro Vila Sônia e Bela Vista. O primeiro, conforme registra a foto 52, vem se expandindo em áreas marcadas pelo uso de pastagens, enquanto o segundo ocupa, por meio de chácaras residenciais e de lazer, uma vertente convexizada do córrego Itapocu (foto 53), onde em muitos setores têm-se declividades elevadas (4 e 5) já ocupadas, como registrado na foto 46 (p.157).

Quando não ocupadas pela urbanização, tais áreas com restrição “muito forte”, predominantemente são tomadas pela monocultura canavieira ou pastagens.



Foto 52: Loteamento de expansão do bairro Vila Sônia em área de restrição “muito forte” com base em parâmetros de fragilidade potencial.
Autor: Silveira (2009).



Foto 53: Bairro Bela Vista ocupando vertente convexizada com declividades que em muitos setores extrapolam classes intermediárias (área com restrição “muito forte”).
Autor: Silveira (2009).

As condições das variáveis físicas determinantes para o enquadramento de determinados setores na classe da **restrição “forte”** quanto aos parâmetros de **fragilidade potencial** estão atrelados às formas de relevo predominantemente dissecadas (4) e muito dissecadas (5), com pontuais áreas levemente dissecadas (3), registrando baixas declividades (1 e 2), com domínio de solos de elevada fragilidade (4 e 5).

Essas áreas, quando não ocupadas pela urbanização, majoritariamente estão atreladas à monocultura canavieira. As fotos 54 e 55 ilustram, respectivamente, estas situações, registrando a vertente do córrego das Ondas dominada pelo bairro Vila Sônia e a cana-de-açúcar dominando a área da média bacia do córrego mencionado.



Foto 54: Vertente que drena para o córrego das Ondas mapeada como restrição “forte” ocupada pelo bairro Vila Sônia.

Autor: Silveira (2009).



Foto 55: Restrição “forte” com base em parâmetros de fragilidade potencial para área da média bacia do córrego das Ondas, dominada pela monocultura canavieira.
Autor: Silveira (2009).

Nas áreas avaliadas como **restrição “média”**, com base em parâmetros de **fragilidade potencial**, as condições físicas determinantes para tal classificação foram associadas às formas de relevo pouco (1) e levemente (3) dissecadas, com classe de declive reduzida (1) e solos de alta fragilidade (4).

Estas condições físicas predominam na média e baixa bacia do córrego da Reta, dominada pela monocultura canavieira (foto 56), assim como nas médias e baixas vertentes dos interflúvios do rio Piracicaba (sudoeste da área de estudo), também ocupadas predominantemente pela cana-de-açúcar e mais recentemente pelo Distrito Industrial Noroeste, além do setor de confluência dos rios Piracicaba e Corumbataí, local de instalação do consolidado bairro de Santa Terezinha (foto 57).



Foto 56: Lavoura canavieira nas proximidades da Usina Costa Pinto na baixa bacia do córrego da Reta. Área classificada com restrição “média”.
Autor: Silveira (2009).



Foto 57: Bairro Santa Terezinha instalado em área mapeada com restrição “média” com base em parâmetros de fragilidade potencial.
Autor: Silveira (2009).

Por fim, os setores mapeados com **restrição “fraca”** com base em parâmetros de **fragilidade potencial** foram determinados pela conjunção das variáveis físicas predominantemente condizentes às formas de relevo pouco (1) e levemente dissecadas (3), classe de declive reduzida (1) e solos de baixa fragilidade (1).

Foram registradas estas condições nos setores de interflúvios do rio Piracicaba e afluentes, marcado pela presença do bairro Parque Piracicaba (foto 58), bem como nos setores de topo dos interflúvios do rio Piracicaba no sudoeste da área de estudo, atrelado à ocupação canavieira, conforme registrado pela foto 59.



Foto 58: Bairro Parque Piracicaba instalado em área determinada com restrição “fraca” com base em parâmetros de fragilidade potencial.
Autor: Silveira (2009).



Foto 59: Monocultura canvieira dominando o cenário mapeado com restrição “fraca” no sudoeste da área de estudo.
Autor: Silveira (2009).

Assim culmina-se esta terceira temática do diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba com a tabela síntese dos fatores condicionantes das classes de restrição ao uso urbano, tanto com os parâmetros referentes à legislação ambiental, quanto aos parâmetros de fragilidade potencial (tabela 17).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A Geografia é a disciplina que estuda as organizações espaciais. Com base em seu objeto de análise, pode-se esquematizar as relações com os fenômenos analisados em diferentes disciplinas. Englobando a estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos constituem os sistemas espaciais da mais alta complexidade. Sob a perspectiva sistêmica, dois componentes básicos entram em sua estruturação e funcionamento, representados pelas características do sistema ambiental físico e pelas do sistema sócio-econômico (CHRISTOFOLETTI 1999, p.41).

Conforme já mencionado, considera-se que esta pesquisa veio a se enquadrar nos termos de uma Geografia Física Aplicada e de uma Geomorfologia Aplicada, perante a adoção de uma abordagem geográfica integrada, a qual é derivada do quadro evolutivo do pensamento sistêmico.

Nestes termos, a Teoria Geral dos Sistemas vem sendo o arcabouço teórico das abordagens geográficas integradas, como a ecodinâmica ou morfodinâmica de Tricart (1977 e 1992) e as adaptações promovidas por Ross (1990, 1994 e 2001) quanto à fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, sendo esta aplicada nesta pesquisa em uma área de expansão urbana.

Diante da concepção sistêmica da relação homem-natureza, atribuindo-a como método da pesquisa, partiu-se do pressuposto que o sistema natural, que apresenta leis próprias de temporalidade geológica, vem sofrendo permanentes interferências promovidas pelo sistema antrópico, o qual apresenta temporalidade histórica (tempo do homem), por muitas vezes dinamizando e acelerando os processos intrínsecos ao quadro natural. É justamente o entendimento das relações existentes entre estes sistemas (natural e antrópico), as quais derivam em padrões de organizações espaciais, que foram buscados incessantemente por esta pesquisa.

Assim, neste momento, sabendo-se dos limites de tempo da trajetória de vida acadêmica para tatear esta temática, porém pautando-se no interesse adquirido ao longo deste tempo, dado o histórico de formação no contato com bibliografias referentes ao tema, corrobora-se com a idéia daqueles que acreditam ser o objeto de estudo da Geografia as “organizações espaciais”.

Tais idéias, embora já explicitamente expressas no transcurso da dissertação, devem ser mais bem aprofundadas em outras pesquisas futuras. Deixa-se claro, portanto o desafio e o interesse de em um futuro próximo dar seqüência no melhor entendimento das organizações espaciais, por meio do aprofundamento dos pressupostos sistêmicos e das abordagens geográficas integradas.

Nestes termos, deve-se registrar que a proposta metodológica de Ross (1990, 1994 e 2001) contribuiu de forma significativa para diagnosticar os níveis de interferências promovidos pelo sistema antrópico no sistema natural, que foi pedra de toque deste trabalho, sobretudo quanto ao processo de urbanização, bem como contribuiu para a avaliação da fragilidade ambiental de futuras áreas a serem urbanizadas. Trata-se, portanto, de uma proposta metodológica de origem sistêmica, no seio de uma abordagem geográfica integrada, de caráter geográfico e geomorfológico aplicado ao planejamento.

Assim, diante de uma abordagem geográfica integrada com a análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados proposto por Ross (1990, 1994 e 2001) foi possível realizar um diagnóstico ambiental detalhado de contribuição ao planejamento do território do setor de expansão noroeste do sítio urbano de Piracicaba, o qual esteve fundamentalmente atrelado a produção e análise de produtos cartográficos intermediários, produtos cartográficos de síntese e do produto cartográfico final, além das revisões bibliográficas e cartográficas e dos trabalhos de campo.

Este diagnóstico ambiental esteve conduzido por três temáticas analíticas associadas, as quais vinculam-se a interpretação em um primeiro momento dos produtos cartográficos intermediários com viés geomorfológico, representados pelas Cartas Geomorfológica, de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, de Declividade ou Clinográfica, Dados Pedológicos e Dados Geológicos, além dos informes climáticos; secundariamente com a temática da fragilidade ambiental por meio da análise da Carta de Fragilidade Ambiental; e num terceiro momento com as transgressões legais, derivações ambientais e restrições ao uso urbano com base em parâmetros legais e de fragilidade potencial, a partir das Cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais e de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial.

Na primeira temática, na análise dos produtos cartográficos intermediários foi possível fazer uma leitura espacializada por meio das 14 unidades morfológicas representadas na Carta Geomorfológica das condições físicas da área estudada, contemplando dados morfométricos (grau médio do entalhamento dos vales, dimensão interfluvial média e classes de declividade), morfológicos, morfográficos, geológicos, pedológicos e climáticos, associados aos dados de

cobertura vegetal e uso da terra. Tais condições inerentes ao sistema natural e ao sistema antrópico foram ainda relacionados com o Macrozoneamento Urbano de Piracicaba (PIRACICABA, 2006).

Pôde-se identificar que, sobretudo nas áreas definidas como Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA), embora os parâmetros considerados para tal classificação não estejam bem claros no Plano Diretor, o processo de urbanização vem se promovendo desconsiderando qualquer medida de controle de ocupação embasado em qualquer tipo de fragilidade ambiental.

Na segunda temática, procurou-se analisar de forma integrada as variáveis pertencentes ao quadro natural, avaliando os processos e as fragilidades inerentes ao meio natural, por meio das variáveis relevo, declividade e solo, somados a variável antropogênica, com as informações de uso e ocupação da terra. Tais informações foram sintetizadas na Carta de Fragilidade Ambiental, buscando espacializar os diferentes padrões de fragilidade ambiental, em classes de fragilidade hierarquizadas a partir de “fraca” a “muito forte”, derivadas da relação entre o sistema natural e o sistema antrópico.

De forma geral, constatou-se que as ações promovidas pelo sistema antrópico vêm alterando os fluxos de matéria e energia do sistema geomorfológico, que esta no arcabouço do sistema natural. As principais formas de interferências antrópicas estão associadas principalmente a monocultura canavieira e a expansão urbana sem planejamento, que interferem diretamente na dinâmica morfológica e hidrológica do sistema geomorfológico. Não se pode ainda deixar de mencionar, as interferências antrópicas promovidas mediante as áreas construídas, as extrações de minérios, as pastagens, as áreas industriais, entre outras, que atuam nas formas de relevo sem levar em consideração a fragilidade do meio natural e o grau de interferência gerado pelas suas ações.

Concluindo a análise dos resultados, bem como o diagnóstico ambiental, a terceira temática analítica procurou realizar uma análise das transgressões relativas à legislação ambiental, bem como das derivações ambientais resultantes do processo de contribuição dessas intervenções, além da análise das áreas com diferentes níveis de restrições para futuras ocupações urbanas com base em parâmetros legais e de fragilidade potencial.

Pôde-se, portanto identificar, conforme por vezes já mencionado nas temáticas iniciais, que o processo de expansão urbana deste setor vem sendo conduzido sem planejamento, já que transgride de forma veemente as leis relativas às áreas de preservação permanente e de restrição a ocupação em áreas declivosas, além da ocupação efetiva em áreas mapeadas com classes elevadas de restrição ao uso urbano. Atreiam-se a tais transgressões às

legislações vigentes, bem como a ocupação de setores com classes elevadas de restrição ao uso urbano, além do processo de urbanização, a ocupação pela monocultura canavieira, pastagens e áreas construídas. Tais ocupações irregulares contribuem decisivamente para o desencadeamento de derivações ambientais atreladas, sobretudo aos processos erosivos lineares.

Conforme mencionado e justificado no item referente às “Técnicas Cartográficas” (3.8, p.72), o produto cartográfico final sofreu alterações quanto a sua proposta inicial de elaboração, identificando limites no projeto de pesquisa, porém não deixando de ser elaborado, além de apresentar valiosa contribuição para o planejamento do território. Mas fato é que a elaboração do documento cartográfico nomeado por Carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial sugeriu a busca de seu aprimoramento.

Mais do que isso, se criou por meio das limitações impostas pelo projeto de pesquisa, novos desafios para uma pesquisa futura. Refletindo inicialmente neste processo de aprimoramento, identificou-se a necessidade de determinar os níveis de restrições ao uso urbano, a partir da análise conjunta de parâmetros físicos, os quais devem ser acrescidos com outras variáveis, e de histórico de uso e ocupação, com a leitura de diferentes cenários (temporalidades).

Fecha-se assim esta dissertação considerando que, por meio da abordagem geográfica integrada de pressupostos teóricos sistêmicos, na proposta da análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados de Ross (1990, 1994 e 2001), foi possível realizar um diagnóstico ambiental detalhado, sobretudo no que tange as questões relacionadas ao relevo, que é palco das atividades humanas, contribuindo para o planejamento territorial e urbano do setor de expansão noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP).

Além disso, cabe dizer que o processo de construção desta dissertação, além de promover um diagnóstico ambiental detalhado de abordagem geográfica integrada por meio da aplicação de uma proposta metodológica, criou novas perspectivas e desafios para pesquisas futuras, sobretudo aqueles relacionados à proposição de uma metodologia de análise de áreas com restrições ao uso urbano.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 302**, de 20 de março de 2002. Disponível em: www.ipplap.com.br/docs/plano_diretor_camarapdf. Acesso: 21 de setembro de 2006.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 303**, de 20 de março de 2002. Disponível em: www.ipplap.com.br/docs/plano_diretor_camarapdf. Acesso: 21 de setembro de 2006.

COTTAS, L.R. **Estudos Geológico-Geotécnicos Aplicados ao Planejamento Urbano de Rio Claro**. 1983. Tese (Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

DE BIASI, M. Cartas de Declividade: Confecção e Utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n.21, p. 8-12, 1970.

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p. 45-60, 1992.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. São Paulo: Difel, 1986

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília: DF, 1999.

FIGUEIREDO, P.J.M. **A Sociedade do Lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. 2ª Ed. Piracicaba: Ed. UNIMEP, 1995.

FUJIMOTO, N.S.V.M. **Análise Ambiental Urbana na Área metropolitana de Porto Alegre (RS): Sub-bacia do Aroio do Dilúvio**. 2001. Tese (Doutorado em Geografia Física) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FURRIER, M. **Análise Ambiental e Cartografia Geomorfológica do Município de Jacutinga (MG)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GOUVEIA, J.M.C. **Análise Ambiental Urbana: Sub-bacias do Córrego Mameleiro e Alto Ribeirão Moinho Velho – Cotia/Embu (SP)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

GREGORY, K.J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

IAC, INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Carta Pedológica Semi-Detalha do Estado de São Paulo: Folha de Piracicaba (SF.23-Y-A-IV)**, escala 1:100.000, 1989.

IF, INSTITUTO FLORESTAL. Plano de manejo da Estação Experimental de Tupi – Piracicaba, SP. **Série Registros**, São Paulo, n.19, p.1-61, 1999.

IGG, INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folha Geológica de Piracicaba (SF 23-M 300)**, escala 1:100.000, 1966.

IPT, INSTITUTO DE PESQUISA TÉCNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981 a.

IPT, INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981 b.

IPT, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico da Estrutura da Pitanga**. São Paulo: IPT, 1980.

KUHN, C.S. **A Estrutura das Revoluções Científica**. 3ª Ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1990.

MATOS FIERS, M.S.; ROSS, J.L.S. O Uso da Metodologia de Fragilidade Ambiental como Subsídio à Implantação de Planos de Manejo de Parques Estaduais – O Parque Intervales (SP). In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E II CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2008, Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, UFMG, 2008.

MENDES, I. A. **A Dinâmica Erosiva do Escoamento Pluvial na Bacia do Córrego Lafon – Araçatuba-SP**. 1993. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MORIN, E. **O Método I: da Natureza da Natureza**. Lisboa: Europa-América, 1977.

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

NOGUEIRA, S.M.B. **Análise da Suscetibilidade Ambiental e Diretrizes para o Zoneamento do Núcleo Curucutu do Parque Estadual da Serra do Mar**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2003.

OLIVEIRA, J.B. Solos da Folha Piracicaba. **Boletim Científico**, Campinas, n.48, 1999.

OLIVEIRA, R.C. **Zoneamento Ambiental como Subsídio para o Planejamento de Uso e Ocupação do Solo do Município de Corumbataí**. 2003. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2003.

PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do Setor Centro-Occidental da Depressão Periférica**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias, n.22).

PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C.C. Ação Antrópica sobre as Escala Temporais dos Fenômenos Geomorfológicos. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E II CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2008, Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, UFMG, 2008.

PERINOTTO, J. A. J.; ZAINÉ, M. F. Evolução de Paisagens no Decorrer do Tempo em Rio Claro,SP. In Zaine, M.F.; Perinotto, J.A.J. **Patrimônios Naturais e História Geológica de**

Rio Claro (SP). Rio Claro: Câmara Municipal e Arquivo Público e Histórico de Rio Claro, 1996.

PIRACICABA. Secretaria Municipal de Planejamento. **Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba.** Piracicaba: Prefeitura Municipal de Piracicaba, 1991.

PIRACICABA Prefeitura Municipal de Piracicaba. **Lei Complementar n. 186**, de 10 de outubro de 2006. Disponível em: www.ipplap.com.br/docs/plano_diretor_camarapdf. Acesso: 17 de janeiro de 2007.

PÓLIS, INSTITUTO DE ESTUDOS, FORMAÇÃO E ASSESSORIA EM POLÍTICAS SOCIAIS. **Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba: Relatório I – Leitura Técnica.** Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba, 2003. Disponível em: < http://www.ipplap.com.br/docs/relatório_diag_PDD_1a45pdf >. Acesso em: 12 dez 2006.

REIS JUNIOR, D.F. **Cinquenta Chaves. O físico pelo viés sistêmico, o humano nas mesmas vestes...e uma ilustração doméstica: o molde (neo) positivista examinados em textos de Antonio Christofolletti.** 2007. Tese (Doutorado em Ciências) – IG – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua Contribuição aos Estudos Geográficos e Ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.14, p.69-77, 2001.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento.** São Paulo: Ed. Contexto, 1990.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p.17-30, 1992.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p.63-74, 1994.

_____. Análise na Abordagem Geográfica Integrada da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.9, p.65-75, 1995.

_____. **Geomorfologia e Geografia Aplicadas a Gestão Territorial: Teoria e Metodologia para o Planejamento Ambiental.** 2001. 322f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – FFLCH, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2001.

_____. **Ecogeografia do Brasil: subsídio para Planejamento Ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J.L.S.; MOROS, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: FFLCH – USP/ IPT/ FAPESP, 1997.

RUSSELL, B. **A Perspectiva Científica.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1969.

SANCHEZ, M.C. A propósito das cartas de declividade. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5, 1993, São Paulo. **Anais....** São Paulo: FFLCH, 1993.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. **Folha Córrego das Ondas (070/088)**: Carta Topográfica. Escala: 1: 10.000, 1979.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. **Folha Usina Costa Pinto (070/089)**: Carta Topográfica. Escala: 1: 10.000, 1979.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. **Folha Santa Terezinha do Piracicaba (071/088)**: Carta Topográfica. Escala: 1: 10.000, 1979.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo. **Folha Piracicaba V (071/089)**: Carta Topográfica. Escala: 1: 10.000, 1979.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Projeção de População**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/proipop/index/php>>. Acesso em: 03 jan. 2007.

SEPE, P.M. **Comportamento do Aquífero Itararé no Município de Piracicaba e Áreas Vizinhas**. 1990. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 1990.

SILVA, D.A.; PFEIFER, R.M. Zoneamento de Uso das Terras da Estação Experimental de Tupi-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.10, n. 1, p. 23-38, 1998.

SOTCHAVA, V.B. O Estudo de Geossistema. São Paulo, Instituto de Geografia/USP, **Série Métodos em Questão**, n.16, 1977.

_____ Por uma Teoria de Classificação de Geossistemas Terrestres. São Paulo, Instituto de Geografia/USP, **Biogeografia**, n.14, 1978.

SOUZA, M.O.L. **Evolução Tectônica dos Altos Estruturais de Pitanga, Artemis, Pau D'Alho e Jibóia – Centro do estado de São Paulo**. 2002. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2002.

SPAROVEK, G.; LEPSCH, I.F. **Diagnóstico de Uso e Aptidão das terras Agrícolas de Piracicaba**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1998.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson et Cie, 1965.

_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977.

TRICART, J.; KIEWIETDJONG, C. **Ecogeography and Rural Managment**. Paris: Esses, UK. Longman Scientific e Technical, 1992.

VICENTE, L.E; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica em Geografia. **Geografia**. Rio Claro, v.28, n.3, p. 323-344, 2003.

VILLELA, F.N.J. **Fragilidade Potencial do Relevo: Estudo Geomorfológico do Ribeirão Mococa – Cristais Paulista (SP)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ZACHARIAS, A. A. **Metodologias Convencionais e Digitais para Elaboração de Cartas Morfométricas do Relevo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2002.