

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

ALAN SILVEIRA

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO
DOS NÍVEIS DE RESTRIÇÃO DO RELEVO AO USO
URBANO**

Tese de Doutorado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
do Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Geografia.

Orientadora: PROF^a DR^a CENIRA MARIA LUPINACCI DA CUNHA

RIO CLARO (SP)

2013

551.4a Silveira, Alan
S587p Proposta metodológica para avaliação dos níveis de
restrição do relevo ao uso urbano / Alan Silveira. - Rio Claro,
2013
183 f. : il., figs., gráfs., quadros, fots., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Cenira Lupinacci da Cunha

1. Geomorfologia. 2. Fragilidade do meio físico. 3.
Intervenções antrópicas. 4. Expansão urbana. I. Título.

ALAN SILVEIRA

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RESTRIÇÃO DO RELEVO AO USO URBANO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha - Orientadora

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – IGCE – UNESP *Campus* de Rio
Claro

Profa. Dra. Regina Célia Oliveira

Departamento de Geografia – IG – UNICAMP

Prof. Dr. Salvador Carpi Júnior

Departamento de Geografia – IG – UNICAMP

Prof. Dr. Antonio Carlos Tavares

Departamento de Geografia – IGCE – UNESP *Campus* de Rio Claro

Prof. Dr. Roberto Braga

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – IGCE – UNESP *Campus* de Rio
Claro

Aprovado em 18 de outubro de 2013.

Rio Claro - SP

*À família,
em especial à Patrícia.*

Agradecimentos:

Este trabalho foi materializado pela participação, apoio e motivação de pessoas e instituições as quais devo carinho, respeito e gratidão. Agradeço a todos aqueles que participaram e acompanharam essa trajetória acadêmica e de vida:

À Prof^a Dr^a Cenira Maria Lupinacci da Cunha pelo carinho, segurança e notável competência na transmissão do conhecimento e orientação de pesquisas. Neste ano de 2013, completa-se 10 anos que estou sob sua orientação. Cara Mestre, meu eterno respeito, admiração e gratidão por tudo o que me proporcionara. Muito obrigado!;

À Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, *campus de Rio Claro*, que me abriga como discente desde 2002. Nesta valorosa Instituição cursei a graduação, o mestrado e, nesses últimos quatro anos, a pesquisa de doutorado;

À Prof^a Dr^a Regina Célia de Oliveira (IG/UNICAMP) e à Prof^a Dr^a Iandara Alves Mendes (IGCE/UNESP) por participarem, conforme no mestrado, do exame geral de qualificação, oportunidades nas quais, contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento das pesquisas;

Aos Professores do curso de Geografia da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, *campus de Rio Claro*, em especial: Prof. Dr. Antonio Carlos Tavares, Prof. Dr. Adler Guilherme Viadana e Prof. Dr. Pompeu Figueiredo de Carvalho;

Aos colegas integrantes do Laboratório de Geomorfologia (LAGEO/IGCE/UNESP);

Aos colegas da Biblioteca da UNESP *Campus de Rio Claro* pelo apreço e carinho;

Aos funcionários do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (Deplan/IGC/UNESP), em especial, a Elisabete Ap. Ortiz de Camargo Franciolli (a Bete) e Ubirajara Gerardin Junior (o Bira);

Ao Técnico Alan de Oliveira do Labgeot do Departamento de Geologia Aplicada do (UNESP Campus de Rio Claro) pelo empréstimo do trado holandês;

Ao Técnico Gilmar Batista Grigolon do Laboratório de Hidráulica do Departamento de Biossistemas da (ESALQ USP) pelo empréstimo do trado para coleta de amostras indeformadas e trocas de informações no uso do permeâmetro de carga variável;

À Técnica Suely Teodoro de Souza Martins do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (Deplan - IGCE - UNESP Campus de Rio Claro) pela ajuda no “desvendar” do uso do permeâmetro;

À Técnica Magali Leme Falcão do Geocarto do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (Deplan - IGCE - UNESP Campus de Rio Claro) pelo empréstimo de fotografias aéreas;

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;

Ao Laboratório para Análise de Formações Superficiais (LAFS) do Deplan – IGCE – UNESP pelo espaço concedido ao trabalho de laboratório com amostras indeformadas;

Ao Laboratório de Física de Solos do Departamento de Ciências do Solo (ESALQ USP) pelo tratamento de amostras deformadas na análise granulométrica e classe de textura;

À Adriana Maria Patricio Takaki pela revisão gramatical da tese;

Ao aluno Luis Gustavo Bernardo Silva pela ajuda nos trabalhos de campo;

À José Sebastião Borges, meu sogro, que além de nos apoiar na vida, reservou parte do seu tempo para vir a Piracicaba e me ajudar nos difíceis trabalhos de campo;

À José Silveira Filho, meu pai, pelo constante apoio no dia a dia e palavras otimistas e sinceras de que “vai dar certo” e “foco no doutorado”;

Ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), instituição na qual venho trabalhando desde 2008. Agradeço aos colegas das Etecs, em especial a Diretora Sandra Voltani Queiroz, que sempre estimulou e acompanhou o desenvolvimento deste trabalho;

À Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (*Campus* de Ourinhos) e à Universidade Federal de São Carlos (*Campus* de Sorocaba), instituições as quais tive oportunidade de trabalhar, e que me fizeram estudar Geografia e Geomorfologia;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por propiciar a compra de materiais de pesquisa, que foram adquiridos por meio do Programa Chamada Universal (processo nº 472550/2011-0);

À Patrícia, que é geógrafa, professora e esposa. Por abrir a janela e deixar o sol entrar!

O que o homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver.

Kuhn (1962, p.148).

Proposta Metodológica para Avaliação dos Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano

Resumo.

Considerando que a urbanização constitui-se em um tema contemporâneo marcante, o crescimento das cidades, promovido a partir de um modelo desenvolvimentista e pouco planejado, vem gerando problemas ambientais e sociais, com destaque a ocupação de áreas frágeis do relevo. Tendo em vista que a humanidade constrói seus espaços territoriais nas formas de relevo, o trabalho teve como objetivo principal, a construção de uma proposta metodológica para a identificação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Fundamentado teoricamente na concepção sistêmica da relação homem-natureza, partiu-se da premissa de que a construção de uma proposição metodológica para identificação de níveis de restrição do relevo ao uso urbano necessita da análise da fragilidade inerente ao sistema natural sob sucessivas interferências do sistema antrópico. A proposta metodológica esteve organizada em duas etapas. A primeira, com a elaboração da carta de Fragilidade do Meio Físico, derivada da integração das cartas de Materiais Inconsolidados e Energia do Relevo. A segunda, com a elaboração da carta de Níveis de restrição do Relevo ao Uso Urbano, que é resultante da integração dos dados registrados na carta de Fragilidade do Meio Físico com as cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra, cartas Geomorfológicas e carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais de diversos cenários. A área selecionada para a aplicação da proposta metodológica, a bacia do Córrego das Ondas, localiza-se no município de Piracicaba (SP) em área de expansão urbana noroeste. Nesta bacia predominam classes de fragilidade do meio físico média e forte, as quais estão sujeitas historicamente as intervenções humanas associadas principalmente ao uso canavieiro, de pastagem e urbano. Dessa forma, a análise das intervenções antrópicas e os impactos resultantes avaliados em uma perspectiva histórica de uso e ocupação, juntamente com a identificação da fragilidade inerente ao meio físico, foram fundamentais para a definição dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano *fraco, moderado, severo, muito severo e legal*.

Palavras-chave: Proposta metodológica. Fragilidade do meio físico. Intervenções antrópicas. Expansão urbana.

Methodological Approach to the Assessment of Levels of Restriction of Relief to Urban Use

Abstract.

Whereas urbanization constitutes a striking contemporary theme, the growth of cities, which was promoted from a developmental and less planned model, comes generating environmental and social problems, especially the occupation of fragile areas. Considering that humanity builds its territorial spaces in landforms, this paper aimed the construction of a methodological proposal for identifying levels of restriction of relief to urban use. Theoretically based on the systemic design of the relationship between human being and nature, we set off from the premise that the construction of a methodological proposition for identifying levels of restriction of relief to urban use needs to analyze the fragility that is inherent in the natural system under successive interference of anthropic system. The methodological proposal was organized in two stages. The first one consists in the development of Environmental Fragility Map, which is derived from the integration of Unconsolidated Materials and Energy Maps. The second stage corresponds to the development of the map of Levels of Restriction of Relief to Urban Use, which is a result of integration among data from Environmental Fragility Map and from Natural Vegetation Cover and Land Use Maps, Geomorphological Maps and Environmental Derivations and Legal Transgressions Maps of various scenarios. We selected the basin of Ondas Stream for the application of the methodological approach. It is in the city of Piracicaba (São Paulo State, Brazil) in a Northwest area of urban sprawl. In this basin there is the predominance of medium and heavy fragile classes of physical environment, which are historically subject to human interventions associated mainly to sugar cane, pasture and urban use. Thus, the analysis of human interventions and the impacts that were assessed in a historical perspective of use and occupation, along with the identification of an inherent in the media fragility, were fundamental to the definition of the levels of restriction of relief to weak, moderate, severe, very severe and legal urban use.

Keywords: Methodological approach. Environmental fragility. Human interventions. Urban sprawl.

Índice de Figuras:

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.....	18
Figura 2 - Relação entre sistemas (natural e antrópico), que deriva na organização espacial.....	25
Figura 3 - Etapas da proposta metodológica.....	32
Figura 4 - Ficha de campo.....	42
Figura 5 - “Base Fragilidade_Meio_Físico” com limites e números dos polígonos de informação materiais inconsolidados/relevo/geologia.....	59
Figura 6 - “Base Restrições_Relevo” com limites e letras dos polígonos representativos da relação fragilidade do meio físico e dinâmica de uso e impactos resultantes.....	71
Figura 7 - Evolução do sítio urbano de Piracicaba (SP): em vermelho, destaque para o setor noroeste (área de estudo).....	79
Figura 8 – A Bacia do Córrego das Ondas.....	82
Figura 9 – Formações Geológicas da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	88
Figura 10 - Solos da Bacia do Córrego das Ondas Piracicaba (SP).....	92
Figura 11 – Balanço Hídrico da Região de Piracicaba (SP).....	94
Figura 12 – Zonas Urbanas na Bacia do Córrego das Ondas – Macrozoneamento de Piracicaba (SP).....	96
Figura 13 – carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	101
Figura 14 – carta de Fragilidade do Meio Físico da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	102
Figura 15 – carta de Materiais Inconsolidados da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	103
Figura 16 – carta de Energia do Relevo da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	107
Figura 17 – carta de Declividade ou Clinográfica da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	108
Figura 18 – carta de Dissecção Horizontal da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	109
Figura 19 carta de Dissecção Vertical da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	110
Figura 20 – Setor da carta de Dissecção Horizontal em áreas de encontro de drenagens (XVI). As cores fortes ilustram as elevadas classes que se comportam como um fator relevante na determinação da fragilidade do meio físico. A legenda encontra-se na figura 18.....	118
Figura 21 - carta de Cobertura Natural e Uso da Terra da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 1962).....	119
Figura 22 - carta de Cobertura Natural e Uso da Terra da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 1978).....	120
Figura 23 – carta de Cobertura Natural e Uso da Terra da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 2005).....	121
Figura 24 - setores frente ao processo de urbanização da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	123
Figura 25 - carta Geomorfológica da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 1962).....	124
Figura 26 - carta Geomorfológica da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 1978).....	125
Figura 27 - carta Geomorfológica da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 2005).....	126
Figura 28 - carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 1978).....	127
Figura 29 - carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 2005).....	128
Figura 30 - Exemplos no setor atual de “Intensa Urbanização” de cenários distintos de períodos “pré-urbanos” (1962), “construção do urbano” (1978) e “desenvolvimento do urbano” (2005). As legendas encontram-se nas figuras 21 a 27.....	131
Figura 31- Alteração no contexto geomorfológico com destaque a canalização do afluente A1E. As legendas encontram-se nas figuras 25, 26 e 27.....	132
Figura 32- Canalização e áreas de APTF. A legenda encontra-se na figura 27.....	133

Figura 33- Setor de “Eminente Urbanização” com feições denudativas em áreas de domínio histórico da cana-de-açúcar e recentemente da pastagem. As legendas encontram-se nas figuras 25, 26 e 27.....	137
Figura 34- Setor de “Entorno” a urbanização com feições denudativas em cenários de tradicional ocupação canavieira e, em menor extensão, de pastagens. A legenda encontra-se nas figuras 25, 26 e 27.....	139
Figura 35- Setores “Intensamente Urbanizados” com retomadas erosivas em cabeceiras de drenagens evidenciadas nas fotos 36 e 37. Áreas XXIV e XXV mapeadas com nível de restrição do relevo ao uso urbano muito severo. A legenda encontra-se nas figuras 25, 26 e 27.....	146
Figura 36- Áreas de Aptf com níveis de restrição <i>muito severo</i> e parâmetros legais em cenários de 1978 e 2005. A legenda encontra-se nas figuras 13, 28 e 29.....	151

Índice de Quadros:

Quadro 1- Classes de energia do relevo da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	35
Quadro 2- Classes de declividade ou clinográfica da bacia do Córrego das Ondas – Piracicaba (SP).....	36
Quadro 3- Classes de Materiais Inconsolidados da bacia do Córrego das Ondas – Piracicaba (SP).....	54
Quadro 4- Classificação da fragilidade dos materiais inconsolidados da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	57
Quadro 5- Classificação da fragilidade do relevo segundo índices morfométricos da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	57
Quadro 6- Classificação da fragilidade das formações geológicas da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).....	58
Quadro 7- Diferentes combinações das variáveis definidoras das classes de fragilidade do meio físico.....	60
Quadro 8- Níveis de Restrição ao Uso Urbano da bacia do Córrego das Ondas – Piracicaba (SP).....	73

Índice de Gráficos:

Gráfico 1- População de Piracicaba (SP), 1972 a 2010.....	78
Gráfico 2- População rural, urbana e total de Piracicaba (SP), 1950 a 2010.....	79

Índice de Fotos.

Foto 1 - Procedimentos de campo: uso do trado holandês.....	44
Foto 2 - Procedimentos de campo: início do processo de retirada de amostra indeformada	45
Foto 3 - Procedimentos de campo: estrutura que permite a incisão do copo de amostra indeformada.....	45
Foto 4 - Procedimentos de campo: copo de amostra todo penetrado no material inconsolidado.....	46
Foto 5 - Procedimentos de campo: retirada cuidadosa com martelo geológico do corpo de prova.....	46
Foto 6 - Procedimentos de laboratório: parafina e amostras indeformadas.....	48
Foto 7 – Procedimentos de laboratório: saturação dos corpos de prova.....	48
Foto 8 – Preparo do cilindro do permeâmetro para experimentação: procedimento 5.....	50
Foto 9 – Preparo do cilindro do permeâmetro para experimentação: procedimento 6.....	50
Foto 10 – Preparo para início do experimento.....	51
Foto 11 - O experimento: Verificação da carga hidráulica (cm) a cada 60 s.....	51
Foto 12 - O experimento: Ensaio em desenvolvimento com saída de água do permeâmetro.....	52
Foto 13 - Vista da baixa e média bacia do Córrego das Ondas. Ao fundo, o centro de Piracicaba; à direita, o vetor de expansão noroeste; e, ao centro, o Córrego das Ondas, envolto pela monocultura canavieira.....	82
Foto 14 - Loteamento residencial (Parque das Águas) sendo construído na baixa bacia.....	83
Foto 15 - Loteamento residencial “Jardim dos Manacás” em obras no Bairro Vila Sônia, média bacia.....	83
Foto 16 - Terreno a venda no bairro Vila Sônia.....	84
Foto 17 - Formação Corumbataí de coloração avermelhada na média bacia oeste.....	89

Foto 18 - Formação Corumbataí de coloração acinzentada na média bacia leste.....	89
Foto 19 - Seixo de diabásio derivado do corpo intrusivo presente na alta bacia.....	90
Foto 20 - Facie acinzentada da Formação Corumbataí que dá origem a materiais inconsolidados homogêneos pouco espessos.....	105
Foto 21 - Material inconsolidado heterogêneo espesso derivado da facie avermelhada da Formação Corumbataí. Momento de verificação da mudança de coloração com a retirada de material argiloso com o uso do trado.....	105
Foto 22 - Vertente da margem direita do Córrego das Ondas (baixa bacia), com declives e altitudes relativas superiores a vertente da margem esquerda (foto 23). Rodovia SP-304 sentido São Pedro.....	112
Foto 23 - Vertente da margem esquerda do Córrego das Ondas (baixa bacia), com declives e altitudes relativas inferiores a vertente da margem direita (foto 22). Rodovia SP-304. Ao fundo, viaduto da SP-308.....	112
Foto 24 - Extremo norte da bacia (alta bacia) mapeada com fragilidade do meio físico <i>fraca</i> (I): área com materiais inconsolidados da Formação Serra Geral e energia do relevo muito fraca e fraca, com restritos setores mediantemente forte..	114
Foto 25 - No primeiro plano (setas), área posicionada na média bacia leste exemplificando a classe de fragilidade <i>média</i> (IV), com material inconsolidado homogêneo espesso derivado da facie avermelhada da Formação Corumbataí e energia do relevo <i>média a forte</i>	114
Foto 26 - Material Inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da facie avermelhada da Formação Corumbataí, posicionado na alta vertente da média bacia oeste, onde se registra energia do relevo <i>média a forte</i> . Pertencente à área X, mapeada como fragilidade do meio físico <i>forte</i>	116
Foto 27 – Material Inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da facie acinzentada da Formação Corumbataí, posicionado na média bacia leste, onde se registra energia do relevo <i>fraca a média</i> . Pertencente à área XII, mapeada como fragilidade do meio físico <i>forte</i>	116
Foto 28 – Áreas de acumulação de planícies e terraços fluviais (APTF) mapeadas como fragilidade do meio físico muito forte (XVI).....	118
Foto 29 – Canalização e áreas de APTF.....	133
Foto 30 – Canalização e áreas de APTF.....	133
Foto 31 – Canalização e áreas de APTF.....	133
Foto 32 –. Canalização e áreas de APTF.....	133
Foto 33 – Canalização e áreas de APTF.....	133
Foto 34: Danificação em obras de canalização do curso principal do córrego das Ondas (baixa bacia) após evento chuvoso (verão de 2012).....	134
Foto 35 – Residencial Parque das Águas em setor de “Eminente Urbanização” da baixa bacia oeste. Área com nível de restrição do relevo ao uso urbano <i>moderado</i> (VI).....	144
Foto 36 – Obra de engenharia urbana construída em setor de “Eminente Urbanização” da média bacia leste. Área com nível de restrição do relevo ao uso urbano <i>severo</i> (XVIII).....	145
Foto 37 – Retomada erosiva, figura 35.....	146
Foto 38 – Retomada erosiva, figura 35.....	146
Foto 39 – Setor de “Intensa Urbanização” da média bacia oeste. Urbanização sobreposta à drenagem canalizada em área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano <i>muito severo</i> (XXIII).....	148
Foto 40 – Setor de “Entorno” a urbanização da baixa bacia leste. Deposição de materiais inconsolidados derivados da facie acinzentada da Formação Corumbataí retirada de obra de construção de via e duplicação da SP-308 (foto 35). Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano <i>muito severo</i> (XXVI).....	149
Foto 41 – Setor de “Entorno” à urbanização da alta bacia com mineração de diabásio. Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano <i>muito severo</i> (XXII).....	150

Foto 42 – Setor de “Entorno” à urbanização da alta bacia com pressão canavieira em nascentes (seta), as quais deveriam apresentar faixa ao entorno de vegetação. Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *legal* (XXVIII)....152

Foto 43 – Setor “Intensamente Urbanizado” na média bacia oeste com pressão exercida pela urbanização em nascente (seta). Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *legal* (XXVIII)..... 152

Foto 44 - Setor de “Eminente urbanização” na média bacia oeste com arruamento em área canavieira transversal ao canal de drenagem (seta). O arruamento comporta-se como um canal pluvial para o escoamento de materiais inconsolidados liberados nas vertentes. Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *moderado* (X) e *severo* (XIX)..... 154

Foto 45 - Setor de “Entorno” na média bacia oeste com arruamento transversal ao canal de drenagem em área atualmente com pastagem (anteriormente com cana-de-açúcar). Erosão instalada na média vertente em área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *severo* (XIV).....154

Foto 46- Setor de “Intensa Urbanização” na média bacia. Assoreamento do canal de drenagem verificado em período de estiagem. À frente, obra de canalização (seta).....154

SUMÁRIO.

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos e hipóteses.....	19
2. OS PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS, A PROPOSTA METODOLÓGICA E AS TÉCNICAS DE PESQUISA.....	22
2.1. Concepção teórica da relação homem-natureza: o método da pesquisa.....	24
2.2. A proposta metodológica: níveis de restrição do relevo ao uso urbano.....	29
2.3. As técnicas cartográficas.....	33
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	75
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS: A PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA.....	99
4.1. Os níveis de restrição do relevo ao uso urbano da bacia do Córrego das Ondas....	100
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E AS PERSPECTIVAS FUTURAS.....	153
6. REFERÊNCIAS.....	161
7. ANEXOS.....	171

1 INTRODUÇÃO

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. (Bertrand Russel 1969, p. 55).

Levantar e investigar temas dentro de um contexto científico pressupõe a necessidade de um posicionamento frente à ciência, na qual desenvolverá o trabalho. Tal posicionamento elucida (estimula) a identificação de problemas pesquisáveis, os quais necessitam de um método (visão de mundo) que dê suporte à metodologia (ao caminho a ser percorrido na pesquisa) e que oriente a seleção de procedimentos específicos de investigação (técnicas). Além disso, a organização de uma pesquisa científica também está associada às experiências vivenciadas na trajetória acadêmica dos pesquisadores, que estão em permanente processo de aprendizagem e evolução, conforme explicita Bertrand Russel (1969) na frase introdutória.

Registram-se essas considerações com o intuito de apresentar a posição frente à ciência geográfica, que permitiu a definição do tema e do problema a ser pesquisado. O trabalho se enquadra em um Programa de Pós-graduação em Geografia (UNESP *Campus Rio Claro*), ciência marcada em sua gênese moderna por explorações científicas naturalistas no século XIX, tendo como expoente Alexander Von Humboldt. Desenvolveu-se no plano da investigação da relação natureza-homem/homem-natureza diante das manifestações espaciais e temporais. Tal fato promoveu o posicionamento sobre suas bases teóricas, as quais não são temas específicos de investigação desta pesquisa, no entanto, subsidiaram a escolha do método e construção da metodologia de investigação.

Entende-se a Geografia a partir de suas bases teóricas clássicas. Ao tratar principalmente sobre a Geografia Física, Sanjaume (2011) retomou a “definição clássica” de que a ciência geográfica “trata da Terra como morada da humanidade, do meio físico e das interações entre este e a sociedade e da organização espacial que isso comporta” (SANJAUME, 2011, p. 79). Corrobora-se também com o posicionamento de Mendonça (2011), quando o autor, ao tratar sobre as concepções atribuídas ao espaço geográfico, argumenta que em todas essas fica evidente a dimensão material da superfície da Terra. Registra que:

Não sendo uniforme nem homogênea em função de sua dinamicidade em distintas temporalidades, a superfície do planeta sempre suscitou questionamentos aos

homens e sua sociedade, fundamento principal da constituição do pensamento e do conhecimento geográfico (MENDONÇA, 2011, p.45, grifo nosso).

A característica de não homogeneidade da superfície terrestre e o fato de ser esculpida em distintas temporalidades a faz extremamente dinâmica, aspecto este que estimula a busca de seu conhecimento como fator condicionante para a ocupação e a mobilidade humana. Tais características levantadas sobre a superfície terrestre são manifestadas nas formas de relevo, as quais derivam de processos exógenos e endógenos, ou seja, interiores e exteriores a essa superfície terrestre. Neste sentido, entende-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” (ROSS, 2006, p.9).

Neste contexto, surge o *tema* da pesquisa, o qual está associado às concepções sobre o entendimento da Geografia e sua contribuição como ciência. Assim, o tema de pesquisa associa-se à relação homem-natureza manifestada no processo de ocupação da superfície terrestre, em especial a ocupação das formas de relevo pela urbanização.

Fato marcante no território brasileiro, onde atualmente 84% da população é urbana (IBGE, 2010), as cidades foram ocupando as formas de relevo sem planejamento, principalmente a partir do século XX, quando o país passou por notável processo de industrialização, propiciando o êxodo rural e consequente inchaço concentrado dos espaços urbanos. Braga e Carvalho (2004, p. 5 e 6) argumentam que o Brasil:

[...] até a metade do século passado, era um país eminentemente agrário. A cidade de São Paulo, por exemplo, em meados do século XIX, não passava de uma pequena cidade provinciana, sendo suplantada por cidades como Recife e Belém [...].
Com o processo de industrialização, que se inicia efetivamente em meados do século XX, concentrado no Sudeste, a urbanização se intensifica e, já na década de 1960, a população passa a ser majoritariamente urbana e São Paulo transforma-se na a maior metrópole brasileira (grifo nosso).

O fenômeno urbano levou a ocupação de áreas indevidas, considerando os aspectos do meio físico e os aspectos legais, causando problemas ambientais e sociais, os quais são temas marcadamente contemporâneos. Para Ab`Sáber (2003, p. 25), ao relacionar urbanização e industrialização, menciona que:

A urbanização explosiva de algumas áreas e a aceleração do processo industrial, sob níveis altamente polarizadores, acrescentaram e empilharam problemas para áreas metropolitanas e determinadas faixas industriais preferenciais. A concentração irrefreável da urbanização e industrialização em pequenos espaços de conjuntura geoeconômica favorável redundou em problemas novos, num tremendo círculo vicioso (grifo nosso).

Tais problemas provocados por este modelo de urbanização desenvolvimentista e não planejado, sobretudo relacionado com a ocupação de áreas frágeis, possibilitaram o levantamento dos seguintes *questionamentos*: quais são as áreas indicadas para a ocupação urbana? Mais do que isso, como se pode identificar as áreas com níveis de restrição do relevo à ocupação urbana?

Nestes termos, a pesquisa teve como principal interesse o desenvolvimento de uma proposta metodológica que possibilite a determinação de níveis de fragilidade do relevo à ocupação urbana. *Justifica-se* este interesse, devido ao papel atribuído aos Planos Diretores Municipais, que tem como uma de suas funções o ordenamento do crescimento das cidades. Assim, esta prática científica pode contribuir com o planejamento da ocupação da superfície terrestre pela urbanização, subsidiando Planos Diretores na construção de seus zoneamentos urbanos, por meio da identificação das áreas mais frágeis, principalmente no contexto das formas de relevo.

Outro fato que levou à definição do tema de pesquisa refere-se a um *problema* identificado em pesquisa pretérita. Tratam-se das reflexões oriundas da dissertação de mestrado intitulada como “Diagnóstico Ambiental do Setor Noroeste de Piracicaba: uma abordagem geográfica” (SILVEIRA, 2009), cujo objetivo esteve atrelado ao fornecimento de um diagnóstico ambiental detalhado, de abordagem geográfica integrada, que viesse a subsidiar ações de planejamento territorial do eixo de expansão urbana noroeste de Piracicaba (SP), 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).

Naquela oportunidade, foi também elaborado um documento cartográfico final, nomeado por “carta de Restrições ao Uso Urbano com Base em Parâmetros Legais e de Fragilidade Potencial”, resultado da compilação das informações anteriormente adquiridas por meio dos produtos cartográficos elaborados com base na proposta de Ross (1990, 1994 e 2001). A organização deste documento cartográfico final promoveu reflexões relacionadas com suas limitações, verificadas no processo de análise do produto final. Fato é que a elaboração deste documento cartográfico motivou a busca de seu aprimoramento.

Mais que isso, foram criados, por meio das limitações outrora observadas, novos desafios para uma pesquisa futura. Refletindo inicialmente neste processo de aprimoramento, identificou-se a necessidade da construção de uma proposta metodológica que viesse a determinar os níveis de restrições do relevo ao uso urbano, a partir da análise conjunta de

parâmetros físicos e de um histórico de uso e ocupação da terra, com a leitura das interferências humanas em diferentes cenários.

Nestes termos, a área selecionada para aplicação da proposta metodológica corresponde à bacia do Córrego das Ondas, instalada no município de Piracicaba (SP), mais especificamente em área de expansão urbana, posicionada a noroeste do sítio urbano de Piracicaba (Figura 1).

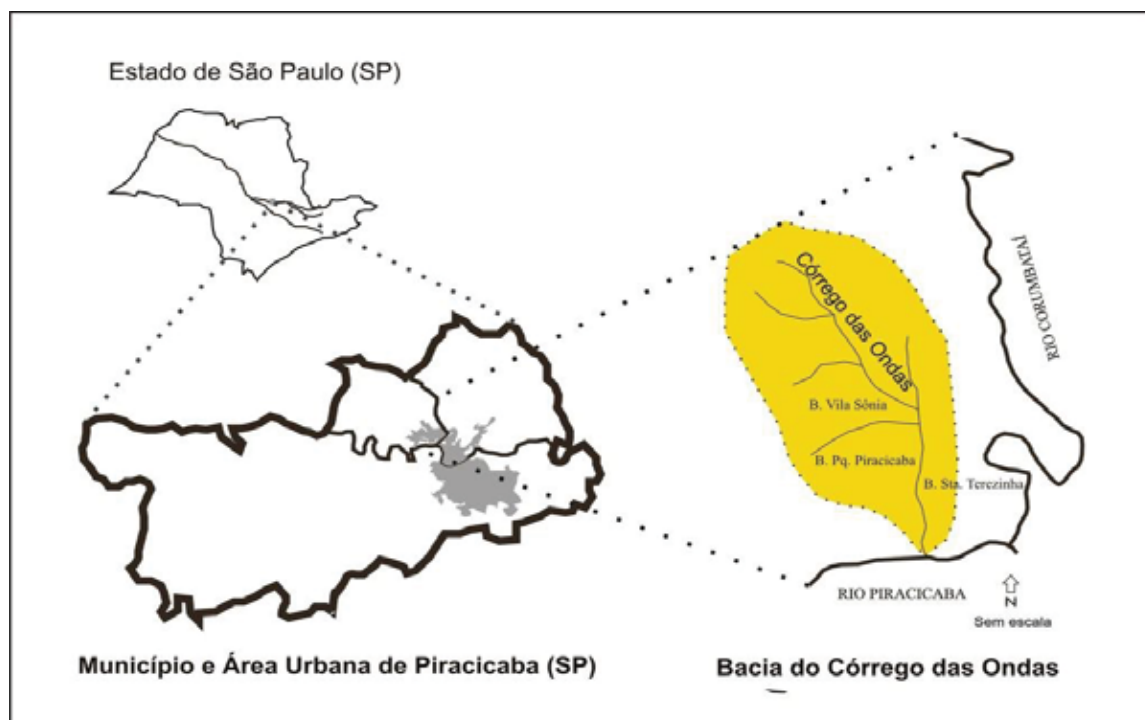


Figura 1: Localização da Área de Estudo. Fonte: PÓLIS, 2003.

Organização: Silveira (2009).

Justifica-se a adoção da bacia do Córrego das Ondas como unidade de estudo diante dos apontamentos do Plano Diretor de 1991 (PIRACICABA, 1991). Manifesta o documento que a partir da década de 1960, a cidade passou a se expandir de maneira 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). 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).

Também vale o registro de que o Diagnóstico de Revisão (PÓLIS, 2003), identificou áreas com fragilidade ambiental no eixo de expansão urbana noroeste por meio do Macrozoneamento Urbano, o qual fora consolidado pela Lei Complementar Municipal 186/2006 (PIRACICABA, 2006). Grande parte da bacia do Córrego das Ondas se insere na nomeada Zona de Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA).

Além disso, na pesquisa outrora mencionada (SILVEIRA, 2009), a qual apresentara um diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba por meio da proposta metodológica de Ross (1990, 1994 e 2001), foi possível detectar que:

[...] 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 com solos de potencial a fragilidade erosiva alta, estão recobertos por pastagem e cana-de-açúcar.

Já para a baixa bacia do córrego das Ondas, as formas de relevo altamente dissecadas, compondo solos de alta fragilidade erosiva, estão sobrepostos pela urbanização do bairro Vila Sônia sem infraestrutura adequada. 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 (SILVEIRA 2009, p.137-138).

Dessa forma, as condições identificadas no diagnóstico ambiental executado, bem como a leitura dos Planos Diretores frente a identificação do vetor noroeste como eixo do processo de expansão urbana de Piracicaba em zona de fragilidade ambiental, levaram à seleção da bacia do Córrego das Ondas como unidade espacial a ser analisada. *Justifica-se*, portanto, um estudo em escala de detalhe.

Por fim, nestas palavras introdutórias do trabalho, também é oportuno o esclarecimento de dois aspectos importantes na condução da pesquisa. O primeiro, diz respeito a definição da bacia hidrográfica como unidade de análise. Entende-se a bacia hidrográfica como um sistema (CHRISTOFOLETTI, 1979), perspectiva esta que subsidia sua análise frente aos aspectos físico-naturais (hidrogeomorfológicos), bem como em seu processo de ocupação humana (relação homem-natureza). Compreende-se a bacia

hidrográfica não somente como uma unidade de gerenciamento dos recursos hídricos, mas também como uma unidade gerencial de planejamento e ordenamento territorial-urbano.

O segundo aspecto relevante se relaciona a proposta metodológica propriamente dita. A mesma é entendida como um modelo subsidiado por metodologias já existentes, que se expressa por meio de documentos cartográficos e selecionou variáveis a serem consideradas na definição dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano. As variáveis consideradas foram: dados das formações geológicas; materiais inconsolidados (espessura, granulometria, classe de textura, cor e permeabilidade); energia do relevo (declividade, dissecação horizontal e dissecação vertical); uso e ocupação da terra (3 diferentes cenários); geomorfologia (morfografia e morfogênese, em 3 diferentes cenários); e aspectos legais (2 cenários de derivações ambientais e transgressões legais).

Diante do número expressivo de variáveis para a definição dos níveis de restrição, destaca-se que não foi selecionada a variável “tipologia de uso urbano”, ou seja, os aspectos relacionados aos diferentes modelos de urbanização. Dessa forma, a proposta metodológica concentrou-se na definição dos níveis restritivos do relevo ao uso urbano a partir da integração de variáveis do meio físico, sucedida da análise das interferências da ação antropogênica em uma perspectiva histórico evolutiva. Tais considerações foram de suma importância na definição dos objetivos apresentados na sequência.

1.1 Objetivos e hipótese

O *objetivo principal* da pesquisa é construir uma proposta metodológica para a identificação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Tal objetivo promoveu a sequência dos seguintes *objetivos específicos*:

- Análise da fragilidade do meio natural por meio da carta de Fragilidade do Meio Físico e produtos cartográficos intermediários;

- Análise histórica das interferências promovidas, bem como das consequências derivadas, das ações antropogênicas no meio físico, por meio das cartas Geomorfológicas, cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra e Cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais;

- Definição dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano (a serem expressos na Carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano), com base na análise histórico evolutiva de uso e ocupação da terra, ou seja, a definição dos níveis de restrição por meio da análise da fragilidade inerente ao meio físico sob sucessivas interferências do sistema antrópico.

O cumprimento destes objetivos visa comprovar ou refutar a seguinte *hipótese* levantada:

A construção de uma proposição metodológica para identificação de níveis de restrição do relevo ao uso urbano (como projeção futura) necessita da análise da fragilidade inerente ao sistema natural sob sucessivas interferências do sistema antrópico (histórico evolutivo de uso e ocupação).

Feitas as considerações iniciais sobre o tema de pesquisa, levantamento do problema, justificativas, definição da área de estudo, objetivos e hipóteses, a sequência deste trabalho está organizada da seguinte forma: o Capítulo 2 (p. 22) dedica-se aos pressupostos teórico-metodológicos que subsidiam a proposta metodológica (2.1, p. 24), a apresentação da proposta metodológica (2.2, p. 29) e das técnicas associadas (2.3, p. 37); o Capítulo 3 apresenta a área selecionada para a aplicação da proposta metodológica (p. 75); o Capítulo 4 é dedicado aos resultados encontrados na aplicação da proposta metodológica (p. 99); por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais da pesquisa (p. 155).

2 OS PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS, A PROPOSTA METODOLÓGICA E AS TÉCNICAS DE PESQUISA

O próprio do estudo geográfico é, pois, constituído por conjuntos complexos, de “combinações geográficas”, para retomar a fórmula do Professor Cholley [...]. É necessário ver como e por que existe determinada combinação geográfica num ponto preciso do globo [...]. Ela se transforma sem cessar, pois tudo o que vive é dinâmico; é preciso ver também como esse complexo geográfico evolui e por que causas (MONBEIG, 1952, citado por SILVA, 2002).

No ambiente acadêmico, em diferentes áreas do conhecimento científico, várias concepções de método e metodologia são levantadas. Por se tratar de uma pesquisa que envolve uma concepção teórica e a aplicabilidade de uma proposta de investigação, é necessário conceituar as terminologias neste momento atribuídas, sobretudo associadas ao entendimento de “método” e “metodologia”, sem qualquer pretensão de tratá-las como foco primordial de investigação.

Marconi e Lakatos (2000), ao discutirem a concepção de “método”, argumentam a necessidade de diferenciar “método” de “métodos”. Apontam os autores a distinção entre o “método de abordagem” e o “método de procedimento”. O primeiro envolve uma abordagem mais ampla, com nível de abstração mais elevada dos fenômenos da natureza e da sociedade, ao passo que o segundo indica etapas mais concretas da investigação (MARCONI e LAKATOS, 2000).

Assim, a pesquisa trata o “método de abordagem” apontado por Marconi e Lakatos (2000) como *método*. Trata-o na perspectiva do referencial teórico-metodológico da pesquisa, ou propriamente como a “visão de mundo”. Esta norteia e dá suporte ao “método de procedimento”, tratado por esta pesquisa como *metodologia*, ou seja, como argumenta Gil (2008), a parte do trabalho que descreve os procedimentos a serem seguidos na realização da pesquisa. Nesta, se inserem as *técnicas* de pesquisa.

Abreu (2011, p. 8), refletindo sobre o papel da prática na pesquisa (*práxis*) entre o objeto conceitual e teórico (a *res cogitans*) e o objeto material e empírico (a *res extensa*), argumenta:

As técnicas ou procedimentos farão a mediação entre a teoria, o pesquisador e o objeto da pesquisa, e essa mediação será pautada pela compreensão da linguagem que o indivíduo mobiliza, a partir do conteúdo teórico que lhe serve de referência para identificar e analisar o que ele julga ser o objeto da Geografia. A composição, a análise e a apreensão do objeto empírico da investigação serão referenciadas, portanto, pelos conceitos teóricos que o geógrafo, progressivamente, construiu em sua visão de ciência, em seu processo de formação cultural, científica e política.

Nesse sentido, a *res extensa* será abordada por meio de um recorte arbitrário, fruto da *res cogitans* do observador (grifo nosso).

Venturi (2011) registra que a teoria e o método são processos desenvolvidos no plano do pensar, ao passo que a técnica se desenvolve no plano do fazer. Para o pesquisador, o pensar e o fazer caminham juntos, considerando que teorias, métodos, técnicas e instrumentos constituem diferentes aspectos de um mesmo processo científico. Nesta perspectiva:

Caso o *fazer* promovido pelas técnicas tenha um fim em si, ou seja, esteja desvinculado de um processo de pesquisa científica, caracteriza-se por um *trabalho técnico*. Por outro lado, se este *fazer* vincula-se a um processo de pesquisa conduzido por um método, evidencia-se um *trabalho científico* (VENTURI, 2011, p. 16, grifo nosso).

Para Antonio Filho e Dezan (2009), na Geografia, as metodologias dos trabalhos de pesquisa estão associadas às diferentes correntes de pensamento geográfico. Foram destacadas como correntes de pensamento mais frequentes na ciência geográfica: o empirismo, o positivismo, o estruturalismo, o sistemismo, o psicologismo ou fenomenologia e a dialética.

O *método* desta pesquisa vincula-se à corrente de pensamento sistêmico, embasada na teoria geral dos sistemas, ao passo que a *metodologia* é tratada como o grande desafio do presente trabalho, quando, com base em metodologias já desenvolvidas e consagradas, sobretudo na literatura científica geográfica e geomorfológica de abordagem sistêmica, procura desenvolver uma proposta de investigação para ambientes urbanizados.

A pedra de toque da pesquisa refere-se à investigação da relação homem-natureza, manifestada no processo de urbanização, a partir de uma proposição metodológica de arcabouço teórico sistêmico (método).

Tal metodologia, suportada pelo método sistêmico, apresenta uma relação de técnicas. Para Venturi (2011), o uso da técnica no processo de pesquisa divide-se em três momentos ou espaços de trabalho: o gabinete, o campo e o laboratório. Na relação de técnicas associadas à proposição metodológica, os três momentos ou espaços de trabalho citados fazem parte da pesquisa. O trabalho de gabinete exigiu técnicas de investigação bibliográfica e procedimentos cartográficos; o trabalho de campo sistematizado exigiu técnicas de observação e coletas de materiais; e o trabalho de laboratório foi desenvolvido por meio de normas técnicas.

Assim, partindo do pressuposto de que teoria e prática (o pensar e o fazer) são procedimentos associados, na sequência textual são apresentados: o arcabouço teórico da pesquisa (o método, 2.1, p. 24), as etapas concretas da investigação (a proposta metodológica, 2.2, p. 29) e as técnicas de pesquisa (2.3, p. 33).

2.1 Concepção teórica da relação homem-natureza: o método da pesquisa

A concepção sistêmica da relação homem-natureza, *método* da pesquisa, pressupõe a tentativa da compreensão das inter-relações entre elementos do quadro natural (sistema natural) e do antrópico (sistema antrópico), que são dotadas de características organizacionais (organização espacial).

Quanto à interferência antrópica nos sistemas naturais, Ross (2006) argumenta que a ação humana modifica e intensifica as trocas energéticas, no entanto, não criam nem mudam as leis que regem a funcionalidade dos sistemas naturais. Na mesma 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, está 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 consequente alteração de suas escalas de tempo de ocorrência.

Diante da concepção sistêmica da relação homem-natureza, parte-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. As relações existentes entre estes sistemas (natural e antrópico) derivam em padrões de organizações espaciais (Figura 2).



Figura 2: Relação entre sistemas (natural e antrópico), que deriva na organização espacial.

Organização: Silveira (2009).

Parte-se do pressuposto de que o objeto de estudo da Geografia são as organizações espaciais (CHRISTOFOLETTI, 1999). Perez Filho, Quaresma e Rodrigues (2008) definem as organizações espaciais na Geografia como sistemas ambientais, caracterizadas como entidades organizadas na superfície terrestre, constituídas pelos subsistemas físico/natural e antrópico, bem como por suas interações.

Para Christofolletti (1999), os sistemas espaciais (organizações espaciais) de mais alta complexidade são constituídos pelo englobamento estrutural, funcional e dinâmico dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos. Na análise destes sistemas espaciais, sob a perspectiva sistêmica, dois componentes básicos entram em sua estruturação e funcionamento, representados pelas características do sistema ambiental físico (geossistema/sistema natural) e pelas do sistema sócio-econômico (sistema antrópico) (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Nessa perspectiva, a Geomorfologia, como campo do conhecimento científico tradicionalmente associado à Geografia, dedicada ao estudo das formas de relevo, tem fundamental contribuição para o estudo das organizações espaciais, principalmente para a análise dos aspectos vinculados ao meio físico (geossistema), em especial o relevo, ambiente de realização das atividades antrópicas, onde se manifesta o processo de urbanização.

Ao resgatarem os estudos dos geossistemas e a inserção da ação humana no quadro natural, Bertrand e Bertrand (2009, p. 309) consideraram que:

Ao longo dos anos 1960-1980, geógrafos soviéticos, especialmente N. Beroutchachvili, acompanharam no local, graças a um sistema carregado de medidas físicas, o comportamento plurianual de geossistemas caucasianos (estação experimental de Martkopi, Geórgia). Tentativa excepcional e dificilmente renovável. Entretanto, seu alcance heurístico é considerável com a condição de lhe acrescentar dois complementos: a consideração direta da antropização do geossistema e a inserção de cada estado e sequência de estado em uma perspectiva histórica ampla (grifo nosso).

Em outra passagem, quanto ao esboço de uma análise espaço-temporal, ainda acrescentam a necessidade de:

[...] situar cada unidade geossistêmica, com suas características espaciais (formas, volumes, localização, extensão, etc.) em uma dupla perspectiva dinâmica (sucessão de estados) e evolutiva (histórica) (BERTRAND e BERTRAND 2009, p. 310, grifo nosso).

Destacam-se nas considerações de Bertrand e Bertrand (2009), a concepção da “antropização do geossistema”, atribuídas como as interferências promovidas por um sistema antrópico no sistema natural (ou seja, a inserção do homem na temática ambiental); bem como, a concepção de “estado”, correspondendo, nesta interpretação, ao transpor o “estado do geossistema Bertraniano”, ao conceito de estado da “organização espacial”, derivada da relação sistêmica entre homem e natureza.

Além disso, acrescenta-se que a perspectiva de “estado” e a “sequência de estado” (do geossistema Bertraniano) possibilitam a concepção da existência de um “estado da organização espacial”, e este, como integrante de uma “sequência de estados das organizações espaciais”. Surge, portanto a reflexão de uma análise das interferências antrópicas em uma perspectiva de sucessão de estados em diferentes momentos históricos.

O caráter dinâmico das organizações espaciais, constituindo-se em um híbrido de formas e processos, foi levantado por Perez Filho, Quaresma e Rodrigues (2008). Entendem os autores que os sistemas antrópicos usufruem dos potenciais dos geossistemas, promovendo o rompimento do equilíbrio dinâmico, alterando sua expressão espacial temporal, com consequente criação de novas organizações espaciais.

Esta concepção conceitual inicial, de “sequência de estados” vai ao encontro das concepções de Haff (2001), Cooke (1976), Nir (1983), Ab`Sáber (1969) e Ross (1990, 1994 e 2001).

Haff (2001) enfatiza a necessidade do entendimento das forças antrópicas, no tratamento de uma *Neogeomorphology*, argumentando que:

[...] decidimos dedicar uma ampla fração do tempo e esforço intelectual com o compromisso de entender as Forças Antrópicas na tentativa de determinar seus princípios, atentando para seus mecanismos e efeitos, e na tentativa de antecipar/prever qual sua implicação futura (HAFF 2001, p. 3, grifo nosso).

Assim, diante das interferências promovidas pelo homem no sistema natural em uma pequena escala de tempo, registra o autor a necessidade de uma previsão geomorfológica (*geomorphological prediction*), a partir do entendimento dos mecanismos e efeitos promovidos pelas forças antrópicas, para posterior tentativa de antecipar suas implicações (HAFF, 2001).

Na perspectiva da contribuição da geomorfologia para a interpretação das ações antrópicas, Cooke (1976) argumenta que os trabalhos vinculados à geomorfologia urbana podem contribuir de duas maneiras para a gestão e desenvolvimento dos espaços urbanizados: em primeiro lugar, podem ajudar na avaliação dos recursos e adequação das terras para o uso urbano; bem como podem monitorar os sistemas geomorfológicos (processo-resposta) e suas mudanças durante e após o desenvolvimento urbano, a fim de estabelecer um corpo teórico e empírico para a formulação de estratégias de gestão e de previsão de mudanças que possam surgir com o crescimento urbano (COOKE, 1976).

Considerando os efeitos dos impactos ambientais derivados do processo de urbanização e dedicando-se à introdução de uma geomorfologia antropogênica, Nir (1983), com base e citando Savini and Kammerer (1961), Wolman (1967), McPherson (1969), propõe três etapas, ou melhor, três períodos, a serem discutidos e analisados, sendo estes:

- (1) a transição entre o pré-urbano e o primeiro estágio urbano, ou o período sub-urbano;
- (2) a transição entre o primeiro estágio urbano e o estágio médio urbano, ou o período de construção urbana;
- (3) a transição entre o estágio médio urbano e o estágio tardio urbano, ou o período de desenvolvimento urbano (NIR 1983, p.117, grifo nosso).

Enfatiza o autor a análise do processo de urbanização por meio da interpretação sucessiva de cenários de uso e ocupação, atribuídos aos períodos “sub-urbano”, de “construção do urbano” e de “desenvolvimento do urbano”. Tais períodos caracterizam-se por apresentarem uma organização espacial particular, sendo analisados os sucessivos impactos ambientais derivados do processo de urbanização.

No Brasil, Ab`Sáber (1969), a partir do artigo *Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário*, trouxe a temática das interferências antrópicas no meio físico, por meio da “fisiologia da paisagem”. Difundiu o conceito de geomorfologia tripartite, tratando-a como uma simbiose conceitual, registrando os três níveis de tratamento que considera fundamental nas pesquisas geomorfológicas: a compartimentação topográfica regional, a estrutura superficial da paisagem e a fisiologia da paisagem. Neste terceiro nível

da abordagem, procura entender as interferências promovidas pelo homem no meio natural e mais especificamente nas formas de relevo. O autor argumenta que:

Evidentemente, variações sutis de fisiologia podem ser determinadas por ações antrópicas predatórias, as quais na maior parte dos casos, são irreversíveis ao “metabolismo” primário do meio natural. Na verdade, a intervenção humana nos solos responde por complexas e sutis variações na fisiologia de uma determinada paisagem, imitando até certo ponto os acontecimentos de maior extensividade, relacionados às variações climáticas quaternárias (AB`SÁBER, 1969, p.2, grifo nosso).

O autor, em seu terceiro nível de abordagem, propõe a investigação da funcionalidade (fisiologia) da paisagem diante das condições morfoclimáticas e pedogenéticas, como também a partir das interferências humanas. Manifesta as ações antrópicas em um “metabolismo primário natural”. Suas preocupações com o ambiente urbano, desde sua tese de doutoramento, em *Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo* (1957), trouxeram, além do “metabolismo primário natural”, a concepção de “metabolismo urbano”. Argumenta o autor:

Falando-se de metabolismo urbano, cada caso é um caso. A magnitude dos problemas depende das condições do sítio urbano, da hidrologia e da fisiologia da paisagem. Mais do que isso: depende da estrutura, do volume e da funcionalidade do organismo urbano. Pressupõe inquirições holísticas e quantitativas (AB`SÁBER, 2003, p.72, grifo nosso).

Na mesma temática da análise das interferências antrópicas e suas implicações, Ross (1990, 1994 e 2001), utilizando os conceitos de ambientes estáveis, que apresentam equilíbrio dinâmico e de ambientes instáveis, quando em desequilíbrio, propôs critérios de definição para as unidades ecodinâmicas estáveis e unidades ecodinâmicas instáveis, embasado em Tricart (1977).

Hierarquizou as unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente (fragilidade ambiental) em diversas categorias, desde instabilidade “muito fraca” a “muito forte”, conforme o nível de interferência antrópica. O mesmo critério foi aplicado às unidades ecodinâmicas estáveis ou de instabilidade potencial (fragilidade potencial natural), classificando-as de “muito fraca” a “muito forte”, de acordo com suas características naturais ou da possível ocupação antrópica (ROSS, 1994).

A partir desta concepção, Ross (1990, 1994 2001) propôs um procedimento técnico cartográfico de definição hierárquica das unidades de fragilidade natural e de fragilidade ambiental, expressas respectivamente nas cartas de Fragilidade Potencial e de Fragilidade Emergente.

Diante das considerações levantadas na bibliografia, principalmente aquelas vinculadas à Geografia e a Geomorfologia, deve-se destacar as que tiveram influência significativa na proposta metodológica desenvolvida nessa tese:

- a concepção sistêmica da relação homem-natureza. A relação entre o sistema natural e o sistema antrópico que deriva em padrões de organização espacial (MORIN, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1999; PEREZ FILHO e QUARESMA, 2008);
- a antropização do geossistema e a inserção de estados e sequência de estados do geossistema em uma perspectiva histórica (BERTRAND e BERTRAND 2009);
- a concepção de um metabolismo primário natural, com leis e dinâmicas próprias. As interferências antrópicas, via urbanização, criam um ambiente peculiar complexo e extremamente dinâmico, tratado como o metabolismo urbano (AB`SÁBER, 1969 e 2003);
- a concepção da análise dos sucessivos impactos ambientais promovidos pela urbanização (períodos “pré-urbano”, de “construção” do urbano e de “desenvolvimento” do urbano) (NIR, 1983);
- a concepção do entendimento das interferências (mecanismos e efeitos) promovidas pelas forças antrópicas, ou pelo sistema antrópico no sistema natural, permitindo a tentativa e a possibilidade de compor um cenário futuro. Ou seja, a tentativa de compor os níveis de restrição do relevo ao uso urbano por meio da análise da fragilidade do meio físico sob sucessivas interferências humanas (dinâmica de uso e ocupação) (COOKE, 1976 e HAFF, 2001);
- a concepção e o procedimento técnico cartográfico de definição hierárquica das unidades de fragilidade natural e de fragilidade ambiental (TRICART, 1977 e ROSS, 1990, 1994 e 2001).

2.2 Proposta metodológica: níveis de restrição do relevo ao uso urbano

Diante das concepções teóricas, metodológicas e técnicas anteriormente mencionadas, surge a proposta metodológica da pesquisa com procedimentos realizados em duas etapas:

Primeira etapa: consiste na organização da carta de Fragilidade do Meio Físico por meio de adaptações da proposta de Ross (1990, 1994 e 2001), com a manutenção da definição hierárquica das unidades de fragilidade. Para isso, foi necessária a organização dos seguintes documentos intermediários:

- a carta de Declividade ou Clinográfica (DE BIASI, 1970 e 1992): que representa quantitativamente, em classes de porcentagem, a inclinação das vertentes. Este é um dos condicionantes fundamentais nos processos morfológicos atuantes nas vertentes, como também no uso e ocupação humana, seja esta agrícola e/ou urbana;

- a carta de Dissecção Horizontal (SPIRIDONOV, 1981): que representa quantitativamente a distância que separa os talwegues das linhas de cumeada. Possibilita a avaliação da dissecção realizada pela drenagem da área de estudo, indicando setores de ocorrência de interflúvios mais estreitos, o que denotam maior suscetibilidade aos processos fluviais;

- a carta de Dissecção Vertical (SPIRIDONOV, 1981): que representa quantitativamente a altitude relativa entre a linha de cumeada e o talvegue, possibilitando a análise do grau de entalhamento realizado pelos cursos fluviais, assim como da potencialidade para o desenvolvimento de processos gravitacionais;

- a carta de Energia do Relevo (MENDES, 1993): que integra as informações morfométricas encontradas nas Cartas de Declividade ou Clinográfica, Dissecção Horizontal e Dissecção Vertical, permitindo classificar qualitativamente a potencialidade do relevo para a ocorrência de processos geomorfológicos;

- a carta de Materiais Inconsolidados (adaptações das propostas de ZUQUETTE *et al.*, 1994 e PEJON e ZUQUETTE, 1997): que representa a variedade e características de tipos de materiais inconsolidados que ocorrem do topo da rocha até a superfície.

Segunda etapa: consiste na organização da carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano. Para sua elaboração, junto à carta de Fragilidade do Meio Físico já organizada na “etapa 1”, foram necessários os seguintes documentos cartográficos intermediários:

- cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra (cenários 1962, 1978 e 2005): que representem os tipos de uso e ocupação da terra, bem como os tipos de cobertura vegetal, promovendo a leitura em diferentes cenários;
- cartas Geomorfológicas (TRICART, 1965, cenários 1962, 1978 e 2005): que representem a morfologia e a morfografia, possibilitando a interpretação dos processos inerentes ao relevo, sob interferência antrópica, em diferentes cenários;
- cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (MOROZ, CANIL e ROSS, 1994, cenários de 1978 e 2005): que representem os tipos de intervenções feitas pelo homem no sistema natural, registrando os impactos ambientais, além das transgressões à legislação ambiental vigente.

A aplicação da proposta metodológica sugerida promove a determinação em um primeiro momento da fragilidade do meio físico, ou seja, a busca pelo entendimento da fragilidade do meio natural. Em um segundo momento, torna possível a avaliação da dinâmica de uso e ocupação da terra associada aos principais impactos decorrentes dessa dinâmica. Estes diferentes cenários de uso e ocupação e de derivações resultantes tornam-se o recurso fundamental para a determinação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano.

Assim, a proposta metodológica para identificação de níveis de restrição do relevo ao uso urbano associa-se à análise da fragilidade do meio físico sob sucessivas interferências do sistema antrópico (histórico evolutivo de uso e ocupação), conforme ilustra a Figura 3, com suas etapas e procedimentos.

Para o desenvolvimento da proposta metodológica, foi necessária a definição de técnicas e procedimentos de pesquisa associados a momentos e espaços de trabalho de gabinete, campo e laboratório. Na sequência, são descritas as técnicas de gabinete (investigação bibliográfica e procedimentos cartográficos), de trabalho de campo (observação e coletas de materiais) e de laboratório (normas técnicas).

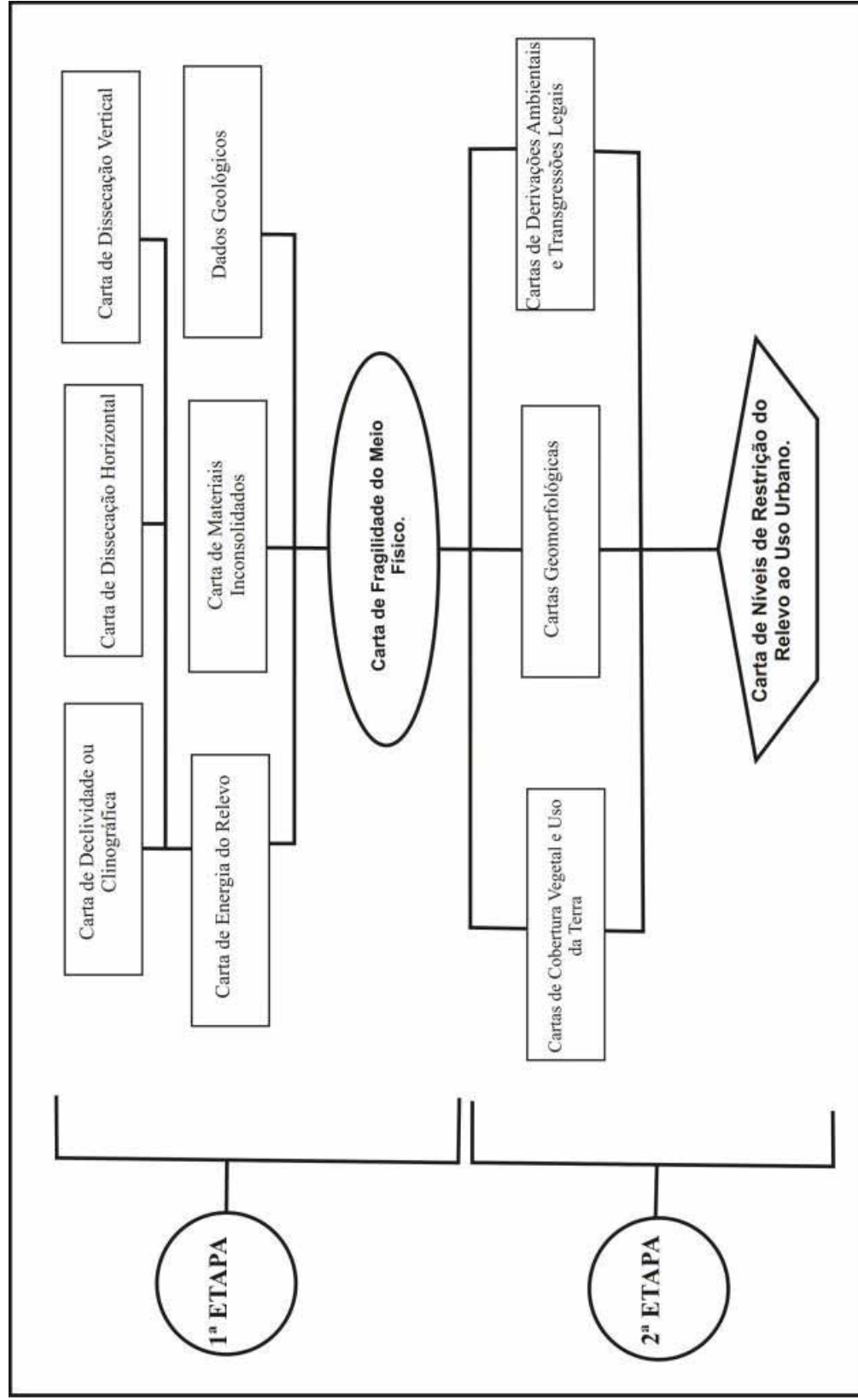


Figura 3: Etapas da proposta metodológica.

Organização: Silveira (2013).

2.3 Técnicas cartográficas

2.3.1 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), 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 AutoCAD Map (2004) para posterior vetorização das curvas de nível, pontos cotados, estradas de rodagem e drenagem.

2.3.2 Cartas morfométricas

O trabalho propõe a análise da variável morfométrica a partir da elaboração da **carta de Energia do Relevo** com base em Mendes (1993). Trata-se de uma carta de integração, obtida por meio da associação das informações das cartas de Declividade ou Clinográfica (DE BIASI, 1970 e 1992), Dissecção Horizontal (SPIRIDONOV, 1981) e Dissecção Vertical (SPIRIDONOV, 1981).

O procedimento técnico de Mendes (1993) consiste na compilação dos dados quantitativos da geometria do relevo fornecidos pelas cartas morfométricas. Dessa forma, as classes de energia do relevo configuram-se como índices identificados por termos qualitativos, variando de muito forte a muito fraco (MENDES, 1993). As classes devem ser formuladas a partir das características da área de estudo e do interesse particular do usuário (CUNHA, 2001).

Mathias e Carvalho (2008) propuseram a elaboração da carta de Energia do Relevo desenvolvida por Mendes (1993) em meio digital, com o uso do software AutoCAD Map 2004. Nesta proposta, a compilação das informações morfométricas é executada de forma semi-automática, com a sobreposição em *layers*, onde posteriormente são digitalizados os polígonos das classes de energia do relevo, a partir da ferramenta *polyline* (MATHIAS e CARVALHO, 2008).

Para este trabalho, a carta de Energia do Relevo foi elaborada a partir das recomendações técnicas de Mendes (1993) e de procedimentos operacionais propostos por Mathias e Carvalho (2008). A sequência prioritária das informações morfométricas mapeadas e os valores correspondentes a cada classe seguiram os parâmetros adquiridos

respectivamente na carta de Declividade ou Clinográfica, seguida da carta de Dissecação Horizontal e, por último, da carta de Dissecação Vertical.

Dessa maneira, cada classe foi definida por uma sequência de informações de acordo com os parâmetros definidos para a área de estudo, estando sintetizadas no Quadro 1.

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. De acordo com 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.

Assim, a primeira etapa de elaboração corresponde à obtenção dos valores de maior e menor espaçamento entre as curvas de nível que, utilizados na fórmula a seguir, 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 preestabelecida (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 àqueles 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).

CLASSE DE ENERGIA DO RELEVO Cores na carta	Declividade (%)	Dissecação Horizontal (m)	Dissecação Vertical (m)
Muito Forte (cinza)	≥ 30	< 10 $10 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 30$ ≥ 30
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 30$	< 10	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 30$ ≥ 30
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 30$	$10 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	≥ 30
Forte (marrom)	$20 \text{ } \vdash \text{ } 30$	$10 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 30$
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 20$	$10 \text{ } \vdash \text{ } 20$	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 30$
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 20$	$20 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	$25 \text{ } \vdash \text{ } 30$
Medianamente Forte (vermelho)	$12 \text{ } \vdash \text{ } 20$	$20 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 25$
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 12$	$20 \text{ } \vdash \text{ } 40$	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 25$
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 12$	$40 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	$20 \text{ } \vdash \text{ } 25$
Média (laranja)	$6 \text{ } \vdash \text{ } 12$	$40 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 20$
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 6$	$40 \text{ } \vdash \text{ } 80$	< 5 $5 \text{ } \vdash \text{ } 20$
	< 3 $3 \text{ } \vdash \text{ } 6$	$80 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	$15 \text{ } \vdash \text{ } 20$
Fraca (amarelo)	$3 \text{ } \vdash \text{ } 6$	$80 \text{ } \vdash \text{ } 320$ ≥ 320	< 5 $10 \text{ } \vdash \text{ } 15$
	< 3	$80 \text{ } \vdash \text{ } 160$	< 5 $10 \text{ } \vdash \text{ } 15$
	< 3	≥ 160	$10 \text{ } \vdash \text{ } 15$
Muito fraca (verde)	< 3	≥ 160	< 10

Quadro 1: Classes de energia do relevo da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP). Organização: Silveira (2010).

O Quadro 2 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 da bacia do Córrego das Ondas.

CLASSES DE DECLIVE Cores na carta	VALORES DO ÁBACO	PARÂMETROS
Verde-claro < 3 %	Limite 3 % = 1,6 cm	< 3% áreas suscetíveis à 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

Quadro 2: Classes de declividade ou clinográfica da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).

Organização: Silveira (2010).

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* AutoCAD Map (2004), no qual se realizou sua edição e vetorização das classes de declividade.

A **carta de Dissecção Horizontal** do relevo segue os princípios técnicos de Spiridonov (1981). Zacharias (2001) propôs o desenvolvimento deste documento cartográfico por meio de uma técnica semi-automática no *software* Auto CAD Map (2004), a qual esta pesquisa adotou como procedimento.

Conforme Zacharias (2001), a técnica de mapeamento semi-automática conta com três etapas principais:

Etapla 1: Criação de Topologias: com a base cartográfica digital no ambiente AutoCAD Map e feita a delimitação das sub-bacias hidrográficas, criam-se topologias individuais para as entidades, rede de drenagem, divisor de água e limite de bacia. A partir da associação das topologias drenagem e divisor de água, cria-se também uma topologia agrupada, nomeada por DIVIDREN.

Etapla 2: Delimitação da Zona Buffer: consiste na criação de uma faixa ao redor de uma topologia. Foram desenhadas zonas buffer ao redor da topologia agrupada (DIVIDREN), cujas larguras ficaram representadas por vértices que possibilitam indicar as distâncias entre o talvegue e as linhas de cumeadas.

Para definir a variação das classes de dissecação horizontal, foi necessário obter o valor de maior e menor distância entre a linha de cumeada e o talvegue das sub-bacias. Tais valores foram identificados a partir de medidas lineares, elaboradas sobre a base cartográfica, entre as linhas de cumeada e os talvegues. Spiridonov (1981) recomenda que o valor de cada classe seja correspondente ao dobro do limite da classe anterior, a partir do mínimo mapeável que, para a escala deste trabalho, correspondeu a 1 mm na Base Cartográfica, representando 10 m no terreno até o valor máximo identificado, no caso, 360 m. Assim, foram estabelecidas as seguintes classes:

< 10 m; $10 \text{ — } 20$ m; $20 \text{ — } 40$ m; $40 \text{ — } 80$ m; $80 \text{ — } 160$ m; $160 \text{ — } 320$ m; ≥ 320 m.

Etapla 3: Criação de Polígonos: delimitação e criação de polígonos referentes às áreas das classes predeterminadas. Feita a delimitação, promove-se o preenchimento do polígono com base em cores representativas da rosa cromática.

Para a **carta de Dissecação Vertical**, utilizou-se também da orientação técnica de Spiridonov (1981) com as adaptações de Zacharias (2001), a qual propõe a elaboração do documento cartográfico a partir de procedimento semi-automático no AutoCAD Map, cujas recomendações se dividem em duas etapas:

Etapa 1: Criação de Topologias: armazenamento da base cartográfica no ambiente AutoCAD Map com delimitação das sub-bacias hidrográficas e criação de topologias para as entidades: drenagem, divisores de água, limite de bacia e altimetria.

Etapa 2: Delimitação das classes de Dissecação Vertical: com as topologias criadas ativas, identificam-se os pontos de intersecção dos rios com as curvas de nível. Na sequência, a partir de uma reta perpendicular ao divisor de água, unem-se os pontos de intersecção das curvas de nível com o rio às linhas de cumeada, procurando traçar a menor distância entre o talvegue e essa linha. Criam-se polígonos dentro de cada sub-bacia, classificando os setores de acordo com Spiridonov (1981), os quais serão preenchidos com base em cores representativas da rosa cromática. Assim, as classes de dissecação vertical foram estabelecidas de acordo com a equidistância entre as curvas de nível, que retrata o desnível altimétrico entre estas, sendo neste trabalho de 5 m. Logo, as classes estabelecidas foram:

< 5 m; 5 ┤ 10 m; 10 ┤ 15 m; 15 ┤ 20 m; 20 ┤ 25 m; 25 ┤ 30 m ≥ 30.

2.3.3 Dados geológicos e pedológicos

Para o levantamento dos dados geológicos, foram consultados 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 devido a 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, houve semelhança das formações geológicas mapeadas. Feita a etapa de aquisição de fontes de informações geológicas, foi realizada a etapa de pesquisa de campo para a aferição das diferentes litologias aflorantes.

Nesta etapa de identificação foram observadas diferentes fácies da Formação Corumbataí (avermelhada e acinzentada), as quais não foram diferenciadas nos mapeamentos citados. Tal reconhecimento fora concomitante a aquisição de dados para a organização da Carta de Materiais Inconsolidados (p. 39), momento em que se percorreu a bacia de estudo,

identificando a profundidade do material (mediante uso do trado holandês), diferentes colorações e textura, coletando amostras deformadas e indeformadas.

Promoveu-se na sequência a transferência dos dados encontrados para a Base Cartográfica, escala de 1:10.000, no *software* AutoCAD Map (2004), com base no documento elaborado pelo IPT (1980) e nos registros de campo (para o limite das diferentes fácies da Formação Corumbataí), com auxílio do detalhe das curvas de nível e das fotografias aéreas.

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 de Sparovek e Lepsch (1998), intitulado *Diagnóstico de Uso e Aptidão das Terras Agrícolas de Piracicaba*. Este trabalho apresentou de forma descritiva, com base no IAC (1989), os tipos de solos em cada sub-bacia do Município. Transferiram-se os dados encontrados para a Base Cartográfica no *software* AutoCAD Map (2004), com base no material do IAC (1989), compondo uma Figura ilustrativa. Por fim, as informações coletadas foram atualizadas com a classificação proposta pela EMBRAPA (1999).

Destaca-se que este mapeamento fora realizado a título de verificação dos principais tipos de solos, procurando contribuir com a caracterização da área de estudo. Para a definição da fragilidade do meio físico, a variável “solo” foi adquirida por meio da carta de Materiais Inconsolidados, em escala de detalhe, a qual apresenta descrição de seus procedimentos de organização na sequência do texto.

2.3.4 Carta de materiais inconsolidados

A Carta de Materiais Inconsolidados foi organizada utilizando alguns princípios da cartografia geotécnica de Zuquette *et al.* (1994) e Pejon e Zuquette (1997), ambos apresentados no trabalho de Zuquette e Gandolfi (2004). Os materiais inconsolidados são entendidos como materiais geológicos, residuais e retrabalhados, que ocorrem desde o topo da rocha sã até a superfície (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004). Quanto à relevância de seu estudo, argumentam os autores que:

A importância dos materiais inconsolidados reside no uso do solo e as alterações que este uso propicia. A variedade dos tipos de materiais inconsolidados e sua distribuição espacial influenciam a eficiência dos usos e ocupações, e a intensidade dos impactos ambientais resultantes (ZUQUETTE e GANDOLFI, p. 102 e 104, 2004).

O documento cartográfico de Materiais Inconsolidados de Zuquette *et al.* (1994) levou em consideração sobretudo os aspectos texturais e genéticos, litológicos e de espessura para definição das unidades de materiais inconsolidados. Já o trabalho de Pejon e Zuquette (1997), por se tratar de uma carta de Potencial ao Escoamento Superficial, atribuiu como variáveis de análise a declividade, a litologia, a textura e gênese dos materiais inconsolidados, a espessura dos materiais inconsolidados, a permeabilidade, a frequência de drenagem e feições favoráveis ao armazenamento superficial.

Assim, a carta de Materiais Inconsolidados da bacia do Córrego das Ondas foi elaborada por meio de adaptações dos trabalhos anteriores citados, considerando os seguintes aspectos:

- a carta elaborada servirá como um dos documentos-chave para organização da carta síntese de Fragilidade do Meio Físico;
- além disso, o documento deverá considerar as características da área estudada, as quais se relacionam com uma área de expansão urbana;
- por fim, o documento organizado deve estar associado à proposta do trabalho, que consiste na construção de uma proposta metodológica que possibilite a identificação de níveis de restrição do relevo ao uso urbano.

Refletindo esses interesses da pesquisa, foram definidas as seguintes variáveis para composição e definição das classes de materiais inconsolidados da bacia do Córrego das Ondas:

- litologia: o levantamento dos diferentes tipos e das principais características do material rochoso contribui para a leitura da origem e das características dos materiais inconsolidados. Além disso, determinadas obras na construção do espaço urbano exigem fundações que atingem a rocha sã;
- espessura dos materiais inconsolidados: averiguar a profundidade dos materiais inconsolidados possibilita o diagnóstico do grau de evolução intempérica e pedogenética do perfil. Também contribui como dado importante para a construção do espaço urbano, sobretudo com obras que exigem fundações;
- cor e textura dos materiais inconsolidados: permite a verificação da variação das características dos materiais inconsolidados ao longo do perfil. Assim, por meio da observação em campo no processo de retirada do material com o trado, dando atenção às

mudanças de coloração e textura, é possível coletar diferentes amostras (superfície e subsuperfície) que são encaminhadas ao laboratório para procedimentos de análise granulométrica e classe de textura. A identificação das diferentes características dos materiais inconsolidados ao longo do perfil auxilia o apontamento das áreas com materiais mais frágeis e mais resistentes aos processos erosivos, contribuindo para o planejamento da urbanização;

- permeabilidade de superfície: dado importante para a identificação dos materiais inconsolidados permeáveis e pouco permeáveis, qualidade as quais interferem diretamente na infiltração e no escoamento das águas pluviais. Apontar as áreas de maior e menor permeabilidade também contribui na avaliação dos materiais mais resistentes e mais suscetíveis aos processos erosivos.

Por meio de atividades vinculadas ao gabinete, trabalho de campo e laboratório, podem ser descritas 12 etapas para conclusão do mapeamento executado:

Etapas 1: Impressão da Base Cartográfica e fotos aéreas para uso nos trabalhos de campo para orientação, localização e descrição dos pontos de observação e coleta de materiais.

Etapas 2: Reconhecimento prévio da área de estudo. Verificação em campo das vias e trilhas de acesso para definição dos pontos de coleta de amostras deformadas e indeformadas.

Etapas 3: Definição dos pontos de coleta de amostras. Os pontos foram definidos a partir das áreas interfluviais, entre as principais drenagens afluentes do curso principal da bacia estudada. Procurou-se adquirir amostras representativas que contemplassem áreas de topo, média vertente e baixa vertente.

Etapas 4: Organização da ficha de campo (Figura 4), para registros dos materiais coletados e dados de localização e observação em campo.



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



Data: ____/____/____	FICHA DE CAMPO	Nº ____
Localização		
Perfil ____ nº ____	Setor: _____	
Coordenadas: _____		
Toponímia: _____ Uso da terra: _____		
Coleta de amostras		
Deformada superfície: _____		
Indeformada: _____		
Deformada subsuperfície: _____		
Material inconsolidado		
Cor (Carta Munsell):		
Amostra 1: _____		
Amostra 2: _____		
Amostra 3: _____		
Espessura: _____		
Croqui:		
Observações:		

Figura 4: Ficha de campo.

Organização: Silveira (2012).

Etapa 5: Organização dos materiais de campo, dentre os quais podem ser citados:

- Carta Munsell (2009), para identificação em campo da coloração das amostras coletadas;
- Martelo geológico, pá de jardim, metro de madeira, marreta e espátula para coleta e tratamento em campo dos materiais inconsolidados;
- Sacolas plásticas para amostras deformadas, papel filme PVC para amostras indeformadas, estaca de madeira para limpeza de trado e etiquetas para registro e controle da numeração das amostras;
- Trado holandês para coleta de amostras e para mensuração da profundidade do perfil de materiais inconsolidados;
- Enxada, pá corte reta e cavadeira para suporte na retirada e remoção de materiais inconsolidados;
- Copos de metal para retirada de amostras indeformadas de superfície e estrutura de metal para penetração dos copos na superfície dos materiais inconsolidados.

Etapa 6: Trabalho de campo. Foram adotados os seguintes procedimentos em campo:

- Uso do trado holandês para coleta das amostras deformadas (depositadas em sacolas plásticas etiquetadas) e retirada de material inconsolidado até atingir a rocha sã para posterior medição da espessura do perfil (Foto 1). Foram coletadas 60 amostras de superfície e subsuperfície em 36 pontos distribuídos pela bacia de estudo. As amostras de subsuperfície foram coletadas imediatamente após ter sido constatada uma mudança de coloração e textura no material retirado com o trado. Para verificação destas mudanças, além da observação em campo, se fez uso da carta Munsell (2009);



Foto 1: Procedimentos de campo: uso do trado holandês.

Autor: Silveira (2013).

- Uso da carta Munsell (2009) para verificação das cores dos diferentes materiais coletados;
- Uso do metro de madeira para medir a espessura do perfil de materiais inconsolidados;
- Uso dos copos para coleta de amostras indeformadas de superfície (Fotos 2 e 3). Posteriormente, a incisão completa do copo na superfície do material inconsolidado (Foto 4), retira-se o mesmo com uso do martelo geológico, espátula e pá de jardim, para que a amostra seja ao máximo preservada (Foto 5). Na sequência, com papel filme PVC, o corpo de amostra é envolvido. Foram coletadas 21 amostras;
- Preenchimento da ficha de campo com os dados coletados e observações adicionais.



Foto 2: Procedimentos de campo: início do processo de retirada de amostra indeformada.
Autor: Silveira (2013).



Foto 3: Procedimentos de campo: estrutura que permite a incisão do copo de amostra indeformada.
Autor: Silveira (2013).



Foto 4: Procedimentos de campo: copo de amostra todo penetrado no material inconsolidado.
Autor: Silveira (2013).



Foto 5: Procedimentos de campo: retirada cuidadosa com martelo geológico do corpo de prova.
Autor: Silveira (2013).

Etapa 7: Tratamento dos dados e materiais coletados em campo. Foram adotados os seguintes procedimentos:

- Amostras deformadas de superfície e subsuperfície: foram encaminhadas ao Laboratório de Física de Solos do Departamento de Ciências do Solo da ESALQ USP, para procedimentos experimentais de análise granulométrica e classe de textura, a partir da análise SF1 (areia total, silte e argila com dispersante). Os resultados obtidos podem ser encontrados nos Quadros do Anexo 1 (p. 172 a 175);
- Amostras indeformadas de superfície: foram encaminhadas para o Laboratório para Análise de Formações Superficiais (LAFS) do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Deplan – IGCE – UNESP *Campus de Rio Claro*, para procedimentos experimentais de cálculo de coeficientes de permeabilidade (cm/s, fator K), por meio do Permeâmetro de Carga Variável, fazendo uso do método B da NBR 14545. Os resultados podem ser encontrados nos Quadros do Anexo 2 (p. 176 a 183);

Etapa 8: Tratamento das amostras indeformadas: procedimentos experimentais (ensaios de permeabilidade).

- O primeiro procedimento para execução dos experimentos foi a organização de uma ficha de laboratório para controle do ensaio experimental. Nesta, foram registrados os volumes da carga hidráulica (cm) verificadas na bureta em diferentes instantes (s), bem como informações de ocorrências ao longo do experimento;
- Tratamento inicial do corpo de prova (amostra indeformada): neste momento, as amostras foram submetidas à inserção de parafina em suas bordas, com o intuito de evitar o escoamento preferencial (Foto 6). Na sequência, as amostras foram colocadas em baldes para saturação do corpo de prova (Foto 7). Todas as amostras foram submetidas a este procedimento no período de 24h;



Foto 6: Procedimentos de laboratório: parafina e amostras indeformadas.

Autor: Silveira (2013).



Foto 7: Procedimentos de laboratório: saturação dos corpos de prova.

Autor: Silveira (2013).

- Organização do Permeâmetro: preparo do cilindro do permeâmetro para experimentação. Tomou-se a seguinte sequência de procedimentos:

Procedimento 1: o cilindro recebe a pastilha permeável de fundo;

Procedimento 2: sobre a pastilha, coloca-se o bidim (manta de drenagem em formato circular) para evitar o entupimento da saída do permeâmetro;

Procedimento 3: sobre o bidim, coloca-se 2 cm de areia grossa;

Procedimento 4: insere-se uma borracha circular para separar a areia grossa da argila bentônica (argila plástica bentonita);

Procedimento 5: insere-se o corpo de prova saturado no cilindro do permeâmetro (Foto 8);

Procedimento 6: coloca-se a bentonita entre as bordas do cilindro e o corpo de prova para propiciar que água inserida no cilindro no momento do experimento seja orientada somente para o corpo de prova (Foto 9);

Procedimento 7: nova borracha circular inserida no contato corpo de prova/bentonita;

Procedimento 8: finaliza-se o preenchimento do cilindro com areia grossa;

Procedimento 9: fecha-se o cilindro com sua parte (tampa) superior;

- Preparo para início do Experimento: o cilindro já preenchido é conectado a uma mangueira, a qual está interligada a uma bureta graduada. Na saída do cilindro, é necessário o uso de um balde para descarga da água infiltrada no corpo de prova (Foto 10);

- O Experimento: com a ficha de experimento, cronômetro e balde com água destilada para reposição na bureta graduada preparados, o experimento é iniciado.

Para cada corpo de prova, se promove o ensaio registrando a cada 60 s o valor da carga hidráulica encontrado na bureta graduada (cm) (Foto 11). O tempo de experimento segue até que se obtenham pelo menos quatro determinações da variação da carga hidráulica, relativamente próximas, as quais não apresentem tendências evidentes tanto de crescimento quanto de diminuição (método B NBR 14545). Sempre que necessário, a bureta graduada deve ser novamente preenchida com água destilada. Foram realizados 21 ensaios para 21 corpos de prova, os quais variaram em tempo de experimento entre 15 min a 1 h e 15 min (Foto 12).



Foto 8: Preparo do cilindro do permeâmetro para experimentação: Procedimento 5.
Autor: Silveira (2013).



Foto 9: Preparo do cilindro do permeâmetro para experimentação: Procedimento 6.
Autor: Silveira (2013).



Foto 10: Preparo para início do experimento.

Autor: Silveira (2013).



Foto 11: O experimento: Verificação da carga hidráulica (cm) a cada 60 s.

Autor: Silveira (2013).

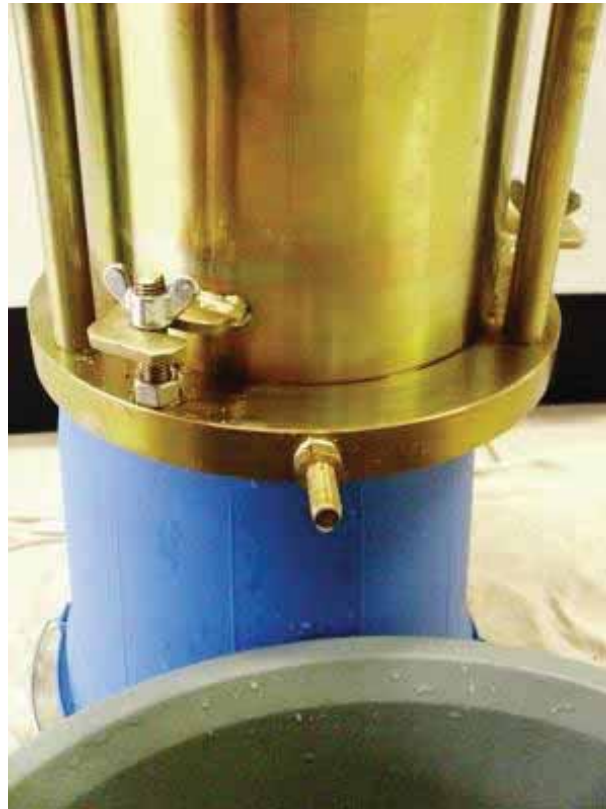


Foto 12: O experimento: Ensaio em desenvolvimento com saída de água do permeâmetro.

Autor: Silveira (2013).

- Cálculo do fator K (coeficiente de permeabilidade): com a aquisição de pelo menos quatro determinações da variação da carga hidráulica relativamente próximas, tais valores são lançados na seguinte equação:

$$K = \frac{aH}{A \Delta t} \ln (h_1/h_2)$$

Onde:

a = área interna da bureta de vidro

H = altura inicial do corpo-de-prova

A = área inicial do corpo-de-prova

Δt = dado pela diferença entre os instantes t2 e t1

h1 = carga hidráulica no instante t1 (cm)

h2 = carga hidráulica no instante t2 (cm)

K = coeficiente de permeabilidade (cm/s)

Para os ensaios desta pesquisa, foram considerados os seguintes valores:

a = área interna da bureta de vidro = $6,6 \text{ cm}^2$

H = altura inicial do corpo-de-prova = 13 cm

A = área inicial do corpo-de-prova = $75,4 \text{ cm}^2$

Δt = dado pela diferença entre os instantes t_2 e t_1 = 60 s

h_1 = carga hidráulica no instante t_1 (cm): registros da ficha de laboratório

h_2 = carga hidráulica no instante t_2 (cm): registros da ficha de laboratório

Os fatores K (coeficientes de permeabilidade) das 21 amostras podem ser encontrados nos Quadros do Anexo 2 (p. 176 a 183).

Etapa 9: Gabinete: organização dos dados coletados em campo e laboratório em tabelas para elaboração do documento cartográfico. Tanto os dados experimentais com amostras deformadas e indeformadas, quanto os dados adquiridos por meio da observação em campo foram organizados em quadros (Anexos 1 e 2);

Etapa 10: Gabinete: os dados de litologia, cor, relação textural, espessura dos materiais inconsolidados e a permeabilidade de superfície foram projetados na Base Cartográfica.

Etapa 11: Gabinete: para definição das classes de materiais inconsolidados foram adotados os seguintes procedimentos:

Procedimento 1: setorização das diferentes litologias com auxílio dos dados geológicos, das observações do trabalho de campo e dos dados de coloração dos materiais inconsolidados;

Procedimento 2: com base nos valores adquiridos pela análise granulométrica e dos dados de profundidade, procedeu-se o cálculo da relação textural por meio de procedimento da EMBRAPA (1999). Tais dados adquiridos, junto às observações determinadas em campo, possibilitaram a distinção e a setorização dos materiais inconsolidados homogêneos e heterogêneos;

Procedimento 3: verificação dos valores das espessuras dos materiais inconsolidados para setorização dos materiais profundos ou pouco profundos;

Procedimento 4: verificação dos coeficientes de permeabilidade para distinção de áreas com permeabilidade muito baixa (10^{-5} cm/s), baixa (10^{-4} cm/s), média (10^{-3} cm/s), alta (10^{-2} cm/s);

Procedimento 5: com base nas cartas Geomorfológicas (1962, 1978 e 2005), foram delimitadas as áreas de materiais inconsolidados resultantes da dinâmica fluvial.

Dessa forma, com o auxílio das curvas de nível, foi possível a identificação e a espacialização das seguintes classes de materiais inconsolidados da bacia do Córrego das Ondas (Quadro 3):

Cores na carta	CLASSES DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS
Verde	Material inconsolidado homogêneo derivado da Formação Serra Geral, com espessura de 10 a 70 cm, textura média argilosa a argilosa, coloração predominantemente vermelho-escuro-acinzentado e permeabilidade baixa a média ($3,2 \times 10^{-4}$ a $1,6 \times 10^{-3}$ cm/s)
Amarelo	Material inconsolidado homogêneo espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 70 a 300 cm, textura média argilosa a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade média ($1,4 \times 10^{-3}$ a $5,0 \times 10^{-3}$ cm/s)
Laranja-claro	Material inconsolidado heterogêneo espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 90 a 170 cm, textura média arenosa a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade baixa a média ($5,2 \times 10^{-4}$ a $1,4 \times 10^{-3}$ cm/s)
Laranja-escuro	Material inconsolidado homogêneo espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 95 a 236 cm, textura média arenosa a argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade baixa ($1,4 \times 10^{-4}$ a $7,0 \times 10^{-4}$ cm/s)
Vermelho	Material inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 10 a 30 cm, textura argilosa a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade muito baixa a média ($3,7 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ cm/s)
Marrom	Material inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 05 a 30 cm, textura média arenosa a argilosa, coloração predominantemente cinzento-avermelhado e permeabilidade média a alta ($4,2 \times 10^{-3}$ a $1,1 \times 10^{-2}$ cm/s)
Cinza	Material inconsolidado derivado da dinâmica fluvial

Quadro 3: Classes de Materiais Inconsolidados da bacia do Córrego das Ondas – Piracicaba (SP).

Organização: Silveira (2012).

Etapa 12: Edição final do documento cartográfico: posteriormente, a espacialização de forma analógica das classes de materiais inconsolidados sobre a Base Cartográfica, a mesma foi escaneada e transferida para o *software* AutoCAD Map (2004), onde se processou a edição final do mapeamento e a organização da legenda.

2.3.5 Carta de fragilidade do meio físico

A carta de Fragilidade do Meio Físico foi organizada com base em adaptações à proposta de definição hierárquica das unidades de fragilidade natural e de fragilidade ambiental dos trabalhos de Ross (1990, 1994 e 2001).

Tal proposta fundamenta-se no conceito de unidades ecodinâmicas de Tricart (1977) e propõe a definição de 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.

Assim, mantendo a proposta de definição hierárquica das unidades de fragilidade do trabalho de Ross (1990, 1994 e 2001), são propostas adaptações relacionadas principalmente com o detalhamento e incremento de variáveis definidoras da fragilidade potencial (natural), considerando que o trabalho apresenta escala de detalhe (escala grande, 1:10.000) e é voltado a áreas urbanas. Além disso, a tradicional metodologia de Ross (1990, 1994 e 2001) tem sido aplicada com maior frequência em trabalhos com escalas pequenas e médias, em áreas de grande extensão territorial. Propõe-se, portanto, as seguintes adaptações:

- que a variável dados pedológicos seja fornecida por meio de mapeamento das formações superficiais (materiais inconsolidados), com técnicas de trabalho de campo e de laboratório, para que os dados sejam detalhados. Justifica-se esta proposição devido ao fato de os mapeamentos de solos de suporte às pesquisas serem organizados em escalas pequenas e médias;
- que os dados morfométricos sejam fornecidos por documentos intermediários específicos de morfometria, que possibilitam maior detalhamento desta variável. Justifica-se esta adaptação porque tais dados, na metodologia de Ross (1990, 1994 e 2001), são associados diretamente à carta Geomorfológica, que diante das escalas pequenas e médias, são adquiridos por técnicas que propiciam uma visão mais generalizada da área de estudo.
- que o nome do documento cartográfico seja alterado para carta de Fragilidade do Meio Físico. Esta última adaptação justifica-se pelo fato de a proposta de Ross (1990, 1994 e 2001) considerar que instabilidade potencial, ou fragilidade potencial, foi poupada da intervenção

humana, encontrando-se em estágio natural. A realidade da área estudada, verificada a partir dos trabalhos de campo, indica que a área vem sofrendo intensas intervenções humanas e que, por mais que se deseje investigar a fragilidade do meio natural, neste ambiente, tais objetivos tornam-se limitados. Sendo assim, propõe-se que a fragilidade do meio físico, que também pretende demonstrar a fragilidade vinculada principalmente aos aspectos naturais, venha a considerar o processo de antropização do geossistema levantada por Bertrand e Bertrand (2009) nos pressupostos teórico-metodológicos (p. 26).

Dessa maneira, o trabalho propõe que a carta de Fragilidade do Meio Físico seja organizada a partir da síntese dos dados encontrados na carta de Materiais Inconsolidados (organizada com base em parâmetros da cartografia geotécnica, p. 39), dados geológicos (organizado com base em referenciais cartográficos e no trabalho de campo, p. 38) e na carta de Energia do Relevo (organizada com base em parâmetros da cartografia geomorfológica de detalhe – morfometria, p. 33).

Para organização deste documento cartográfico, foram realizadas as seguintes etapas:

Etapa 1: organização de quadros classificatórios das variáveis a serem consideradas no produto cartográfico de síntese, variando cada parâmetro por meio de números crescentes, ou seja, do mais fraco ao mais forte, que representam diferentes graus de fragilidade, estabelecendo uma hierarquia, conforme referencial teórico (p. 28). Foram elaborados os seguintes Quadros 4, 5 e 6.

Etapa 2: no *software* AutoCAD Map (2004), em um único arquivo, foram sobrepostas as informações referentes às classes de energia do relevo (carta de Energia do Relevo), os limites das classes de materiais inconsolidados (carta de Materiais Inconsolidados) e os limites das formações geológicas (dados Geológicos). Essa composição de informações em um mesmo arquivo foi denominada “Base Fragilidade_Meio_Físico”.

Variável Materiais Inconsolidados:

CLASSES DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS	Grau de fragilidade dos materiais consolidados
Material inconsolidado homogêneo derivado da Formação Serra Geral, com espessura de 10 a 70 cm, textura média argilosa a argilosa, coloração predominantemente vermelho-escuro-acinzentado e permeabilidade baixa a média ($3,2 \times 10^{-4}$ a $1,6 \times 10^{-3}$ cm/s)	1
Material inconsolidado homogêneo espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 70 a 300 cm, textura média argilosa a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade média ($1,4 \times 10^{-3}$ a $5,0 \times 10^{-3}$ cm/s)	2
Material inconsolidado heterogêneo espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 90 a 170 cm, textura média arenosa a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade baixa a média ($5,2 \times 10^{-4}$ a $1,4 \times 10^{-3}$ cm/s)	3
Material inconsolidado homogêneo espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 95 a 236 cm, textura média arenosa a argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade baixa ($1,4 \times 10^{-4}$ a $7,0 \times 10^{-4}$ cm/s)	4
Material inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 10 a 30 cm, textura argilosa a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade muito baixa a média ($3,7 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ cm/s)	5
Material inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 05 a 30 cm, textura média arenosa a argilosa, coloração predominantemente cinzento-avermelhado e permeabilidade média a alta ($4,2 \times 10^{-3}$ a $1,1 \times 10^{-2}$ cm/s)	6
Material inconsolidado derivado da dinâmica fluvial	7

Quadro 4: Classificação da fragilidade dos materiais inconsolidados da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP). Organização: Silveira (2013).

Variável Relevo (morfometria):

CLASSES DE ENERGIA DO RELEVO	Grau de fragilidade do relevo (morfometria)
Muito fraca	1
Fraca	2
Média	3
Medianamente Forte	4
Forte	5
Muito Forte	6

Quadro 5: Classificação da fragilidade do relevo segundo índices morfométricos da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP). Organização: Silveira (2013).

Variável Geologia:

FORMAÇÕES GEOLÓGICAS	Grau de fragilidade do material rochoso
Formação Serra Geral	1
Formação Corumbataí (facie avermelhada)	2
Formação Corumbataí (facie acinzentada)	3
Depósitos Aluviais	4

Quadro 6: Classificação da fragilidade das formações geológicas da bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).

Organização: Silveira (2013).

Etapa 3: 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 nos quadros elaborados na “Etapa 1” referentes a cada variável identificada (p. 57 e 58) seguindo a ordem “materiais inconsolidados/relevo/geologia”.

Assim, como exemplo, um determinado polígono que contivesse a sequência numérica 5.6.2 corresponderia (Figura 5), respectivamente, à seguinte característica: material inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da Formação Corumbataí, com espessura de 10 a 30 cm, textura argilosa a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-acinzentado e permeabilidade muito baixa a média ($3,7 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ cm/s); fragilidade de relevo muito forte (parâmetros morfométricos), com geologia da Formação Corumbataí (facie avermelhada).

Etapa 4: organização das combinações das variáveis registradas na “Base Fragilidade_Meio_Físico”. Diante dos três dígitos levados em consideração (materiais inconsolidados/energia do relevo/geologia), registraram-se 40 diferentes combinações. Estas foram agrupadas no Quadro 7, conforme suas características e somatórias resultantes dos três dígitos, variando de 4 a 17, para posterior classificação das classes de unidades de fragilidade do meio físico.

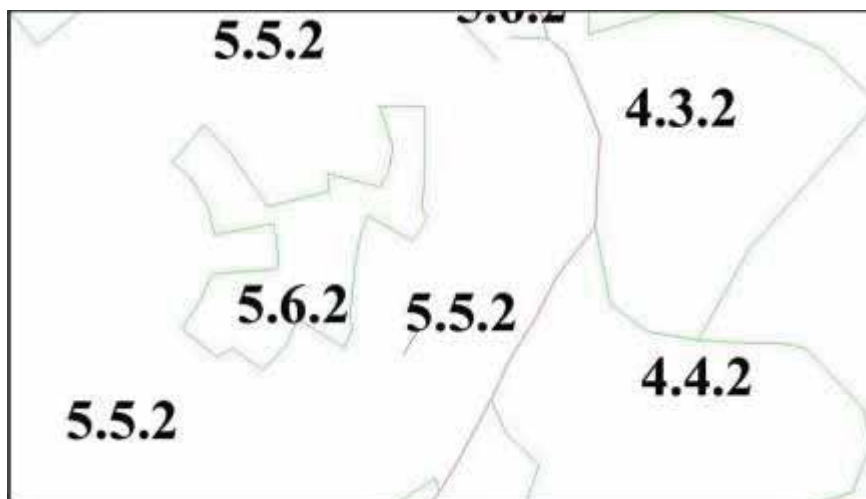


Figura 5: “Base Fragilidade_Meio_Físico” com limites e números dos polígonos de informação materiais inconsolidados/relevo/geologia.
Organização: Silveira (2013).

Etapa 5: classificação das unidades de fragilidade do meio físico, com base na especificidade do agrupamento das características das variáveis selecionadas e dos níveis de fragilidade registrados nos Quadros 4, 5 e 6. A partir do Quadro 7, de forma qualitativa, baseando-se na reflexão sobre o significado do conjunto de informações para cada polígono, foram definidos os valores limites das somatórias dos dígitos das variáveis para determinação das classes de fragilidade do meio físico, sendo estas: “fraca” (soma variando entre 4 e 6); “média” (soma variando de 7 a 9); “forte” (soma variando de 10 a 12) e “muito forte” (soma variando de 13 a 17). O Quadro 7 representa as diferentes composições das variáveis definidoras da fragilidade do meio físico:

MATERIAL INCONSOLIDADO (ver Quadro 4)					ENERGIA DO RELEVO (ver Quadro 5)	GEOLOGIA (ver Quadro 6)	FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO		
Material homogêneo/heterogêneo /dinâmica fluvial	Espessura	Textura	Coloração	Permeabilidade	Classes de energia do relevo	Formação rochosa	Composição numérica	Número de identificação na carta	Classes de fragilidade do meio físico
homogêneo	10 a 70 cm	média argilosa a argilosa	vermelho- escuro- acinzentado	$(3,2 \times 10^{-4} \text{ a } 1,6 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ baixa a média	fraca a medianamente forte	Serra Geral	1.2.1/1.3.1/ 1.4.1	I	FRACA (amarelo)
homogêneo	70 a 300 cm	média argilosa a muito argilosa	vermelho- acinzentado	$(1,4 \times 10^{-3} \text{ a } 5,0 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ média	muito fraca e fraca	Corumbataí (facie avermelhada)	2.1.2/ 2.2.2	II	
homogêneo	10 a 70 cm	média argilosa a argilosa	vermelho- escuro- acinzentado	$(3,2 \times 10^{-4} \text{ a } 1,6 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ baixa a média	forte e muito forte	Serra Geral	1.5.1/1.6.1	III	MÉDIA (laranja)
homogêneo	70 a 300 cm	média argilosa a muito argilosa	vermelho- acinzentado	$(1,4 \times 10^{-3} \text{ a } 5,0 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ média	média a forte	Corumbataí (facie avermelhada)	2.3.2/ 2.4.2/ 2.5.2	IV	
heterogêneo	90 a 170 cm	média arenosa a muito argilosa	vermelho- acinzentado	$(5,2 \times 10^{-4} \text{ a } 1,4 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ baixa a média	fraca a medianamente forte	Corumbataí (facie avermelhada)	3.2.2/ 3.3.2/ 3.4.2	V	
homogêneo	95 a 236 cm	média arenosa a argilosa	vermelho- acinzentado	$(1,4 \times 10^{-4} \text{ a } 7,0 \times 10^{-4} \text{ cm/s})$ baixa	fraca a média	Corumbataí (facie avermelhada)	4.2.2/ 4.3.2	VI	
homogêneo	10 a 30 cm	argilosa argilosa a muito argilosa	vermelho- acinzentado	$(3,7 \times 10^{-5} \text{ a } 1,0 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ muito baixa a média	muito fraca e fraca	Corumbataí (facie avermelhada)	5.1.2/ 5.2.2	VII	

homogêneo	70 a 300 cm	média argilosa a muito argilosa	vermelho-acinzentado	$(1,4 \times 10^{-3} \text{ a } 5,0 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ média	muito forte	Corumbataí (facie avermelhada)	2.6.2	VIII	FORTE (vermelho)
heterogêneo	90 a 170 cm	média arenosa a muito argilosa	vermelho-acinzentado	$(5,2 \times 10^{-4} \text{ a } 1,4 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ baixa a média	forte a muito forte	Corumbataí (facie avermelhada)	3.5.2/ 3.6.2	IX	
homogêneo	95 a 236 cm	média arenosa a argilosa	vermelho-acinzentado	$(1,4 \times 10^{-4} \text{ a } 7,0 \times 10^{-4} \text{ cm/s})$ baixa	forte a muito forte	Corumbataí (facie avermelhada)	4.4.2/ 4.5.2/ 4.6.2	X	
homogêneo	10 a 30 cm	argilosa argilosa a muito argilosa	vermelho-acinzentado	$(3,7 \times 10^{-5} \text{ a } 1,0 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ muito baixa a média	média a forte	Corumbataí (facie avermelhada)	5.3.2/ 5.4.2/5.5.2	XI	
homogêneo	05 a 30 cm	média arenosa a argilosa	cinzento-avermelhado	$(4,2 \times 10^{-3} \text{ a } 1,1 \times 10^{-2} \text{ cm/s})$ média a alta	muito fraca a média	Corumbataí (facie acinzentada)	6.1.3/6.2.3/ 6.3.3	XII	
dinâmica fluvial	-	-	-	-	muito fraca	depósitos aluviais	7.1.4	XIII	MUITO FORTE (marrom)
homogêneo	10 a 30 cm	argilosa a muito argilosa	vermelho-acinzentado	$(3,7 \times 10^{-5} \text{ a } 1,0 \times 10^{-3} \text{ cm/s})$ muito baixa a média	muito forte	Corumbataí (facie avermelhada)	5.6.2	XIV	
homogêneo	05 a 30 cm	média arenosa a argilosa	cinzento-avermelhado	$(4,2 \times 10^{-3} \text{ a } 1,1 \times 10^{-2} \text{ cm/s})$ média a alta	mediamente forte a muito forte	Corumbataí (facie acinzentada)	6.4.3/ 6.5.3/ 6.6.3	XV	
dinâmica fluvial	-	-	-	-	fraca a muito forte	depósitos aluviais	7.2.4/ 7.3.4/ 7.4.4/ 7.5.4/ 7.6.4	XVI	

Quadro 7: Diferentes combinações das variáveis definidoras das classes de fragilidade do meio físico. Organização: Silveira (2013).

Etapa 6: agrupamento na “Base Fragilidade_Meio_Físico” das classes de fragilidade do meio físico, compondo suas unidades. Por meio de *layers* específicos, criados para cada classe de fragilidade, os polígonos delimitados na “Etapa 3” foram preenchidos com cores com a ferramenta *hatch*.

Etapa 7: edição final do mapa e construção da legenda.

2.3.6 Cartas de cobertura vegetal e uso da terra

As cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra foram elaboradas por meio da interpretação de fotografias aéreas dos anos de 1962, 1978 e 2005, respectivamente, nas escalas aproximadas 1:25.000, 1:35.000 e 1:25.000. Essas foram cedidas pelo Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (Deplan/IGCE/UNESP) (1962 e 1978) e pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP) (2005).

Para cada cenário, foi constituído um mosaico de fotografias aéreas inseridas no *software* AutoCAD 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.

Devido à qualidade do material digital (fotografias aéreas) e às 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 à fotointerpretação tradicional, com estereoscópios de bolso, a fim de sanar dúvidas.

Dessa forma, foram identificadas e mapeadas as seguintes classes de uso da terra e cobertura vegetal nos cenários de 1962, 1978 e 2005:

- *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 às 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 à 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*.

Organizada a carta do cenário 2005, partiu-se ao campo para aferir as informações mapeadas. Dessa forma, o cenário 2005 foi atualizado com as informações adquiridas em trabalhos de campo realizados nos anos de 2011 e 2012.

2.3.7 Cartas geomorfológicas

As cartas Geomorfológicas da bacia do Córrego das Ondas foram elaboradas segundo os procedimentos técnicos sugeridos por Tricart (1965), que adota como fonte de dados pares

estereoscópicos de fotografias aéreas. Além das fotografias aéreas anteriormente mencionadas, referentes aos cenários de 1962, 1978 e 2005, também se fez uso da Base Cartográfica, na escala 1:10.000. Dessa maneira, foram fotointerpretadas, mediante a utilização dos estereoscópios de bolso, fotografias aéreas nas escalas aproximadas de 1:25.000 (1962 e 2005) e 1:35.000 (1978).

Tricart (1965) destaca que as Cartas Geomorfológicas de detalhe devem contemplar quatro tipos de informação, sendo estas referentes à Morfometria, Morfografia, Morfogênese e Cronologia. Para este trabalho, foram cartografados os dados referentes à morfografia e à morfogênese, sendo que os condicionantes morfométricos foram representados nas Cartas Morfométricas. Já a cronologia avaliou-se somente em termos relativos, considerando a dificuldade de obtenção destes dados.

A definição da simbologia também foi apoiada em Tricart (1965). A mesma apresenta uma ampla concepção de símbolos, tanto para as feições naturais quanto para as antrópicas. No entanto, esta não contempla símbolos para as formas de vertentes, tendo sido necessário adaptar simbologias para a identificação das vertentes, dada a importância dessas na interpretação do quadro geomorfológico mapeado. Para estas feições, adotaram-se as simbologias de Verstappen e Zuidam (1975).

Foram identificadas mediante fotointerpretação: vertentes côncavas, vertentes convexas, vertentes retilíneas e vertentes irregulares, sulcos erosivos, ravinamentos, voçorocamentos, colos, linha de cumeada arredondada, linha de cumeada aguda, caimento topográfico, vales em “V”, vales em fundo plano, rupturas topográficas, áreas de planícies e terraços 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.

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. Em seguida, criaram-se as simbologias propostas por Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975), 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 de 2005, partiu-se ao campo para aferir as informações mapeadas. Este cenário foi atualizado com as informações adquiridas em trabalhos de campo dos anos 2011 e 2012.

2.3.8 Cartas de derivações ambientais e transgressões legais

As cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais da bacia do Córrego das Ondas foram organizadas com adaptações a proposta de Moroz, Canil e Ross (1994). Foi necessária a utilização dos seguintes documentos cartográficos intermediários: carta de Declividade ou Clinográfica, cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra (cenários 1978 e 2005), cartas Geomorfológicas (cenários 1978 e 2005).

Somam-se a estes documentos, legislações ambientais específicas de interesse à pesquisa, no caso, leis de interesse a urbanização. Consideraram-se as leis vigentes e associadas aos cenários das cartas de uso e ocupação elaboradas.

Com o intuito de comparar um cenário representando o “antigo” Código Florestal e Resoluções CONAMA, com um cenário representando o “novo” Código Florestal, foram selecionadas as seguintes leis para os cenários de 1978 e 2005 (este, com atualização em trabalhos de campo de uso e ocupação e geomorfológico realizados nos anos de 2011 e 2012).

Para o cenário 1978:

- 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;

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).

Para o cenário de 2005:

- Lei Federal 12.651/2012 - Código Florestal (BRASIL, 2012), que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; que revoga a Lei 4.771/1965. Foram considerados os seguintes artigos:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).

- O mesmo artigo 4º da Lei 12.651/12 traz o seguinte critério para os reservatórios artificiais rurais e urbanos:

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento (BRASIL, 2012).

- 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 considerados 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 à legislação ambiental, para o cenário de 2005, foram acrescentados 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 infraestrutura e a preservação do meio ambiente (PIRACICABA, 2006).

Seguiram-se os seguintes procedimentos técnicos propostos por Moroz, Canil e Ross (1994), com algumas adaptações de Silveira (2009), utilizando o *software* AutoCAD Map (2004):

Etapla 1: Para cada cenário (1978 e 2005), armazena-se em um mesmo arquivo nomeado por “Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais_cenárioX”, as cartas de Declividade ou Clinográfica, cobertura Vegetal e Uso da Terra e Geomorfológica.

Etapla 2: Cria-se a 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 10 metros de largura. Para criação dessa zona *buffer*, utilizou-se o comando *Map/Topology/Create*.

Para o cenário de 1978, na definição dos limites das faixas marginais (zonas *buffer*) foram consideradas, além das drenagens, as áreas de APTF, pois a legislação vigente indica que as faixas marginais devem ser medidas a partir do nível mais alto do rio, em projeção horizontal, com largura de 30 metros para os cursos d’água com menos de 10 metros de largura (CONAMA, 303/ 2002). Já para o cenário de 2005, as áreas de APTF não foram consideradas como limites em virtude da lei 12.651/12, que indica que as áreas de preservação permanente devem ser respeitadas desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de trinta 30 metros, para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura (BRASIL, 2012). Neste

cenário, as faixas marginais (zonas *buffer*) foram organizadas somente a partir das drenagens. No entanto, em ambos os mapas, as áreas de APTF foram inseridas a título de comparação.

Na sequência, 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. Este procedimento foi adotado somente para o cenário 1978.

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.

Etapa 3: Acionar os *layers* de interesse da carta de Declividade ou Clinográfica: ativar as classes de declividade que consideram valores iguais e superiores a 30% (30 a 45% , classe marro; e > 45%, classe preta), restritas ao processo de ocupação urbana, conforme Lei Lehmann (BRASIL, 1979).

Etapa 4: Ativar o *layer* vegetação da carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra, que deve ser sobreposto às áreas delimitadas como de Preservação Permanente. O *layer* deve ser transferido para a cor branca, sobrepondo as Áreas de Preservação Permanente, passando a representar as áreas não transgredidas. Já as áreas não recobertas pela vegetação, nas faixas de Área de Preservação Permanente, passam a representar as áreas transgredidas.

Etapa 5: Ativar os *layers* de interesse dos produtos cartográficos intermediários (carta Geomorfológica e carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra), representando as derivações ambientais, convenções cartográficas e edição de legenda. Foram acionados os *layers*: sulcos erosivos, ravinamentos, voçorocamentos, canalização fluvial, retirada de material, mineração, solo exposto, rodovias, ruas e avenidas e estradas de terra.

2.3.9 Carta de níveis de restrição do relevo ao uso urbano

A carta de Níveis de Restrições do Relevo ao Uso Urbano também se apoia nos fundamentos da proposta de definição hierárquica das unidades de fragilidade dos trabalhos de Ross (1990, 1994 e 2001). A partir desta proposta, algumas adaptações foram realizadas diante do objetivo maior da pesquisa (produzir um documento cartográfico para área de expansão urbana):

- A carta de Fragilidade Potencial, proposta por Ross (1990, 1994 e 2001), foi substituída pela carta de Fragilidade Meio Físico, como já justificado anteriormente, cujas variáveis se associam aos materiais inconsolidados, energia do relevo e geologia;
- Se fez uso de três cenários de uso e ocupação da terra (1962, 1978 e 2005);
- Se fez uso de três cenários de cartas Geomorfológicas (1962, 1978 e 2005);
- Se fez uso de leis restritivas ao uso urbano com base na carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (cenário 2005);
- Diante do objetivo do trabalho, a carta recebeu o nome de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano, pois buscou reunir variáveis que indicassem a fragilidade do relevo frente ao processo de urbanização, associadas às variáveis legais;
- Organizou-se a hierarquia dos níveis de restrição do relevo com base nas seguintes classes: Fraco, Moderado, Severo, Muito Severo e Legal.

Dessa forma, o trabalho propõe que a carta de Restrições do Relevo ao Uso Urbano seja organizada a partir da síntese dos dados encontrados na carta de Fragilidade do Meio Físico (p. 55), cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra (cenários 1962, 1978 e 2005, p. 62), cartas Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 e 2005, p. 63) e carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (cenário 2005, p. 65).

Para organização deste documento cartográfico, podem ser citadas as seguintes etapas:

Etapas 1: no *software* AutoCAD Map (2004), em um único arquivo nomeado por “Base Restrições_Relevo”, foram exportados os seguintes *layers* dos documentos cartográficos elencados:

- carta de Fragilidade do Meio Físico: limite das classes de fragilidade do meio físico com números romanos indicativos;

- cartas geomorfológicas: sulcos, ravinamentos, voçorocamentos, retiradas ou depósitos de materiais, mineração e desvio de drenagem;
- cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra: ruas, avenidas, estradas de terra, cana-de-açúcar, pastagem e silvicultura. Foram selecionados estes *layers* devido ao domínio de uso em extensão territorial nos três cenários mapeados;
- carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais: faixas marginais de 30 metros ao longo dos cursos, faixas de 50 metros nas cabeceiras de drenagens e setores com declividades iguais ou superiores a 30%.

Etapa 2: avaliação da dinâmica de uso e ocupação e principais impactos resultantes dessa dinâmica. Pôde-se verificar a existência dos seguintes fatos, os quais foram delimitados na “Base Restrições_Relevo”:

- áreas de acumulação fluvial que ultrapassam as áreas marginais de restrição legal;
- áreas com presença atual de retiradas ou depósitos de materiais;
- áreas com voçorocamentos pretéritos;
- áreas com sulcos e ravinamentos pretéritos e atuais;
- área com desvio de drenagem original;
- áreas com presença de mineração pretérita e atual;
- uso pretérito de pastagem (1962) (1978 e 2005, urbano);
- uso pretérito de cana-de-açúcar (1962) (1978 e 2005, urbano);
- uso pretérito sequencial de cana-de-açúcar (1962) e pastagem (1978) (2005, urbano);
- uso pretérito de cana-de-açúcar (1962 e 1978) (2005, urbano);
- uso sequencial de cana-de-açúcar (1962) e pastagem (1978 e 2005);
- uso sequencial de cana-de-açúcar (1962 e 1978) e pastagem (2005);
- uso sequencial de cana-de-açúcar (1962), pastagem (1978) e cana-de-açúcar (2005);
- uso sequencial de silvicultura (1962, 1978 e 2005);
- uso sequencial de cana-de-açúcar (1962, 1978 e 2005).

Etapa 3: avaliação da dinâmica de uso e ocupação e principais impactos resultantes associados à fragilidade do meio físico.

Na “Base Restrições_Relevo”, o *layer* dos limites registrados na “Etapa 2” foram projetados sobre o *layer* dos limites das classes de fragilidade do meio físico. Nesta etapa, passou-se a identificar as diferentes dinâmicas de uso e impactos resultantes nas diferentes classes de fragilidade do meio físico. Essa associação permitiu a constituição de novas delimitações

(polígonos) que receberam letras para serem identificadas. A Figura 6 demonstra este procedimento. Por exemplo, a sequência de letras “MSv”, “Mccc” e “Sccc” indicam, respectivamente: Fragilidade do meio físico Média a Muito Forte com presença de voçorocamentos pretéritos; Fragilidade do meio físico Média com uso permanente de cana-de-açúcar (1962, 1978 e 2005); e Fragilidade do meio físico Forte e Muito Forte com uso permanente de cana-de-açúcar (1962, 1978 e 2005).

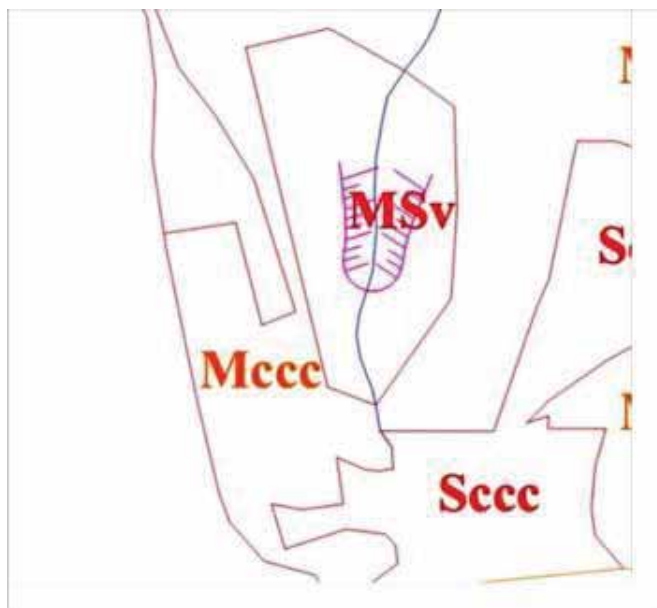


Figura 6: “Base Restrições_Relevo” com limites e letras dos polígonos representativos da relação fragilidade do meio físico e dinâmica de uso e impactos resultantes.
Organização: Silveira (2013).

Etapas 4: com base nos polígonos identificados na “Etapa 3”, as características de suas variáveis foram elencados no quadro 8, em um primeiro momento, de forma aleatória. A tabela serviu como referência para avaliação qualitativa e hierárquica dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Foram definidas as classes de níveis de restrição (*fraco, moderado, severo e muito severo*), por meio da relação entre a fragilidade do meio físico e a dinâmica de uso e ocupação. Ainda foram associados os parâmetros legais. Com base nas características encontradas para a área de estudo, se estabeleceu procedimentos de prioridades restritivas (de fatores determinantes), seguindo a ordem relacionada a seguir (do mais restritivo para o menos restritivo):

- 1º: o parâmetro legal;
- 2º: a fragilidade do meio físico;
- 3º: as áreas de acumulação fluvial;
- 4º: a presença atual de depósitos ou retiradas de materiais;
- 5º: a presença de voçorocamentos pretéritos;

- 6º: presença de sulcos e ravinamentos pretéritos e/ou atuais;
- 7º: presença de canalização e desvio de drenagem;
- 8º: presença de mineração pretérita e/ou atual;
- 9º: o uso contínuo de cana-de-açúcar;
- 10º: o uso de cana-de-açúcar sequenciado da urbanização;
- 11º: o uso de pastagem sequenciado da urbanização;
- 12º: o uso sequenciado de cana-de-açúcar/pastagem/cana-de-açúcar;
- 13º: o uso sequenciado de cana-de-açúcar/pastagem;
- 14º: o uso sequencial de silvicultura.

Assim, mediante classificação qualitativa, foi estabelecida uma hierarquia dentro dos níveis restritivos ao uso urbano, por meio do uso de números romanos, como demonstra o Quadro 8.

Etapa 5: agrupamento na “Base Restrições_Relevo” dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Por meio de *layers* específicos criados para cada nível de restrição, os polígonos delimitados na “Etapa 3” e hierarquizados na “Etapa 4” foram preenchidos com cores com a ferramenta *hatch*.

Etapa 6: edição final do mapa e construção da legenda.

PARÂMETROS: FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO E USO E OCUPAÇÃO DA TERRA					NÍVEIS DE RESTRIÇÃO DO RELEVO AO USO URBANO	
FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO		DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA			Classificação (hierarquia)	Níveis Restritivos
Classes de Fragilidade do Meio Físico		Cenário de uso e ocupação da terra 1962	Cenário de uso e ocupação da terra 1978	Cenário de uso e ocupação da terra 2005 (com atualização 2011/2012)		
fraca		silvicultura	silvicultura	silvicultura	I	FRACO (verde)
fraca		cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	pastagem	II	
fraca		cana-de-açúcar	pastagem	cana-de-açúcar	III	
fraca		cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	IV	
fraca e média		cana-de-açúcar	-	-	V	MODERADO (amarelo)
média		cana-de-açúcar	pastagem	pastagem	VI	
média		cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	pastagem	VII	
média		cana-de-açúcar	pastagem	cana-de-açúcar	VIII	
média		cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	-	IX	
média		cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	X	
média e forte		cana-de-açúcar	pastagem	-	XI	
forte		Silvicultura	silvicultura	silvicultura	XII	
forte		Pastagem	-	-	XIII	SEVERO (laranja)
fraca e média		presença de sulcos e ravinamentos	pretéritos e/ou atuais		XIV	
forte e muito forte		cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	pastagem	XV	
forte e muito forte		cana-de-açúcar	pastagem	cana-de-açúcar	XVI	
forte e muito forte		cana-de-açúcar	-	-	XVII	
forte e muito forte		cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	-	XVIII	

PARÂMETROS: FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO E USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	forte e muito forte	cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	cana-de-açúcar	XIX	MUITO SEVERO (vermelho)
	muito forte	cana-de-açúcar	pastagem	pastagem	XX	
	muito forte	cana-de-açúcar	pastagem	-	XXI	
	fraca a muito forte	presença de mineração pretérita e/ou atual			XXII	
	média e forte	presença de canalização e desvio de drenagem			XXIII	
	forte e muito Forte	presença de sulcos e ravinamentos pretéritos e/ou atuais			XXIV	
	média a muito forte	presença de voçorocamentos pretéritos			XXV	
	média a muito forte	presença atual de depósitos ou retiradas de materiais			XXVI	
	forte e muito forte	áreas de acumulação fluvial			XXVII	
	PARÂMETROS: LEGAIS	Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, nas faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (Lei Federal 12.652 / 2012)				
Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, nas áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (Lei Federal 12.652 / 2012)						
Restrição à urbanização em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento) (Lei Federal 6.766/79 e Lei Complementar Municipal nº 207/07, art 3º).						

Quadro 8: Níveis de Restrição ao Uso Urbano da bacia do Córrego das Ondas – Piracicaba (SP).
 Organização: Silveira (2013).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

No fundo do rio Piracicaba, bem ali no lugar que se lança, formando um véu de espumas sob as águas que cobrem a rocha bruta, há uma masmorra escura e triste; uma prisão, onde está enterrada a mais bela jovem do mundo, pela qual o Rio se apaixonou....” (A Lenda do Rio).

A bacia hidrográfica do Córrego das Ondas, área selecionada para a pesquisa, é contribuinte da margem direita do rio Piracicaba, desembocando suas águas a aproximados 5 km a jusante do salto do rio Piracicaba, nível de base local constituído por afloramento de diabásio. Esta área de corredeira deu origem ao nome da cidade interiorana paulista “Piracicaba”, associada ao lugar “que não deixa o peixe passar”. As margens e colinas envoltas a este ponto marcante do fundo de vale deram lugar a um povoado nas primeiras décadas do século XVIII, onde posseiros, sesmeiros e aventureiros fixaram-se nos “sertões às margens do Piracicaba” (CARRADORE e BUZETTO, 2009, p. 35).

Também conhecida como “Noiva da Colina”, localizada na porção central do estado, Piracicaba está distante a aproximados 170 km da capital paulista e pertence à Região Administrativa de Campinas. Tornou-se recentemente sede da Aglomeração Urbana de Piracicaba (AUP), a qual é composta por 22 municípios, criada pela lei estadual complementar nº 1.178 de 26 de junho de 2012 (SÃO PAULO, 2012).

Seu processo acelerado de urbanização, a partir das margens do rio Piracicaba, teve destaque na segunda metade do século XX, atingindo as áreas de bacias contribuintes ao Piracicaba, entre as quais a bacia do Córrego das Ondas. Atualmente, esta bacia afluenta apresenta características urbanas e rurais constituindo-se como área pertencente ao vetor de expansão urbana noroeste, conforme aponta os Planos Diretores Municipais (PIRACICABA, 1991 e PÓLIS, 2003). Assim, a bacia do Córrego das Ondas se insere no contexto do processo de evolução urbana de Piracicaba.

Oficialmente, a povoação foi fundada na margem direita do rio em 1º de agosto de 1767, por Antonio Correa Barbosa, povoador designado pelo Capitão-Geral de São Paulo, atendendo às instruções Régias da Corte Portuguesa, tendo como padroeira Nossa Senhora dos Prazeres (CARRADORE e BUZETTO, 2009). Quanto à chegada do “Povoador” e a gênese do povoado, aponta Emerique e Bernardinetti (2010, p. 3):

Mas quando o “Povoador” chegou às terras próximas ao salto do Piracicaba, encontrou pequenos agricultores posseiros instalados ali há quase 50 anos. Dessa forma, a origem de Piracicaba está ligada ao rio e, com mais importância, à terra, e não como um local de “pouso” ou de passagem. Por esse motivo, quando Iguatemi cai em poder dos espanhóis (1777), apesar do abalo econômico sofrido pelo povoado, não ocorre o abandono da região pelos posseiros, dedicados à atividade agrícola. (SAMPAIO, 1976).

Em 1821, passa de freguesia a Vila, com o nome de Vila Nova Constituição em referência à recém-promulgada constituição portuguesa (CARRADORE e BUZETTO, 2008). Em 1856, eleva-se à categoria de cidade e, em 1877, a partir da indicação do ex-presidente da república Prudente de Moraes, na ocasião vereador em Constituição, restituiu oficialmente seu antigo nome, popularmente conhecida como “Piracicaba” (PIRES, 2008). Em pesquisa sobre a urbanização de Piracicaba no século XIX, Pires (2008, p. 6) argumenta que:

Nesta segunda metade do século XIX, houve um crescimento no processo de urbanização da cidade e um modesto crescimento no seu comércio, embora a base da economia piracicabana permanecesse na produção agrícola. Apesar disso, em seu estudo sobre a situação de Piracicaba no século XIX, a historiadora Torres afirma: “Não foi rápida a urbanização de Constituição, que manteve, por muito tempo, aspecto rural, com suas chácaras e quarteirões sem casas, muitas vezes, até sem cercas, casa ao nível da calçada, sem jardim”.

Para Emerique e Bernardinetti (2010), com o cultivo da cana-de-açúcar, criaram-se condições para a instalação de engenhos de açúcar e de aguardente, primeiras atividades industriais de Piracicaba e que seriam fundamentais em todo o processo de industrialização do município. Destaca-se o Engenho Central de Piracicaba, inaugurado em 1883 às margens do rio, além da Usina Monte Alegre, em 1889. (EMERIQUE e BERNARDINETTI, 2010).

Carradore e Buzetto (2009) ressaltam o pioneirismo de Luiz de Queiroz, que criou no ano de 1883 a fábrica de tecidos Santa Francisca. Além disso, em sua fazenda “São João da Montanha”, propiciou condições para a criação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, atual ESALQ-USP. Pires (2008) apresenta alguns fatores que demonstram o desenvolvimento econômico da cidade ao término do século XIX, citando também o papel da fábrica de tecidos Luiz de Queiroz, a iluminação pública, as máquinas a vapor e a chegada da Estrada de Ferro Ituana. Além disso, aponta a simpatia dos piracicabanos aos ideais republicanos. Destaca a autora (2008, p.7-8) que:

Os republicanos tiveram influência na implementação de obras públicas de modo que a cidade de Piracicaba adquirisse uma infraestrutura necessária ao desenvolvimento urbano. Assim, a execução dos serviços públicos passou a ser alvo dos empreendimentos privados. A Câmara Municipal, sem recursos, passou a ser integrada pelos republicanos e as concessões à iniciativa privada. Muitas obras foram viabilizadas pelo capital privado: o fornecimento de água e a iluminação pública foram as primeiras. Desta forma, com o surgimento de avanços tecnológicos, crescimento do comércio e uma maior concentração de pessoas na zona urbana, a cidade de Piracicaba vai perdendo pouco a pouco o seu aspecto rural.

Com o desenvolvimento do comércio, surgem as indústrias e dos engenhos a vapor surgem as usinas (grifo nosso).

Emerique e Bernardinetti (2010) relacionam o início do desenvolvimento industrial de Piracicaba vinculado ao setor metal-mecânico no início do século XX, em especial as décadas de 1920 e 1930, com a chegada do imigrante europeu, dotado de conhecimento técnico e de iniciativa empresarial. Registra a instalação de uma oficina de consertos e reparos de peças para usinas e engenhos de açúcar em 1920, pelo imigrante italiano Mario Dedini. Este empreendimento deu origem a um complexo mecânico-metalúrgico voltado para o equipamento e manutenção das novas usinas (EMERIQUE e BERNARDINETTI, 2010). Acrescentam os autores que:

O ritmo de aparecimento de novas indústrias em Piracicaba se acelerou na década de 1940, se intensificou nos anos 1950, e atingiu seu máximo nas décadas de 1960 e 1970. Esse crescimento dos novos estabelecimentos industriais na cidade atingiu diversos ramos, se mostrando mais intenso na metalurgia, seguido pela indústria mecânica e química (EMERIQUE e BERNARDINETTI, 2010, p. 8).

Assim, o desenvolvimento econômico da agricultura canavieira e do setor industrial, principalmente vinculado ao setor sucroalcooleiro, ao setor metal-mecânico e mais recentemente, ao setor automotivo, está associado ao aumento da população do município, sobretudo à população urbana. O Gráfico 1 demonstra a evolução da população piracicabana entre os períodos de 1872 a 2010.

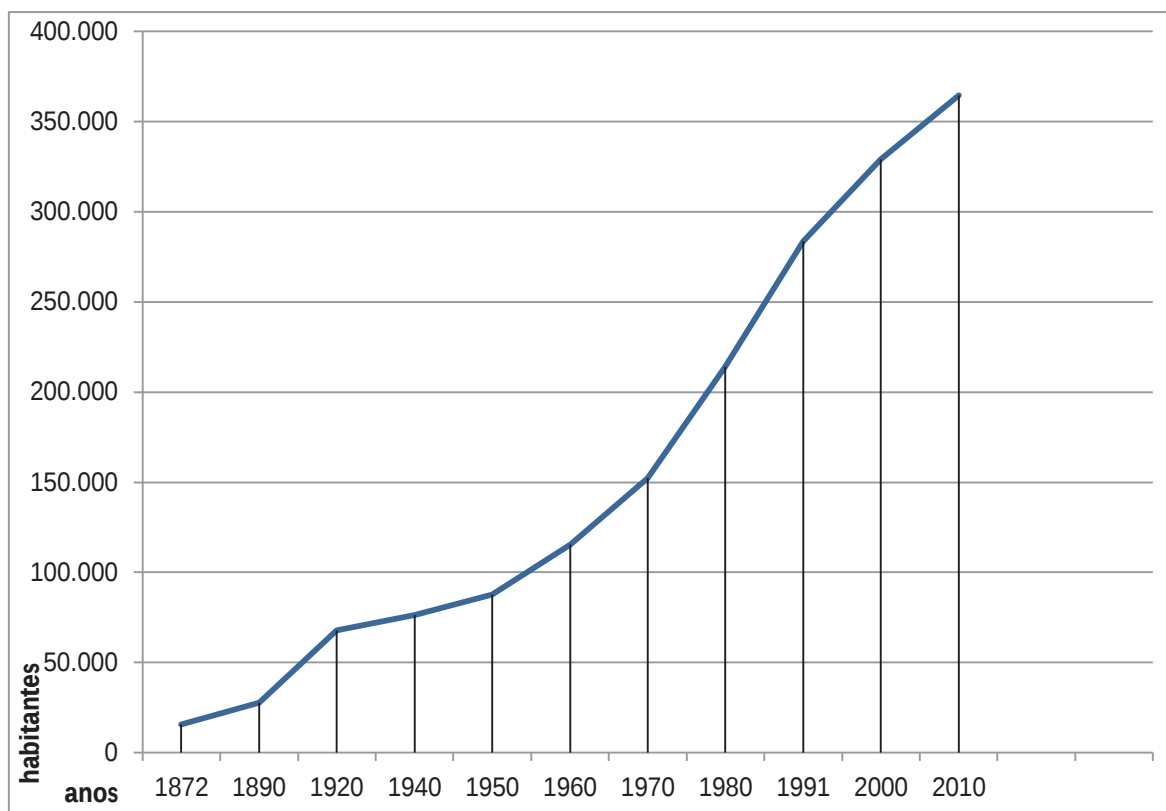


Gráfico 1: População de Piracicaba (SP), 1972 a 2010.

Fonte: IBGE e IPPLAP.

Organização: Silveira (2012).

Observa-se que, em 50 anos, entre o período de 1960 a 2010, a população municipal cresceu aproximadamente três vezes, partindo de 115.403 habitantes para 364.571. Na sequência, o Gráfico 2 apresenta dados da evolução da população rural, urbana e total de Piracicaba entre 1950 e 2010. Pode ser notado o decréscimo pronunciado da população rural e o avanço da população urbana, além do aumento da população total.

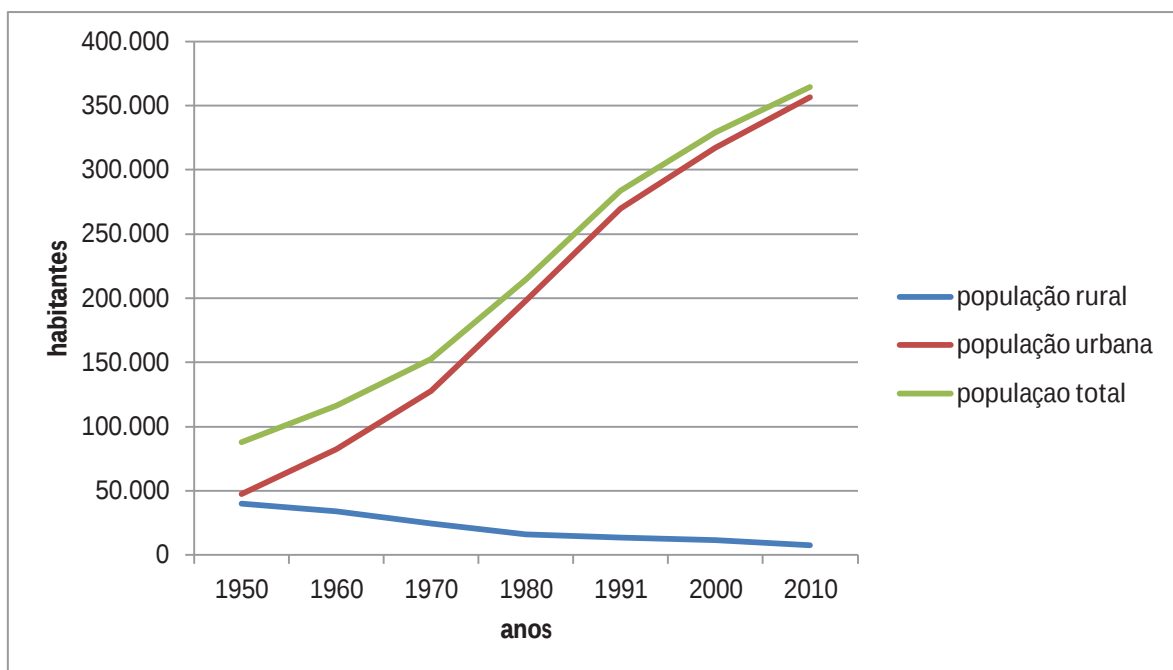


Gráfico 2: População rural, urbana e total de Piracicaba (SP), 1950 a 2010.

Fonte: IBGE e IPPLAP.

Organização: Silveira (2012).

Estes dados evidenciam o processo de êxodo rural e o processo imigratório. Associado à colocação de Emerique e Bernardinetti (2010), que destacam o avanço industrial da cidade a partir da década de 1960, pode-se atribuir a segunda metade do século XX, o período histórico em que a cidade de Piracicaba passou a ter um processo de urbanização acelerada. A Figura 7 ilustra o avanço da malha urbana de Piracicaba entre os períodos de 1960 a 2010, com destaque ao setor noroeste e sudeste.

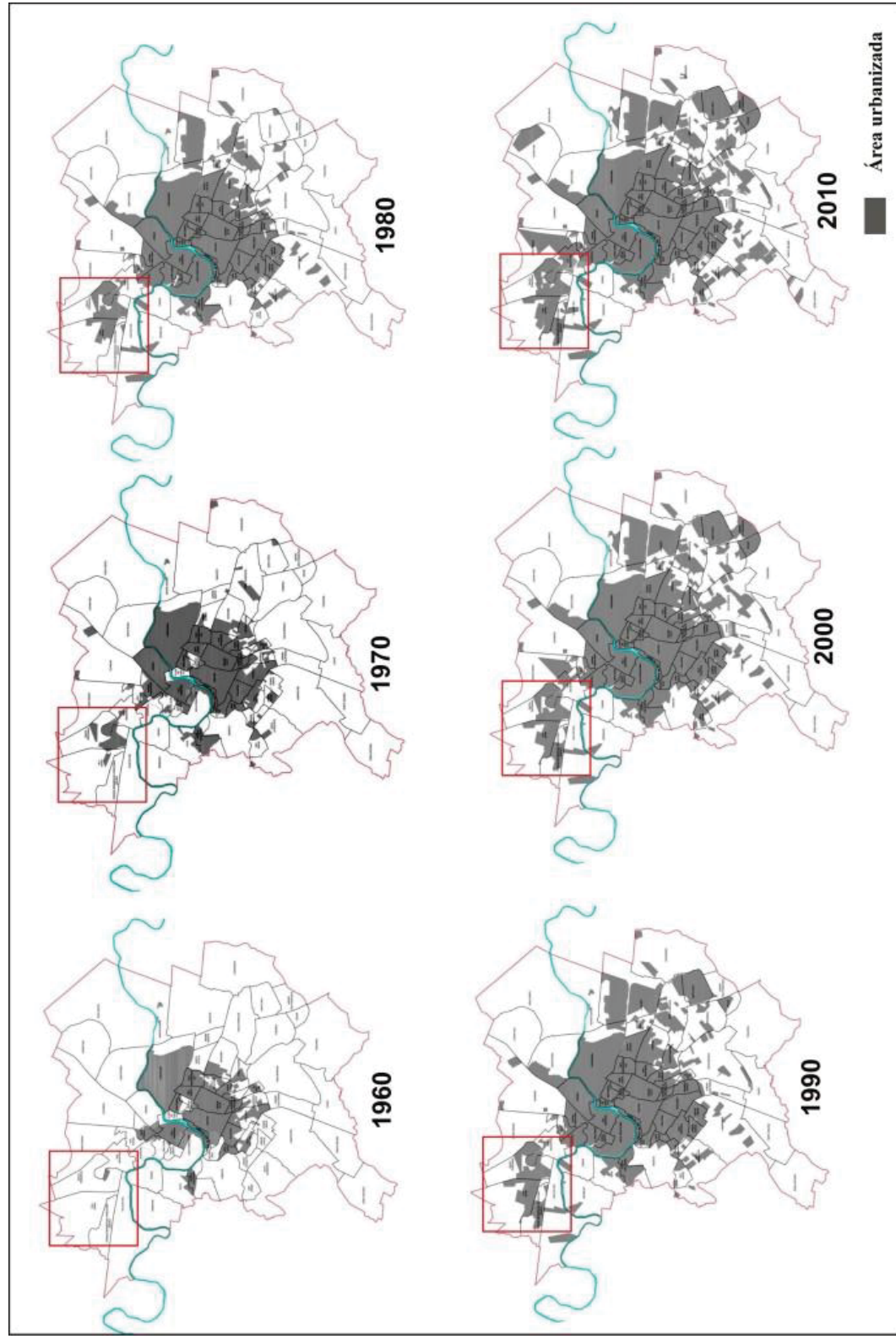


Figura 7: Evolução do sítio urbano de Piracicaba (SP): em vermelho, destaque para o setor noroeste (área de estudo). Fonte: IPPLAP.

Organização: Silveira (2012).

Conforme mencionado, o Plano Diretor de 1991 apontou, a partir de 1960, a expansão fragmentada da cidade (PIRACICABA, 1991). No Plano Diretor de 1991 e em seu Diagnóstico de Revisão de 2003, foram detectados os setores noroeste e sudeste como vetores de expansão (PIRACICABA, 1991 e PÓLIS, 2003).

O crescimento da cidade no sentido noroeste está associado ao desenvolvimento do distrito de Santa Terezinha, criado pela Lei Municipal 8092/64 (PIRACICABA, 1964), que tem sua gênese na chamada “Vila Corumbatay”. De acordo com Barbin (2003), a Vila Corumbatay desenvolve-se às margens dos trilhos da estrada de ferro Sorocabana, que vinha do centro de Piracicaba em direção a São Pedro, além da estrada do Boiadeiro, hoje Avenida Corcovado, que permitia o deslocamento das tropas ao Mato Grosso. Destaca o autor a contribuição do distrito de Santa Terezinha ao crescimento acelerado da cidade a partir de 1960:

Até 1960, obedecendo aos antigos limites (ao sul: estrada de ferro da Cia Paulista, ao leste: bairro cidade Alta, ao norte: ESALQ e à oeste Vila Rezende) a cidade de Piracicaba desenvolveu-se normalmente. A partir de 1960 houve um crescimento considerável no município principalmente no Distrito de Santa Terezinha. Nos períodos de 70 a 84 surgiram inúmeros loteamentos espalhados, assim como dezenas de núcleos habitacionais. Nessa época a vinda de grandes indústrias e a implantação do distrito industrial (UNILESTE) na região leste do município, foi a contribuição para a exploração imobiliária. Como a administração municipal não possuía instrumentos orientadores do desenvolvimento urbano, tal crescimento se deu de maneira aleatória, de acordo com interesses particulares (BARBIN, 2003, p. 61, grifo nosso).

Atualmente, o distrito de Santa Terezinha está inteiramente integrado à cidade de Piracicaba. Conforme destaca Barbin (2003), a distinção entre as duas comunidades é tênue, quase imperceptível. De acordo com o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), o distrito conta com 49.298 habitantes, distribuídos nos bairros Santa Terezinha, Vila Sônia e Parque Piracicaba.

Assim, a área selecionada para a pesquisa, a bacia do Córrego das Ondas, é palco do processo de expansão urbana noroeste do sítio de Piracicaba. O bairro Vila Sônia se entende por grande parte da bacia, assim como setores dos bairros Santa Terezinha e Parque Piracicaba, conforme pode ser visto na Figura 8. A Foto 13 ilustra o eixo de expansão da cidade na bacia do Córrego das Ondas, enquanto as Fotos 14, 15 e 16 demonstram exemplos do processo de expansão, evidenciando o contexto de elevada especulação imobiliária na área de estudo.

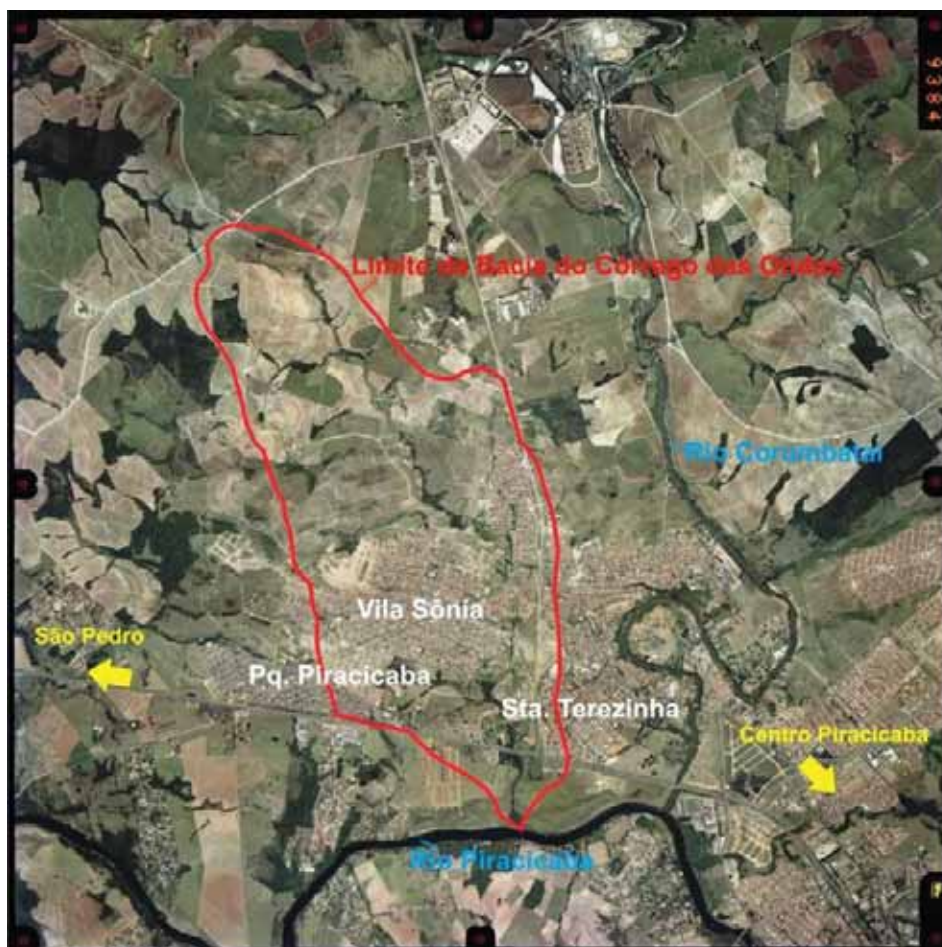


Figura 8: A Bacia do Córrego das Ondas. Fonte: BASE (2005).

Organização: Silveira (2012).



Foto 13: Vista da baixa e média bacia do Córrego das Ondas. Ao fundo, o centro de Piracicaba; à direita, o vetor de expansão noroeste; e, ao centro, o Córrego das Ondas, envolto pela monocultura canavieira. Autor: Silveira (2008).



Foto 14: Loteamento residencial (Parque das Águas) sendo construído na baixa bacia.
Autor: Silveira (2012).



Foto 15: Loteamento residencial (Jardim dos Manacás) em obras no Bairro Vila Sônia, média bacia.
Autor: Silveira (2012).



Foto 16: Terreno à venda no bairro Vila Sônia.

Autor: Silveira (2012).

Estabelecida entre as latitudes $22^{\circ}38'30''$ e $22^{\circ}41'30''$ S e as longitudes $47^{\circ}41'15''$ e $47^{\circ}43'30''$ W, a bacia do Córrego das Ondas é paralela ao rio Corumbataí e afluente da margem direita do rio Piracicaba. 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).

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 sequências sedimentares infra-basálticas, Paleozóicas e Mesozóicas, incluindo áreas descontínuas de corpos intrusivos, em forma de diques e *sills* de diabásio, predominando relevos de colinas amplas, colinas médias e, em menor quantidade, morrotes alongados e espigões (IPT, 1981a). 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 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 (1981a), 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 (1981a) 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, 1981a).

- *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, 1981a).

Segundo 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 de dimensão interfluvial 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, 1981b). Aflora na bacia do Córrego das Ondas, predominantemente, litologia sedimentar Paleozóica do Grupo Passa Dois e, com pequena expressão, litologia magmática Mesozóica do Grupo São Bento.

O Grupo Passa Dois se faz presente pela Formação Corumbataí, datada do Permiano Superior. Dominante na área de estudo, a Formação Corumbataí 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, de coloração vermelha e roxa (IPT, 1981b). 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).

Em estudo sobre as fácies da Formação Corumbataí com vista ao emprego na indústria cerâmica da região de Rio Claro (SP), Christofolletti, Moreno e Batezelli (2006), a partir das investigações em cavas de retirada de argila, observaram feições estruturais com lineamentos de drenagens associados às zonas de falhas, que individualizaram blocos altos e baixos.

Souza (2002), ao pesquisar os altos estruturais de Pitanga, Artemis, Pau d'Alho e Jibóia, posicionados na borda leste da bacia do Paraná e próximos a área de estudo, observou que o padrão estrutural principal da área é caracterizado por zonas de falhas de orientação preferencial NW-SE, que promoveram soerguimentos e abatimentos de blocos, dando origem a altos e baixos estruturais.

Já o Grupo São Bento, se faz presente na área de estudo a partir da Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas Associadas, datadas do Jurássico. Tal formação é constituída de 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 frequentes 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, 1981b).

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 ZAINE, 1996).

Ao investigarem a Formação Corumbataí na região de Limeira, Rio Claro e Piracicaba, Perinotto *et al.* (2008) dedicaram-se ao estudo dos diques clásticos. Neste trabalho, defenderam a hipótese da origem sísmica para estas intrusões, que vieram a se encaixar na deposição do terço superior da Formação Corumbataí (PERINOTTO *et al.*, 2008).

A partir de consultas dos trabalhos anteriormente citados, dos documentos cartográficos do IGG (1966), IPT (1981b), Sepe (1990), Souza (2002) e IPT (1980), associados às aferições em campo realizadas, foram identificadas e cartografadas as formações geológicas aflorantes na bacia do Córrego das Ondas (Figura 9).

Devido ao predomínio da Formação Corumbataí na área de estudo, pode-se identificar duas fácies de diferentes características das rochas aflorantes, que subsidiaram, principalmente, a interpretação e classificação dos materiais inconsolidados:

- dominando grande extensão da área de estudo, aflora a Formação Corumbataí com coloração avermelhada, com materiais inconsolidados derivados predominantemente espessos, com restritos setores de materiais pouco espessos (Foto 17).
- na porção leste da bacia, na média e baixa bacia, a Formação Corumbataí aflorante tem coloração acinzentada, com material inconsolidado pouco espesso (Foto 18);

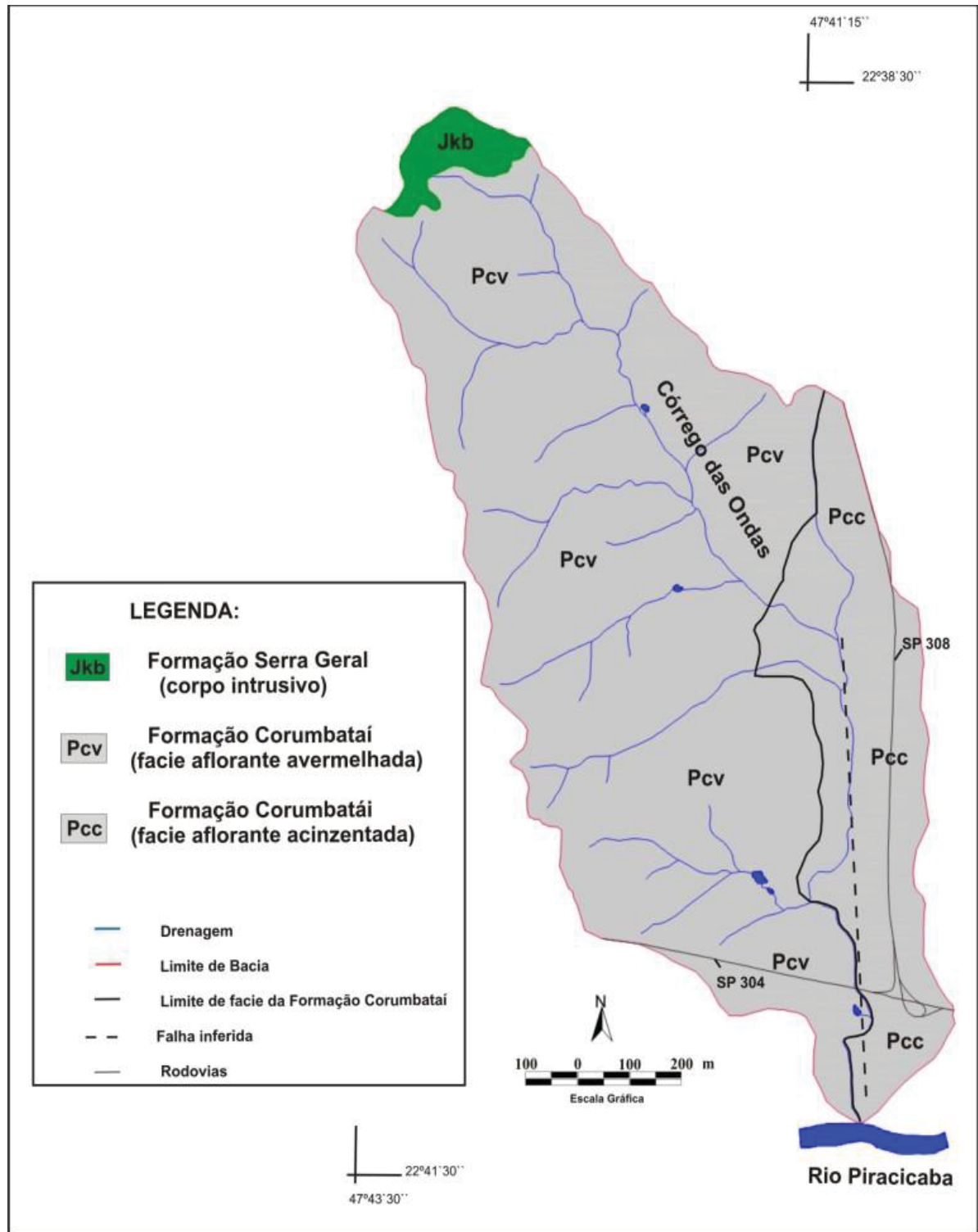


Figura 9: Formações Geológicas da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).

Fonte: do IGG (1966), IPT (1981b), Sepe (1990), Souza (2002) e IPT (1980).

Organização: Silveira (2012).



Foto 17: Formação Corumbataí de coloração avermelhada na média bacia oeste.
Autor: Silveira (2012).



Foto 18: Formação Corumbataí de coloração acinzentada na média bacia leste.
Autor: Silveira (2012).

Também foi possível observar que o limite entre estas fácies aflorantes acinzentada e avermelhada aproxima-se da drenagem principal do Córrego das Ondas, em sua baixa e média bacia. Nesta porção da bacia, evidencia-se um provável lineamento da drenagem por meio de estrutura falhada. Tal lineamento inferido provavelmente é o condicionante responsável pela estrutura dissimétrica da bacia do Córrego das Ondas, a qual apresenta um número significativo de drenagens afluentes concentradas na margem oeste do curso principal. Também pode ser evidência de deslocamento de bloco, promovendo o afloramento das diferentes fácies da Formação Corumbataí (avermelhada e acinzentada).

Evidências tectônicas como as registradas por Souza (2002), Christofolletti, Moreno e Batezelli (2006) e Perinotto *et al.* (2008) subsidiaram esta aferição. Registra-se que poucos quilômetros distanciam os altos estruturais de Pitanga e Artemis da área de estudo, respectivamente localizados a norte e oeste. Além disso, em menor expressão areal, registra-se a presença de um corpo intrusivo da Formação Serra Geral no extremo norte da bacia (Foto 19). Tal corpo intrusivo, penetrado nos sedimentos da Formação Corumbataí, vem sendo explorado para extração de diabásio.



Foto 19: Seixo de diabásio derivado do corpo intrusivo presente na alta bacia.

Autor: Silveira (2012).

Sobre as litologias mencionadas, estão sobrepostos solos representados na Figura 10, identificados a partir do mapeamento elaborado pelo IAC (1989) e nos trabalhos derivados deste, como o de Sparovek e Lepsch (1998) e Oliveira (1999). Tais informações pedológicas foram atualizadas seguindo a classificação da EMBRAPA (1999), estando contidas nas classes dos Argissolos e Neossolos.

Constituem-se os Argissolos 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 da Unidade Santa Cruz (PV-9) e a Terra Roxa Estruturada Podzólica (Unidade Santana - TEP) (IAC, 1989).

Os Argissolos 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 sequência de horizontes: A, E (pode faltar), Bt e C” (OLIVEIRA, 1999, p.63).

Os Argissolos 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).

Destacando-se pela presença significativa na área de estudo, os Argissolos Vermelho-Amarelo da Unidade Santa Cruz (PV-9), caracterizam-se por serem profundos a muito profundos, no entanto, com espessura do sólum raramente ultrapassando 150 cm (ao sólum, 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).

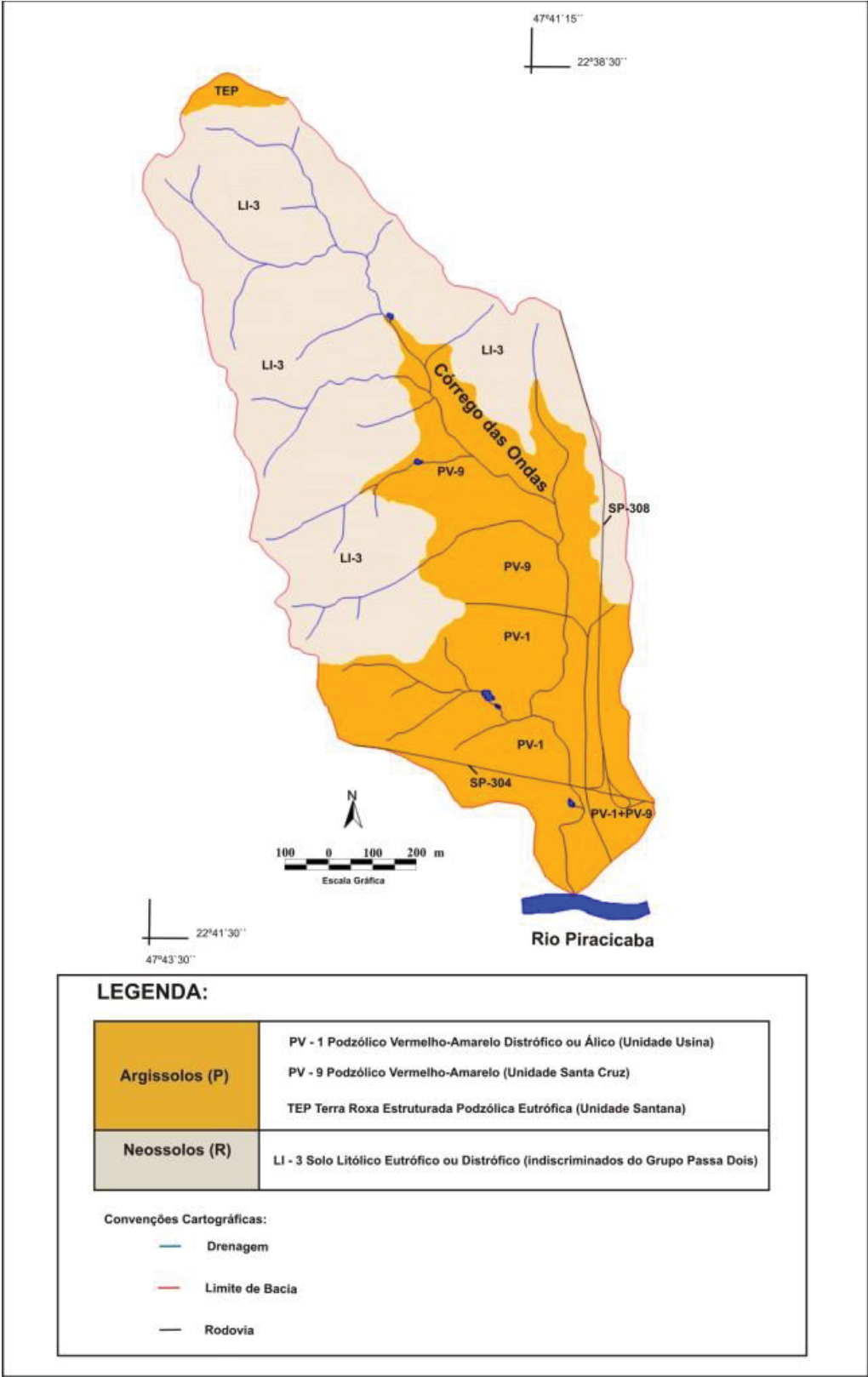


Figura 10: Solos da Bacia do Córrego das Ondas Piracicaba (SP).

Fonte: IAC (1989), Sparovek e Lepsch (1998) e Oliveira (1999).

Organização: Silveira (2012).

Dessa forma, a “relação textural acentuada e o relevo relativamente movimentado, no qual a 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).

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 das Ondas, atrelados à 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 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 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 sequência 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).

As condições pedológicas relatadas estão sujeitas a um clima tropical, com duas estações bem definidas, caracterizadas por uma quente e chuvosa, e outra com precipitações escassas e declínio das temperaturas (TAVARES, SOUZA e PITTON, 2007). De acordo com Silva e Pfeifer (1998), 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. 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 11), 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.

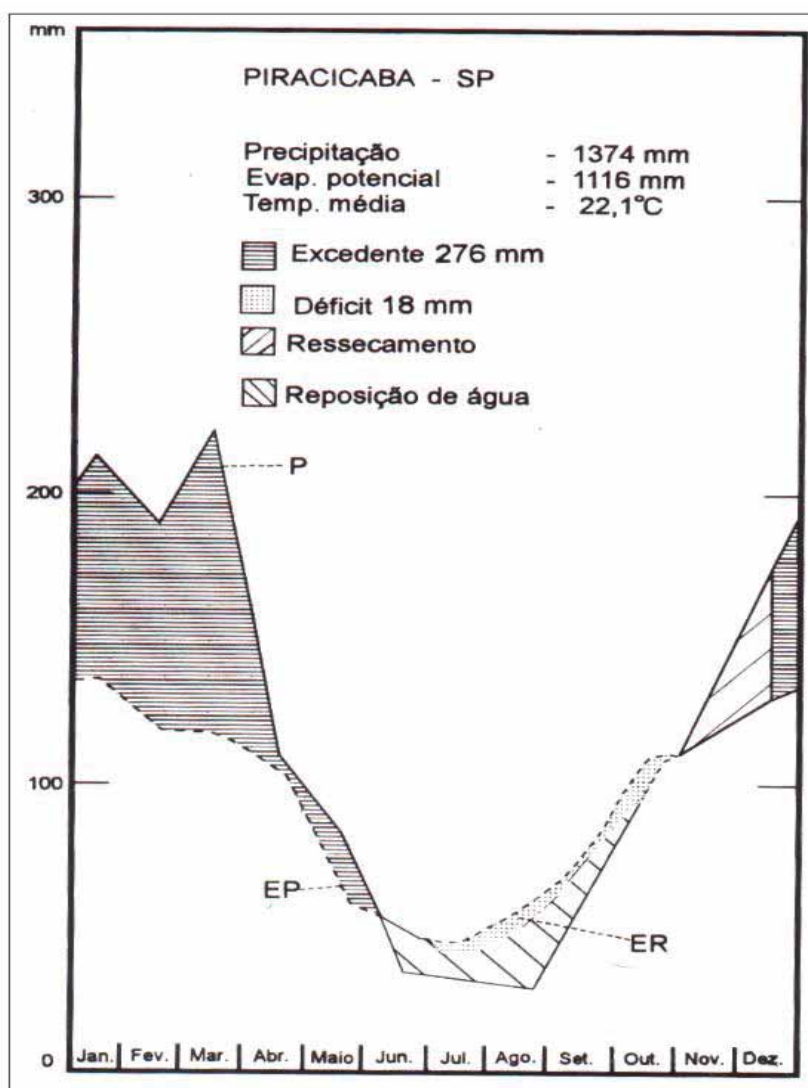


Figura 11: Balanço Hídrico da Região de Piracicaba (SP) (Thornthwaite e Mather, 1955).

Fonte: INSTITUTO FLORESTAL (1999).

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).

Parte das características físicas até o momento apresentadas foi levada em consideração por Silveira (2009) em diagnóstico ambiental sobre o setor noroeste do sítio

urbano de Piracicaba. Quanto ao zoneamento produzido neste trabalho, com a classificação da fragilidade potencial, identificaram, por exemplo, para o “Setor de Interflúvios Extensos de Afluentes da Margem Direita do Córrego das Ondas” (área urbanizada do bairro Vila Sônia) que:

[...] 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 (SILVEIRA, 2009, p.118).

O Plano Diretor de Desenvolvimento do Município, aprovado em 2007 nos termos da Lei Complementar Municipal 186/2006 (PIRACICABA, 2006), também identificou áreas com fragilidade ambiental no eixo de expansão urbana noroeste por meio do Macrozoneamento Urbano (PÓLIS, 2003), manifestando interesse no controle da expansão urbana. Consolidou as seguintes Zonas Urbanas na área de estudo: Adensamento Prioritário (ZAP), Controle de Ocupação por Fragilidade Ambiental (ZOCFA) e a Zonas Especiais sem Delimitação de Perímetro Específico, no caso, a Zona Especial de Interesse Social 2 (ZEIS 2) (Figura 12). Observa-se nesta figura a ZOCFA, em cinza, como zona de maior extensão no interior do perímetro urbano.

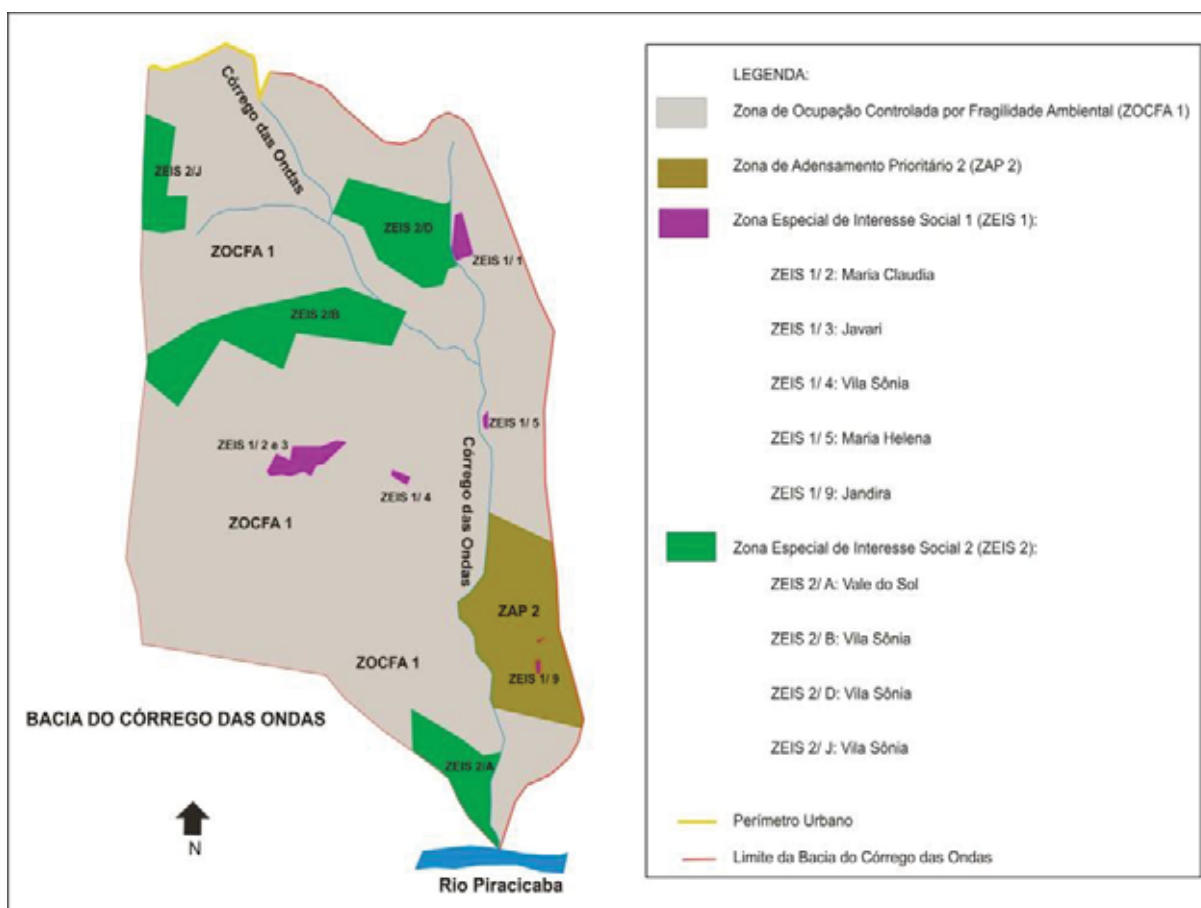


Figura 12: Zonas Urbanas na Bacia do Córrego das Ondas – Macrozoneamento de Piracicaba (SP).

Fonte: IPPLAP (2011).

Organização: Silveira (2012).

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

Macrozoneamento Urbano:

Art. 31 - O Macrozoneamento fixa as regras fundamentais de ordenamento do território, definindo as áreas adensáveis e não adensáveis, de acordo com a capacidade de infraestrutura 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 infraestrutura (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 infraestrutura, apresentam fragilidades ambientais, com solo sujeito a altos índices de erosão, não recomendáveis para o adensamento populacional (PIRACICABA, 2006, p.16, grifo nosso).

Zona Especial de Interesse Social (ZEIS):

Art. 78. A Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) é constituída por porções do território destinadas prioritariamente à regularização fundiária, urbanização e à produção e manutenção de habitação de interesse social (HIS), bem como à produção de loteamentos de interesse social (PIRACICABA, 2006, p.16).

Quanto a ZEIS 1 e ZEIS 2:

I - ZEIS 1 - áreas públicas ou particulares ocupadas por assentamentos de população de baixa renda, devendo o Poder Público promover a urbanização e a regularização fundiária, com implantação de equipamentos públicos, de comércio e serviços de caráter local e de equipamentos de recreação e lazer (PIRACICABA, 2006, p.16);

II - ZEIS 2 – imóveis não edificadas, onde haja interesse público em elaborar programas habitacionais de interesse social (HIS), incluindo comércio e serviços de caráter local e equipamentos de recreação e lazer ou áreas passíveis de implantação de loteamentos de interesse social (PIRACICABA, 2006, p.16).

Art. 80.

§ 1º A delimitação da ZEIS 1 só será admitida nas áreas ocupadas por favelas e em loteamentos irregulares e clandestinos ocupados por população de baixa renda.

§ 2º A delimitação da ZEIS 2 só será admitida nas Zonas de Adensamento Prioritário Secundário (ZAP e ZAS) e nas Zonas de Ocupação Controlada por Infraestrutura e por Fragilidade de Ambiental (ZOCIE e ZOCFA) , em imóveis não edificadas, subutilizados ou não utilizados, com infraestrutura urbana (PIRACICABA, 2006, p.16).

A partir da definição das Zonas Urbanas delimitadas pela Lei Complementar Municipal 186/2006 (PIRACICABA, 2006), observa-se que a área selecionada para estudo apresenta problemas de ordem ambiental, tanto nos aspectos físico-territoriais quanto nos

aspectos sociais. Mesmo com a discriminação pela Lei mencionada de áreas com fragilidade ambiental não recomendáveis ao adensamento populacional, nota-se que os loteamentos urbanos vêm sendo construídos. Constata-se também que as características levantadas para a determinação desta fragilidade ambiental são amplas (solos sujeitos a altos índices de erosão), fato que não possibilita o detalhamento das reais condições do meio físico.

Assim, os dados e as discussões levantadas na sequência são resultados da aplicação de uma proposta metodológica para a identificação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano. Tais dados podem vir a contribuir para o planejamento da expansão territorial noroeste da cidade de Piracicaba.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS: A PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA

Devemos procurar conhecer cada vez melhor os sistemas do meio ambiente para que, como seres humanos e engajados em uma sociedade, possamos analisar as atividades humanas e avaliar se os modos de uso do solo (urbano, agrícola, exploração mineral, uso das águas, do ar, etc.) são benéficos ou prejudiciais. A conotação do valor humano é implícita e inerente ao campo da Geografia Física (CHRISTOFOLETTI, 1985, p. 13).

A proposta metodológica para identificação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano tem como base teórica a análise da fragilidade do meio físico sob sucessivas interferências do sistema antrópico (histórico evolutivo de uso e ocupação). Considerando o *objetivo principal* da pesquisa, no qual se pretende “construir uma proposta metodológica para a identificação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano”, este capítulo do trabalho dedica-se à apresentação e análise dos resultados registrados a partir da aplicação da metodologia mencionada.

Primeiramente, por tratar-se de uma pesquisa que propõe uma metodologia, apresentam-se os documentos cartográficos derivados da aplicação da proposta metodológica, considerando os principais resultados encontrados por meio de uma leitura espacial no contexto da bacia do Córrego das Ondas, valorizando a análise da fragilidade do meio físico e verificando as principais intervenções antropogênicas em uma perspectiva geomorfológica. Pretende-se alcançar os seguintes objetivos específicos: a “análise da fragilidade do meio natural por meio da carta de Fragilidade do Meio Físico e produtos cartográficos intermediários” e a “análise histórica das interferências promovidas, bem como das consequências derivadas, das ações antropogênicas no meio físico, por meio das cartas Geomorfológicas, cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra e Cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais” (p. 20 e 21).

Na sequência do texto, procura-se exemplificar as áreas mapeadas com diferentes níveis de restrição do relevo ao uso urbano, avaliando os fatores condicionantes que levaram a estas classificações. Assim, pretende-se atender o objetivo específico “definição dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano (a serem expressos na carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano), com base na análise histórico evolutiva de uso e ocupação da terra, ou seja, a definição dos níveis de restrição por meio da análise da fragilidade inerente ao meio físico sob sucessivas interferências do sistema antrópico” (p. 21).

4.1 Níveis de restrição do relevo ao uso urbano da Bacia do Córrego das Ondas

A Figura 3 (p. 32) ilustra o sequenciamento da organização de produtos cartográficos que possibilitaram a configuração da **carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano**, a qual é apresentada na **Figura 13**. Muito embora, diante da proposta metodológica, este documento cartográfico seja o último a ser elaborado, inicia-se a discussão dos resultados com a sua apresentação. Justifica-se esta escolha por considerar que este documento é o ponto principal da pesquisa e que, para avaliá-lo, é necessário apresentar e avaliar os documentos que foram elementares e que culminaram na sua organização.

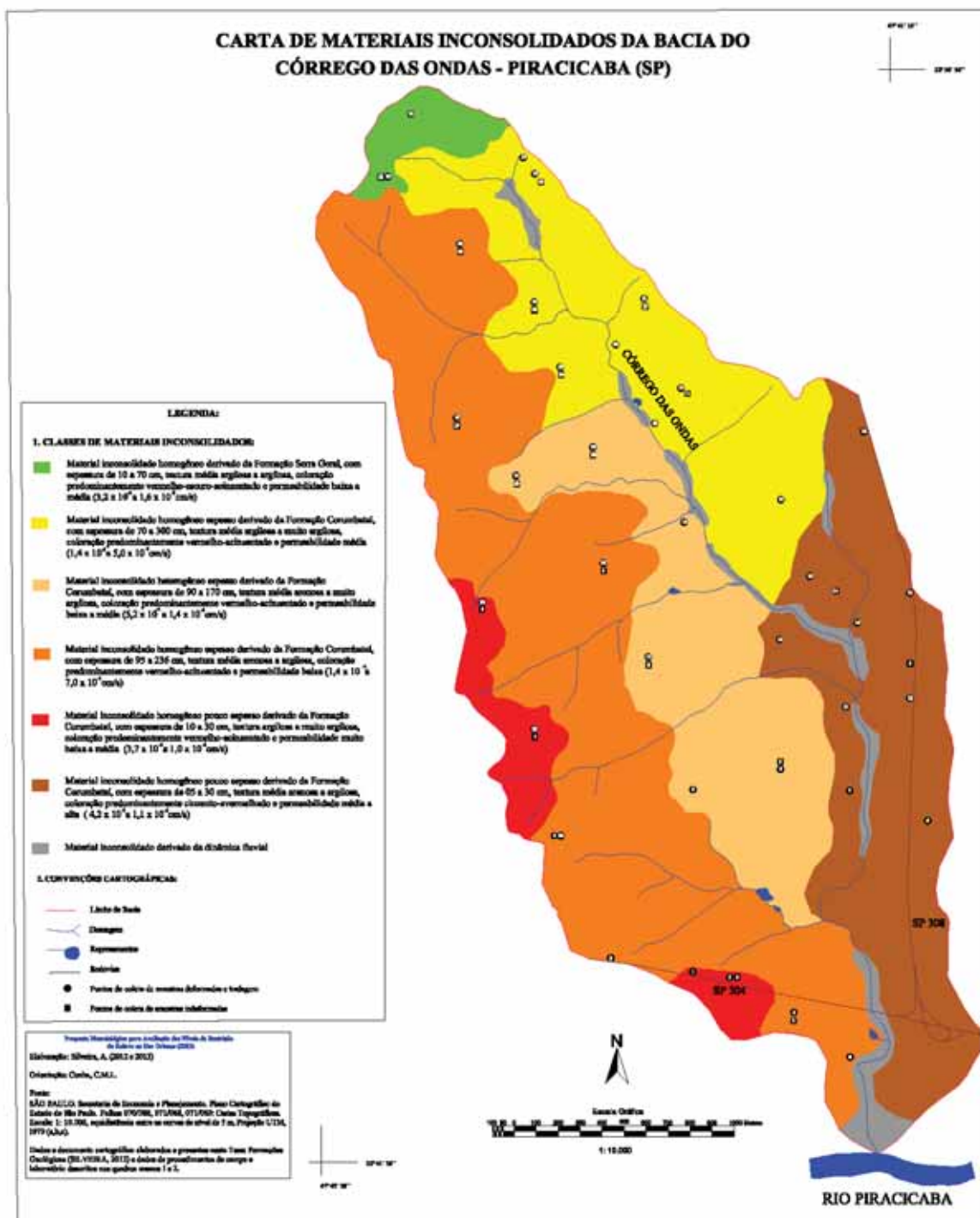
O documento cartográfico está organizado com níveis de restrição do relevo ao uso urbano, classificados como *fraco*, *moderado*, *severo*, *muito severo* e *legal*. Tais níveis restritivos estão hierarquizados, por meio de números romanos, identificando as áreas de menor para maior restrição a ocupação urbana. Estes níveis restritivos hierarquizados foram definidos a partir da integração dos dados registrados nos seguintes documentos: carta de Fragilidade do Meio Físico, cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra, cartas Geomorfológicas e carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais.

A **carta de Fragilidade do Meio Físico (Figura 14)**, expressa classes com diferentes graus de fragilidade (*fraca*, *média*, *forte* e *muito forte*), que foram definidas a partir da reunião de dados de materiais inconsolidados (carta de Materiais Inconsolidados), dados morfométricos (carta de Energia do Relevo) e dados das Formações Geológicas (Figura 9, p. 88).

A **carta de Materiais Inconsolidados (Figura 15)** é produto de dados adquiridos em procedimentos de campo e laboratório, vinculados à espessura do material, granulometria, coloração e permeabilidade (p. 39 e Anexos 1 e 2). Contribui com o apontamento das características dos materiais inconsolidados que ocorrem do topo da rocha sã até a superfície.

A avaliação dos materiais inconsolidados permitiu identificar que a bacia do Córrego das Ondas apresenta materiais derivados predominantemente da Formação Corumbataí e, em menor proporção, derivados de um restrito corpo intrusivo da Formação Serra Geral, que se localiza na porção norte da área estudada. No entanto, constatou-se o afloramento de diferentes fácies da Formação Corumbataí. Nitidamente, a porção oeste da bacia tem como característica a facie avermelhada (em maioria), enquanto a porção leste caracteriza-se por um material rochoso acinzentado (em menor extensão), conforme ilustram as Fotos 17 e 18, na página 89.

Figura 14: Carta de Fragilidade do Meio Físico da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).



C:\Users\Seven\Desktop\Meus Documentos\projeto doc\tese_defesa\cartas doutorado oficiais\materiais_inconsolidados\Materiais inconsolidados.d

Figura 15: Carta de Materiais Inconsolidados da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP)

Tais características litológicas aflorantes foram de suma importância para o início da delimitação das classes de materiais inconsolidados, considerando que este material é produto da ação intempérica do material rochoso. A facie acinzentada da Formação Corumbataí gera materiais inconsolidados homogêneos, pouco espessos, de textura média arenosa a argilosa, com permeabilidade média a alta ($4,2 \times 10^{-3}$ a $1,1 \times 10^{-2}$ cm/s), conforme pode ser visto na Foto 20.

Já a facie avermelhada gera materiais homogêneos e heterogêneos. Estes, posicionados no centro da média bacia, espessos e de textura média arenosa a muito argilosa, apresentam permeabilidade baixa a média ($5,2 \times 10^{-4}$ a $1,4 \times 10^{-3}$ cm/s). A Foto 21 registra o momento de verificação da mudança de coloração com a retirada de material argiloso com o uso do trado.

Os materiais inconsolidados homogêneos derivados da facie avermelhada da Formação Corumbataí foram subdivididos em espessos e pouco espessos. Os espessos foram localizados em duas porções da bacia do Córrego das Ondas com características distintas. Na faixa leste (da média e alta bacia), apresentam textura média argilosa e muito argilosa e permeabilidade média ($1,4 \times 10^{-3}$ a $5,0 \times 10^{-3}$ cm/s). Aqueles encontrados na faixa oeste (da alta a baixa bacia), apresentam textura média arenosa a argilosa e permeabilidade baixa ($1,4 \times 10^{-4}$ a $7,0 \times 10^{-4}$ cm/s).

Ainda, posicionados em áreas restritas no extremo oeste da média bacia, ocorrem materiais inconsolidados pouco espessos derivados da facie avermelhada da Formação Corumbataí, que se caracterizam pela textura argilosa a muito argilosa e permeabilidade muito baixa a média ($3,7 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ cm/s).

No extremo norte da alta bacia e margeando o curso fluvial principal, encontram-se, respectivamente, os materiais inconsolidados derivados da Formação Serra Geral (Foto 19, p. 90) e materiais de áreas de acumulação fluvial. Os primeiros, de profundidade variante entre 10 a 70 cm, registram textura média argilosa a argilosa e permeabilidade baixa a média ($3,2 \times 10^{-4}$ a $1,6 \times 10^{-3}$ cm/s), ao passo que os segundos derivam da dinâmica em áreas de planícies e terraços fluviais (APTF).



Foto 20: Facie acinzentada da Formação Corumbataí que dá origem a materiais inconsolidados homogêneos pouco espessos.

Autor: Silveira (2012).



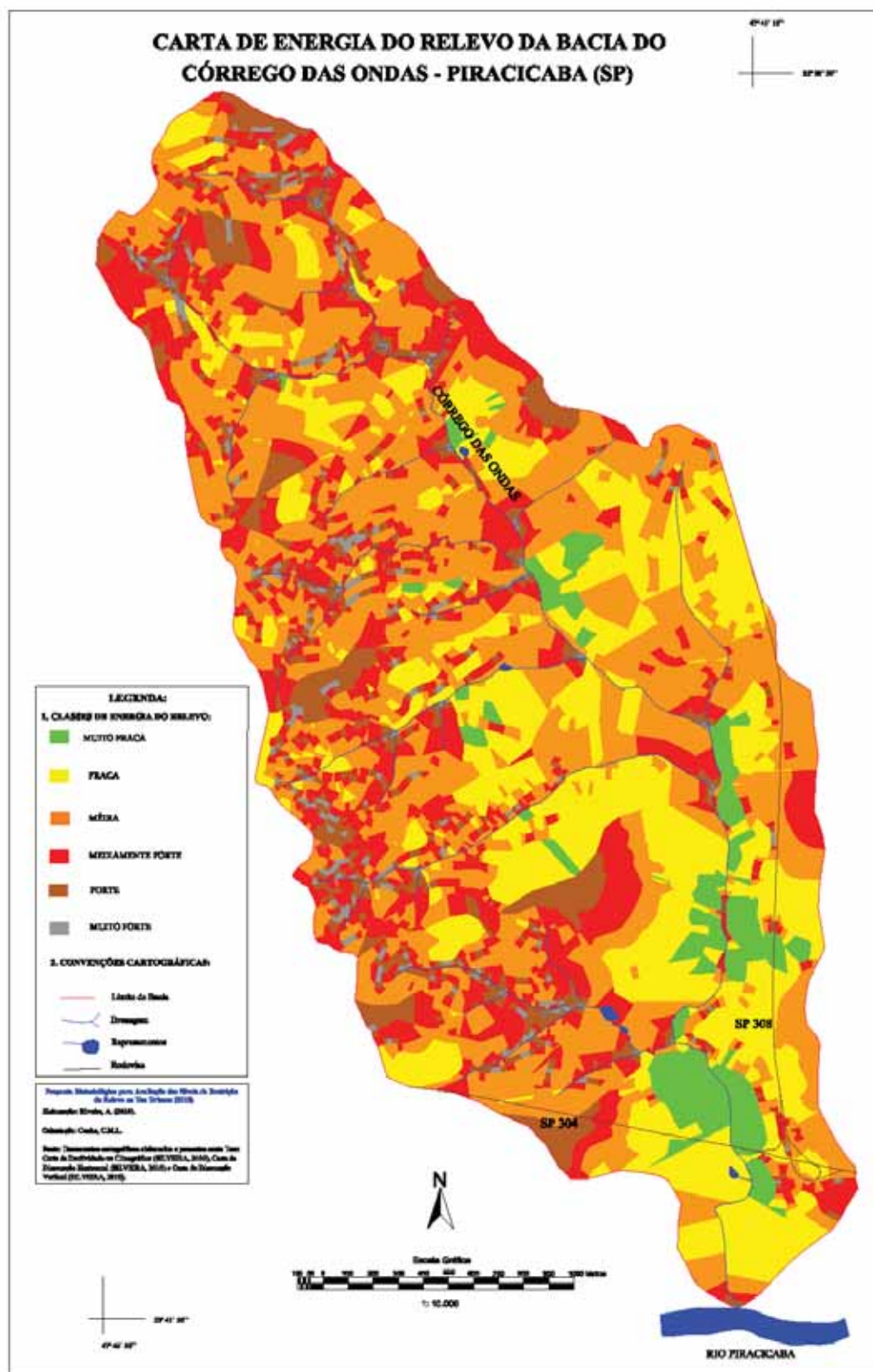
Foto 21: Material inconsolidado heterogêneo espesso derivado da facie avermelhada da Formação Corumbataí. Momento de verificação da mudança de coloração com a retirada de material argiloso com o uso do trado.

Autor: Silveira (2012).

Outra variável de suma importância na definição das classes de fragilidade do meio físico associa-se às características morfométricas da bacia do Córrego das Ondas, as quais foram integradas na *carta de Energia do Relevo (Figura 16)*. Esta carta deriva da integração das *cartas de Declividade ou Clinográfica (Figura 17)*, *de Dissecação Horizontal (Figura 18)* e *de Dissecação Vertical (Figura 19)*, propiciando uma interpretação espacial da fragilidade potencial do relevo, ou seja, o apontamento de áreas potencialmente suscetíveis ao desencadeamento dos processos denudativos.

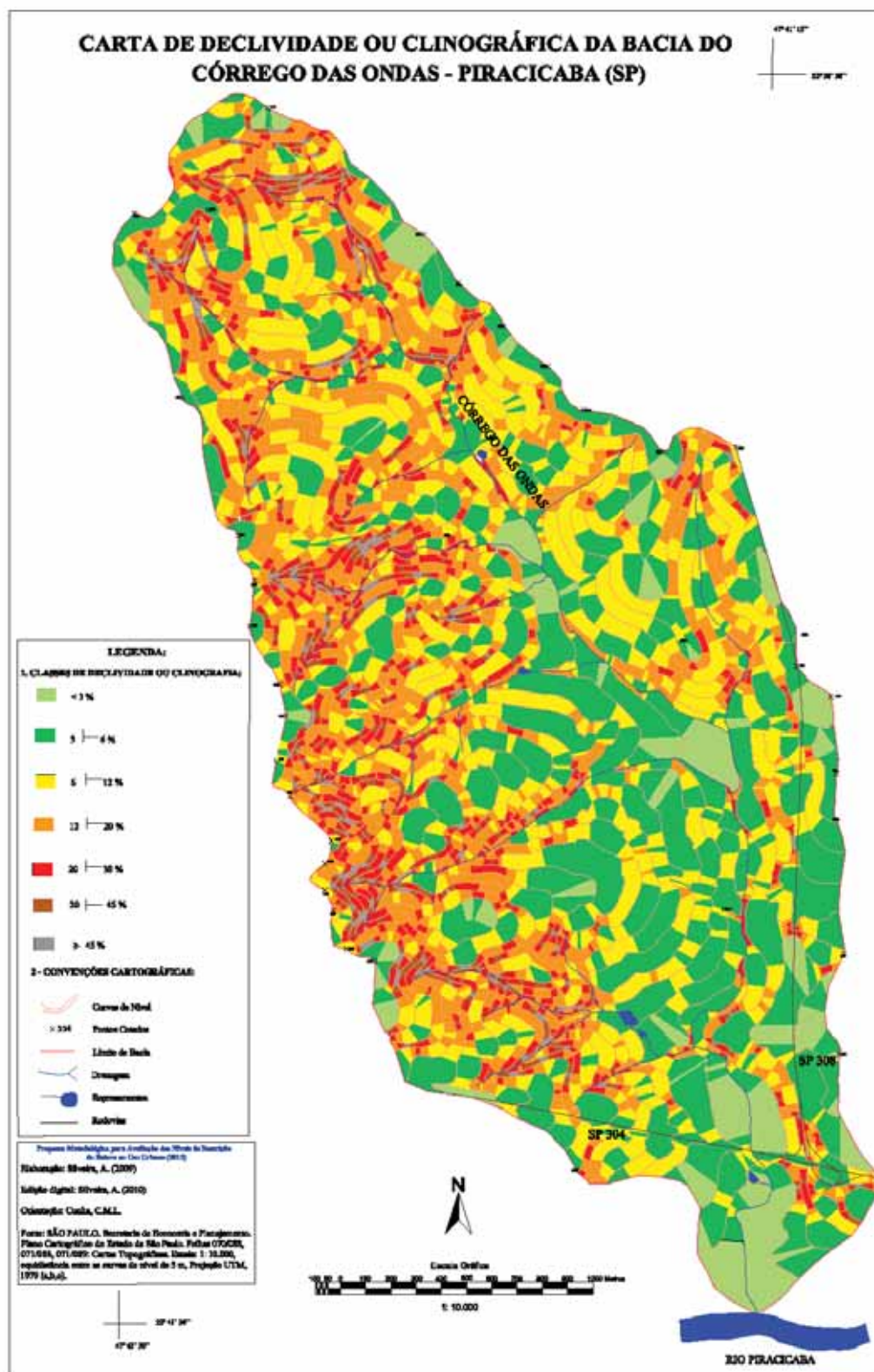
Característica marcante na interpretação das cartas morfométrica, em especial a carta de Energia do Relevo, vincula-se ao caráter dissimétrico da bacia do córrego das Ondas. O setor oeste é constituído por um número significativo de bacias afluentes, situadas à margem direita do canal principal. Já no setor leste, na baixa e média bacia, as vertentes da margem esquerda do canal principal encontram-se pouco dissecadas com um número restrito de drenagens afluentes.

O primeiro setor mencionado apresenta vertentes mais íngremes (Figura 17), altitudes relativas intermediárias a elevadas (Figura 19) e interflúvios médios a extensos (Figura 18). Identificam-se áreas potencialmente favoráveis a ação de processos morfológicos, registrando, dessa maneira, classes de energia do relevo “muito forte”, “forte” e “mediamente forte”, considerando que as classes de maior energia (“muito forte” e “forte”) estão principalmente localizadas nas médias e altas vertentes e nas cabeceiras de drenagens (Figura 16).



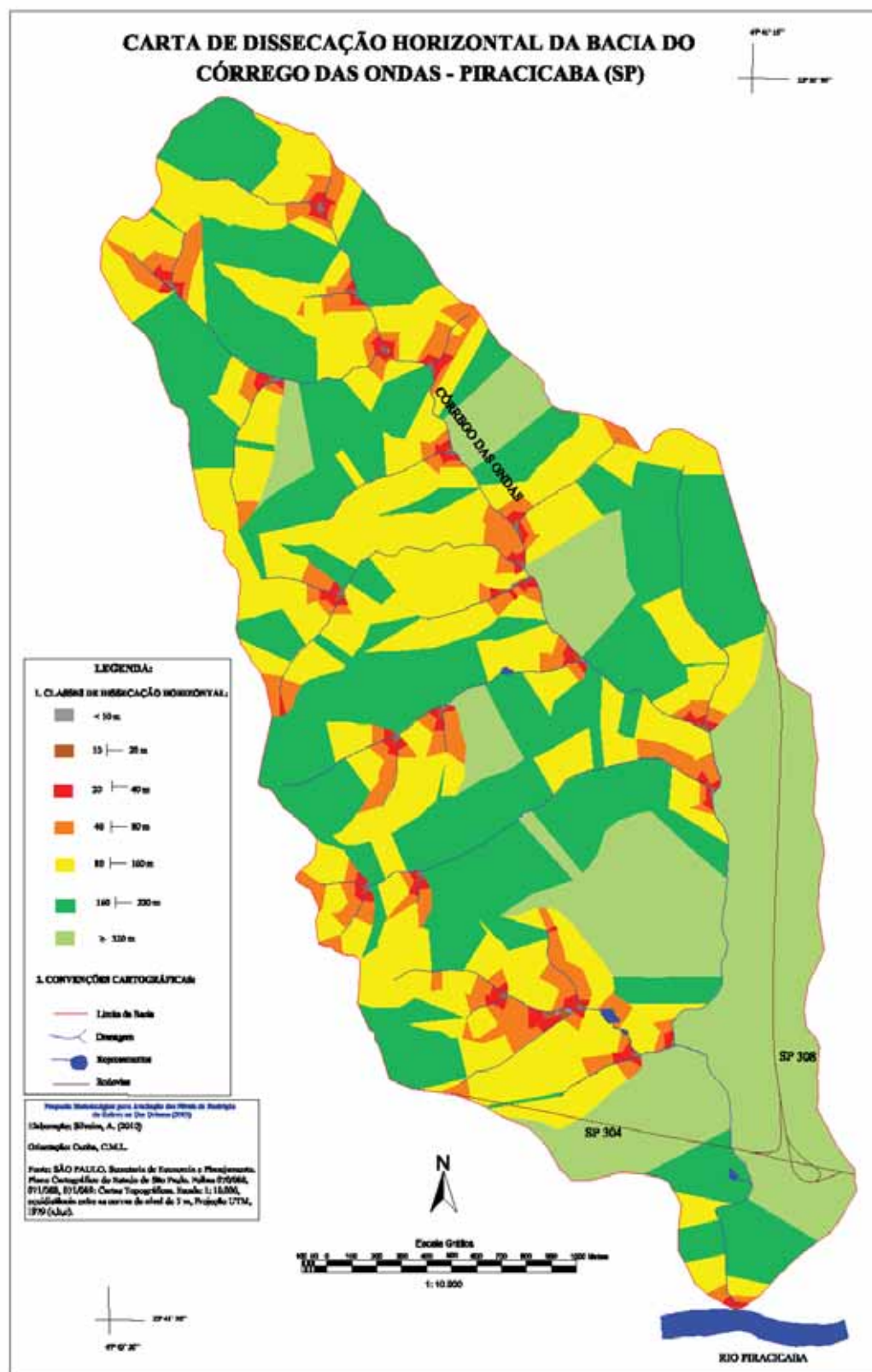
C:\Users\Seven\Desktop\Meus Documentos\projeto doc\tese_defesa\cartas doutorado oficiais\morfométricas\energia\carta_ener

Figura 16: Carta de Energia do Relevo da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).



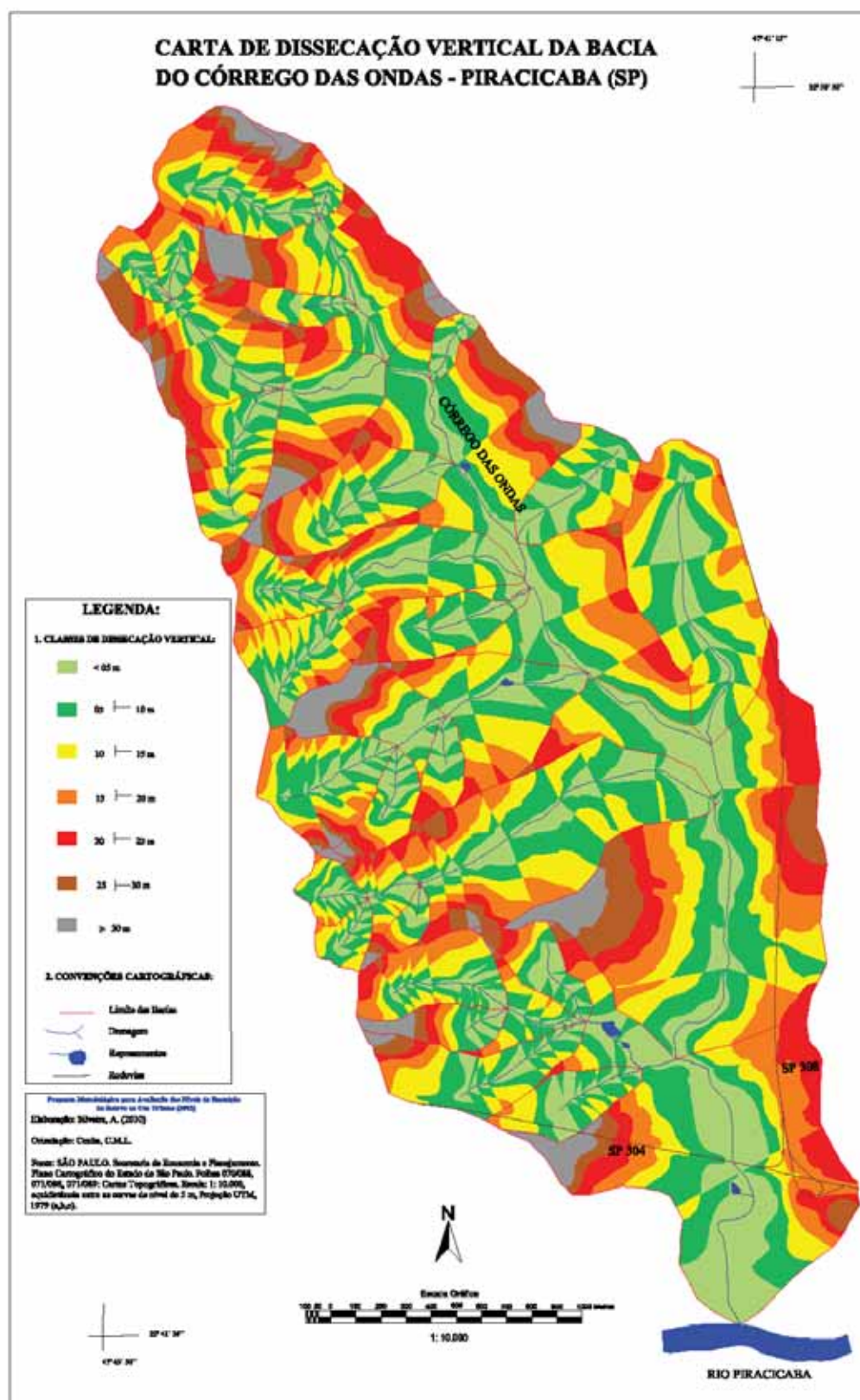
C:\Users\Seven\Desktop\Meus Documentos\projeto doc\tese_defesa\cartas doutorado oficiais\morfológicas\declividade\cartad

Figura 17: Carta de Declividade ou Clinográfica da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).



C:\Users\Seven\Desktop\Meus Documentos\projeto doc\tese_defesa\cartas doutorado oficiais\morfométricas\dissecação horizon

Figura 18: Carta de Dissecação Horizontal da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).



C:\Users\Seven\Desktop\Meus Documentos\projeto doc\tese_defesa\cartas doutorado oficiais\morfológicas\dissecação_vertical

Figura 19: Carta de Dissecação Vertical da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).

Já o setor leste da bacia do Córrego das Ondas (baixa e média bacia) registra baixo potencial ao desencadeamento de processos geomorfológicos, quando apresenta classes reduzidas de energia do relevo (“média”, “fraca” e “muito fraca”). As declividades não se encontram pronunciadas, assim como a dissecação horizontal e a altitude relativa.

As Fotos 22 e 23 procuram ilustrar a vertente da margem direita e a vertente da margem esquerda do curso principal, evidenciando o caráter dissimétrico da bacia do Córrego das Ondas. Comparando-as, nota-se que a vertente mais extensa da margem direita (Foto 22) apresenta maior dissecação vertical e declividade do que a vertente da margem esquerda (Foto 23), o que indica maior potencial ao desencadeamento de processos morfológicos.

Esta característica dissimétrica da bacia pode estar associada a lineamentos de drenagens associados a zonas de falhas, conforme outrora citado no estudo de Christofolletti, Moreno e Batezelli (2006), a partir das investigações em cavas de retirada de argila da Formação Corumbataí. Lembra-se que a área de estudo posiciona-se, respectivamente, a sul e a leste da Estrutura de Pitanga e Domo de Artemis. Souza (2002) observou que o padrão estrutural principal destas áreas é caracterizado por zonas de falhas de orientação preferencial NW-SE, que promoveram soerguimentos e abatimentos de blocos, dando origem a altos e baixos estruturais. Acrescenta-se também o trabalho de Perinotto *et al.* (2008), que, ao estudarem os diques clásticos na região de Piracicaba, defenderam a hipótese da origem sísmica para estas intrusões, que vieram a se encaixar na deposição do terço superior da Formação Corumbataí.

Nestes termos, o afloramento no norte da área de estudo do corpo intrusivo de diabásio da Formação Serra Geral, bem como as características estruturais de entorno mencionadas, são indícios do componente tectônico no condicionamento da drenagem do Córrego das Ondas. Evidencia-se, portanto, um provável lineamento da drenagem por meio de estrutura falhada. É provável que tal lineamento inferido (Figura 9, p. 88) seja o condicionante responsável pela estrutura dissimétrica da bacia e também o responsável, mediante um deslocamento de bloco, pelo afloramento das diferentes fácies da Formação Corumbataí (avermelhada e acinzentada), as quais foram citadas nos apontamentos registrados sobre a carta de Materiais Inconsolidados (Figura 15).



Foto 22: Vertente da margem direita do Córrego das Ondas (média bacia), com declives e altitudes relativas superiores a vertente da margem esquerda (foto 23). Avenida Corcovado sentido bairro Vila Sônia.

Autor: Silveira (2012).



Foto 23: Vertente da margem esquerda do Córrego das Ondas (baixa bacia), com declives e altitudes relativas inferiores a vertente da margem direita (Foto 22). Avenida Corcovado sentido bairro Santa Terezinha. Ao fundo, viaduto da Rodovia SP-308.

Autor: Silveira (2012).

Diante das características mencionadas, os dados adquiridos com as variáveis materiais inconsolidados, morfometria e formações geológicas, foram reunidos na organização da **carta de Fragilidade do Meio Físico (Figura 14)**. Os dados encontrados nos documentos cartográficos apresentados (Figuras 9, 15 e 16) estiveram submetidos a uma hierarquização do grau de fragilidade mediante características apresentadas. É possível verificar esta hierarquia nos Quadros 4 a 6, página 57 e 58, ao passo que as diferentes combinações das variáveis definidoras das classes de fragilidade do meio físico, podem ser vistas no Quadro 7, da página 60.

Assim, a classe de fragilidade do meio físico *fraca* está concentrada principalmente na porção norte da bacia (I, alta bacia, Foto 24) e em restritos setores das vertentes da margem esquerda do curso principal, com destaque para a média bacia leste. Caracterizam-se por apresentarem materiais inconsolidados da Formação Serra Geral (alta bacia) e da facie avermelhada da Formação Corumbataí (II, média e alta bacia). A primeira, registra textura variando entre média argilosa a argilosa e permeabilidade baixa a média, ao passo que a segunda, apresenta textura média argilosa a muito argilosa e permeabilidade média. Ambas, em condições morfométricas de baixo potencial a processos morfológicos, por apresentarem predominantemente classes de energia do relevo “muito fraca” e “fraca”, com restritos setores “mediamente forte”, em virtude da declividade e dissecação vertical.

A classe *média* de fragilidade do meio físico apresenta maior extensão na bacia do Córrego das Ondas. Destacam-se as áreas mapeadas IV, V e VI, que derivam da facie avermelhada da Formação Corumbataí. A primeira, posicionada na média e baixa bacia leste, apresenta material inconsolidado homogêneo espesso, de textura argilosa a muita argilosa, permeabilidade média e energia do relevo “média” a “forte”.

Instalada nas médias e altas vertentes da margem direita do córrego das Ondas, a área mapeada por VI também comporta material inconsolidado homogêneo espesso, no entanto, sua textura varia de média arenosa a argilosa, com baixa permeabilidade e energia do relevo “fraca” a “média”. Já os materiais inconsolidados da área determinada como V, são heterogêneos espessos de textura média arenosa a muito argilosa (Foto 25), de permeabilidade baixa a média com potencial morfométrico “fraco” a “mediamente forte”, estando posicionada principalmente na média bacia oeste, nas médias e baixas vertentes da margem direita do curso principal.



Foto 24: Extremo norte da bacia (alta bacia) mapeada com fragilidade do meio físico *fraca* (I): área com materiais inconsolidados da Formação Serra Geral e energia do relevo muito fraca e fraca, com restritos setores mediantemente forte.

Autor: Silveira (2009).



Foto 25: No primeiro plano (*setas*), área posicionada na média bacia leste exemplificando a classe de fragilidade *média* (IV), com material inconsolidado homogêneo espesso derivado da facie avermelhada da Formação Corumbataí e energia do relevo média a forte.

Autor: Silveira (2012).

A classe de fragilidade do meio físico *forte* concentra-se em três grandes setores da bacia do Córrego das Ondas. Na porção oeste da bacia, nos setores de topos, altas e médias vertentes dissecadas da margem direita do canal principal (VIII ao XI), registram-se materiais inconsolidados homogêneos e heterogêneos, espessos e pouco espessos, da facie avermelhada da Formação Corumbataí. Na porção leste da baixa e média bacia, nos topos e vertentes pouco dissecadas da margem esquerda do Córrego das Ondas, são registrados materiais homogêneos pouco espessos derivados da facie acinzentada da Formação Corumbataí (XII). Em setores restritos a faixas marginais ao canal principal, registram-se materiais inconsolidados derivados da dinâmica fluvial com energia do relevo “muito fraca” (XIII).

Destaque é dado às expressivas áreas mapeadas como X, XI e XII. As duas primeiras comportam materiais inconsolidados homogêneos, no entanto, diferem-se pela espessura, classe de textura, permeabilidade e energia do relevo. Na área X, o material espesso apresenta textura média arenosa a argilosa, baixa permeabilidade e energia do relevo variando de “forte” a “muito forte”, devido aos setores mais declivosos posicionados na média e alta vertente. Já a área XI é caracterizada por materiais pouco espessos (Foto 26) dispostos em setores de topo e alta vertente, cuja energia do relevo varia de “média” a “forte” (condicionada pela dissecação vertical e declividade), textura argilosa a muito argilosa e permeabilidade muito baixa a média.

No setor da média e baixa bacia leste, a área mapeada como XII, os materiais inconsolidados homogêneos e poucos espessos derivados da facie acinzentada da Formação Corumbataí caracterizam-se por estarem alojados em formas de relevo pouco declivosas e pouco dissecadas, fato que levou à classificação da energia do relevo variando entre “muito fraca” a “média”. Tais materiais pouco intemperizados apresentam textura média arenosa a argilosa com permeabilidade média a alta. Assim, registra-se que esta área, mesmo com características morfométricas que indicam um baixo potencial a processos morfológicos, as características levantadas sobre os materiais inconsolidados derivados da facie acinzentada levaram a classificá-la como fragilidade do meio físico *forte*, conforme ilustra a Foto 27.



Foto 26: Material Inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da facie avermelhada da Formação Corumbataí, posicionado na alta vertente da média bacia oeste, onde se registra energia do relevo média a forte. Pertencente à área X, mapeada como fragilidade do meio físico *forte*.

Autor: Silveira (2012).



Foto 27: Material Inconsolidado homogêneo pouco espesso derivado da facie acinzentada da Formação Corumbataí, posicionado na média bacia leste, onde se registra energia do relevo fraca a média. Pertencente à área XII, mapeada como fragilidade do meio físico *forte*.

Autor: Silveira (2012).

Assim como a classe de fragilidade do meio físico *forte*, a classe *muito forte* também está concentrada na porção oeste da bacia, nos setores de topos, altas e médias vertentes dissecadas da margem direita do canal principal (XIV); na porção leste da baixa e média bacia, nos topos e vertentes pouco dissecadas da margem esquerda do Córrego das Ondas (XV); e em setores restritos das faixas marginais do canal principal (XVI).

Nas três áreas mencionadas (XIV a XVI), as características dos materiais inconsolidados convergem com aquelas apresentadas nas áreas classificadas com fragilidade do meio físico *forte*. A área XIV registra materiais homogêneos pouco espessos da facie avermelhada da Formação Corumbataí, enquanto a área XV caracteriza-se pela presença dos materiais homogêneos pouco espessos da facie acinzentada da Formação Corumbataí, ao passo que a área XVI, deriva da dinâmica fluvial.

Dessa forma, as características morfométricas foram as que diferenciaram estas áreas para serem classificadas como fragilidade do meio físico *muito forte*, principalmente nas áreas mapeadas como XIV e XV. A área XIV apresenta energia do relevo “muito forte”, devido ao componente declividade. Já a área XV, apresenta classes de energia “mediamente forte” a “muito forte”, associada à declividade e dissecação vertical; enquanto a área XVI, o potencial morfométrico, varia de “fraco” a “muito forte”, dada a variedade das classes de declividade e dissecação horizontal. Nestas áreas, mesmo com o condicionante morfométrico, por muitas vezes, apresentarem-se como baixo potencial ao desencadeamento de processos morfológicos, as características do material inconsolidado foram preponderantes, visto que sua gênese está associada a áreas de acumulação de planície e terraços fluviais (APTF), como ilustra a Foto 28.

É válido ressaltar que em muitas áreas de APTF, além dessas características da fragilidade do material inconsolidado serem determinantes, as classes de energia do relevo também se manifestam elevadas, como é o caso, principalmente, de encontros entre drenagens afluentes e cursos principais, cuja dissecação horizontal também fora determinante para esta classificação. A Figura 20 destaca um setor da carta de Dissecação Horizontal (Figura 18), procurando evidenciar a densidade de drenagem como um fator relevante na determinação da fragilidade do meio físico.

Associadas aos dados apresentados verificados na carta de Fragilidade do Meio Físico, conforme mencionado, as cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra, as cartas Geomorfológicas e a carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais, também foram

documentos cartográficos-chave para a organização da carta de Níveis de Restrições do Relevo ao Uso Urbano.

Como a proposta metodológica assenta-se na análise da fragilidade do meio físico sob sucessivas interferências do sistema antrópico, foi necessária a seleção de diferentes cenários para a organização das *cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra (anos de 1962, 1978 e 2005)*, respectivamente apresentados nas *Figuras 21, 22 e 23*).



Foto 28: Áreas de acumulação de planícies e terraços fluviais (APTF) mapeadas como fragilidade do meio físico muito forte (XVI). Autor: Silveira (2012).

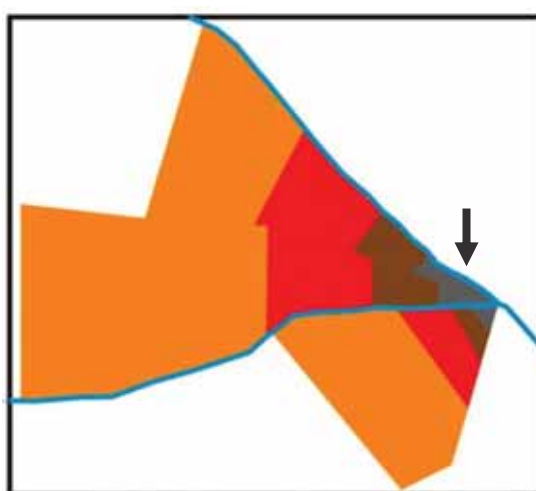
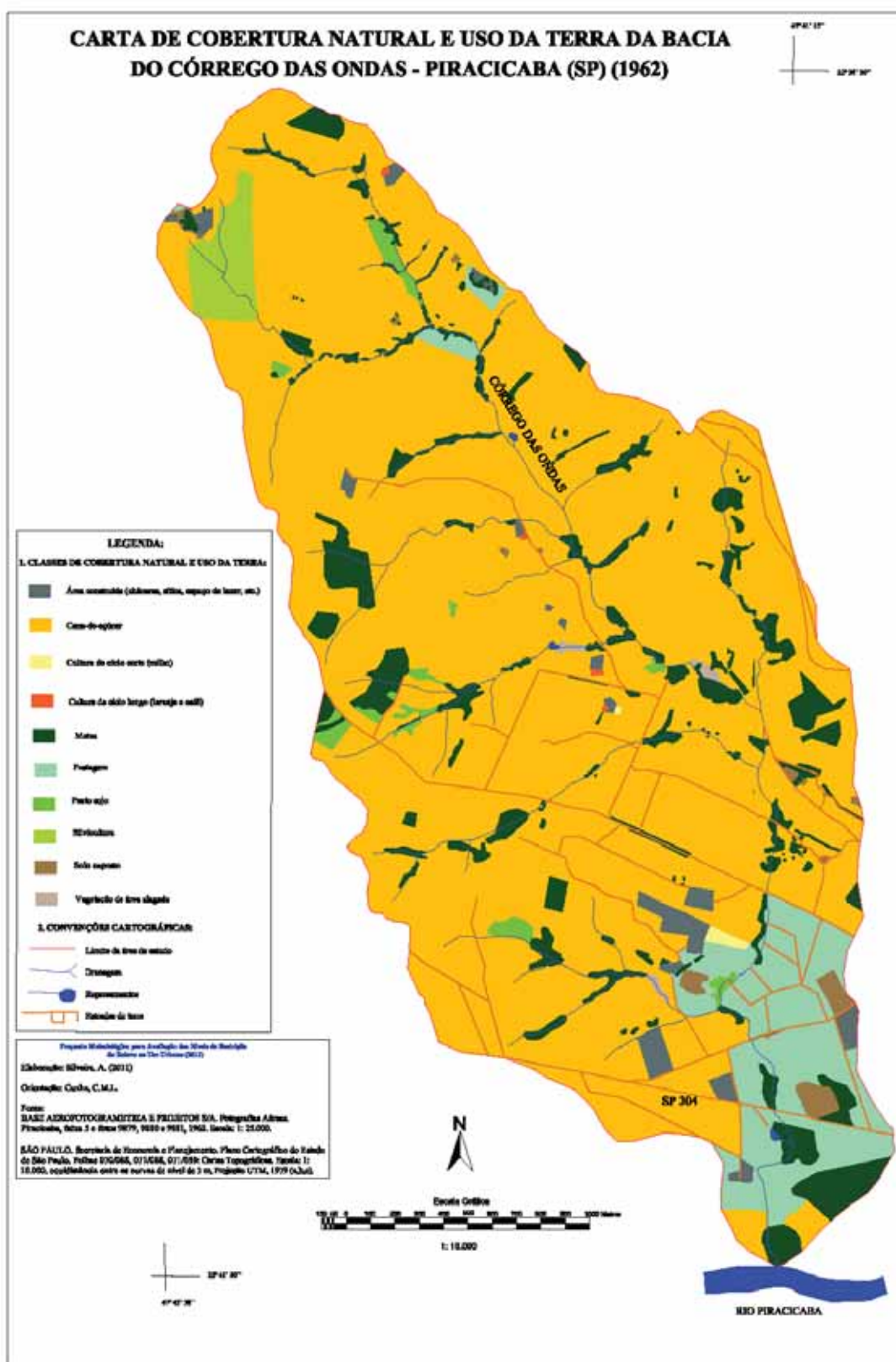


Figura 20: Setor da carta de Dissecação Horizontal em áreas de encontro de drenagens (XVI). As cores fortes ilustram as elevadas classes que se comportam como um fator relevante na determinação da fragilidade do meio físico. A legenda encontra-se na Figura 18.

Autor: Silveira (2013).



C:\Users\Seven\Desktop\Meus Documentos\projeto doc\tese_defesa\cartas doutorado oficiais\uso_da_terra\1962\carta_uso_da_t

Figura 21: Carta de Cobertura Natural e Uso da Terra da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 1962).

CARTA DE COBERTURA NATURAL E USO DA TERRA DA BACIA DO CÓRREGO DAS ONDAS - PIRACICABA (SP) (2005) (Cenário com atualização em campo nos anos de 2011 e 2012)

LEGENDA:

1. CLASSES DE COBERTURA NATURAL E USO DA TERRA:

- Área inundável (várzea, aluvial, espaço de inund., etc.)
- Área urbanizada
- Áreas verdes urbanas
- Cano-de-açúcar
- Cultivo de milho verde (milho)
- Cultivo de milho longo (soja e milho)
- Cultivos (incluindo reflorestamento e pastagem)
- Indústria
- Mato
- Mata nativa
- Pantanal
- Praça pública
- Relevo urbano
- Solo exposto
- Vegação de área alagada

2. CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:

- Linha de limite de seção
- Divisão
- Representação
- Rodovia
- Rio e afluente
- Estação de terra

Projeto de pesquisa para a elaboração do Plano de Gestão do Saneamento da Bacia do Córrego das Ondas (2012)

Elaboração: Sônia, A. (2011)

Orçamento: Cota, C.M.L.

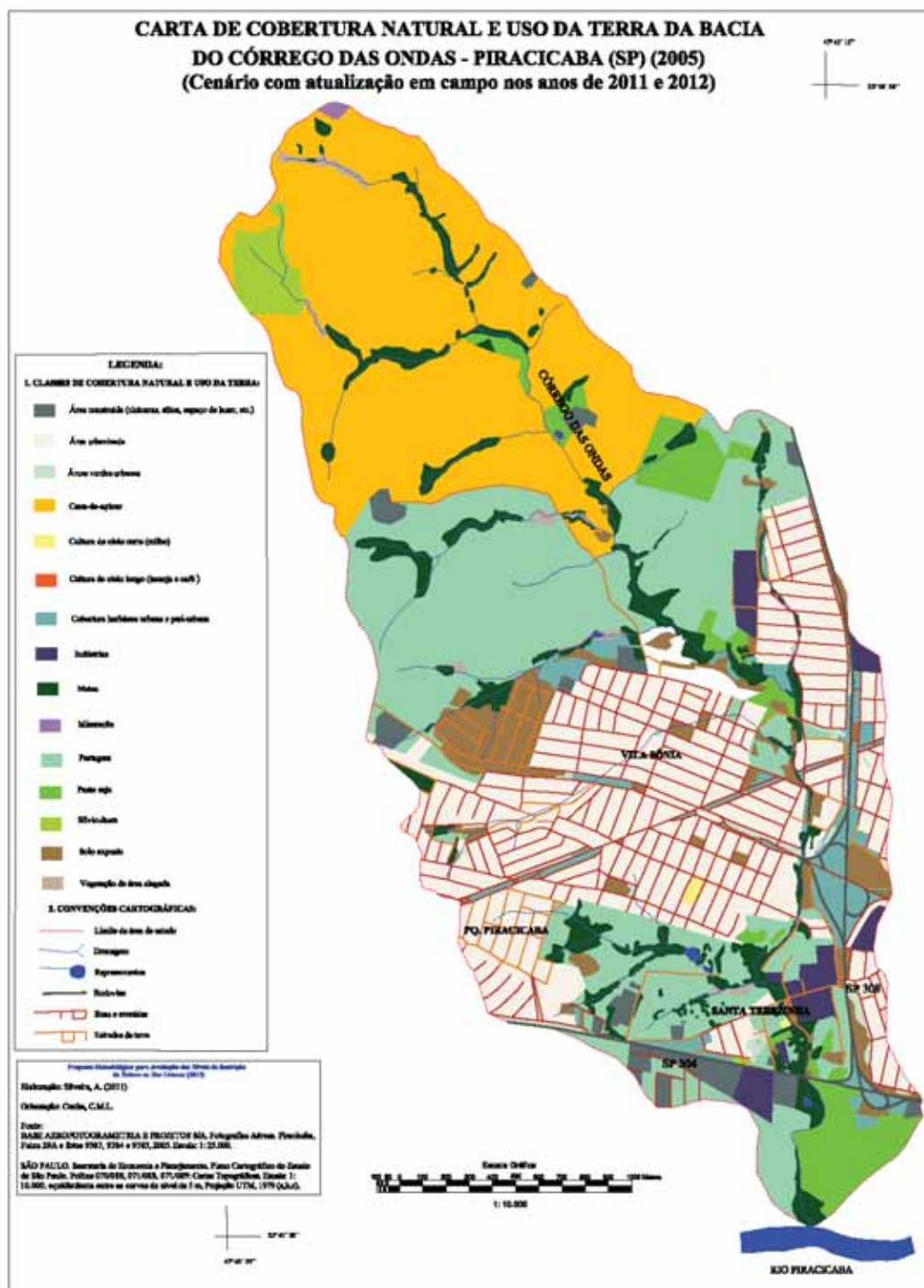
Fonte: BASE AERIOFOTOGRAFICA E PROJEÇÃO DA, Fotogrametria Aéreo, Piracicaba, Piracicaba e São Paulo, 1981, 1984 e 1985, 2005. Escala: 1:25.000.

SÃO PAULO, Instituto de Economia e Planejamento, Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, Piracicaba, 1981, 1984, 1985, 2005. Escala: 1:10.000, equidistante entre os pontos de nível de 1 m, Projeção UTM, 1979 (QJUL).

Escala Gráfica

1:10.000

RIO PIRACICABA



De acordo com Barbin (2003), o crescimento do Distrito de Santa Terezinha se deu a partir de 1960. Argumenta que, nos períodos de 1970 a 1984, surgiram inúmeros loteamentos espalhados, assim como dezenas de núcleos habitacionais. Com a leitura das cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra (Figuras 21, 22 e 23), pôde-se verificar a dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia do Córrego das Ondas, procurando observar o processo de urbanização e as transformações dos espaços agrícolas.

Tal fato, associado a trabalhos de campo, promoveu a constatação de três setores frente ao processo de urbanização que estão ilustrados na Figura 24: os setores “Intensamente Urbanizados” (com processo de ocupação urbana consolidada); os setores de “Eminente Urbanização” (com ativo processo de urbanização na instalação de loteamentos residenciais); e os setores de “Entorno” (com áreas agrícolas margeando os setores de “Eminente Urbanização” e “Intensamente Urbanizados”). Nesta mesma figura, as drenagens afluentes da margem esquerda e direita do canal principal da bacia do Córrego das Ondas foram enumeradas para facilitar a interpretação dos resultados.

A identificação destes setores foi de suma importância para a condução da análise histórica das interferências promovidas, bem como das consequências derivadas das ações antropogênicas no meio físico, com o intuito de subsidiar a definição de níveis restritivos do relevo à urbanização. Neste sentido, para que se possam exemplificar evidências desta ação antropogênica, faz-se necessário apresentar *as cartas Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 2005), a partir das Figuras 25, 26 e 27, bem como as cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (cenários 1978 e 2005), com as Figuras 28 e 29.*

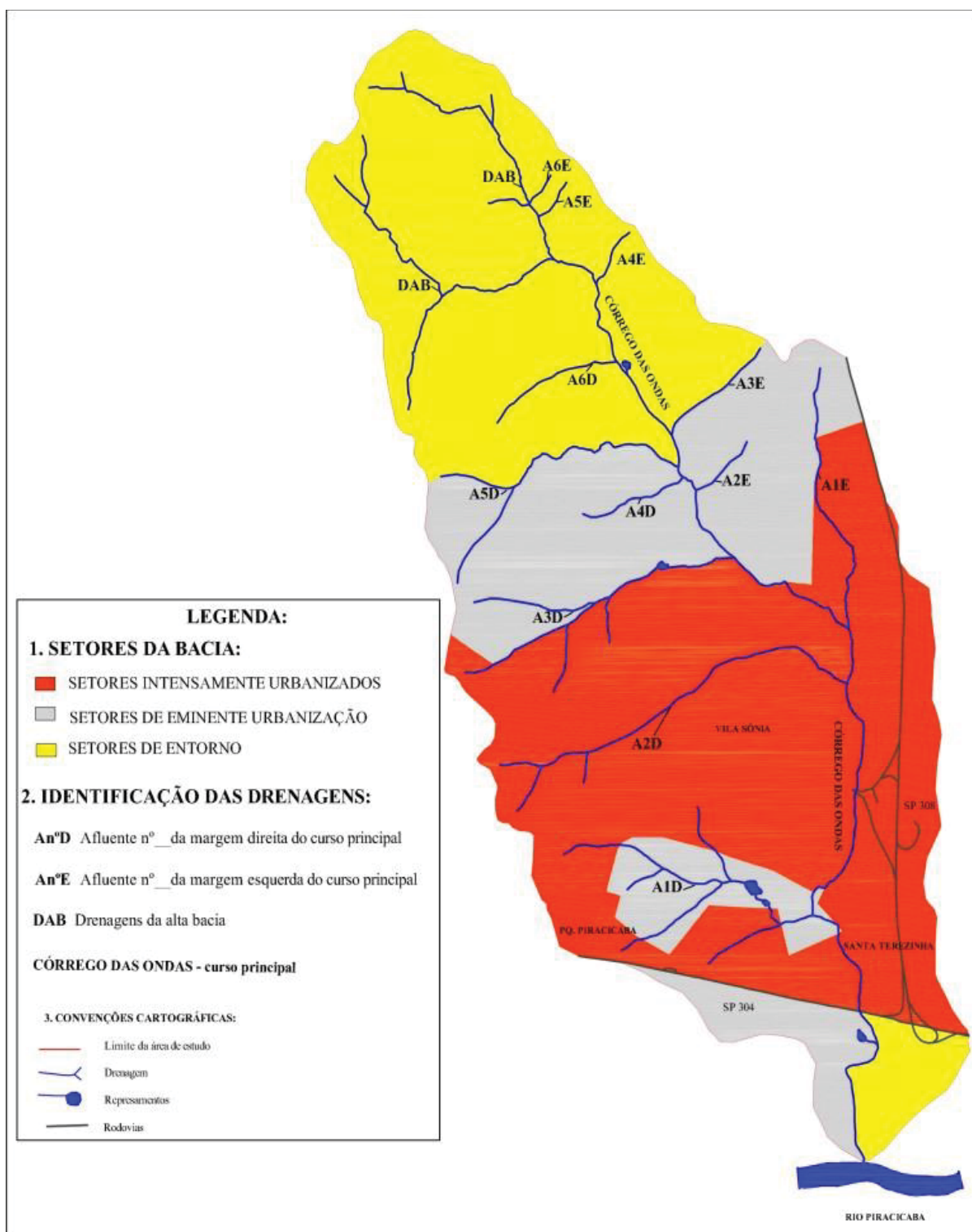
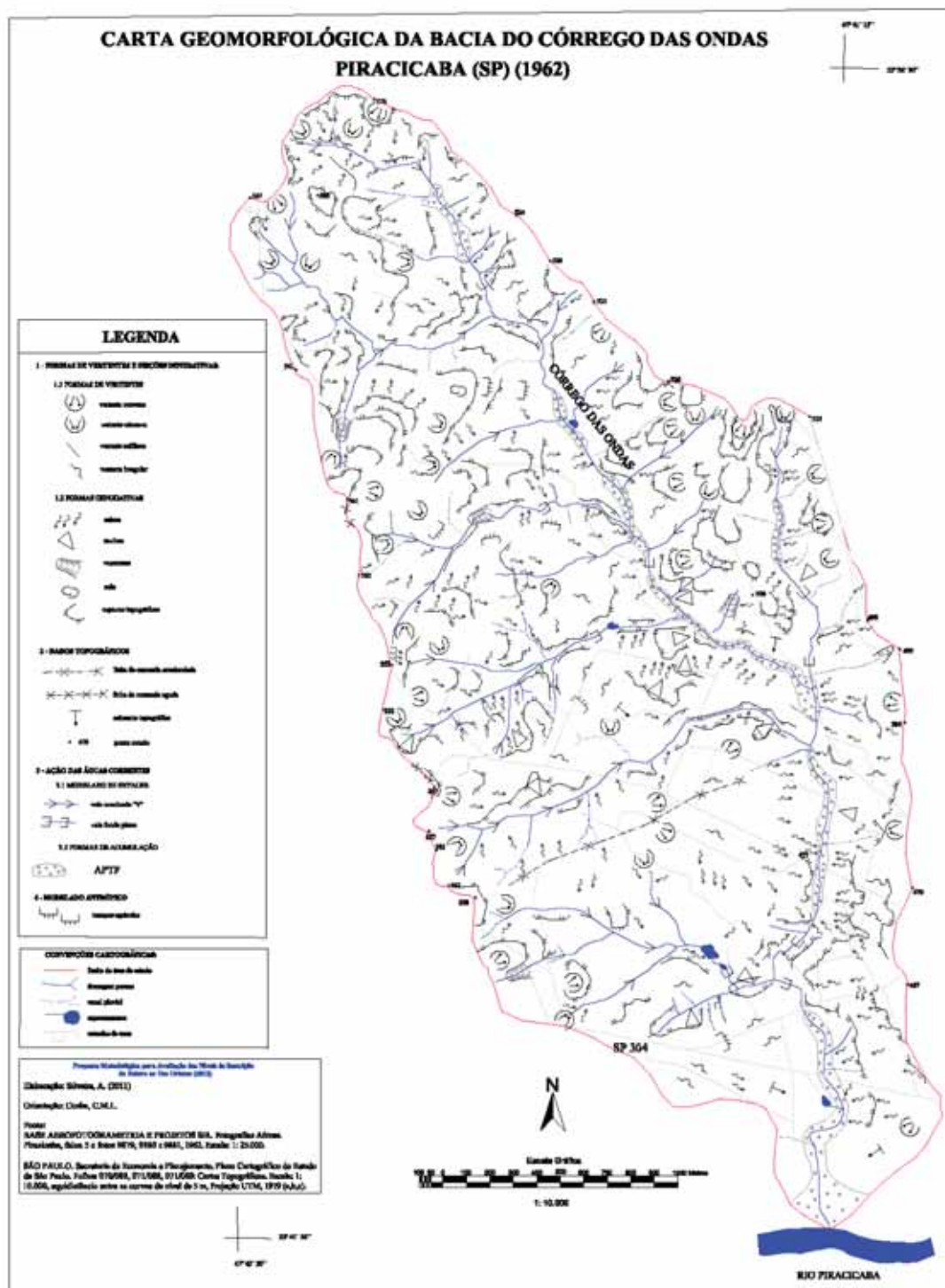


Figura 24: Setores frente ao processo de urbanização da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP).

Organização: Silveira (2012)

Fonte: Cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra (Figuras 21, 22 e 23).



C:\Users\Seven\Desktop\Meus Documentos\projeto doc\tese_defesa\cartas doutorado oficiais\geomorfologicas\1962\Alt carta geomorfologica_19

Figura 25: Carta Geomorfológica da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 1962).



Figura 29: Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais da Bacia do Córrego das Ondas - Piracicaba (SP) (cenário 2005).

Com base na carta de Cobertura Natural e Uso da Terra do cenário 1962 (Figura 21), pôde-se observar que o processo de ocupação urbana para o setor atualmente tratado como “Intensamente Urbanizado” (Figura 24) ainda era, naquela oportunidade, predominantemente ocupadas por áreas agrícolas. Destaca-se para este cenário o predomínio da monocultura canavieira; no entanto, na margem esquerda do curso principal, entre a SP-304 e a estrada do Boiadeiro (na transversal, a rotatória da SP-308), local onde veio a se instalar o bairro Santa Terezinha, já notava-se a presença de modestos arruamentos de terra com pastagens, solos expostos e áreas construídas. Trata-se assim, neste contexto, de um cenário de “pré-urbanização”.

Para o ano de 1978 (Figura 22), a urbanização se manifesta na fase de “construção do urbano”. Os topos e vertentes da margem esquerda da baixa e média bacia do Córrego das Ondas, assim como os interflúvios dos afluentes 1, 2 e 3 da margem direita do curso principal (A1D, A2D e A3D, figura 24), passam a ser ocupados. O cenário outrora observado, com o predomínio da cana-de-açúcar (1962, Figura 21), passa a ter expansão da pastagem, associada a arruamentos de terra com áreas urbanizadas, cobertura herbácea urbana e peri-urbana e solos expostos. Destaque é dado ao papel das rodovias SP-304 (Piracicaba–São Pedro) e SP-308 (Piracicaba–Charqueada), que contribuíram como eixos condutores da urbanização do vetor noroeste e atualmente têm papel fundamental no deslocamento e transporte de pessoas que residem nos bairros Vila Sônia, Parque Piracicaba e Santa Terezinha.

O primeiro bairro predomina nos interflúvios entre os afluentes A1D, A2D e A3D, enquanto parte do segundo ocupa áreas de nascentes do afluente 1 da margem direita do curso principal (A1D). Os topos e vertentes da margem esquerda do curso principal (baixa e média bacia), assim como topos e vertentes da bacia do afluente 1 da margem esquerda do curso principal (A1E), são urbanizados pelo bairro Santa Terezinha. Este cenário retratado de ocupação urbana pode ser observado na carta de Cobertura Natural e Uso da Terra (2005, Figura 23), que apresenta um cenário de “desenvolvimento do urbano”.

Este processo de ocupação veio a transgredir a Lei Lehmann (BRASIL, 1979) e a Lei Complementar Municipal 204/2007 (PIRACICABA, 2007), no que tange a restrição à implementação de espaços urbanos em terrenos com declividade igual ou superior a 30%. Este processo de ocupação pode ser observado inicialmente na Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais no cenário 1978 (Figura 28), ao passo que, no cenário 2005 (Figura 29), pode-se visualizar nitidamente esta ocupação urbana em áreas das altas

vertentes das bacias vinculadas aos afluentes A1D, A2D e A3D, que apresentam declividade igual ou acima de 30%.

Os interflúvios entre os afluentes mencionados (A1D, A2D e A3D), densamente ocupados atualmente pelo bairro Vila Sônia, podem ser destacados no contexto geomorfológico, a partir da análise comparativa das Cartas Geomorfológicas em diferentes cenários (1962, 1978 e 2005), demonstrando as interferências promovidas pela ação humana.

Para o cenário de 1962 (Figura 25), conforme mencionado, a monocultura canavieira, sem a presença de práticas conservacionista (como terraceamentos), dominava os interflúvios predominantemente convexizados. Tais áreas, sobretudo nas médias e baixas vertentes, estavam com a marcante presença de rupturas topográficas associadas a sulcos erosivos e ravinamentos. Destaca-se o acúmulo de rupturas topográficas, sulcos erosivos e ravinas no interflúvio entre o curso principal e o afluente A3D. Este cenário pode ser tratado como um contexto de “pré-urbanização” (Figura 30a).

Para o cenário de 1978 (Figura 26), observa-se uma aparente redução no número de sulcos erosivos e ravinamentos, fato que pode estar associado à mudança no uso da terra com a expansão da urbanização e das pastagens. No entanto, ainda registra-se a presença marcante de rupturas topográficas e sulcos erosivos, com destaque para as vertentes do médio curso do afluente A2D, em local caracterizado como “construção do urbano”, com arruamentos de terra preenchidos por solo exposto e cobertura herbácea urbana e peri-urbana, os quais são dominados por sulcos erosivos (Figura 30b).

No cenário 2005 (Figura 30c), marcado pelo período de “desenvolvimento do urbano”, as rupturas topográficas e sulcos erosivos se restringem às bordas urbanas. Fato marcante condiz como a canalização dos cursos fluviais como, por exemplo, a canalização total do afluente A2D, que inclusive, em seu baixo curso, também foi desviado de seu leito original, o qual se encontra aterrado e ocupado pela urbanização (Figura 30c).

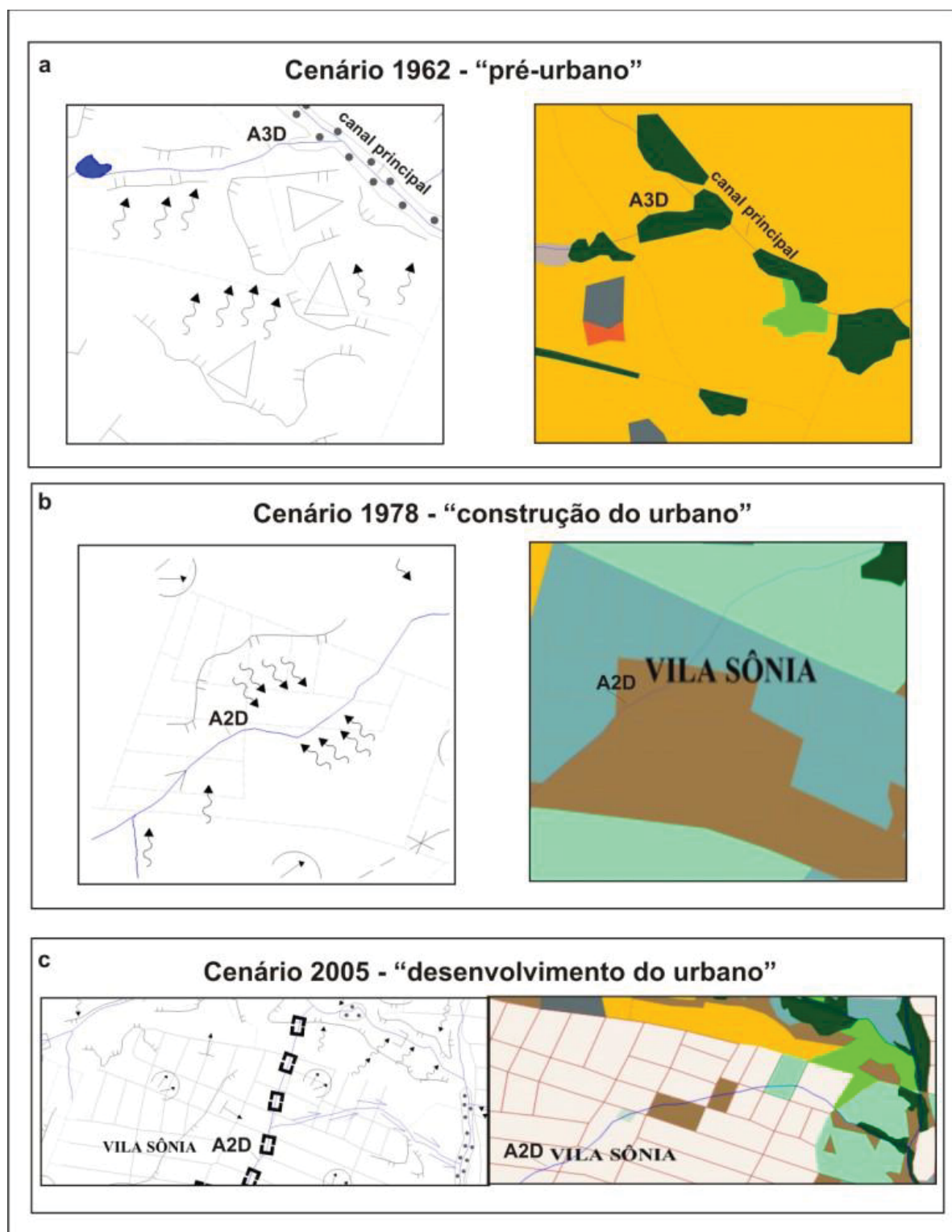


Figura 30 (a,b,c): Exemplos de diferentes áreas pertencentes ao setor de “Intensa Urbanização”. Cenários distintos de períodos “pré-urbanos” (1962), “construção do urbano” (1978) e “desenvolvimento do urbano” (2005). As legendas encontram-se nas Figuras 21 a 27.

Fonte: Cartas Geomorfológicas e Cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra (cenários 1962, 1978 e 2005).

Organização: Silveira (2012).

As áreas identificadas como “Intensamente Urbanizadas” (Figura 24), posicionadas nos topos e vertentes do afluente A1E, também merecem apontamentos frente ao quadro geomorfológico e as ações antrópicas. As vertentes que drenam em direção a esse curso fluvial, muito embora registrem classes baixas de energia do relevo (“fraca” e “média”), sofrem processos erosivos lineares que resultam em sulcos erosivos e ravinamentos, em terras ocupadas pela cana-de-açúcar, como pode ser visto nos cenários de 1962 e 1978 das cartas Geomorfológicas. Já no cenário de 2005, marcado pela urbanização, as formas erosivas não se registram com a intensidade observada em cenários pretéritos, no entanto, a canalização fluvial é registro marcante (Figura 31).

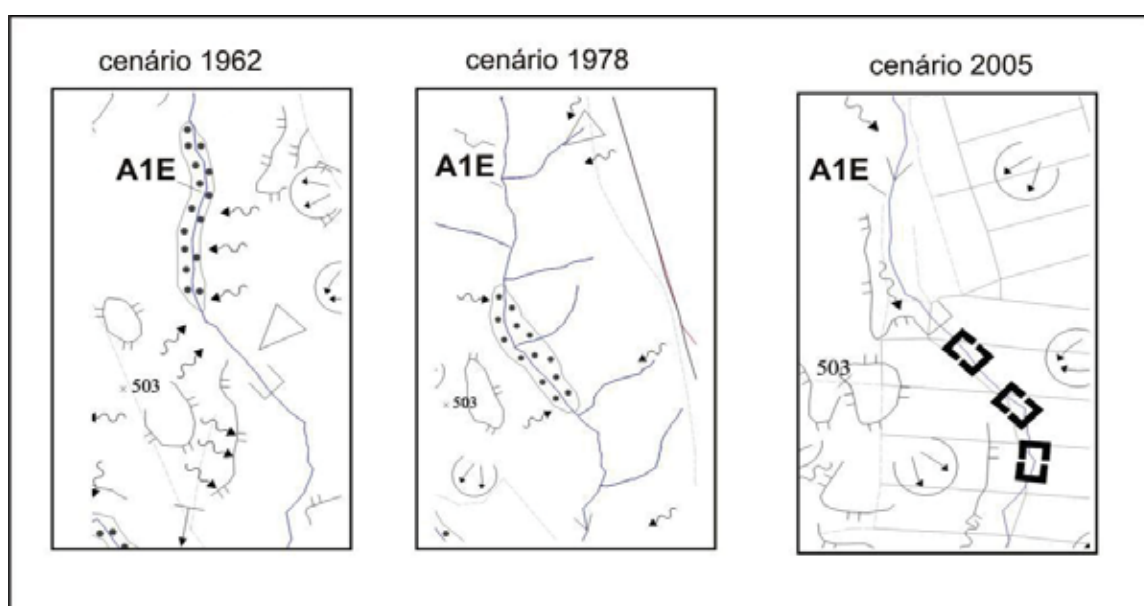


Figura 31: Alteração no contexto geomorfológico com destaque para a canalização do afluente A1E. As legendas encontram-se nas Figuras 25, 26 e 27.

Fonte: Cartas Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 e 2005).

Organização: Silveira (2012).

A Figura 32 e as Fotos de 29 a 33 registram a sequência de canalizações do afluente A1E e do canal principal do Córrego das Ondas, associadas às áreas de planícies e terraços fluviais (APTF), com acúmulo de material no leito do canal fluvial. Estas áreas de marcante acúmulo de material podem estar associadas às interferências promovidas por obras de engenharia (canalizações fluviais), pois reduzem a energia da água para transporte de sedimentos, fazendo com que os mesmos se acumulem nas margens dos canais, constituindo-se planícies de deposição.

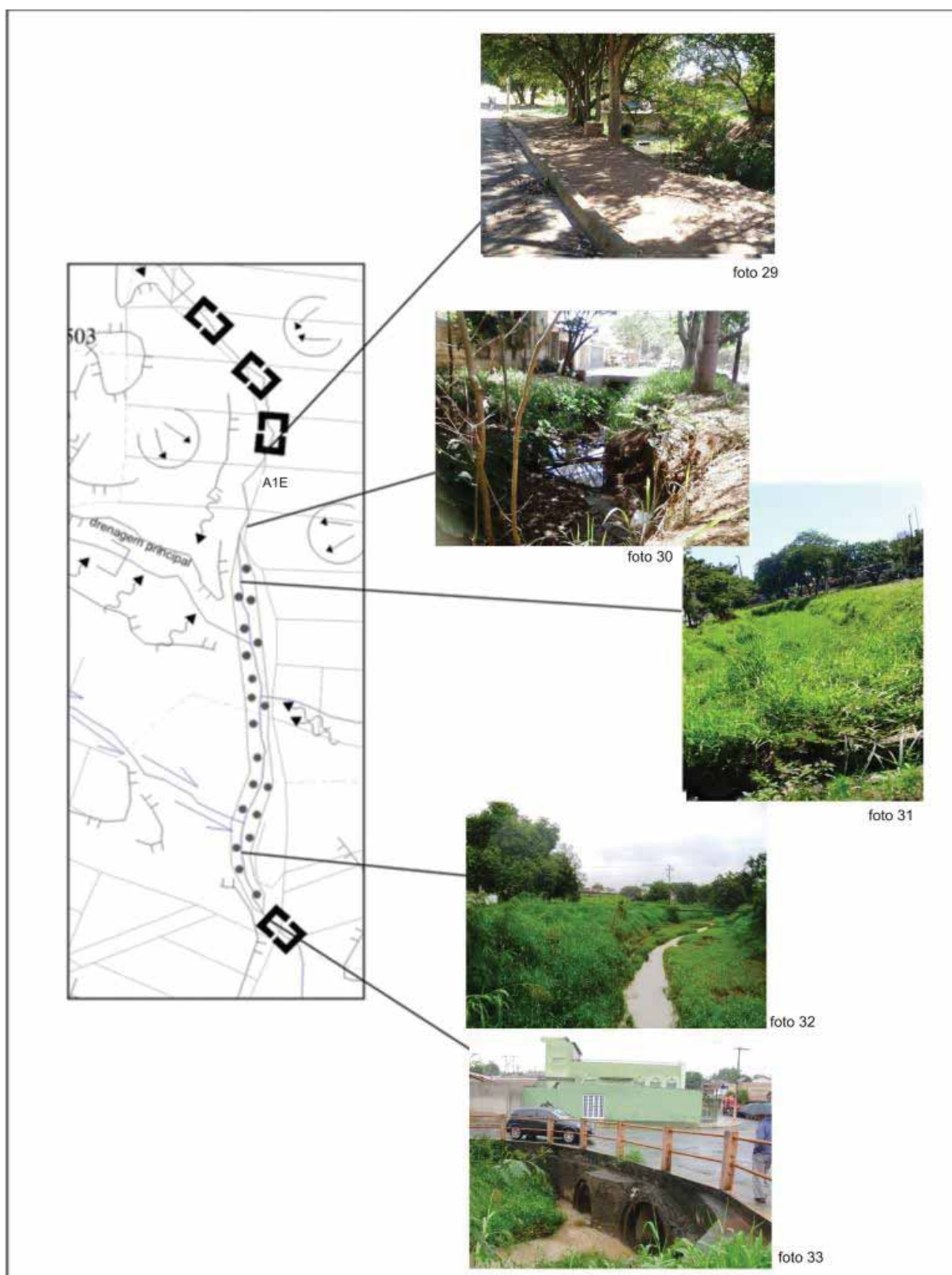


Figura 32: Canalização e áreas de APTF. A legenda encontra-se na Figura 27.

Fonte: Carta Geomorfológica (cenários 2005).

Organização: Silveira (2012).

De montante para jusante, as fotos representam, sequencialmente: o término de um setor de canalização do afluente A1E (Foto 29); residências ocupando áreas de APP do afluente A1E e em frente às residências, o canal de drenagem do afluente A1E (Foto 30); áreas de APTF (Fotos 31 e 32) e; nova canalização no curso principal do Córrego das Ondas (Foto 33).

É importante observar que, no processo de urbanização do setor considerado como “Intensamente Urbanizado”, a prática de canalização foi recorrente e podem ser pontuadas em diferentes áreas da bacia do Córrego das Ondas, como aponta a carta Geomorfológica (Figura 27). Constatações em campo mostram que, muitas vezes, estas canalizações, não suportam a energia da água, sobretudo quando as condições atmosféricas denotam elevados índices pluviométricos e elevam a vazão do curso fluvial. Isso demonstra que a canalização realizada não considerou o aumento da vazão e que estas obras de engenharia comportam-se como verdadeiros “barramentos” das águas correntes e “estranguladores” do canal de drenagem.

Em tempos de verão, com elevadas precipitações e consequente aumento da vazão, criam-se condições para que as águas fluviais danifiquem estas obras de engenharia (Foto 34). Além disso, como há dificuldade de descarga, as águas também passam a ocupar as margens fluviais, potencializando o depósito. Já na estação seca, com a redução da vazão, a energia das águas também se reduz. A canalização contribui para esta redução, propiciando o depósito de materiais nas planícies fluviais, bem como o assoreamento do canal.



Foto 34: Danificação em obras de canalização do curso principal do córrego das Ondas (baixa bacia) após evento chuvoso (verão de 2012). Autor: Silveira (2012).

Dessa forma, nas áreas densamente urbanizadas, há uma visível alteração do hidrograma promovido pela impermeabilização urbana associada a obras de canalização fluvial. Os momentos de elevados índices pluviométricos possibilitam o escoamento torrencial, propiciando a destruição das galerias e o extravasamento do canal regular (potencializando o depósito), ao passo que na estação seca, possibilitam a redução da energia do escoamento do canal fluvial, potencializando o depósito.

Quanto às áreas de “Eminente Urbanização” (Figura 24), destacam-se aquelas localizadas nos interflúvios dos afluentes 3, 4 e 5 da margem direita do curso principal (A3D, A4D e A5D) e nos interflúvios dos afluentes 1, 2 e 3 da margem esquerda do curso principal (A1E, A2E e A3E). As Cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra (1962, 1978 e 2005) demonstram o predomínio da monocultura canavieira e em menor proporção de pastagens, não registrando uma dinâmica de intensa modificação do uso e ocupação. No entanto, é importante destacar que expressivas áreas de limite com áreas de “Intensa Urbanização” vêm registrando recentemente usos predominantemente de pastagens, conforme observação em campo.

Assim, o uso e ocupação da terra é marcado pelo intenso pisoteio do gado em áreas de pastagens, que contribui para formação de caminhos em direção aos cursos fluviais, assim como, pelo manejo histórico e anual de safra e entressafra canavieira, que resulta em uma intensa dinâmica de manuseio do solo. Além disso, os materiais inconsolidados sujeitos a essa dinâmica de uso sofrem as interferências das águas pluviais, visto que as condições climáticas existentes são marcadas por duas estações bem definidas (verões quentes e úmidos e invernos secos e amenos), salvo em anos de excepcionalidade (atípicos).

Tais fatores podem ser atribuídos como dinamizadores dos processos denudativos, registrados tanto nos interflúvios da margem esquerda do curso principal (A1E, A2E e A3E) como nos interflúvios da margem direita do curso principal (A3D, A4D e A5D). As cartas Geomorfológicas elaboradas para os anos de 1962, 1978 e 2005 registram formas denudativas associadas a rupturas topográficas, sulcos erosivos, ravinamentos e voçorocamentos. A Figura 33 aponta estas feições denudacionais.

Observa-se que os cenários de 1962 e 1978 registram um voçorocamento no afluente A5D. Em 2005, este voçorocamento encontra-se em estágio de ravinamento, o que indica o manejo do solo desta área. No entanto, no cenário de 2005, muito embora não registre

voçorocamentos, o número de ravinamentos encontrados supera os cenários anteriores (destaque aos círculos vermelhos).

O mesmo fato ocorre para o setor de vertente da margem esquerda do curso principal, como também indicado na Figura 33. Os cenários de 1962 e 1978 apontam a existência de um voçorocamento, ao passo que, no cenário de 2005, este voçorocamento encontra-se como forma erosiva linear de ravinamento (destaque aos círculos vermelhos). Contudo, é fato observado que o número de sulcos erosivos distribuídos pela área também aumentou quando comparado aos cenários de 1962 e 1978. Estas áreas de elevado registro de feições denudativas e de intenso manejo dos materiais inconsolidados pelo cultivo canavieiro e, mais recentemente, pela pastagem, vêm sendo ocupadas por loteamentos urbanos, caracterizando-se como áreas de “Eminente Urbanização”.

Os setores compreendidos como “Entorno” à urbanização (Figura 24) estão, em sua maioria, concentrados na média e alta bacia do Córrego das Ondas, estando em contato com o setor anteriormente exemplificado como de “Eminente Urbanização”. Muito embora tenha o domínio do uso agrícola, a área apresenta conexão com as áreas em processo de urbanização e urbanizadas, fato que as caracterizam como áreas de “pré-urbanização”.

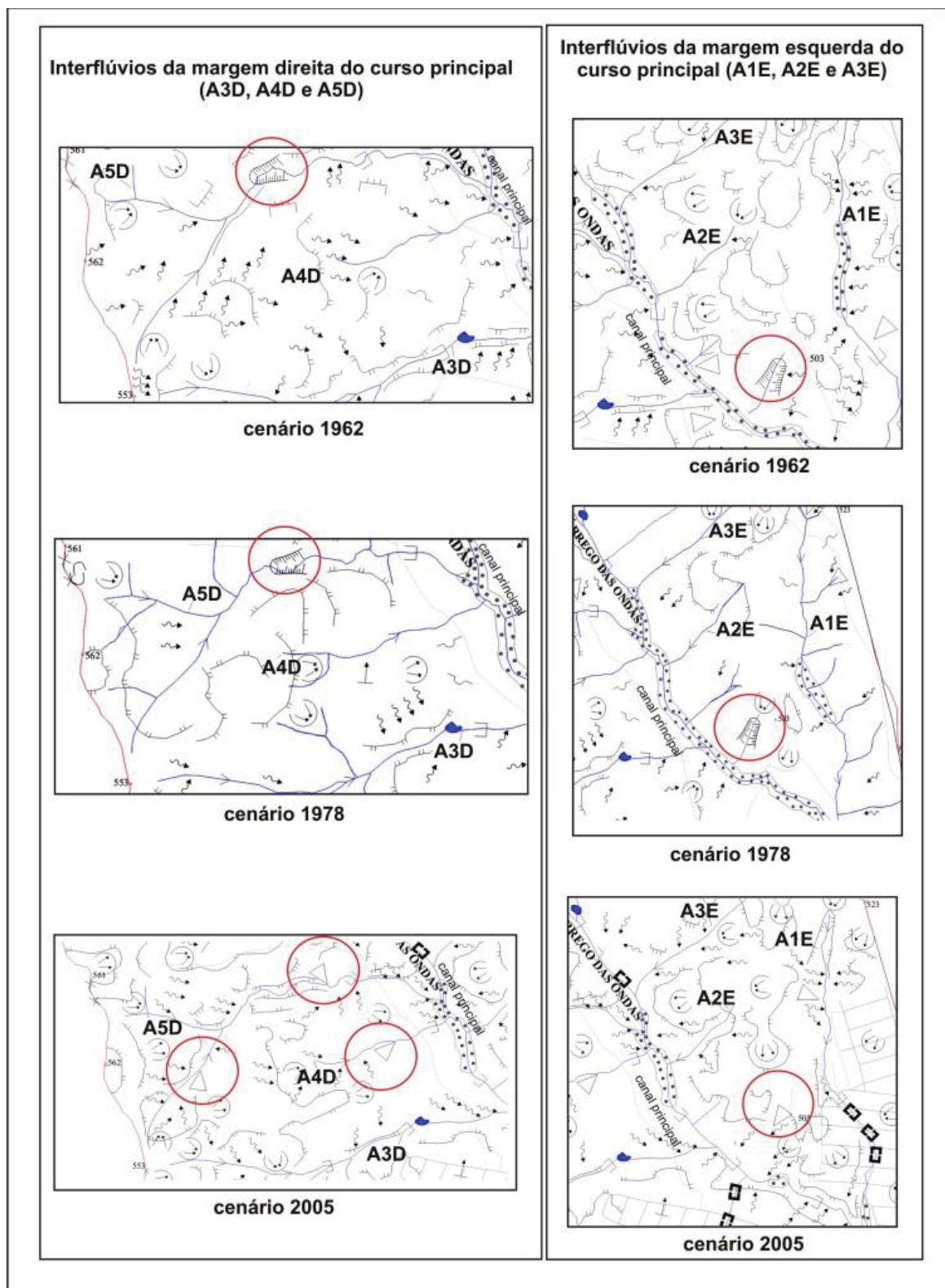


Figura 33: Setor de “Eminente Urbanização” com feições denudativas em áreas de domínio histórico da cana-de-açúcar e recentemente da pastagem. As legendas encontram-se nas Figuras 25, 26 e 27.

Fonte: Cartas Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 e 2005).

Organização: Silveira (2012).

Os cenários de uso e ocupação da terra mapeados (1962, 1978 e 2005) indicam que, tradicionalmente, este setor da bacia do Córrego das Ondas é ocupado predominantemente para a monocultura canavieira. Salvo uma vertente da margem esquerda do curso principal, que acusou no cenário de 1978 um fragmento considerável de pastagens, a área fica caracterizada pelo predomínio do cultivo canavieiro.

Nos trabalhos de campo, foi possível observar que a área apresenta pequenas e médias propriedades. Pela tradição regional histórica vinculada à cana-de-açúcar, comumente registram-se casos de proprietários que arrendam suas terras para usinas sucroalcooleiras. Quando os valores são compensatórios, arrendam as propriedades. Já em situação inversa, quando o valor é baixo, a primeira alternativa é a pastagem. Esta área da média e alta bacia do Córrego das Ondas fica muito próxima à Usina Costa Pinto, antiga sede do grupo Raízen (antiga COSAN). A área apresenta uma malha de estradas de terra, na qual circulam muitos caminhões de escoamento da cana produzida.

Assim, o cenário observado no setor de “Entorno” da média e alta bacia do Córrego das Ondas demonstra que as vertentes e interflúvios convexizados estão e estiveram historicamente ocupados pela cana-de-açúcar e pastagem. Mesmo que a dinâmica de uso não seja intensa, a cana-de-açúcar, que muitas vezes se reveza com a pastagem, apresenta uma dinâmica de mobilidade dos solos intensa. Os períodos de safra e entressafra são acompanhados da aragem dos solos, muitas vezes com a calagem e fertilização desses, com o plantio, com a irrigação, muitas vezes com a queima da cana, com o corte e remoção do produto. Trata-se, assim, de uma dinâmica anual de extrema intensidade do manejo do solo.

Este intenso manejo derivado da ação humana promove uma dinâmica geomorfológica anual e também histórica efetiva, conforme pode ser constatado nas cartas Geomorfológicas dos cenários 1962, 1978 e 2005. A Figura 34 ilustra o contexto citado. Em todos os cenários, registram-se vertentes com escalonadas rupturas topográficas, que estão interpenetradas por número expressivo de sulcos erosivos, ravinamentos e voçorocamentos. Em tais vertentes, também se registram terraços agrícolas que indicam a tentativa de conter a perda de solos tanto de forma linear quanto de forma areolar (destaque para orientação das setas vermelhas na Figura 34).

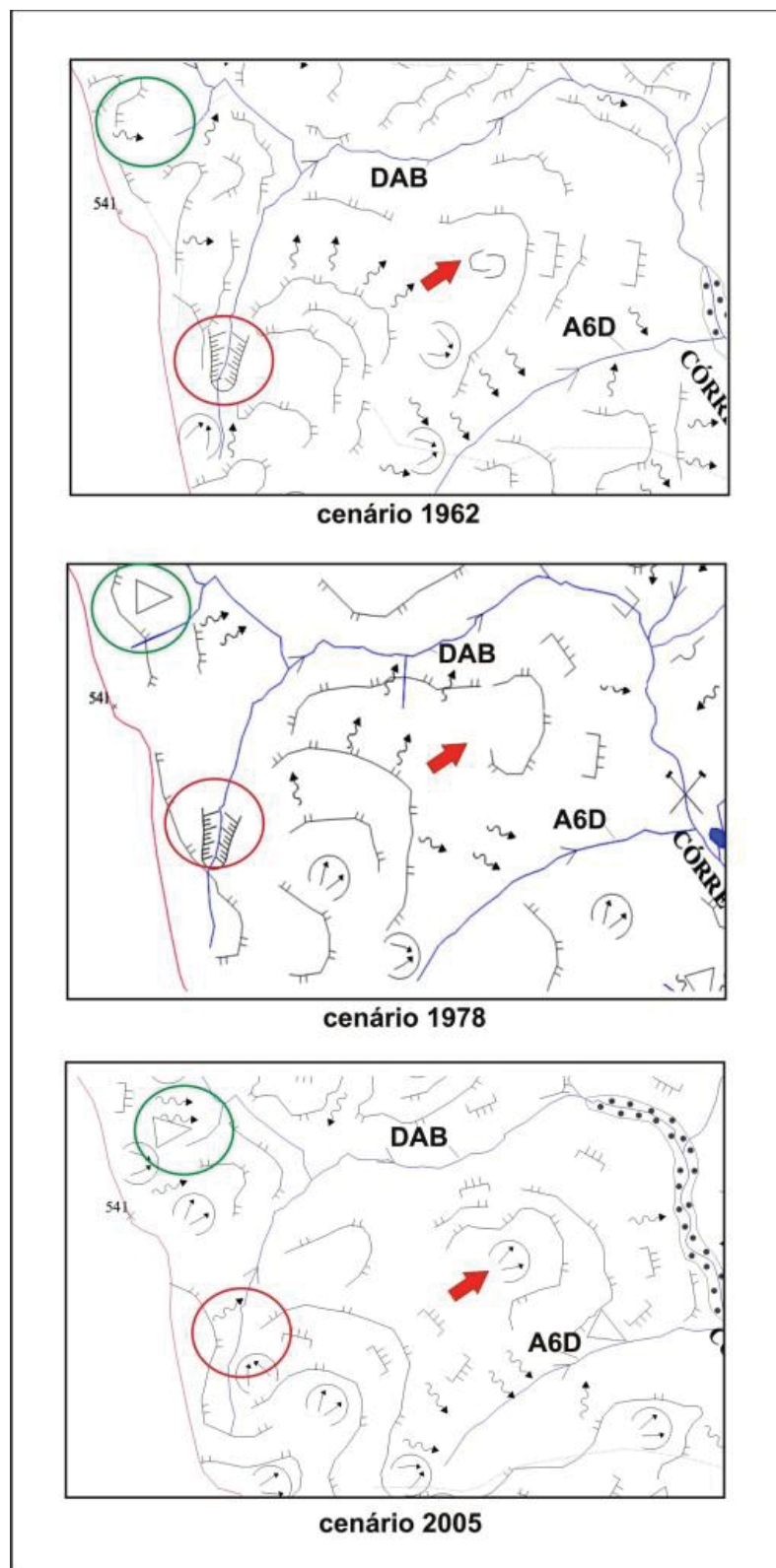


Figura 34: Setor de “Entorno” à urbanização com feições denudativas em cenários de tradicional ocupação canavieira e, em menor extensão, de pastagens. A legenda encontra-se nas Figuras 25, 26 e 27.

Fonte: Cartas Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 e 2005).

Organização: Silveira (2012).

Nos cenários de 1962 e 1978, destaca-se o registro de um voçorocamento na alta bacia (DAB), que não é registrado no cenário de 2005, mas sim um sulco erosivo (destaque para os círculos vermelhos na Figura 34). Trata-se, portanto, de um processo de regressão da feição denudativa. No entanto, um processo progressivo também pode ser encontrado. Condiz com um sulco erosivo registrado na alta bacia (DAB) em 1962 que evoluiu para um ravinamento, o qual pode ser visto nos cenários de 1978 e 2005 (destaque para os círculos verdes na Figura 34). Observa-se, ainda, comparando os cenários mapeados, a intensa mudança de posição das rupturas topográficas e sulcos erosivos, contudo, os mesmos não deixam de existir.

As mudanças de posição de rupturas e sulcos erosivos, assim como a regressão e evolução dos processos erosivos, associam-se à intensa mobilidade dos solos pelo uso e ocupação canavieira. Nitidamente, trata-se de uma área com uma dinâmica geomorfológica ativa, a qual vem se desenvolvendo há um tempo significativo e permanente. Além disso, muito embora as cartas Geomorfológicas não apontem de forma explícita a erosão areolar, sabe-se que as áreas de canaviais também apresentam estes processos. As evidências desta permanente perda de materiais inconsolidados superficiais nas vertentes ficam marcadas nos apontamentos dos fundos de vale das Cartas Geomorfológicas. O canal principal do Córrego das Ondas, sobretudo, encontra-se em grande parte de sua extensão com fundo plano, quando não, com registros de APTF.

Mesmo com estas evidências de processos denudativos e de deposição marcadas nos diferentes cenários mapeados, observa-se um pequeno aumento das matas ciliares na Carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais, cenário 2005. No entanto, destaque deve ser dado às transgressões à legislação que resguarda as áreas destinadas a APPs ao redor das nascentes. Para todos os cenários mapeados, registram-se nas cabeceiras de drenagens bacia do Córrego das Ondas a ausência pronunciada de matas ciliares, tanto por pressões exercidas pela agricultura (cana-de-açúcar e pastagem), como também pela urbanização.

Nestes termos, procurou-se até o presente momento, a partir da leitura dos documentos cartográficos produzidos, analisar a fragilidade do meio físico e as interferências decorrentes da ação antropogênica na bacia do Córrego das Ondas. Retoma-se alguns dos principais aspectos levantados, que serão fundamentais para a análise a seguir a qual tratará propriamente dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano:

- A carta de Materiais Inconsolidados (Figura 15) identificou e caracterizou (espessura, granulometria, coloração e permeabilidade) os materiais derivados das fácies avermelhadas e

acinzentadas da Formação Corumbataí e, em menor extensão, derivados da Formação Serra Geral. Os materiais inconsolidados da facie avermelhada posicionam-se no setor oeste da alta, média e baixa bacia, ao passo que os materiais derivados da facie acinzentada concentram-se na média e baixa bacia leste;

- A carta de Energia do Relevo (Figura 16), mediante integração das cartas de Declividade ou Clinográfica (Figura 17), Dissecção Horizontal (Figura 18) e Dissecção Vertical (Figura 19), possibilitou a identificação de áreas com potencial morfométrico ao desencadeamento de processos morfológicos. As áreas mais dissecadas, identificadas com classes de energia do relevo elevadas, concentram-se na porção oeste e alta bacia. Tais áreas também correspondem às áreas com número elevado de drenagens (margem direita do curso principal). Já as áreas identificadas com classes de energia do relevo mais baixas, correspondem às áreas da baixa e média bacia leste que se caracterizam como setores menos adensados de drenagens (margem esquerda do curso principal);

- As variáveis materiais inconsolidados, morfometria e formações geológicas foram reunidas na organização da carta de Fragilidade do Meio Físico (Figura 14). Os dados encontrados nos documentos cartográficos apresentados (Figuras 9, 15 e 16) estiveram submetidos a uma hierarquização do grau de fragilidade mediante características apresentadas. Esta hierarquia possibilitou a definição de 16 áreas, as quais estão classificadas em fragilidade do meio físico *fraca, média, forte e muito forte*;

- As cartas de Cobertura Vegetal e Uso da Terra (Figuras 21, 22 e 23), Geomorfológicas (Figuras 25, 26 e 27) e de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (Figuras 28 e 29) contribuíram para a análise histórica das interferências promovidas, bem como das consequências derivadas das ações antropogênicas no meio físico;

- A partir da análise das Cartas de Cobertura Natural e Uso da Terra (cenários 1962, 1978 e 2005), observa-se que a dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia do Córrego das Ondas está associada à monocultura canavieira, à pastagem e à urbanização. Diante deste retrato histórico, foi possível identificar três grandes setores frente ao processo atual de urbanização na bacia: “Setores Intensamente Urbanizados”, “Setores de Eminente Urbanização” e “Setores de Entorno”;

- O cultivo da cana-de-açúcar resulta em uma dinâmica de mobilidade dos materiais inconsolidados intensa. Revezando em algumas áreas com a pastagem, o pisoteio do gado,

bem como o manejo histórico de safra e entressafra canavieira, são acompanhados, conforme demonstram as cartas Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 e 2005), pela presença de formas erosivas;

- Em todos os cenários das cartas Geomorfológicas foram registradas vertentes com escalonadas rupturas topográficas, que estão associadas a expressivo número de formas denudativas (sulcos erosivos, ravinamentos e voçorocamentos). Tais vertentes também são ocupadas por terraços agrícolas que indicam a tentativa de conter a perda de solos, tanto de forma linear quanto de forma areolar;
- Nos cenários da urbanização, as formas erosivas não são registradas de forma tão intensa como em cenários agrícolas antecedentes, no entanto, concentram-se nas bordas urbanas e nos estágios de “Eminente Urbanização”. A canalização fluvial passa a ser registro marcante. Observa-se uma sequência de canalizações com acúmulo de material na planície e no leito do canal fluvial. Estas áreas de marcante acúmulo de material podem estar associadas às interferências promovidas pelas mencionadas obras de engenharia;
- Conforme observado nas Cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (cenários 1978 e 2005), os 30 metros de faixas marginais de matas ciliares (APPs), bem como os 50 metros ao redor das nascentes, garantidas pela legislação, não vêm sendo respeitados. No entanto, o cenário de 2005 apresenta um aumento modesto destas faixas marginais;
- a carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano foi organizada com base na integração dos dados registrados nas cartas de Fragilidade do Meio Físico, de Cobertura Natural e Uso da Terra (cenários 1962, 1978 e 2005), Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 e 2005) e de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (2005).

Assim, a ***carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano (figura 13, p. 100)*** identifica áreas de menor para maior restrição a ocupação urbana, a partir de uma hierarquia expressa por meio de números romanos, os quais estão agrupados nos níveis *fraco*, *moderado*, *severo*, *muito severo* e *legal*. O agrupamento de dados que levaram à definição desta hierarquia pode ser vista no Quadro 8 da página 73.

As áreas mapeadas com nível de restrição do relevo ao uso urbano *fraco* caracterizam-se por apresentar classe fragilidade do meio físico fraca (I a IV). Dessa forma, os fatores que levaram a definição hierárquica estiveram principalmente vinculados à dinâmica de uso e

ocupação da terra, como ilustram as áreas II e IV. A primeira (II), alojada na média bacia leste, é marcada pelo uso vinculado à cana-de-açúcar (até o cenário de 1978), o qual fora substituído pela pastagem (cenário 2005). Tal área também fora caracterizada como setor de “Eminente Urbanização” (Figura 24, p. 123), fato que ilustra o frequente uso da terra em bordas urbanas, a partir da mudança do tradicional uso canavieiro para a pastagem. Já a segunda (IV), tratada como área de “Entorno”, posicionada na alta bacia (Foto 24, p. 114), apresentou o uso permanente canavieiro em todos os cenários (1962, 1978 e 2005).

No posicionamento hierárquico dessas áreas identificadas, considerou-se o uso contínuo de cana-de-açúcar mais impactante que a pastagem. Mesmo sabendo que a área IV apresenta materiais inconsolidados derivados do corpo intrusivo da Formação Serra Geral e que a energia do relevo registra classes baixas, a dinâmica de uso fora preponderante na hierarquia estabelecida, principalmente quando associada a décadas de safras e entressafras. A Figura 34 (p. 139) ilustra o impacto canavieiro em diferentes cenários, registrando um número significativo de feições erosivas, as quais, muitas vezes, podem mudar de posição, dada a intensa mobilidade dos materiais inconsolidados, no entanto, não deixam de ser frequentes.

Este critério do impacto canavieiro também foi aplicado na hierarquização das áreas apontadas com nível de restrição do relevo ao uso urbano *moderado* (V a XIII). No entanto, diferentemente das áreas tratadas como nível *fraco*, estas apresentaram diferentes classes de fragilidade do meio físico, com destaque à classe média, mas também registrando-se pontualmente as classes fraca e forte. Dessa forma, tais dados foram associados à dinâmica de uso e ocupação, que podem ser exemplificadas pelas áreas VI, X e XIII.

As áreas VI e X, por apresentarem materiais inconsolidados homogêneos espessos da Formação Corumbataí e energia do relevo variando entre fraca a média, foram inseridas na classe média de fragilidade do meio físico. Dessa forma, para estes casos, o contexto do histórico de uso determinou o nível hierárquico nas quais foram enquadradas. A área VI (baixa bacia), enquadrada na Figura 24 como pertencente ao setor de “Eminente Urbanização”, apresenta a instalação do Residencial Parque das Águas, conforme ilustra a Foto 35; no entanto, o uso da pastagem predominou a partir do cenário de 1978, sendo antecedido por cana-de-açúcar (1962). A área X, que também apresenta fragilidade do meio físico média, instalada na alta bacia em setor de “Entorno” a urbanização, registrou em todos os cenários o tradicional uso da monocultura canavieira (1962, 1978 e 2005). Este levou ao seu posicionamento hierárquico no nível *moderado* de restrição do relevo ao uso urbano.



Foto 35: Residencial Parque das Águas em setor de “Eminente Urbanização” da baixa bacia oeste. Área com nível de restrição do relevo ao uso urbano *moderado* (VI).

Autor: Silveira (2013).

Já a área XIII, mesmo apresentando o uso de pastagem em 1962 e subsequente urbanização (1978), sem a presença da cana-de-açúcar nos cenários mapeados, foi classificada com base em sua fragilidade do meio físico. Esta área é composta de materiais inconsolidados homogêneos pouco espessos derivados da facie acinzentada da Formação Corumbataí. Conforme ilustrado nas Fotos 18 (p. 89) 20 (p. 105) e 27 (p. 116), mesmo em áreas com energia do relevo fraca a média, tais materiais pouco intemperizados mencionados determinaram a classificação de fragilidade do meio físico forte e, por consequência, inseriram-na como última área pertencente ao quadro hierárquico de áreas com nível de restrição do relevo ao uso urbano *moderado*.

Quando ocorrem áreas com as mesmas características dos materiais inconsolidados, derivados da facie acinzentada da Formação Corumbataí, classificadas com fragilidade do meio físico forte e muito forte, associadas a uso pretérito de cana-de-açúcar (ao menos até o cenário de 1978), a área foi classificada com nível de restrição ao uso urbano *severo*, como é o caso da área XVIII, instalada em setor “Intensamente Urbanizado” na média bacia leste. A Foto 36 evidencia este nível restritivo, o qual está diretamente associado à fragilidade do material inconsolidado. No entanto, como pode ser observado, as obras de engenharia urbana

vêm sendo executadas, com a construção de uma via pública que passará abaixo da duplicação da SP-308.



Foto 36: Obra de engenharia urbana construída em setor de “Eminente Urbanização” da média bacia leste. Área com nível de restrição do relevo ao uso urbano *severo* (XVIII).

Autor: Silveira (2013).

Dessa maneira, nas áreas com níveis de restrição do relevo ao uso urbano *severo*, predominam classes de fragilidade do meio físico forte e muito forte (da XV ao XXI), salvo na área XIV, com fragilidade média. Nesta área de “Intensa Urbanização” da média bacia oeste, o fator condicionante para sua definição hierárquica foram os sulcos erosivos registrados em cenários pretéritos, em momento em que se processava a urbanização (estágio de “construção do urbano”), conforme registra a Figura 30b (p. 131).

Destaca-se que as formas erosivas registradas nos cenários mapeados na carta Geomorfológica (1962, 1978 e 2005) foram condicionantes importantes na definição de diferentes áreas ocupadas por diversificados níveis de restrição. Justifica-se esta conduta por considerar que as formas erosivas, mesmo que sejam pretéritas, atuam como zonas de alta fragilidade, suscetíveis às retomadas erosivas a qualquer instante. Nestas áreas, a restrição à urbanização deverá ser *severa* ou até mesmo *muito severa*, a depender da fragilidade do meio físico verificada, conforme exemplificam as áreas XXIV e XXV, na Figura 35.

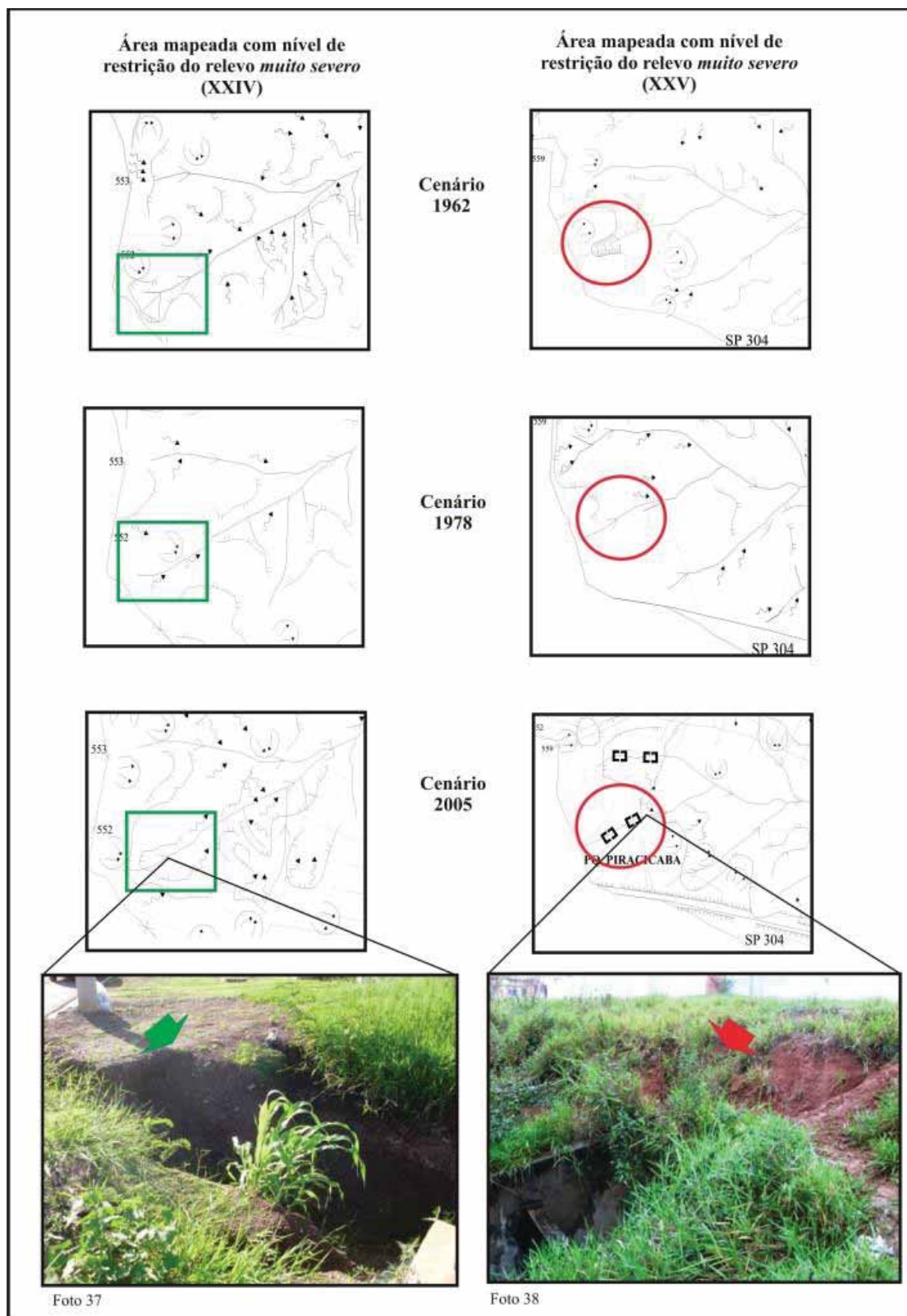


Figura 35: Setores “Intensamente Urbanizados” com retomadas erosivas em cabeceiras de drenagens evidenciadas nas fotos 37 e 38. Áreas XXIV e XXV mapeadas com nível de restrição do relevo ao uso urbano *muito severo*. A legenda encontra-se nas Figuras 25, 26 e 27.

Fonte: Cartas Geomorfológicas (cenários 1962, 1978 e 2005).

Organização: Silveira (2013).

Pode-se constatar que a área XXIV, posicionada na cabeceira da drenagem A3D em setor “Intensamente Urbanizado” da média bacia oeste (Figura 24), registra fragilidade do meio físico forte, bem como um ravinamento instalado no cenário de 1962 (Figura 35, ver quadrados verdes). Muito embora não se verifique a ravina no cenário de 1978, identifica-se a presença de sulcos erosivos, ao passo que, com a chegada da urbanização (cenário 2005), registra-se, a partir de observações em campo, a retomada erosiva demonstrada na Foto 37, instalada no contato do material inconsolidado com o arruamento (com canalização). Acrescenta-se, ainda, que esta drenagem, em seu baixo curso, apresenta obras de canalização, fato que, associado à intensa dinâmica de uso e ocupação (agrícola e urbano), podem ser os responsáveis pela erosão regressiva instalada, fruto da intervenção no nível de base local.

Na área XXV, também se observaram retomadas erosivas atuais. Instalada na média bacia oeste, a drenagem AD1, identificada como setor de “Intensa Urbanização” (Figura 24), registrou um voçorocamento no cenário de 1962 (Figura 35, ver círculos vermelhos) em áreas de classe de forte fragilidade do meio físico. No cenário de 1978, foi identificado um sulco erosivo, enquanto no cenário de 2005 esta forma erosiva deu lugar à canalização da drenagem. Em posição circundante e margeando as tubulações da drenagem canalizada, foi observada a retomada erosiva, conforme pode ser verificado na Foto 38.

Assim, as áreas XXIV e XXV exemplificam contextos de fragilidade do meio físico com classes elevadas que sofreram e vêm sofrendo uma intensa dinâmica de uso e ocupação associada, em um primeiro momento, à cana-de-açúcar e, sequencialmente, à intervenção urbana. Tais retomadas erosivas, verificadas em campo nestas áreas, reforçam a decisão de pontuar áreas com formas erosivas pretéritas e/ou atuais com níveis de restrição *severo* e *muito severo*. Haja vista que uma área marcada por feições denudativas derivadas de processos erosivos é uma área de permanente cuidado, sobretudo quando associadas ao escoamento fluvial e pluvial em áreas de fragilidade derivada das características dos materiais inconsolidados e do potencial morfométrico.

Conforme outrora mencionado, uma das práticas antrópicas recorrentes no setor de “Intensa Urbanização” (média bacia oeste) consiste na canalização dos cursos fluviais. Destaque também é dado à área XXIII, que apresenta fragilidade do meio físico média e forte com desvio do setor de baixo curso da drenagem original e canalização total da drenagem A2D, conforme ilustra a Figura 30c (p. 131). O setor do curso desviado foi mapeado com restrição muito severa, por se entender que esta obra de engenharia urbana foi realizada no

período de “construção do urbano”, haja vista as intensas formas erosivas registradas na carta Geomorfológica (cenário 1978) a poucos metros a montante do desvio antrópico do canal (Figura 30b, p. 131). Considera-se que esta área está sujeita a processos erosivos de subsuperfície, por ser uma área de compactação de materiais tecnogênicos, enquadrando-se no nível de restrição do relevo *muito severo*. Registra-se, a partir da Foto 39, que toda a drenagem canalizada e desviada é sobreposta pela urbanização.



Foto 39: Setor de “Intensa Urbanização” da média bacia oeste. Urbanização sobreposta à drenagem canalizada em área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *muito severo* (XXIII).

Autor: Silveira (2009).

Quanto aos depósitos tecnogênicos, destaque também é dado à área mapeada com nível *muito severo* XXVI. Situada na baixa bacia leste em setor de “Entorno” à urbanização, registra fragilidade do meio físico média a muito forte. Trata-se de uma área de intensa dinâmica de depósitos e compactação de materiais. Como exemplo, a Foto 40 registra a deposição de materiais inconsolidados derivados da facie acinzentada da Formação Corumbataí retirada do setor a montante na média bacia, conforme ilustrado na Foto 36 (p. 145), com a obra de construção e duplicação da SP-308. Além disso, vale também o registro de que, nesta área, vem sendo soterrada uma nascente pertencente à vertente da margem esquerda do córrego das Ondas. Nestes termos, nitidamente, estes materiais não estão sendo compactados de forma a receber qualquer construção urbana, colocando a área XXVI na categoria de nível de restrição do relevo à urbanização *muito severo*.



Foto 40: Setor de “Entorno” á urbanização da baixa bacia leste. Deposição de materiais inconsolidados derivados da facie acinzentada da Formação Corumbataí retirada de obra de construção de via e duplicação da SP-308 (Foto 35). Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *muito severo* (XXVI).

Autor: Silveira (2013).

Se na área XXVII ocorre um intenso processo de deposição de rejeitos das construções urbanas, a área XXII, disposta em restrito setor no extremo norte da alta bacia, comporta-se como fornecedora de matérias de construção, no caso a brita, derivada da exploração do corpo intrusivo de diabásio, conforme ilustra a Foto 41. Dado o impacto da retirada de material e consequente formação de cava, trata-se também de uma área de “Entorno” á urbanização enquadrada com nível de restrição do relevo *muito severo*.

Outra área relevante mapeada com nível de restrição *muito severo* condiz com os setores de acumulação fluvial (APTF), hierarquizada com o número romano XXVII. Estas áreas apresentam uma dinâmica intensa, relacionada diretamente com o comportamento dos setores de topo, vertentes e margens fluviais. Ou seja, perante um comportamento sistêmico, interdependem dos materiais existentes nestes setores, associados ao potencial morfométrico e dinâmica de uso e ocupação da terra, bem como do comportamento hidrológico.



Foto 41: Setor de “Entorno” à urbanização da alta bacia com mineração de diabásio. Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *muito severo* (XXII).

Autor: Silveira (2013).

Dessa forma, são áreas extremamente frágeis e suscetíveis a processos erosivos e deposicionais, as quais devem ser resguardadas por faixas de preservação de vegetação permanente (APPs). Diante dessas considerações, a carta de Restrição do Relevo ao Uso Urbano (Figura 13) considerou as áreas de APTF mapeadas em todos os cenários das cartas Geomorfológicas, as quais estão numeradas pelo numeral XXVII, indicadas com restrição *muito severa*, ao passo que o nível de restrição *legal*, considerou áreas a partir das legislações atualmente vigentes (XXVIII), para restrição à urbanização em faixas marginais de APP, entorno de cabeceiras de drenagens e áreas declivosas (maior ou igual a 30%).

Considera-se oportuno fazer alguns apontamentos sobre a Figura 36, a qual reúne imagens da alta bacia do Córrego das Ondas nas cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (cenários 1978 e 2005) e a carta de Restrição do Relevo ao Uso Urbano. O cenário de 1978 (Figura 28) foi organizado com base no “antigo” Código Florestal (Lei Federal 4.771/1965 e Resoluções CONAMA 302 e 303/2002), ao passo que a Figura 29 foi organizada com base no “novo” Código Florestal (Lei Federal 12.651/2012), bem como o nível de restrição *legal* da Figura 13.

Conforme já observado anteriormente, os 30 metros de faixas marginais de matas ciliares (APPs), bem como os 50 metros ao redor das nascentes, garantidas por ambas legislações, não vêm sendo respeitados. Mesmo assim, o cenário de 2005 apresenta um

pequeno aumento das faixas marginais de APP, como pode se observar na Figura 36. Já os setores de nascentes (setas amarelas, Figura 36) continuam sofrendo a pressão tanto das áreas rurais, como ilustra a Foto 42 em área canavieira da alta bacia (setor de “Entorno” á urbanização), bem como nos setores urbanos, conforme pode ser visto na Foto 43, posicionada na média bacia oeste (setor “Intensamente Urbanizado”).

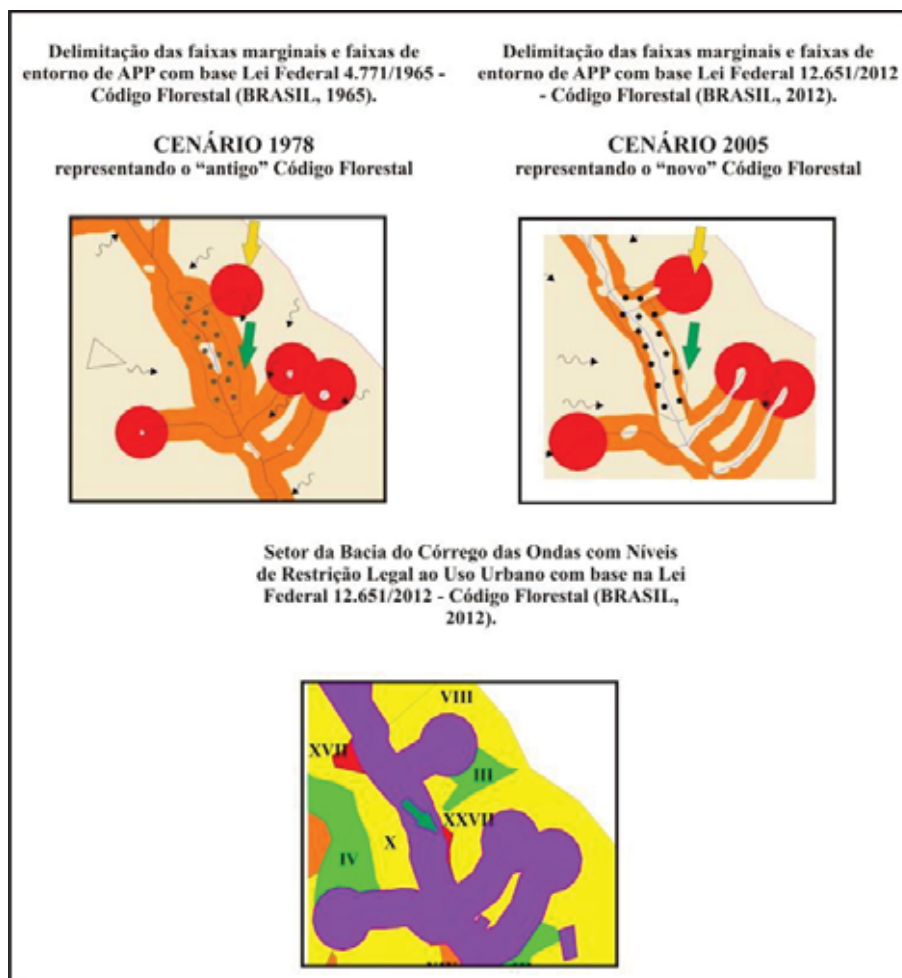


Figura 36: Áreas de APTF com níveis de restrição *muito severo* e parâmetros legais em cenários de 1978 e 2005. A legenda encontra-se nas Figuras 13, 28 e 29.

Fonte: Cartas de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (cenários 1978 e 2005) e carta de Níveis de Restrição ao Uso Urbano.

Organização: Silveira (2013).

Outro fator relevante a ser destacado refere-se ao posicionamento das faixas de APP nas legislações mencionadas, fato que compromete o resguardo das áreas de APTF. O “antigo” Código Florestal considera que a faixa marginal de APP deve ser preservada a partir do nível mais alto do canal fluvial, ou seja, a partir da APTF. Já o “novo” Código Florestal, considera que a faixa marginal de APP deve ser mantida a partir da borda da calha do leito

regular. Portanto, exclui a área de APTF, considerando que a mesma é externa ao leito regular.



Foto 42: Setor de “Entorno” à urbanização da alta bacia com pressão canavieira em nascentes (seta), as quais deveriam apresentar faixa ao entorno de vegetação. Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *legal* (XXVIII).

Autor: Silveira (2013).



Foto 43: Setor “Intensamente Urbanizado” na média bacia oeste com pressão exercida pela urbanização em nascente (seta). Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *legal* (XXVIII).

Autor: Silveira (2013).

Na Figura 36, a partir das setas verdes, pode-se verificar que no cenário de 1978, que considera o “antigo” Código Florestal, as áreas de APTF, mesmo que totalmente desprovidas de vegetação, são sobrepostas pela faixa marginal derivada da legislação. Já no cenário 2005, que considera o “novo” Código Florestal, as áreas de APTF, muitas vezes, extrapolam os limites da faixa destinadas as APPs.

Este fato observado implicou em considerar as áreas de APTF com níveis de restrição *muito severo*, já que, conforme ilustrado, os parâmetros legais vigentes podem deixar de resguardar legalmente estas áreas de elevada fragilidade. Nestes termos, considera-se que a nova legislação é conivente com a retirada de matas ciliares, comportando-se como uma ação antrópica notadamente defensora dos interesses fundiários e potencializadora do assoreamento dos canais de drenagens.

Este fato (assoreamento) obteve destaque nas observações de campo, juntamente com a baixa vazão do Córrego das Ondas, sobretudo em épocas de estiagem. Tal fato deve-se ao intenso uso agrícola canavieiro (e de pastagem) que tradicionalmente invadem as cabeceiras de drenagem soterrando as nascentes (Foto 42, p. 152), bem como nas vertentes, dada a intensa dinâmica de safras, entressafras e pisoteio do gado, contribuem na geração de processos erosivos que geram cargas de materiais inconsolidados que são removidos pela ação das águas das chuvas e gravidade para os fundos de vale, assoreando o canal de drenagem (Foto 44).

Nos espaços urbanizados, marcados pela canalização dos cursos fluviais, conforme já discutido e ilustrado na Figura 32 (p. 133), em tempos de verão, com elevadas precipitações e consequente aumento da vazão, criam-se condições para que as águas pluviais carregadas a partir dos arruamentos rurais (Foto 45) e urbanos, tenham dificuldade de descarga, passando a ocupar as margens fluviais, potencializando o depósito. Já na estação seca, com a redução da vazão, a energia das águas também se reduz. A canalização contribui para esta redução, propiciando o depósito de materiais nas planícies fluviais, bem como o assoreamento do canal, conforme ilustra a Foto 46.

Dessa forma, a partir das discussões até o momento levantadas, pode-se considerar que as intervenções antrópicas e os impactos resultantes avaliados em uma perspectiva histórica de uso e ocupação, procurando entender seus mecanismos e efeitos, juntamente com a identificação e leitura da fragilidade inerente ao meio físico, são fundamentais para a definição de áreas a serem ocupadas pela urbanização. Tal consideração vai ao encontro da

hipótese levantada, que passa a ser retomadas no capítulo final da pesquisa.



Foto 44: Setor de “Entorno” na média bacia oeste com arruamento transversal ao canal de drenagem em área atualmente com pastagem (anteriormente com cana-de-açúcar). Erosão instalada na média vertente em área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *severo* (XIV).

Foto 45: Setor de “Eminente urbanização” na média bacia oeste com arruamento em área canavieira transversal ao canal de drenagem (seta). O arruamento comporta-se como um canal pluvial para o escoamento de materiais inconsolidados liberados nas vertentes. Área mapeada com nível de restrição do relevo ao uso urbano *moderado* (X) e *severo* (XIX).

Autor: Silveira (2013).



Foto 46: Setor de “Intensa Urbanização” na média bacia. Assoreamento do canal de drenagem verificado em período de estiagem. À frente, obra de canalização (seta).

Autor: Silveira (2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E AS PERSPECTIVAS FUTURAS

O professor Monbeig, meu grande inspirador — tenho inclusive um trabalho sobre ele — era muito bom observador. Deixou os alunos à vontade dentro do ônibus, e todo mundo ficou olhando um pouco para o lado, conversando... Eu não: já que era excursão, queria ver as paisagens que não conhecia. Foi o começo de vida de geógrafo: ler e interpretar a paisagem, ter a sequência dos cenários de um determinado espaço, passou a ser uma constante em toda minha vida (AB`SÁBER, 2007, p.35).

A pesquisa assentou-se na premissa de que, para chegar à identificação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano, necessitaria da análise da fragilidade do meio físico sob sucessivas interferências do sistema antrópico. Esta premissa foi teoricamente embasada principalmente nos trabalhos de Morin (1977), Christofolletti (1999), Perez Filho e Quaresma (2008), Bertrand e Bertrand (2009), Ab`Sáber (1969 e 2003), Nir (1983), Cooke (1976), Haff (2001), Tricart (1977) e Ross (1990, 1994 e 2001).

Nitidamente, a partir das investigações sintetizadas na carta de Fragilidade do Meio Físico (Figura 14, p. 102), a bacia apresenta características variadas de materiais inconsolidados e classes de energia do relevo, que definiram áreas de fragilidade fraca a muito forte, predominando as classes média e forte. Tais características pertencentes ao quadro físico-natural estiveram associadas a investigações de diferentes cenários de uso e ocupação da terra e geomorfológicos, com o intuito de avaliar os principais impactos e consequências dessas intervenções. Pôde-se verificar que a bacia do Córrego das Ondas registrou intervenções humanas associadas principalmente ao uso canavieiro, à pastagem e ao uso urbano.

Diante disso, foi possível averiguar cenários de “pré-urbanização”, “construção do urbano” e “desenvolvimento do urbano”, bem como, no contexto atual, mediante avaliação histórica de ocupação e impactos decorrentes, registraram-se os setores “Intensamente Urbanizados”, de “Eminente Urbanização” e de “Entorno” a urbanização. A Figura 30 (p. 131) ilustra esses diferentes padrões de organização espacial. Tal discussão veio ao encontro da perspectiva sistêmica da relação homem-natureza, método da pesquisa, o qual compreende que as interferências promovidas pelo sistema antrópico no sistema natural em diferentes momentos históricos resultam em diferentes padrões de organização espacial.

As principais intervenções humanas nos cenários rurais vinculados à cana-de-açúcar e pastagem, associadas à fragilidade do meio físico, contribuíram significativamente para a geração de processos erosivos, registrados nos diferentes cenários geomorfológicos (1962,

1978 e 2005). Vinculam-se, portanto, a fragilidade do meio físico e a dinâmica de uso e ocupação da terra, com décadas de safras e entressafras, alternadas muitas vezes com o pisoteio do gado. As Figuras 33 e 34 (p. 137 e 139) registram cenários diferenciados, com feições denudativas em setores de “Eminente Urbanização” e “Entorno”, evidenciando as interferências da ação humana em distintos momentos históricos.

Em setor “Intensamente Urbanizado” foram identificadas ocupações urbanas instaladas em áreas com feições erosivas pretéritas. As áreas XXIV e XXV da carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano (Figura 13, p. 101), ilustradas na Figura 35 (p. 146), mapeadas com restrição do relevo ao uso urbano *muito severo*, registram atualmente retomadas erosivas em cabeceiras de drenagens, as quais podem ser observadas nas Fotos 37 e 38 (p. 146). Dessa forma, as áreas marcadas por formas erosivas são de permanente resguardo, pois os processos erosivos podem ser retomados. A urbanização dessas áreas, conforme evidenciado, é grande propulsora das retomadas erosivas, promovendo consequências para estes espaços urbanizados.

Nestes termos, as intervenções e os impactos resultantes da ação antropogênica no meio físico avaliados em um contexto histórico, procurando entender seus mecanismos e efeitos, devem ser considerados na definição de projeções futuras. Tais passagens, entre outras já levantadas anteriormente (como exemplo as canalizações urbanas, os depósitos de materiais tecnogênicos, as áreas de APTE, áreas de mineração, intenso e histórico uso canavieiro, entre outras) corroboram com a hipótese:

A construção de uma proposição metodológica para identificação de níveis de restrição do relevo ao uso urbano (como projeção futura) necessita da análise da fragilidade inerente ao sistema natural sob sucessivas interferências do sistema antrópico (histórico evolutivo de uso e ocupação).

Assim, nestas palavras finais do trabalho, pode-se considerar que o desenvolvimento de uma pesquisa em nível de doutorado, procurando construir uma proposta metodológica, foi uma tarefa, ao mesmo tempo, desafiadora e gratificante. Desafiadora no sentido da busca por algo no qual a certeza do “resultado satisfatório” não era nitidamente clara, mesmo subsidiada pelo que outrora fora realizado por pesquisas vinculadas às bases teóricas.

Observa-se que não houve pretensão qualquer de atribuir este trabalho aos maiores desafios científicos existentes, e sim considerar que, no processo de desenvolvimento dessa

pesquisa, o caminho fora sendo construído, principalmente pela natureza do trabalho, ao propor uma metodologia de investigação. Dúvidas foram surgindo e adaptações e ajustes foram necessários.

Reforça-se que a mesma é resultante de um processo embasado em trabalhos já existentes (plano teórico) com adaptações necessárias evidenciadas no campo, no laboratório e em gabinete (empírico). Tal observação vai ao encontro da citação de Venturi (2011), quando registrou que a teoria e o método são processos desenvolvidos no plano do pensar, ao passo que a técnica se desenvolve no plano do fazer, considerando que o pensar e o fazer caminham juntos.

Vale o destaque aos trabalhos de campo como um dos desafios marcantes dessa pesquisa. A exigência de observações e coletas de materiais renderam um número significativo de idas ao campo. Ao mesmo tempo, na existência das dificuldades e desafios, diante de suas superações, foram propiciadas satisfações. Uma delas vincula-se à elucidação de fatos que, sem a presença *in loco*, dificilmente se elucidariam. A presença em campo contribuiu para a elucidação e atualização de informações adquiridas em gabinete, bem como na aquisição de dados (coletas de materiais) e observações pontuais, as quais foram transferidas para os documentos cartográficos, valorizando o detalhe escalar. Também vale o registro de que, se mais campo o fizesse, mais fatos se observariam e se descobririam.

Outro desafio importante a ser mencionado refere-se às adaptações realizadas na organização dos documentos cartográficos, principalmente nas cartas de Materiais Inconsolidados (Figura 15), Fragilidade do Meio Físico (Figura 14) e Restrições do Relevo ao Uso Urbano (Figura 13). O detalhe escalar e a organização e seleção das variáveis foram pontos relevantes na aquisição de um número significativo de informações.

A Carta de Materiais Inconsolidados foi organizada a partir de adaptações das propostas da cartografia geotécnica de Zuquette *et al.* (1994) e Pejon e Zuquette (1997). A carta organizada para bacia do Córrego das Ondas foi elaborada selecionando variáveis importantes para a área de expansão urbana: espessura, cor, granulometria, textura e permeabilidade de superfície. Em sua organização, os trabalhos de campo foram imprescindíveis, na medida da exigência de coletas de materiais e interpretações no local. Destaca-se a inserção de dados de permeabilidade neste documento, quando Pejon e Zuquette (1997) a inserem em um documento cartográfico específico (carta de Potencial ao Escoamento Superficial). Assim, a carta adaptada contribuiu para o estabelecimento de

diferentes classes de materiais inconsolidados, as quais foram hierarquizadas e utilizadas como variáveis na determinação da fragilidade do meio físico.

A carta de Fragilidade do Meio Físico foi organizada com base em adaptações à proposta de Ross (1990, 1994 e 2001), a partir da síntese dos dados encontrados nas cartas de Materiais Inconsolidados, dados geológicos e Energia do Relevo. As adaptações estiveram relacionadas principalmente: ao fornecimento de dados pedológicos por meio de mapeamento dos materiais inconsolidados; ao fornecimento de dados morfométricos pela energia do relevo; ao detalhamento escalar (1: 10.000) em ambiente de urbanização; a alteração no nome do documento cartográfico para carta de Fragilidade do Meio Físico. Destacam-se o papel das variáveis selecionadas: os dados geológicos apontaram diferentes fácies de uma mesma Formação geológica (Formação Corumbataí); tais Formações deram origem a diferentes características de formações superficiais (da rocha à superfície), as quais foram classificadas na carta de Materiais Inconsolidados; pelo detalhe do mapeamento nas classes estabelecidas (fraca a muito forte), a variável morfométrica propiciou o detalhamento final no processo de organização do documento cartográfico de síntese.

A carta de Níveis de Restrições do Relevo ao Uso Urbano também se apoiou nos fundamentos da proposta de definição hierárquica de Ross (1990, 1994 e 2001). As adaptações estiveram associadas: a substituição da carta de Fragilidade Potencial (Ross 1990, 1994 e 2001), pela carta de Fragilidade Meio Físico; a inserção de diferentes cenários de uso e ocupação da terra (1962, 1978 e 2005); a inserção de diferentes cenários de cartas Geomorfológicas (1962, 1978 e 2005); e a inserção de leis restritivas ao uso urbano com base na carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais (cenário 2005). Dessa forma, a seleção das variáveis constituintes do documento final da pesquisa esteve associada ao objetivo da pesquisa (produção de um documento cartográfico para área de expansão urbana), bem como ao arcabouço teórico, quando se partiu da premissa de que a avaliação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano necessita da análise da fragilidade inerente ao meio físico sob sucessivas interferências do sistema antrópico (histórico evolutivo de uso e ocupação).

Diante disso, fecha-se o trabalho com três perspectivas futuras e considerações finais a cerca da proposta metodológica:

- primeiramente, que o trabalho possa ter contribuído sobre a temática do apontamento de áreas restritas a urbanização no contexto da Geografia e da Geomorfologia, bem como possa

contribuir para o planejamento urbano do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba, em especial a bacia do Córrego das Ondas. Entende-se que o trabalho possa contribuir com o Macrozoneamento Urbano já existente (Figura 12, p. 96), quando o documento final desta pesquisa apresenta maior detalhe escalar e variáveis definidoras vinculadas a fragilidade do meio físico e a dinâmica de uso e ocupação humana (histórico evolutivo). Caso este documento venha a ser aproveitado no planejamento urbano de Piracicaba, duas ponderações são relevantes:

Primeiramente, para que se evitem equívocos em suas interpretações, é oportuno mencionar o detalhe da hierarquia estabelecida nos níveis de restrição do relevo ao uso urbano (de *fraco* a *muito severo*). Reforça-se que tais níveis apresentam numerais romanos que indicam uma hierarquia crescente frente à restrição ao uso urbano. Por exemplo, as áreas XII e XIII apresentam fragilidade do meio físico forte, no entanto, suas dinâmicas de uso estiveram associadas, respectivamente, a silvicultura e a pastagem. Estas características lhes conduziram ao nível *moderado*, o mesmo não ocorrendo com a área XV, com uso sequencial de cana-de-açúcar (1962 e 1978) e pastagem (2005), já classificada no nível *severo*. Alerta-se, portanto, que as áreas XII e XIII, hierarquicamente posicionam-se nos últimos numerais romanos pertencentes ao nível *moderado*, ou seja, são áreas muito próximas do nível *severo*. Registra-se assim, a importância da leitura conjunta da carta de Níveis de Restrição do Relevo ao Uso Urbano com a carta de Fragilidade do Meio Físico.

Também é importante frisar, que os níveis restritivos legais, no processo de construção do documento cartográfico final, foram os últimos a serem organizados. Nestes termos, as informações restritivas referentes à fragilidade do meio físico e dinâmica de uso aparecem imediatamente a partir do momento em que se oculte os “layers” referentes às leis. Dessa maneira, as áreas restritivas legais também foram mapeadas com níveis restritivos físicos e dinâmica de uso e ocupação humana (de *fraco* a *muito severo*).

- a segunda perspectiva está associada ao número de documentos cartográficos produzidos na aplicação da proposta metodológica. Foram gerados 15 mapeamentos, os quais apresentam uma quantidade significativa de informações. Diante disso, abre-se um “leque” variado de abordagens. O foco da análise dos resultados esteve associado aos níveis de restrição do relevo ao uso urbano, no entanto, pela variedade de documentos, outras possibilidades podem surgir. Ou seja, a exploração dos resultados não está totalmente esgotada.

- a terceira e última perspectiva é de que a proposta metodológica possa ser aplicada em outros espaços, em diferentes contextos geomorfológicos e distintas dinâmicas de uso e ocupação humana (como, por exemplo, nas áreas urbanizadas dos planaltos e serras do atlântico leste e sudeste brasileiro). A proposta metodológica desenvolvida é entendida como um modelo. Procurou-se chegar o mais próximo da realidade a partir da definição das variáveis estabelecidas. Nestes termos, a reflexão está aberta para o incremento de novas variáveis, com destaque as variáveis “hidrologia” (não totalmente suplantada pelos dados de permeabilidade) e “tipologia de uso urbano”, as quais podem reforçar a definição dos níveis de restrição. Dessa forma, que a proposta metodológica possa vir a ser avaliada, criticada e aperfeiçoada, afinal, como citado nas primeiras palavras do trabalho, em frase de Bertrand Russel (1969, p.55): *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.*

6 REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14545** – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Rio de Janeiro, 2000.

ABREU, A.A. Praticando a Geografia: o papel da praxis entre a res cogitans e a res extensa. In: VENTURI, L.A.B. (Org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

AB`SÁBER, A.N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Boletim do Instituto de Geografia (USP). Tese de Doutorado (FFLCH-USP), 1957.

_____. Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. São Paulo, **Geomorfologia**, n. 18, p.1-23, 1969.

_____. A Depressão Periférica Paulista: um Setor das Áreas de Circundesnudação Pós-Cretácea na Bacia do Paraná. **Geomorfologia**, São Paulo, n 15, p. 1-42, 1969.

_____. A sociedade urbano-industrial e o metabolismo urbano. **Coleção Princípios**, São Paulo, n.71, 2003. Disponível em: <<http://grabois.org.br/portal/cdm/revista>>. Acesso: 22 de fevereiro de 2012.

_____. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Editora Ateliê, 2003.

_____. **O que é ser Geógrafo**. São Paulo: Editora Record, 2007.

ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. **Boletim do Instituto Geográfico Geológico**. São Paulo, n.41, p. 167-263, 1964.

ANTONIO FILHO, F.D.; DEZAN, M.D.S. Metodologias de Pesquisa e Procedimentos Técnicos: considerações para o uso em projetos de pesquisa em Geografia. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v.4, n. 2, p. 79-92, 2009. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/3315>>. Acesso: 21 de janeiro de 2012.

BARBIN, H.S. **Histórico de Evolução do Uso do Solo e Estudo dos Espaços Livres Públicos de uma Região do Município de Piracicaba, SP.** 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), USP, Piracicaba, 2003.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Fotografias Aéreas.** Piracicaba, 1962. Escala: 1: 25.000.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Fotografias Aéreas.** Piracicaba, 1978. Escala: 1: 35.000.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Fotografias Aéreas.** Piracicaba, 2005. Escala: 1: 25.000.

BERTRAND, J.; BERTRAND, C. **Uma Geografia Transversal e de Travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Tradução: PASSOS, M.M.S. Maringá: Ed. Massoni, 2009.

BRASIL Presidência da República. **Lei Federal n. 3477**, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil-03/leis/l477/htm>>. Acesso: 20 de setembro de 2010.

BRASIL Presidência da República. **Lei Federal n. 6766**, de 19 de dezembro de 1979. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil-03/leis/l477/htm>>. Acesso: 20 de setembro de 2010.

BRASIL **Constituição Federal** de 05 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 12 de março de 2013.

BRASIL Presidência da República. **Lei Federal n. 10.257**, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 12 de março de 2013.

BRASIL Presidência da República. **Lei Federal n. 12.651**, de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 14 junho de 2012.

BRAGA, R.; CARVALHO, P.F. Cidade: Espaço da Cidadania. In: GIOMETTI, A. B. R. e BRAGA, R. (orgs.). **Pedagogia Cidadã: Cadernos de Formação: Ensino de Geografia**. São Paulo: UNESP -PROPP, 2004. Disponível em: <http://redbcm.com.br/arquivos/bibliografia/>. Acesso em: 20 outubro de 2013.

CARRADORE, H.P.; BUZETTO, E. **Memórias do Rio Piracicaba**. Piracicaba: Degapari, 2009.

CHIRSTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUI TEC, 1979.

_____. Ponderações abrangentes sobre a geografia física. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1., 1984, Rio Claro. **Anais ...** Rio Claro: Boletim de Geografia Teórica, v. 15, n. 29/30, p. 173-177, 1985.

_____. A Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B.C (Org.). **Geomorfologia** – Uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, S.R.; MORENO, M.M.T; BATEZELLI, A. Análise de Facies da Formação Corumbataí (Grupo Passa Dois - Bacia do Paraná, Neopermiano), com vista ao Emprego na Indústria de Revestimento Cerâmico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.36, n.3, 488-498, 2006.

COOKE, R. U. Physical Problems of the Urban Environment. **The Geographical Journal**, v. 142, n. 1, pp. 59-65, 1976. Disponível em <<http://www.jstor.org/discover/>>. Acesso: 06 de maio de 2012.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 302**, de 20 de março de 2002. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/docs/plano_diretor_camarapdf>. Acesso: 21 de setembro de 2010.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 303**, de 20 de março de 2002. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/docs/plano_diretor_camarapdf>. Acesso: 21 de setembro de 2010.

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.

CUNHA, C.M.L. **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. 2001. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, 2001.

CUNHA, C.M.L; MENDES, I.A.; SANCHEZ, M.C. Técnicas de Elaboração, Possibilidades e Restrições de Cartas Morfométricas na Gestão Ambiental. **Geografia**, Rio Claro, v.28, n. 3, p. 415-429, 2003.

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.

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

EMERIQUE, L.P; BERNARDINETTI, N. A Gênese Industrial do Município de Piracicaba – SP. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AGB, 2010.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

HAFF, P.K. Neogeomorphology, Prediction and the Anthropic Landscape. **Division of Earth and Ocean Science**. Durham, NC 27708, 2001.

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.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso: 10 de abril de 2013.

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.

IPPLAP, INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA, Disponível em: < <http://www.ipplap.com.br>>. Acesso: 20 de janeiro de 2011.

IPT, INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA 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.

MARCONI, M.A; LAKATOS, E.M. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2000.

MATHIAS, D.T.; CARVALHO, P.F. Análise Morfométrica da bacia do córrego Tucum (São Pedro/SP) e Elaboração da Carta de Energia do Relevo em Meio Digital. 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.

MENDONÇA, F. A Geografia (Física) Brasileira e a Cidade no Início do Século XXI: algumas contingências e desafios. In: FIGUEIRÓ, A.S.; FOLETO, E. (Org.). **Diálogos em Geografia Física**. Santa Maria: Editora UFMS, 2011.

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.

MUNSELL Soil-Color Charts. **Carta de Cores Munsell**. Produced by Munsell Color, 2009.

NIR, D. **Man, a Geomorphological Agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983.

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

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L.V. Carta de Potencial de escoamento superficial da folha Piracicaba – SP. **Revista de Geociências**, São Paulo, v.12, n.2, 1993.

PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental 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.

FILHO, A.P.; QUARESMA, C. C.; RODRIGUES, T. R. I. Ação antrópica como agente transformador da organização espacial em bacias hidrográficas. *X COLOQUIO INTERNACIONAL DE GEOCRÍTICA*, 2008, Barcelona. **Anais...** Universidad de Barcelona, 2008. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/-xcol/277.htm>>. Acesso em: 26/02/2011.

PEJON, O.J.; ZUQUETTE, L.V. Carte d` aptitude a disposition de déchets de La region de Piracicaba (Brésil) – echelle 1:100.000. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, Athens, 1997. **Proceedings...**, 1997.

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.

PERINOTTO, J.A.J.; ETCHEBHERE, M.L.C.; SIMÕES, L.S.A.; ZANARDO, A. Diques Clásticos na Formação Corumbataí (P) no Nordeste da Bacia do Paraná: Análise Sistemática e Significações Estratigráficas, Sedimentológicas e Tectônicas. **Geociências**, São Paulo, v.27, n.4, p. 469-491, 2008.

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

PIRACICABA Prefeitura Municipal de Piracicaba. **Lei n. 8092** de 28 de fevereiro de 1964.

PIRACICABA Prefeitura Municipal de Piracicaba. **Lei Complementar n. 186**, de 10 de outubro de 2006. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/docs/plano_diretor_camarapdf>. Acesso: 17 de janeiro de 2010.

PIRACICABA Prefeitura Municipal de Piracicaba. **Lei Complementar Municipal nº 204** de 2007. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/docs/plano_diretor_camarapdf>. Acesso: 17 de janeiro de 2010.

PIRES, C.R. da S. O Desenvolvimento Histórico Urbano de Piracicaba no Século XIX.

Revista Eletrônica do Arquivo Público do Estado de São Paulo, São Paulo, n.30, 2008.

Disponível em:

<<http://www.historica.arquivoestado.sp.gov.br/materias/anteriores/edicao30/materia04/texto04.pd>>. Acesso: 21 de fevereiro de 2012.

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 2011.

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

_____. 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**. 3. ed. 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.

SANJAUME, M.S. Un panorama Ibero-americano de la Geografía Física. In: FIGUEIRÓ, A.S.; FOLETO, E. (Org.). **Diálogos em Geografia Física**. Santa Maria: Editora UFMS, 2011.

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, 1979a.

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, 1979b.

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, 1979c.

SÃO PAULO (Estado). Lei Complementar nº 1.178 de 26 de junho de 2012. Cria a Aglomeração Urbana de Piracicaba e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, SP, 27 de junho 2012, Seção I, v.122, n.119.

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, A.A.D. Monbeig, Paisagem e Geografia Estigmática. **Mercator**, Ceará, ano 1, n. 2, p. 71-77, 2002.

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.

SILVEIRA, A. **Diagnóstico Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP): uma abordagem geográfica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia –

Organização do Espaço) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2009.

SPIRIDONOV, A.I. **Principios de la Metodologia de las Investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Facultad de Geografia, 1981.

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.

TAVARES, A.C.; SOUZA, A.C.M.P.; PITTON, S.E.C. Avaliação das tendências térmicas urbanas: o exemplo de Piracicaba – SP nos períodos de verão e inverno (nota). **Geografia**, Rio Claro, v.32, n. 3, p. 521-537, 2007.

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.

VENTURI, L.A.B. A Técnica e a Observação na Pesquisa. In: VENTURI, L.A.B. (Org.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

VERSTAPEN, H.T.; ZUIDAM, R.A. van ITC System of geomorphological survey. Netherlands, **Manuel ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VII, 1975.

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.

ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O.J.; SINELLI, O.; GANDOLFI, N. Engineering geological zoning mapping of the Ribeirão Preto city (Brazil) at 1:25:000 scale. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 7, Lisboa, 1994. **Proceedings...**, 1994.

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

7 ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 1																
PONTOS			PERFIL		GRANULOMETRIA						COR		OBSERVAÇÕES			
Pontos/Número amostrado	Setor/toponímia/uso da terra	(espessura)		Areia total	Silte		Argila		Classe de textura	Relação Textural	Número Munsell	Classificação Munsell (diagram)				
		total	superfície		g/Kg	%	g/Kg	%						g/Kg	%	
1	Média vertente/rodovia SP 304/urbano	10 cm	-	-	69	6,9	319	31,9	612	61,2	-	Vermelho	Verificação e coleta no perfil/Material pouco desenvolvido, com camadas de pequenos “seixos fragmentados” da formação Corumbataí (avermelhado/arroxead)			
2	Média vertente/rodovia SP 304/urbano	30cm	-	-	262	26,2	155	15,5	583	58,3	-	Vermelho	Verificação e coleta no perfil/espessura variada do perfil com pequenos “seixos fragmentados” da Formação Corumbataí (avermelhado/arroxead)			
3	Alta vertente/rotatória rodovia SP 304/urbano	140cm	-	-	485	48,5	289	28,9	226	22,6		Vermelho-acinzentado	Verificação e coleta no perfil/vala erodida de escoamento pluvial			
4a	Média vertente/pq das Águas/loteamento urbano	160 cm	30 cm	-	508	50,8	115	11,5	377	37,7	1,28	Vermelho-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/encontro de material rochoso			
4b		-	-	130 cm	333	33,3	185	18,5	481	48,1		Vermelho				
5a	Baixa vertente/ pq das Águas/loteamento urbano	236 cm	110 cm	-	267	26,7	226	22,6	508	50,8	0,4	Vermelho-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/encontro de material rochoso			
5b		-	-	120 cm	490	49,0	308	30,8	202	20,2		Vermelho				
6	Alta vertente/rodovia SP 308/urbano	< 5 cm	-	-	530	53,0	242	24,2	228	22,8	-	Cinzentado-avermelhado	Verificação e coleta no perfil/vala de escoamento pluvial/ Afloramento de material rochoso/ pequenos “seixos fragmentados” da formação Corumbataí acinzentado			
7	Baixa vertente/av. Corcovado/urbano	15 cm	-	-	433	43,3	262	26,2	305	30,5	-	Vermelho-claro-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/solo pouco espesso			
8a	Média vertente/terminal Sônia/urbano	150 cm	10 cm	-	264	26,4	327	32,7	409	40,9	1,51	Vermelho-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/Material bem intemperizado, argiloso e avermelhado/O material coletado identificado como “C” não se constitui como horizonte R/encontro de pequenos “seixos fragmentados” avermelhados da formação Corumbataí			
8b		-	-	40 cm	130	13,0	254	25,4	617	61,7		Vermelho				
8c		-	-	110 cm	79	7,9	426	42,6	495	49,5		Vermelho-escuro				
9a	Média vertente/av pq. Piracicaba/urbano	90 cm	10 cm	-	485	48,5	334	33,4	181	18,1	2,8	Vermelho-claro-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/ encontro de pequenos “seixos fragmentados” avermelhados da formação Corumbataí			
9b		-	-	80 cm	219	21,9	274	27,4	506	50,6		Vermelho				
10	Alta vertente/av pq. Piracicaba/urbano	220 cm	40 cm	-	192	19,2	350	35,0	458	45,8	0,93	Vermelho-claro-acinzentado	Verificação e coleta no perfil			
10b		-	-	180 cm	241	24,1	333	33,3	427	42,7		Vermelho-claro				
11a	Baixa vertente/próximo ao C. Ondas/urbano	80 cm	10 cm		648	64,8	176	17,6	176	17,6	1,66	Cinzentado-avermelhado	Verificação e coleta com uso do trado/ encontro de pequenos “seixos fragmentados” acinzentados da formação Corumbataí/material coletado de “superfície” com indicações de depósitos fluviais e tectogênicos/área			
11b				70 cm	175	17,5	533	53,3	292	29,2		Vermelho-claro				

[illegible]

22a	Média vertente/pq, Orlanda/lot eamento urbano	70 cm	10 cm		154	15,4	461	46,1		385	38,5	Argilosa	0,93	7.5R 5/1	Cinzen- avermelhado	Verificação e coleta no perfil/corte para armunento/dificuldade para diferenciar horizontes (homogêneos)/ afloramento de pequenos “seixos fragmentados” vermelho-arroxeados da formação Corumbataí/ área de urbanização com intenso manejo de materiais inconsolidados/ Por ser pouco espesso, atinge-se facilmente o horizonte R com pequenos “seixos fragmentados”/ O material está sendo removido para a média e baixa vertente e usado como aplainamento do relevo (escadarias)/ Nestes depósitos, observam-se inúmeros sulcos erosivos
22b		-	-	60 cm	150	15,0	493	49,3		357	35,7	Argilosa		7.5R 4/2	Vermelho- acinzentado	
23	Alta vertente/rodovia SP 308/urbano	10 cm	-	-	499	49,9	223	22,3		278	27,8	Média argilosa	-	7.5R 6/1	Cinzen- avermelhado	Verificação e coleta no perfil/corte para construção de estrada/Material pouco desenvolvido/afloramento rochoso acinzentado da formação Corumbataí
24a	Alta vertente/estrada de terra rural/pastagem	110 cm	40 cm	-	232	23,2	592	59,2		177	17,7	Média arenosa	2,91	7.5R 4/3	Vermelho- acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/encontro de “camada argilosa resistente (piçarra)” avermelhada da formação Corumbataí
24b		-		90 cm	132	13,2	353	35,3		515	51,5	Argilosa		10R 3/4	Vermelho-escuro- acinzentado	
25a	Média vertente/estrada de terra rural/pastagem	114 cm	20 cm	-	176	17,6	544	54,4		279	27,9	Média argilosa	1,95	7.5R 3/2	Vermelho-escuro- acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/dificuldade para diferenciar horizontes (homogêneos)/ encontro de “camada argilosa resistente (piçarra)”
25b		-	-	94 cm	78	7,8	377	37,7		544	54,4	Argilosa		7.5R 2.5/4	Vermelho muito escuro-acinzentado	
26a	Baixa vertente/estrada de terra rural/pastagem	190 cm	10 cm	-	148	14,8	570	57,0		282	28,2	Média argilosa	1,0	7.5R 2.5/1	Preto-avermelhado	Verificação e coleta no perfil/área de ruptura topográfica em aptf
26b		-	-	170 cm	157	15,7	562	56,2		281	28,1	Média argilosa		10R 2.5/1	Preto-avermelhado	
27a	Baixa vertente/estrada de terra rural/canavial	75 cm	15 cm	-	95	9,5	463	46,3		442	44,2	Argilosa	1,20	7.5R 3/1	Cinzen- avermelhado- escuro	Verificação e coleta com uso do trado/diferença nos horizontes/ encontro “camada argilosa resistente (piçarra)” avermelhada da formação Corumbataí
27b		-	-	60 cm	142	14,2	328	32,8		530	53,0	Argilosa		7.5R 4/1	Cinzen- avermelhado- escuro	
28a	Alta vertente/sítio/canavial	170 cm	15 cm	-	132	13,2	465	46,5		404	40,4	Argilosa	0,51	7.5R 3/4	Vermelho-escuro- acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/diferença nos horizontes/a partir dos 60 cm encontro de um material argiloso-arroxado intemperizado com pequenos “seixos” na base
28b		-	-	155 cm	259	25,9	535	53,5		206	20,6	Média arenosa		7.5R 3/6	Vermelho-escuro	
29a	Média vertente/sítio/canavial	150 cm	10 cm	-	184	18,4	485	48,5		331	33,1	Média argilosa	1,25	7.5R 2.5/2	Vermelho muito escuro-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/diferença nos horizontes/ encontro de um material argiloso- arroxado intemperizado com pequenos “seixos” na base
29b		-	-	140 cm	151	15,1	435	43,5		414	41,4	Argilosa		7.5R 4/2	Vermelho- acinzentado	
30a	Baixa vertente/sítio/pasto	90 cm	15 cm	-	351	35,1	290	29,0		359	35,9	Argilosa	0,78	7.5R 5/3	Vermelho- acinzentado	Verificação e coleta no perfil/área de ruptura topográfica/encontro de pequenos “seixos fragmentados” avermelhados-acinzentados da formação Corumbataí
30b		-	-	75 cm	122	12,2	598	59,8		280	28,0	Média argilosa		7.5R 4/2	Vermelho- acinzentado	
31a	Alta vertente/estrada de terra Sia	110 cm	20 cm	-	212	21,2	453	45,3		335	33,5	Média argilosa	1,9	7.5R 4/2	Vermelho- acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/ encontro de um material argiloso-arroxado intemperizado
31b	Olimpia/canavial	-	-	90 cm	64	6,4	299	29,9		637	63,7	Muito argilosa		7.5R 3/4	Vermelho-escuro- acinzentado	
32	Alta vertente/estrada de terra Sia Olimpia/canavial	70 cm	-	-	142	14,2	485	48,5		373	37,3	Argilosa	-	7.5R 4/4	Vermelho- acinzentado	Verificação e coleta no perfil/corte em estrada de terra/Material pouco desenvolvido com seixos da formação Corumbataí e pequenos “seixos

33a	Alta vertente/estrada de terra Sta Olímpia/canavial/ponto a 30m do ponto 32	300 cm	160 cm	-	312	31,2	345	34,5	343	34,3	Média argilosa	1,14	5R 3/3	Vermelho-escuro-acinzentado	fragmentados", na base
33b		-	-	140 cm	322	32,2	286	28,6	391	39,1	Argilosa		7.5R 3/3	Vermelho-escuro-acinzentado	Verificação e coleta no perfil/corte em estrada de terra/perfil contínuo (cor e textura) com seixos de diabásio/ coleta a 160 cm e 250cm/ a 300cm registro de linha de pedra com pequenos "seixos fragmentados" da formação Corumbataú/abaixo da linha de pedra, presença de material com seixos de diabásio.
34a	Baixa vertente/nascentes/cana vial	120 cm	20 cm		144	14,4	421	42,1	435	43,5	Argilosa	1,10	7.5R 5/4	Vermelho-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/ encontro de um material argiloso-avermelhado intemperizado com poucos "seixos fragmentados" na base
34b				100 cm	137	13,7	485	48,5	478	47,8	Argilosa		7.5R 3/6	Vermelho-escuro	
35a	Média vertente/nascentes/cana vial	95 cm	10 cm		294	29,4	406	40,6	301	30,1	Média argilosa	0,72	7.5R 3/4	Vermelho-escuro-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/ pouca diferença entre os horizontes (homogêneo)/ material argiloso-acinzentado na base
35b		-	-	85 cm	579	57,9	205	20,5	216	21,6	Média arenosa		7.5R 5/4	Vermelho-acinzentado	
36a	Alta vertente/nascentes/cana vial	70 cm	30cm	-	244	24,4	407	40,7	349	34,9	Média argilosa	0,99	7.5R 3/2	Vermelho-escuro-acinzentado	Verificação e coleta com uso do trado/ pouca diferença entre os horizontes (homogêneo)/ material argiloso contínuo sem encontro de "seixos fragmentados" na base
36b		-		40cm	238	23,8	408	40,8	345	34,5	Argilosa		7.5R 4/4	Vermelho-acinzentado	

ANEXO 2



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



FICHA DE RESULTADOS – PERMEÂMETRO DE CARGA VERIÁVEL - Método B da NBR 14545

$$K = \frac{aH}{A \Delta t} \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

Onde:

a = área interna da bureta de vidro = 6,6 cm²
 H = altura inicial do corpo-de-prova = 13 cm
 A = área inicial do corpo-de-prova = 75,4 cm²
 Δt = dado pela diferença entre os instantes t2 e t1 = 60 s
 H1 = carga hidráulica no instante t1, (cm);
 H2 = carga hidráulica no instante t2, (cm);
 K = coeficiente de permeabilidade, (cm/s).

Nº amostra	Data experimento	Tempo experimento (min)	Instantes (t1 e t2)	Carga Hidráulica (cm)	Ln (h1/h2)	K = coeficiente de permeabilidade (cm/s)		Informações do material inconsolidado de superfície	Saída permeâmetro (ml)
1	26/01/13	60	t1	21,5	0,033	0,00062	0,00070 7,0 x 10⁻⁴	Material exposto em terreno em via de urbanização (loteamento)	-
			t2	20,8					
			t1	20,8	0,034	0,00064			
			t2	20,1					
			t1	20,1	0,040	0,00075			
			t2	19,3					
			t1	19,3	0,042	0,00079			
			t2	18,5					

2	26/01/13	65	t1	74,8	0,0026	0,000049	0,000037 $3,7 \times 10^{-5}$	Material exposto em área urbanizada	0
			t2	74,6					
			t1	74,6	0,0026	0,000049			
			t2	74,4					
			t1	74,4	0,0013	0,000024			
			t2	74,3					
			t1	74,3	0,0013	0,000024			
			t2	74,2					

3	28/01/13	40	t1	28,4	0,11	0,0020	0,0022 $2,2 \times 10^{-3}$	Material com gramínea em área urbanizada	900
			t2	25,4					
			t1	25,4	0,11	0,0020			
			t2	22,7					
			t1	22,7	0,12	0,0022			
			t2	20,0					
			t1	20,0	0,13	0,0024			
			t2	17,4					

4	28/01/13	35	t1	49,3	0,037	0,00069	0,00068 $6,8 \times 10^{-4}$	Material com gramínea em área urbanizada	500
			t2	47,5					
			t1	47,5	0,036	0,00068			
			t2	45,8					
			t1	45,8	0,035	0,00066			
			t2	44,2					
			t1	44,2	0,036	0,00068			
			t2	42,6					

5	28/01/13	40	t1	28,4	0,054	0,0010	0,0010 $1,0 \times 10^{-3}$	Material exposto em loteamento urbano	470
			t2	26,9					
			t1	26,9	0,053	0,0010			
			t2	25,5					
			t1	25,5	0,060	0,0011			
			t2	24,0					
			t1	24,0	0,055	0,0010			
			t2	22,7					

6	30/01/13	27	t1	52,6	0,0076	0,00014	0,00014 $1,4 \times 10^{-4}$	Material exposto em loteamento urbano	0
			t2	52,2					
			t1	52,2	0,0076	0,00014			
			t2	51,8					
			t1	51,8	0,0077	0,00014			
			t2	51,4					
			t1	51,4	0,0078	0,00014			
			t2	51,0					

7	25/01/13	40	t1	50,2	0,010	0,00018	0,00021 $2,1 \times 10^{-4}$	Material exposto em área urbanizada	200
			t2	49,7					
			t1	49,7	0,012	0,00022			
			t2	49,1					
			t1	49,1	0,012	0,00022			
			t2	48,5					
			t1	48,5	0,012	0,00022			
			t2	47,9					

8	25/01/13	65	t1	54,4	0,17	0,0032	0,0041 4,1 x 10⁻³	Material exposto em área urbanizada	3200
			t2	45,8					
			t1	45,8	0,20	0,0037			
			t2	37,2					
			t1	37,2	0,23	0,0043			
			t2	29,5					
			t1	29,5	0,27	0,0051			
			t2	22,4					
9	23/01/13	72	t1	43,9	0,73	0,013	0,011 1,1 x 10⁻²	Amostra com fragmento rochosos acinzentados da Formação Corumbataí na base. Material exposto em área urbanizada	6100
			t2	21,0					
			t1	48,0	0,61	0,011			
			t2	26,0					
			t1	47,2	0,56	0,010			
			t2	26,7					
			t1	50,9	0,52	0,009			
			t2	30,0					
10	23/01/13	42	t1	71,8	0,072	0,0013	0,0014 1,4 x 10⁻³	Material com pastagem	500
			t2	66,8					
			t1	66,8	0,076	0,0014			
			t2	61,9					
			t1	61,9	0,080	0,0015			
			t2	57,1					
			t1	57,1	0,074	0,0013			
			t2	53,0					

11	05/03/13	25	t1	39,1	0,10	0,0018	0,0021 2,1 x 10⁻³	Material com cana-de-açúcar	620
			t2	35,3					
			t1	35,3	0,11	0,0020			
			t2	31,6					
			t1	31,6	0,12	0,0022			
			t2	27,9					
			t1	27,9	0,13	0,0024			
			t2	24,4					

12	16/02/13	25	t1	25,7	0,076	0,0014	0,0016 1,6 x 10⁻³	Material com cana-de-açúcar	3500
			t2	23,8					
			t1	23,8	0,078	0,0014			
			t2	22,0					
			t1	22,0	0,090	0,017			
			t2	20,1					
			t1	20,1	0,093	0,017			
			t2	18,3					

13	16/02/13	25	t1	30,2	0,068	0,0012	0,0014 1,4 x 10⁻³	Material com cana-de-açúcar	3500
			t2	28,2					
			t1	28,2	0,069	0,0013			
			t2	26,3					
			t1	26,3	0,079	0,0014			
			t2	24,3					
			t1	24,3	0,085	0,0016			
			t2	22,3					

14	16/02/13	47	t1	57,0	0,25	0,0047	0,0042 4,2 x 10⁻³	Fragmentos rochosos da Formação Corumbataí na base. Material exposto em área urbanizada	3200
			t2	44,1					
			t1	44,1	0,28	0,0052			
			t2	33,3					
			t1	62,2	0,18	0,0034			
			t2	51,6					
			t1	51,6	0,19	0,0035			
			t2	42,4					
15	22/02/13	34	t1	60,1	0,21	0,0039	0,0050 5,0 x 10⁻³	Material com cana-de-açúcar	2600
			t2	48,3					
			t1	48,3	0,23	0,0043			
			t2	38,0					
			t1	38,0	0,28	0,0052			
			t2	28,6					
			t1	28,6	0,35	0,0066			
			t2	20,0					
16	22/02/13	40	t1	35,2	0,028	0,00052	0,00060 6,0 x 10⁻⁴	Concentração argilosa na base da amostra. Material com cana-de-açúcar	300
			t2	34,2					
			t1	34,2	0,035	0,00066			
			t2	33,0					
			t1	33,0	0,030	0,00056			
			t2	32,0					
			t1	32,0	0,034	0,00064			
			t2	30,9					

17	22/02/13	25	t1	55,5	0,10	0,0018	0,0021 2,1 x 10⁻³	Material com cana-de-açúcar	1000
			t2	50,1					
			t1	50,1	0,10	0,0018			
			t2	44,9					
			t1	44,9	0,12	0,0022			
			t2	39,5					
			t1	39,5	0,13	0,0024			
			t2	34,6					

18	23/02/13	25	t1	44,8	0,027	0,00051	0,00052 5,2 x 10⁻⁴	Material com pastagem	200
			t2	43,6					
			t1	43,6	0,027	0,00051			
			t2	42,4					
			t1	42,4	0,028	0,00052			
			t2	41,2					
			t1	41,2	0,029	0,00054			
			t2	40,0					

19	23/02/13	25	t1	46,9	0,030	0,00056	0,00059 5,9 x 10⁻⁴	Material com cana-de-açúcar	250
			t2	45,5					
			t1	45,5	0,031	0,00058			
			t2	44,1					
			t1	44,1	0,032	0,00060			
			t2	42,7					
			t1	42,7	0,033	0,00062			
			t2	41,3					

20	23/02/13	17	t1	40,0	0,18	0,0034	0,0044 4,4 x 10⁻³	Material com cana-de-açúcar	200
			t2	33,3					
			t1	33,3	0,20	0,0037			
			t2	27,0					
			t1	27,0	0,25	0,0047			
			t2	21,0					
			t1	21,0	0,31	0,0058			
			t2	15,4					

21	05/03/13	15	t1	44,3	0,015	0,00028	0,00032 3,2 x 10⁻⁴	Material com cana-de-açúcar	50
			t2	43,6					
			t1	43,6	0,018	0,00034			
			t2	42,8					
			t1	42,8	0,018	0,00034			
			t2	42,0					
			t1	42,0	0,016	0,00030			
			t2	41,3					