UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SUELI MANÇANARES LEME

**RELEVO, PROCESSOS GEOECOLÓGICOS E SÓCIO/REPRODUTORES E A
FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO PIRACICAMIRIM/SP**

São Paulo
2007

SUELI MANÇANARES LEME

**RELEVO, PROCESSOS GEOECOLÓGICOS E SÓCIO/REPRODUTORES E A
FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO PIRACICAMIRIM/SP**

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade
de São Paulo para a obtenção do título de
Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Adilson Avansi de Abreu

São Paulo
2007

FOLHA DE APROVAÇÃO

Sueli Mançanares Leme
Fragilidade ambiental

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade
de São Paulo para a obtenção do título de
Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Física

Aprovada em: 25 de setembro de 2007

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross

Instituição: FFLCH-USP. Assinatura:

Prof. Dr. José Bueno Conti

Instituição: FFLCH-USP. Assinatura:

Profa. Dra. Suelly Regina Del Grossi Michelotto

Instituição: UFU – Externo. Assinatura:

Prof. Dr. André Marcondes Andrade Toledo

Instituição: CENA /USP – Externo. Assinatura:

DEDICATÓRIA

Ao Hugo, meu esposo, com amor e gratidão por sua colaboração,
compreensão e importante apoio ao longo do processo de
elaboração deste trabalho.

Ao Marcelo e Gustavo, meus filhos, pelo permanente incentivo.

Aos meus pais, responsáveis maiores da minha caminhada intelectual.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todos os meus protetores celestes pela paz de espírito, tão necessária para finalizar produções desta natureza.

Ao Dr. Adilson Avanci de Abreu, pela orientação do trabalho, incentivo, compreensão e testemunhos de grande amizade.

Àqueles que, em função do seu conhecimento técnico especializado, possibilitaram a finalização desta elaboração. Neste sentido merecem menção especial: Rogério Dell' Antônio, geógrafo especializado em Geoprocessamento e Técnico do Laboratório de Cartografia do Curso de Turismo da Universidade Metodista de Piracicaba; Gabriel Constantino Blain, doutorando em Agrometeorologia da Esalq/Usp; Robinson Luis Tuon, especialista do Laboratório de Processamento de Dados Meteorológicos da Esalq/Usp e Celso Henrique Ribeiro C. Aímola, especialista em editoração e publicação.

Ao Centro Energia Nuclear na Agricultura (CENA), por colocar à disposição o laboratório de geoprocessamento e as fotos aéreas necessárias ao estudo.

RESUMO

LEME, S. M. **Relevo, processos geoecológicos, processos sócio-reprodutores e a fragilidade ambiental da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.** 2007. 196 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007.

O estudo teve por objetivo mostrar que as formas de relevo observadas na Bacia do Piracicamirim/SP traduzem a dependência genética de todo o conjunto de estruturas que se articulam no geossistema paisagístico dessa unidade geográfica, tendo por isso, grande importância como indicadoras da dinâmica precedente e da situação atual do mesmo, razão pela qual, o seu estudo foi tomado como fundamental não só para explicar a evolução dos processos geoecológicos da área mas, também, como norteador e, portanto, subsídio para o (re) planejamento futuro da referida bacia. A escolha da bacia em questão se justifica por sua meso-escala, o que a coloca, metodologicamente como adequada, para estudos de tendências, padrões de comportamento e de processos. A elaboração da carta morfodinâmica como método da pesquisa decorreu da intenção de avaliar a participação relativa do relevo na dinâmica dos processos, bem como da meta de identificar os graus de fragilidade ambiental. O estudo comprovou que a dinâmica das formas de relevo e as propriedades adquiridas em sua gênese determinaram a evolução dos processos geoecológicos e sócio-reprodutores observados na área; reforçou a adequação da perspectiva sistêmica e da sua materialização em uma carta síntese para estudos geomorfológicos com a pretensão técnica de subsidiar planejamento territorial; comprovou os riscos decorrentes da adoção, para o estudo de realidades complexas, de procedimentos exclusivamente analíticos; disponibilizou elementos de crítica em relação a procedimentos empíricos e computacionais de cartografia geomorfológica; identificou a relação relevo/solo/uso da terra como a que principalmente está a responder pela fragilidade ambiental na bacia; disponibilizou o ferramental que poderá subsidiar as necessárias ações públicas de (re) planejamento urbano/rural e de educação ambiental da área.

Palavras-Chave: relevo, processos geoecológicos, processos sócio-reprodutores e fragilidade ambiental.

ABSTRACT

LEME, S. M. Relief, geoecological processes, social-reproducing processes and environmental fragility in the Piracicamirim Basin/SP2007. 196 f. Thesis (Doctoral) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007.

This study had the objective of showing that the shapes of the relief seen in the Piracicamirim Basin/SP translate the genetic dependence of all set of structures that articulate themselves in the geosystem of the landscape of this geographic unit, having thus great importance as indicators of the precedent dynamic and of its actual situation, this been the reason why its study was taken as fundamental not only to explain the evolution of the area geoecological processes but also as a north, and therefore a subside to the future (re)planning of the referred basin. The choice of this particular basin justifies itself for its meso-scale, which places itself methodologically as adequate to the studies of tendencies, processes and behavioral standards. The elaboration of the morphodynamic chart as methodology of research resulted from the intention of evaluating the relative participation of the relief in the dynamic of the processes as well as of the goal of identifying the levels of environmental fragility. The study proved that the dynamic of the shapes of relief and the acquired properties in their genesis determined the evolution of the geoecological and social- reproducing processes seen in the area ; reinforced the adequation of the systematic perspective and its materialization in a chart synthesis to geomorphological studies with the technical intension of subsidizing territorial planning; reassured the resultant risks of the adoption, to the study of complex realities, of exclusively analytical approaches; made critic elements in relation to empiric and computational approaches of geomorphologic cartographing available; identified the relation relief/soil/use of the land like the principal one to answer to environmental fragility of the basin; made the tool that can subsidize the necessary public actions of rural/urban (re)planning and of environmental education of the area.

Key-Words: relief, geoecological processes, social-reproducing processes and environmental fragility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Área da Pesquisa.....	32
Figura 2. Localização da Unidade Morfoescultural da Depressão do Médio Tietê.....	36
Figura 3. Bacia de Drenagem, Fluxos e Transformações de Energia, Água e Sedimentos.....	66
Figura 4. Diagrama Esquemático sobre a Taxonomia do Relevo.....	85
Figura 5. Fluxograma da Pesquisa.....	99
Figura 6. Carta Hipsométrica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	114
Figura 7. Tipos de Vertentes da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	116
Figura 8. Carta Clinográfica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	118
Figura 9 . Carta Geológica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	122
Figura 10. Carta de Solos da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	127
Figura 11. Carta de Uso da Terra/Cobertura Vegetal da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	131
Figura 12. Carta Geomorfológica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	134
Figura 13. Carta de Fragilidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	155
Figura 14. Evolução Urbana de Piracicaba de 1940 a 2000.....	162

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Totais Anuais de Precipitação (Normal Climatológica 1961-1990).....	102
Gráfico 2. Precipitação Mensal do Ano de 1978.....	103
Gráfico 3. Precipitação Mensal do Ano de 1983.....	104
Gráfico 4. Frequência Acumulada dos Totais Anuais de Precipitação/Piracicaba (1961-1990).....	106
Gráfico 5. Frequência Relativa dos Totais Anuais de Precipitação/Piracicaba (1961-1990).....	107
Gráfico 6. Coeficiente de Variação de Chuva de 1961 a 1990.....	108
Gráfico 7. Evento Concentrado de Chuva (23 de maio de 1983).....	110
Gráfico 8. Evento Concentrado de Chuva (28 de maio de 1983).....	110
Gráfico 9. Evento Concentrado de Chuva (30 de maio de 1983).....	111
Gráfico 10. Oxigênio Dissolvido nas Zonas Rural e Urbana.....	170
Gráfico 11. Variação de Carbono Orgânico.....	171

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Relação entre Classes de Solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos no Nível de Ordem e as Classes Anteriormente Utilizadas na EMBRAPA - Solos.....	43
Quadro 2. Dias Chuvosos e Eventos Diários com Precipitação Superior a 20 mm/1983.....	109
Quadro 3. Dias Chuvosos e Eventos Diários com Precipitação Superior a 20 mm/1978.....	111
Quadro 4. Classificação das Rochas Comuns Segundo o Grau de Vulnerabilidade à Denudação.....	120
Quadro 5. Valores de Vulnerabilidade/Estabilidade dos Solos.....	124
Quadro 6. Legenda Integrada da Carta Geomorfológica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP.....	135
Quadro 7. Alteração do Funcionamento das Vertentes em Função do Desenvolvimento das Cidades.....	159

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Terraços Fluviais (Alto Curso do Ribeirão Campestre.....	136
Foto 2. Cicatriz de Mineração (Extração de Areia Produzida a Partir de Roxa Silicificada).....	137
Foto 3. Voçoroca Associada à Galeria Pluvial (Bairro Cecap II).....	138
Foto 4. Voçoroca Relacionada a Obras de Infra-Estrutura Rodoviária.....	138
Foto 5. Erosão Associada à Obra de infra-estrutura Ferroviária.....	139
Foto 6. Voçoroca Ativa Associada a Ponto de Deságüe de Galeria Pluvial (Margem Direita do Ribeirão Piracicamirim.....	139
Foto 7. Voçoroca em Processo de Cicatrização em área Terraplanada (Próxima à Creche Independência).....	140
Foto 8. Área de Rocha Silicificada Destituída de Vegetação Natural (Jardim Alvorada).....	140
Foto 9. Sulcos e Ravinas em Áreas de Cana na Entressafra	141
Foto 10. Latossolo (margem Esquerda da Estrada que Liga A Rodovia Cornélio Pires à Rodovia do Açúcar).....	142
Foto 11. Podzol (Rodovia Cornélio Pires ao Sul da Cidade de Saltinho).....	143
Foto 12. Solo Gleis (Nascente do Córrego Campestre).....	144
Foto 13. Solo Litólico (Rodovia Cornélio Pires próximo à Nascente do Córrego Saltinho).....	145

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. HIPÓTESE, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DA PESQUISA.....	18
2.1. Hipótese de Estudo.....	18
2.2. Objetivo Geral.....	18
2.3. Objetivos Específicos.....	19
2.4. Justificativas.....	20
3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA..	28
3.1. Localização da Área de Pesquisa.....	28
3.2. Embasamento Geológico.....	30
3.3. Relevo Regional e Local.....	31
3.4. Tipos de Solos.....	39
3.5. Cobertura Vegetal e Uso da Terra.....	42
3.6. Condicionantes Climáticos.....	46
3.7. O Processo Histórico de Ocupação da Área e a Degradação Ambiental.....	49
4. PRESSUPOSTOS TEÓRICO/METODOLÓGICOS DO ESTUDO.....	59
5. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	83
5.1. Ordenamento Operacional da Investigação.....	83
5.1.1. Fase I – Nível compilatório.....	83
5.1.1.1. Dados secundários.....	84
5.1.1.2. Dados primários.....	84

5.1.2. Fase II - Nível correlatório.....	94
5.1.3. Fase III - Nível semântico.....	94
6. INSTRUMENTAL TÉCNICO DE ANÁLISE.....	97
6.1. Produtos Gráficos e Cartográficos Intermediários.....	97
6.1.1. Dados Climáticos.....	97
6.1.2. Carta Hipsométrica.....	109
6.1.3. Carta de Vertentes.....	112
6.1.4. Carta Clinográfica.....	114
6.1.5. Carta Geológica.....	116
6.1.6. Carta de Solos.....	120
6.1.7. Carta de Uso da Terra/Cobertura Vegetal.....	125
6.1.8. Carta Geomorfológica.....	129
7. CARTA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO PIRACAMIRIM.....	144
7.1. Fundamentos Teóricos e Procedimentos Técnico-Operacionais de Elaboração da Carta Síntese.....	144
7.1.1. Classes de declividade.....	145
7.1.2. Grau de fragilidade dos solos.....	145
7.1.3. Graus de proteção do solo pelo uso/cobertura vegetal.....	146
8.1. ANÁLISE AMBIENTAL URBANA.....	154
8.1.1. Evolução urbana de Piracicaba.....	158
8.1.2. Expansão urbana na Bacia do Piracicamirim: reflexos hidrológicos, morfodinâmicos e os planos de ação decorrentes....	162

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	171
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	180

1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem se mostrado preocupação freqüente de todos os seguimentos sociais e objeto de investigação de inúmeros ramos científicos e tecnológicos.

A análise da literatura, que discute o assunto, comprova que é opinião comum que, a explicação para o grande número de pesquisas desenvolvidas sobre a temática ambiental deve ser buscada principalmente, na dependência de diversos ramos de atuação e, principalmente do homem, em relação aos recursos naturais também que, várias áreas de conhecimento, entre eles a Biologia, a Química, a Física, a Engenharia, a Medicina, a Agronomia, a Economia, a Sociologia, o Direito, a História, a Geografia etc., estão realizando pesquisas ambientais.

Na Geografia, a despeito do destaque atual (ROSS, 1995a), estudos ambientais são históricos. Na perspectiva desse mesmo autor, servem de testemunho para essa assertiva o fato dos estudos do homem e do meio, da geografia agrária, da indústria, dos climas, do relevo, dos solos, da energia, das populações, do turismo, da biogeografia, etc., nada mais serem do que os temas hoje tratados nos estudos integrados da natureza e da sociedade.

Se a preocupação com o ambiente é realidade em várias especializações geográficas, em algumas delas tem tido ênfase maior. É o que está a testemunhar a análise particular da produção na Geografia Física realizada por Suetegaray; Nunes (2001) apoiada nos Anais do XXII Encontro Nacional de Geógrafos (XXII ENG) e nos Resumos do 8º Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL). Esta além de indicar como tendência em Geografia os estudos na ótica ambiental, em termos da especialização na área constatou nítida predominância de trabalhos em Geomorfologia, Climatologia e Recursos Hídricos. No âmbito dessas especializações, considerando um e outro evento, respectivamente, 18,44% e 12,87%), dos trabalhos apresentados versaram sobre a questão ambiental. A mesma investigação revelou que das temáticas vinculadas à questão ambiental o caminho mais trilhado pelos geógrafos diz respeito aos estudos de impactos ambientais. Estes impactos estão geralmente vinculados a algum aspecto da

degradação da natureza, seja o clima, o relevo, a vegetação ou as águas. Aos impactos seguem-se estudos relativos aos diagnósticos ambientais e ao planejamento.

Na Geomorfologia em particular, a pesquisa ambiental vem ganhando ênfase de forma crescente em escala local, isso porque é, na escala de detalhe que os levantamentos possibilitam a realização de diagnósticos e de prognósticos, tão importantes nos processos de regionalização, planejamento ou de replanejamento territorial.

No âmbito da Geomorfologia é o desenvolvimento tecnológico e científico que, principalmente, tem levado os geógrafos a darem mais importância à análise dos processos morfodinâmicos (aqui entendidos como o conjunto de processos naturais atuantes no presente) isso porque, a velocidade de criação de novos equipamentos tecnológicos de intervenção na dinâmica da natureza, a partir da lógica da valorização dos recursos naturais como mercadoria, é que tem gerado significativas transformações/degradações do relevo o que se dá, sobretudo, em áreas de maior concentração populacional ou com tipos particulares de uso da terra. A maior discussão do tempo presente, tempo imediato, do tempo do diagnóstico se deve, de acordo com Suetegaray; Nunes (2001), à valorização de um pensar/fazer Geomorfologia.

Se nos termos dos autores anteriormente citados, prioritariamente, busca-se o detalhamento da “anatomia da natureza”, para pretensamente saber construir, destruir, reconstruir novos espaços físicos e sociais conforme os interesses econômicos e políticos dominantes para cada tempo histórico, felizmente um grande número de estudos ambientais também estão sendo realizados na perspectiva da preservação dos recursos naturais, bem como da manutenção do equilíbrio desses sistemas com vistas a evitar o seu colapso, uma vez que este, além de comprometer o desenvolvimento econômico, implicará na deterioração da qualidade de vida das populações.

O presente estudo se desenvolveu na perspectiva da geografia como ciência ambiental particularmente pelo fato de concordar-se com Neef (1972) que essa é

a condição para que essa ciência atinja a posição de mérito na resolução dos problemas mundiais; também porque são os problemas ambientais verificados na Bacia do Ribeirão Piracicamirim que nos últimos anos têm mobilizado inúmeras discussões e ações, levadas à cabo por instituições públicas (sobretudo pela Prefeitura Municipal) e por interesses privados (empresas imobiliárias), uma vez que essa bacia foi eleita pelo Plano Diretor de 1991, como um dos eixos de expansão urbana.

As características físicas da bacia (geologia, solos, declividade, clima, hidrologia etc.) somadas ao uso da terra predominantemente com cana-de-açúcar, e ocupada de forma crescente, do ponto de vista urbano, por uma população que em função das suas condições econômicas e principalmente socioculturais, na maioria das vezes, não tem a necessária consciência ecológica para garantir o equilíbrio desse sistema ambiental justificam a sua eleição como objeto de vários estudos preocupados prioritariamente com a componente hidrológica; também explicam o interesse desta pesquisa que se propõe a fazer a análise dessa mesma realidade com ênfase na variável geomorfológica isso porque entende-se, como Abreu (1985) que o “relevo e suas propriedades têm importante papel na organização do espaço posto que ele e sua dinâmica fornecem para a geografia uma das mais ricas fontes de leis espaciais e de movimentos de transformação da matéria na superfície do planeta”

Se de acordo com a perspectiva teórica anterior, o relevo, enquanto fonte de obtenção de leis e de padrões de comportamento espacial, constitui-se no veículo de articulação dos elementos ecológicos e sociais que define o sistema territorial operado pela sociedade em função dos seus objetivos e condições, fica explicada a proposição de uma investigação que tem por objetivo estudar de forma integrada o relevo e o território uma vez que estes, por extensão do que ocorre no restante do planeta, também na unidade geográfica eleita para estudo, se apresentam, parafraseando o autor supracitado (p.158), “cunhados em uma interface extremamente dinâmica e produzem uma paisagem fortemente marcada pela sociedade e por sua estrutura econômica”.

O fato de o relevo ter propriedades dinâmicas ligadas à natureza, mas também, sócio-reprodutoras, ligadas ao uso da terra pelo homem, este último quando se desenvolver de forma incompatível com a dinâmica do próprio relevo, resulta na sua desestabilização. A importância pois, do estudo do relevo em relação às formas de reprodução social decorrem do uso das propriedades geoecológicas relevantes e das influências diretas da esculturação e dinâmica do relevo, face à intensidade e modos de uso e face a efetividade e custos sociais.

As influências (negativas) da intensidade e dos modos de uso da terra na esculturação e dinâmica do relevo na bacia objeto de análise, mas sobretudo, os altos custos sociais, decorrentes dessa relação é o que também está a justificar um estudo que acabou por confirmar o significado e propriedades do relevo na organização do espaço.

Pelo fato da pesquisa configurar-se como estudo preocupado com planejamento e com processo apresentaram-se como possíveis direções de abordagem dois eixos: o territorial - que tem como unidade de planejamento o município - e a bacia hidrográfica. A opção por esta última deu-se especificamente pela adequação dessa unidade sistêmica à análise de processos. Em função dessa “escolha” o estudo filia-se a uma linhagem regional – clássica no campo da geografia – idiográfica, portanto.

2. HIPÓTESE, OBJETIVO E JUSTIFICATIVAS DA PESQUISA

Na seqüência serão explicitadas as hipóteses do estudo bem como seus objetivos e relevância:

2.1. Hipótese do Estudo

Através do presente estudo pretendeu-se testar as hipóteses de que:

- ✓ a dinâmica das formas de relevo e as propriedades adquiridas em sua gênese explicam a evolução dos processos geoecológicos e sócio-reprodutores de uma área revelando-se por isso essenciais em estudos que têm a intenção de subsidiar o (re) planejamento e a reprodução da sociedade por explicarem a situação atual e possibilitarem o prognóstico de tendências;
- ✓ a bacia hidrográfica enquanto unidade natural, sistêmica, portanto, se mostra particularmente adequada para estudos de abordagem integrada em geografia. Nesse sentido a presente pesquisa se constituirá ao mesmo tempo em um estudo regional de natureza idiográfica e em teste metodológico;
- ✓ na explicação das realidades complexas como é o caso da geográfica, sob pena de incorrer-se em erros de interpretação, os estudos analíticos devem fazer-se acompanhar do controle de análises integradas.

2.2. Objetivo Geral

A investigação teve por objetivo mostrar que as formas de relevo observadas na Bacia do Piracicamirim, traduzem a dependência genética de todo o conjunto de estruturas que se articulam no geossistema paisagístico da região, tendo por isso grande importância como indicador da dinâmica precedente e da

situação atual do mesmo, razão pela qual o estudo da sua dinâmica foi tomado como fundamental não só para explicar a evolução dos processos geoecológicos da área, mas também como norteadores e, portanto, subsídio para o (re) planejamento futuro da mesma face aos indícios de desestabilização comprovados pelos diferentes níveis de fragilidade ambiental aí mapeados.

2.3. Objetivos Específicos

Partindo-se da aceção que a degradação ambiental, é por definição um problema social (BLANKIE; BROOKFIELD, 1987) e que “a Geomorfologia pode assumir um caráter integrador nos estudos relacionados a essa temática, na medida em que procura compreender a evolução temporo-espacial dos processos do modelado terrestre, tendo em vista escalas de atuação dos mesmos face às intervenções humanas em um determinado ambiente” (GUERRA; CUNHA, 1996, p. 348-349), o presente estudo teve por intenções específicas:

- ♦ efetuar a classificação das formas de relevo da bacia objeto da análise;
- ♦ analisar a gênese das formas identificadas, pois a fragilidade dos ambientes naturais, face às intervenções antrópicas, varia em função de suas características genéticas (ROSS, 1994);
- ♦ analisar a morfodinâmica atual da área na sua relação com as intervenções antrópicas;

A operacionalização das três primeiras intenções demandou a implementação das orientações metodológicas apresentadas por Ab' Saber (1969) para os estudos sobre o Quaternário, bem como o apelo aos procedimentos necessários para compreender:

- a compartimentação topográfica da área de estudo e as formas de relevo de cada um de seus compartimentos;
 - a estrutura superficial, uma vez que o relevo atual da área comporta um saldo de interferências que somente pode ser compreendido à custa de uma investigação minuciosa dos seus depósitos superficiais;
 - a fisiologia da paisagem.
- ♦ elaborar uma carta que retratasse a ecodinâmica da área, que identificasse os diferentes graus de fragilidade ambiental o que foi feito de acordo com a metodologia proposta por Tricart (1965) e complementada por Ross (1985/1986).

A materialização dos objetivos específicos demandou pois, a realização de um inventário do quadro ambiental natural e antropizado o que implicou na cartografia da litologia e das estruturas, das formações superficiais representadas pelos solos, paleossolos e depósitos coluviais, da cobertura vegetal natural, dos tipos de uso da terra, dos processos erosivos e degradacionais.

2.4. Justificativas

A partir da perspectiva de análise do relevo adotada – georelevo – cientificamente a pesquisa se justifica por incluir-se entre os estudos de geomorfologia que o entende como uma superfície limite e um elemento sistêmico no geossistema paisagístico, o que a coloca em articulação clara na direção de uma geografia moderna. Também enquanto estudo idiográfico trará importante contribuição para a investigação da paisagem e da bacia objeto da análise podendo subsidiar tecnicamente estudos de regionalização e de avaliação do uso potencial da mesma.

Teórica e metodologicamente o estudo se revela importante por somar-se às análises geográficas que vêm apropriando-se, difundindo, e aplicando a teoria sistêmica em nosso país, a despeito dos limites que possa apresentar.

Nos últimos anos vem se verificando um fortalecimento das relações entre a Geografia Física e as áreas de conhecimento preocupadas com mudanças ambientais globais. No contexto da Geografia Física, é a Geomorfologia que tem assumido caráter de disciplina privilegiada nos estudos ambientais, pelo fato de que, para seu adequado entendimento, exige do pesquisador conhecimento pluralista. Como afirma Ross (1994) não se pode entender a dinâmica e a gênese das formas do relevo, sem que se conheça muito bem os fatores bioclimáticos, pedogenéticos, geológicos e mesmo antrópicos que interferem no dinamismo e portanto em sua evolução. Coltrinari (1994) reforça a posição do autor anteriormente referenciado dizendo que os problemas que ameaçam a sobrevivência do homem só podem ser resolvidos por cientistas (ciências? - acréscimo nosso), que tenham condições de conhecer o caráter global dos problemas.

Enquanto pesquisa básica poderá complementar outras pesquisas ambientais que foram desenvolvidas na Bacia do Piracicaba, e que identicamente têm a intenção de subsidiar o planejamento territorial futuro desse ecossistema. Esse é o caso particular do Projeto PiraCena instituído para desenvolver pesquisas ambientais na Bacia do Piracicaba com o objetivo de conhecer, particularmente, os processos hidrológicos e biogeoquímicos que regem o funcionamento dessa bacia hidrográfica. A identidade entre a pesquisa realizada e o projeto em questão se localiza, particularmente, em dois pontos: primeiro porque, do ponto de vista epistemológico, o PiraCena se apoia no paradigma de que, o completo entendimento sobre o funcionamento de uma bacia, exige simultâneo conhecimento dos sistemas aquáticos e terrestres que a compõem; segundo porque, além de preocupações acadêmicas, tem intenções sociais, já que também é sua meta, subsidiar autoridades municipais, estaduais e federais para que possam formar um conjunto de ações conciliatórias entre a utilização e a preservação dos recursos naturais da Bacia do Piracicaba.

Desde a sua concepção, o PiraCena foi dividido em dois seguimentos: estrutura e funcionamento. Conhecer a estrutura do ecossistema, segundo Martinelli (1996), coordenador do projeto, é conhecer as suas peças que são a composição geológica, os tipos de solos, a cobertura vegetal e o uso da terra, mas também, determinar os índices pluviométricos e o destino dessa água. Com tantas demandas em nível do conhecimento técnico-científico, não é de se estranhar que o PiraCena tenha sido definido como um projeto multidisciplinar e multistitucional. Contudo, enquanto proposta de estudo ambiental integrado e espacializado no tempo e no território, o estudo em questão deveria contemplar todas as disciplinas que representam o todo uma vez que, mais uma vez, nos termos de Ross (1994), os diferentes ambientes naturais encontrados na superfície terrestre, na perspectiva sistêmica, são decorrentes das diferentes trocas de energia e matéria entre os componentes.

A compreensão de que o relevo (GRIGORIEV, 1968), em função de suas formas, dinâmica e gênese, também exerce significativa influência sobre os demais componentes do “Estrato Terrestre” (clima, solo, rochas, vegetação, fauna e sociedades humanas), justifica a proposição do estudo em questão.

Ainda é importante destacar-se como o fez Carvalho (1995), que por representar outros ribeirões da Bacia do Piracicaba, algumas das conclusões que forem tiradas de pesquisas no Piracicamirim, poderão ser extrapoladas para uma série de outros ribeirões espalhados no referido sistema ambiental. Essa condição além de fazer desse ribeirão, um ótimo campo de estudo, pode permitir a extensão do diagnóstico realizado nesse quadro ambiental particular, para outros setores da referida bacia e, a partir dele, elaborar sugestões de caráter corretivo e/ou preventivo tendo em vista, não só o fato dessa bacia estar inserida em um ecossistema fortemente modificado mas, porque há perspectiva iminente de aceleração da inserção da tecnologia humana, nessa unidade de paisagem e principalmente porque, um desafio atualmente colocado para a sociedade, científica inclusive, constitui em materializar a noção surgida no final da década de 80, sobre o desenvolvimento sustentável.

Contudo, a contribuição maior do estudo é de caráter sócio/político/administrativo/educacional, uma vez que, ao estabelecer para a Bacia do Ribeirão Piracicamirim os diferentes graus de sensibilidade em relação aos processos degradacionais, particularmente de origem antrópica, definindo as categorias de ambientes (estáveis e instáveis), estará complementando denúncias de degradação ambiental feitas por estudos anteriores e reforçando a necessidade de medidas político/administrativas e programas reeducação e conscientização ambiental para aumentar o potencial de preservação no futuro.

Estudos biogeoquímicos (OMETTO, 1998), por exemplo, têm comprovado que o Ribeirão Piracicamirim vem sofrendo uma clara deteriorização das características físico-químicas da água e da capacidade de sustentabilidade de comunidades de organismos lóticos.

Associando a composição biogeoquímica do Ribeirão Piracicamirim com o uso e cobertura do solo Toledo (2001) concluiu que a urbanização se configura como principal fator na determinação das mudanças espaciais na qualidade da água. Os resultados obtidos da análise da composição biogeoquímica do referido corpo d' água permitiu-lhe verificar que na área agrícola o aporte de material é difuso, enquanto a urbanização mostrou-se uma fonte pontual de poluição.

Partindo-se do pressuposto, que o relevo é ao lado de outros, um importante elemento constitutivo do sistema ambiental, no caso da área em análise coloca-se ao lado das análises biogeoquímicas, como ferramenta de grande importância na caracterização do grau de impacto das intervenções humanas em um ecossistema específico, revelando-se assim como importante subsídio na tomada de decisões com relação às políticas de gerenciamento territorial - o que justifica o valor político/administrativo da pesquisa.

A ênfase, na relação: dinâmica do relevo/organização do espaço se justifica principalmente porque existem testemunhos empíricos de que a atuação humana é altamente condicionadora dos processos geomorfológicos que atuam na evolução do relevo.

Se o homem "ao apropriar-se do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso

que aquele que a natureza imprime" (ROSS, 1994), a morfodinâmica e os desequilíbrios ambientais na Bacia do Ribeirão Piracicamirim, a exemplo da deteriorização da água, são mais significativos no trecho em que a mesma se apresenta mais ocupada do ponto de vista humano (urbano) particularmente porque, como já dissemos, essa população, de modo geral, apresenta baixo padrão econômico e sócio-cultural e/ou naqueles em que o uso da terra não se faz respeitando as características físicas do ambiente, o que pode gerar processos de alteração na natureza. A desconsideração daquelas mesmas características para outros tipos de uso da terra (agricultura, pastagem, mineração, edificações etc.), pode também desencadear outros processos além de acelerar aqueles de natureza geomorfológica.

Considerando-se as imagens de satélite, em função da sua escala (1: 100 000) em termos do tamanho das formas, só nos permitem definir unidades morfológicas, será necessário adotar-se uma escala maior para a identificação de processos geomórficos atuais. Nesta perspectiva a preocupação do estudo também fica justificada, como forma de corroborar em nível de detalhe, o que levantamentos em escala menor (IPT, 1991), já diagnosticaram para a área.

O IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – submeteu a totalidade do Estado de São Paulo a uma interpretação segundo a incidência dos processos naturais de modificação dos terrenos, que a ação humana pode intensificar, ou acelerar. O resultado desse trabalho nos permite saber e visualizar que áreas do Estado estão sob risco de erosão, de escorregamentos, de afundamentos, inundações, abalos sísmicos e poluição das águas subterrâneas entre outros dados. A Carta Geotécnica do Estado de São Paulo na escala 1: 500 000 (IPT, 1991), significa uma primeira sistematização dos dados disponíveis sobre os mais importantes processos do meio físico, determinantes dos problemas relativos ao uso da terra no território paulista. Analisado segundo as expectativas de desempenho dos terrenos diante das formas usuais de ocupação, o território paulista apresentou-se compartimentado em dezoito unidades geotécnicas, cada qual com recomendações específicas de caráter preventivo e corretivo.

Interessam à área em estudo as unidades 1, 9 e 17 reconhecidas, respectivamente, como:

- de **muito alta susceptibilidade à erosão por sulcos, ravinas e voçorocas** – felizmente de pouca significação territorial na área estudada. Seu substrato geológico é formado (IGG, 1966) por arenitos (Grupo Pirambóia);
- de **manifestações de problemas de fundação e estabilidade de taludes por expansão/contração nos materiais do subsolo** – de ocorrência extensiva na área. Esta unidade corresponde às áreas de formações geológicas com presença significativa de argilo-minerais expansivos (na área associados ao Grupo Estrada Nova/Formação Corumbataí);
- De **baixa susceptibilidade aos diversos processos do meio físico analisado** – de pequena representatividade e na área associada à ocorrência de corpos de rochas básicas.

Das três realidades elencadas, pela significação da ocorrência, a segunda merece atenção especial principalmente porque, de acordo com os técnicos do IPT (1991), os problemas ligados à variação volumétrica dos solos pela presença de argilo–minerais expansivos ocorrem, quase que exclusivamente, como consequência das alterações introduzidas pelo próprio uso. Estas alterações resultam na exposição de rochas/solo de alteração a ciclos de umedecimento / ressecamento, em taludes de corte e áreas terraplanadas, gerando o fenômeno também denominado empastilhamento. No entanto, problemas de fundação podem desenvolver-se associados a edificações e a outras obras civis, caso os terrenos com argilo-minerais expansivos sejam expostos a ciclos de umedecimento/ressecamento, promovendo a danificação das estruturas das obras executadas por fundação direta.

A condição da Bacia do Ribeirão Piracicamirim de importante vetor de expansão urbana, associada à pequena probabilidade de aplicação de técnicas

adequadas de fundação das edificações, considerando-se tratar-se de loteamentos destinados, sobretudo à construção de habitações de caráter popular, reforça a importância da correlação que o presente estudo se propõe a efetivar, uma vez que pode evitar o aumento dos prejuízos originários do sobrecusto da implementação e manutenção de empreendimentos mal planejados.

Em termos de justificativa do estudo também se faz necessário destacar que o Município de Piracicaba é privilegiado em recursos hídricos, pois é cortado por diversos córregos e ribeirões todos eles, desaguardo no Rio Piracicaba. Cada um desses cursos d' água constitui uma pequena sub-bacia e muitos deles estão hoje inseridos em áreas urbanizadas ou no perímetro urbano. A cidade cresceu e foi envolvendo esses córregos e ocupando suas margens numa época em que não havia uma lei ambiental que impedisse ações predatórias. Muitos córregos foram soterrados ou canalizados. Então, quando chove muito, as águas que deveriam fluir normalmente por esses cursos d' água, extravasam suas margens provocando enchentes. O Ribeirão Piracicamirim se inclui entre os cursos d' água em que esse problema não só é freqüente como tem amplas possibilidades de agravar-se.

Enquanto instrumento de planejamento e gestão segura em termos ambientais e urbanos as preocupações anteriores ratificam a importância do diagnóstico (morfodinâmico) pretendido pela pesquisa, bem como reforçam seu valor para a educação ambiental. Por reunir as informações necessárias (dados geológicos, do clima, vegetação natural, uso da terra, a hidrologia, o relevo, recursos mineralógicos e sobre a sócio-economia da bacia), poderá viabilizar a intenção de elaboração futura de um atlas ambiental da bacia, em complemento ao que vem sendo realizado para outra unidade hidrográfica, também integrante da Bacia do Rio Piracicaba - a do Rio Corumbataí.

A título de conclusão podemos dizer que, por ter como um dos seus objetivos, dar testemunhos das influências (negativas) da intensidade e dos modos de uso da terra na esculturação e dinâmica do relevo na bacia objeto de análise - mas, sobretudo, destacar os altos custos sociais decorrentes dessa relação - a

pesquisa, além de poder confirmar o significado e propriedades do relevo na organização do espaço, seu produto final (Carta Ecodinâmica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim) se não for aplicado à organização e gestão do território em questão, já que essa é tarefa dos poderes municipais, estaduais e federais, minimamente servirá para explicitar o nosso conceito de que a Ciência deve contribuir para o bem público. Particularmente constitui-se em uma tentativa a mais de avaliar os graus de mudança ou de derivação que as interferências antrópicas imprimem ao meio físico. Trata-se, portanto, de uma contribuição para a compreensão da história da interação da sociedade em sua relação dialética com a natureza.

Por último, por ter se utilizado de procedimentos empíricos e computacionais de cartografia acabará, a exemplo de outros trabalhos ocupados da temática geomorfológica, por disponibilizar subsídios críticos em relação a uma e outra, práticas.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

O conteúdo que se segue oferece referenciais para a localização da área de estudo e para sua caracterização geral em termos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, de uso da terra/cobertura vegetal bem como fornece dados relativos ao processo histórico da sua ocupação e degradação ambiental.

3.1. Localização da Área de Pesquisa

A bacia hidrográfica do Ribeirão Piracicamirim está localizada entre os paralelos $22^{\circ}41'40''$ e $22^{\circ}52'35''$ e os meridianos de $47^{\circ}35'15''$ e $47^{\circ}43'21''$. Estende-se por uma área de aproximadamente 133,16km². Engloba parcialmente, três municípios: Piracicaba, Rio das Pedras e Saltinho.

A figura que se segue **(Figura 1)** localiza a área de estudo, respectivamente, no Estado de São Paulo e na Bacia do Rio Piracicaba:

Figura 1 - Localização da Área de Pesquisa

Outras propriedades dimensionais da bacia em questão são: seu perímetro de 63,9 km, sua maior largura de 11 km e o seu maior comprimento de 20,7km (TOLEDO, 2001). Ainda de acordo com esse mesmo autor o canal principal do Piracicamirim percorre uma distância de 29,7km da nascente até a foz.

3.2. Embasamento Geológico

A Bacia do Ribeirão Piracicamirim faz parte da Depressão Periférica Paulista.

A Depressão Periférica Paulista foi escavada em rochas do Super-Grupo Tubarão e do Grupo Passa Dois (DNPM, 1979; MAURO et al, 1991) ambos de idade Paleozóica. Também verificam-se na área, formações do Mesozóico: Grupo São Bento: Formação Pirambóia e Serra Geral.

A exemplo, da depressão que o inclui - a da Borda Leste da Bacia do Paraná – o trecho paulista foi esculpido quase que totalmente nos sedimentos Páleo-Mesozóicos (ROSS, 1990). Do ponto de vista da litologia o Grupo Tubarão apresenta-se constituído de arenitos, siltitos, varvitos, tilitos, conglomerados e fósseis.

A denominação Passa Dois foi utilizada primeiramente por White (1908), que a empregou na categoria da série, para representar um conjunto de camadas de natureza “folhelhosa”, com subordinações de arenito, calcário e sílex.

Muhlmann et al (1974) definem o Grupo São Bento como constituído, essencialmente, de arenitos finos a médios e basaltos de idade juro-cretácea.

A Formação Serra Geral, particularmente, compreende o conjunto de derrames de lavas basálticas intrusivas associadas (diques e soleiras), contendo intercalações de lentes e camadas arenosas, que capeiam as formações gonduânicas da Bacia do Paraná. Ocupa, geralmente, a área de interflúvios, apresentando uma distribuição bastante descontínua, principalmente onde predominam os diques e as soleiras.

Em linhas gerais as constatações anteriores foram confirmadas por outros autores que também abordaram, em geral, a geologia da área (CERRI, 1999; SÃO PAULO, 1991a; RANZANI, 1976). Ao tratar da geologia do Município de Piracicaba, em particular, o último autor referenciado observa que aí predominam os materiais do Grupo São Bento (49,7%) seguindo-se a esse, os sedimentos do Grupo Passa Dois (19,2%), os sedimentos glaciais (15,9%) e finalmente os depósitos Cenozóicos (14,1%).

3.3. Relevo Regional e Local

No âmbito das unidades do relevo brasileiro, a Bacia do Ribeirão Piracicamirim se localiza, pois, em uma unidade de depressão. De acordo com Ross (1995b) as depressões no território brasileiro exceção feita à Depressão Amazônica Ocidental, apresentam uma característica genética muito marcante que é o fato de terem sido geradas por processos erosivos com grande atuação nas bordas das bacias sedimentares.

As atividades erosivas com alternância de ciclos secos e úmidos esculpiram, ao longo do Terciário e do Quaternário, as depressões periféricas, as marginais e as monoclinais. Essas depressões estendem-se por estruturas muito diferenciadas.

No Brasil, foram identificadas doze unidades de depressão. Interessa ao estudo em questão aquela que o autor supracitado chamou de Depressão da Borda Leste da Bacia do Paraná. A diversidade do modelado observada nessa unidade é decorrência da influência tectônica, variação litológica e dos graus de atuação dos processos erosivos dos mais variados ambientes paleoclimáticos.

No contexto particular do relevo paulista a bacia objeto do estudo integra a chamada Depressão Periférica Paulista (DPP).

A qualificação de depressão periférica foi atribuída a essa área paleozóica por Moraes Rego, em 1932. Ela foi identificada, pela primeira vez, em 1927, pelo geógrafo Pierre Denis. Denis a identificou como faixa erosiva deprimida, à

semelhança do Morvan francês já que inclui, um maciço antigo saliente em uma de suas margens (Planalto Atlântico), uma área deprimida de desnudação marginal, de dezenas de quilômetros de largura, e, na outra banda, uma área de altas escarpas de cuevas arenítico-basálticas (Planalto Ocidental). “Trata-se de um dos mais notáveis e esquemáticos casos de morvans iintertropicais conhecidos na literatura geomorfológica” (AB’ SABER, 1969, p.1).

Por ter se constituído em objeto de estudo de vários geógrafos e geólogos, dispõe-se de inúmeras descrições dos aspectos estruturais, litológicos, topográficos e morfológicos da Depressão Periférica (PENTEADO, 1976) os quais, pela localização da área de estudo, devem aqui ser resgatados.

De acordo com a autora supracitada a Depressão Periférica Paulista constitui-se em uma região deprimida, rebaixada por erosão e situada entre as terras altas do Planalto Atlântico e as escarpas elevadas das cuevas basálticas do Planalto Ocidental. Funciona como uma espécie de segundo planalto no conjunto do interior paulista; é o principal e mais característico compartimento topográfico, de origem predominantemente denudacional do Estado de São Paulo. É uma faixa de cerca de 450 km de comprimento no sentido norte-sul e de aproximadamente 100 km de largura média, mais estreita ao norte, onde se inicia à base da serra basáltica de Monte Santo e mais larga na sua porção central (boqueirão do Tietê), e sul (boqueirão de Piraju).

No contexto da Depressão Periférica Paulista, a Bacia do Ribeirão Piracicamirim se localiza na Zona do Médio Tietê (ALMEIDA, 1974), em função de suas características topográficas e morfoestruturais ou na unidade morfoescultural chamada de Depressão do Médio Tietê, em alusão à sua gênese, por Ross; Moroz (1997). Esta zona compreende cerca de 15 200km² e apresenta uma largura que varia de 80 a 120 km”.

Figura 2. Localização da Unidade Morfocultural da Depressão do Médio

Tietê

LEGENDA

Depressão do Médio Tietê

Fonte: Almeida (1974, p. 20)

Ao analisar-se a bibliografia relativa à DPP, em geral verificou-se concordância entre os autores consultados (ALMEIDA, 1974; AB' SABER, 1969; PENTEADO, 1976; ROSS; MOROZ, 1997) ao descreverem a litologia, as formas de relevo, os solos e o padrão de drenagem dessa área. Do ponto de vista da litologia foi caracterizada como constituída em sua maior parte de sedimentos, mas que também apresenta importantes derrames e intrusões de rochas básicas, que desempenham um papel saliente na topografia. Portanto a litologia desta unidade morfológica é basicamente constituída por diabásios e arenitos. As camadas mergulham numa direção geral NO, com inclinações variáveis, maiores

nas camadas do Grupo Tubarão (cerca de 15 a 20 m por Km) e menores nas camadas do Grupo Passa Dois (a 4 por km das inferiores para as superiores). Devido à presença de tal mergulho, para NW, as litologias mais resistentes à erosão mostram-se salientes na topografia, constituindo cuestras. Além do mergulho regional, as camadas paleozóicas exibem, localmente, algumas perturbações devidas a falhamentos relacionados com intrusões de diques e sills de diabásio ou eruptivas alcalinas ou devidas a reativamento de falhamentos provavelmente pós-cretáceos. A topografia aparece, pois, muito ligada à geologia.

De modo geral a topografia da zona é pouco acidentada. O modelado constitui-se basicamente de colinas. Predominam colinas baixas, de topo aplainado, levemente convexas separadas por vales jovens, divisores de vales largos, rematados em fundo chato, de planícies aluviais medíocres, determinados pela interseção dos perfis convexas das vertentes.

Os desníveis locais são da ordem de 20 a 50 m e excepcionalmente superiores a 200 metros (PENTEADO, 1976).

Toda a zona é coberta por rede de drenagem bem organizada (ALMEIDA, 1974, ROSS; MOROZ, 1997), em cuja hierarquia se destacam três rios: o Tietê e dois de seus afluentes, os rios Piracicaba e Sorocaba, todos procedentes das terras elevadas do Planalto Cristalino. Apresentam um padrão dendrítico, com orientação estrutural a partir de diáclases e da presença de corpos litólicos resistentes, especialmente os diabásios (ALMEIDA, 1974). A influência dessas estruturas resistentes é, pois, decisiva no traçado da drenagem. A observação das áreas interfluviais, particularmente nos principais divisores, fornece significativas informações sobre a evolução do relevo da zona. Diversas áreas interfluviais niveladas nas proximidades de 650 m de altitude podem ser citadas a despeito da heterogeneidade litológica. A constatação de que o nivelamento que muitos interflúvios apresentam altitudes vizinhas de 620 a 650 m, independem grandemente da estrutura e atitude das camadas, e em particular do mergulho regional revela-se importante na medida em que denuncia que a bacia do Rio Tietê na Depressão Periférica, em certo momento, se sujeitou a um ciclo erosivo que muito evoluiu, arrasando o seu relevo, só permitindo pequeno destaque às

áreas de maiores corpos basálticos. Almeida chamou essa superfície de Médio Tietê. O nivelamento dos cimos dos principais espigões da Depressão Periférica na Bacia do Tietê foi motivo de observações históricas (SANTOS, 1952; RICH, 1953; AB SABER, 1954 etc.). Nas áreas do Grupo Tubarão as camadas mais resistentes são as dos tilitos e drifts, pelo que freqüentemente sustentam os altos topográficos. A Formação Irati é constituída de meia centena de metros de espessura, de folhelhos e, e, subordinadamente, calcários e siltitos, sedimentos que se mostram apreciavelmente silicificados. A Formação Irati atua como um todo, no suporte do relevo, que nela tem talhados perfis muito suavizados. Idêntico papel topográfico desempenham as estruturas silicificadas das partes média e superior da Formação Corumbataí. Aí existem bancos de marga parcialmente silicificados, com até 3m de espessura, bem como camadas alternadas de sílex que individualmente atingem 2m de espessura. São estruturas tão competentes que assumem decisiva responsabilidade no suporte de altos topográficos, que adquirem caráter de cuevas por serem camadas inclinadas de até 5m/km². Sendo relativamente delgadas as estruturas silicificadas da Formação Corumbataí e resistindo muito mais à erosão do que os folhelhos e siltitos subjacentes resultando freqüentemente em escarpas. Também as estruturas silicificadas das partes média e alta da Formação Corumbataí fazem sentir-se no relevo (ALMEIDA, 1974).

Em se tratando da Depressão Periférica Paulista, do ponto de vista geomorfológico, também é importante destacar (ALMEIDA, 1974) a presença de níveis intermediários entre o topo aplainado das colinas e o assoalho, geralmente plano das várzeas. Esses níveis que se apresentam em 2 ou 4 patamares desdobrados, freqüentemente recobertos de cascalheiras, indicam fases sucessivas de aplainamento lateral e entalhe oriundas de alternâncias climáticas e lento tectonismo positivo, post sub-nivelamento geral inter-planáltico, até épocas sub-atuais, ou seja entre o Plioceno e o Holoceno.

A origem e evolução do relevo e drenagem da Zona do Médio Tietê (ALMEIDA, 1974) tem sido generalizadamente interpretadas por vários autores que admitem ter sido a área da Depressão Periférica Paulista nivelada no

Cretáceo Superior ou Terciário Inferior por uma superfície de aplainamento, que seria Japi. O rio Piracicaba se formou a partir da drenagem procedente da Mantiqueira e da elevada área meridional da Zona Cristalina do Norte. Ele impôs-se epigenicamente às intrusões diabásicas logo à montante da cidade de Piracicaba, fazendo-o a partir da cobertura detrítica do Grupo São Bento.

A bacia do Ribeirão Piracicamirim, em linhas gerais, reproduz localmente, a realidade (litológica, topográfica, o padrão de drenagem, as superfícies de erosão etc.), descritas para a Depressão Periférica Paulista mais amplamente e, para a Zona do Médio Tietê/Depressão do Médio Tietê em particular. Testemunham essa afirmação o fato de também aí:

- prevalecerem os sedimentos paleo-mesozóicos;
- ocorrerem áreas superficiais descontínuas, de corpos magmáticos que desempenham papel importante na topografia. De Rio das Pedras para leste e norte, as estruturas resistentes da Série Passa Dois deixam de se fazer sentir no relevo. Aí a Formação Corumbataí tem sua espessura muito reduzida e muitas vezes, é ocultada por possantes intrusões de diabásio, que naturalmente tomam a si o papel de sustentar o relevo;
- as camadas rochosas mergulharem numa direção geral NO (RANZANI, 1976), com inclinações variáveis, maiores nas do Grupo Tubarão, cerca de 15-20m/km (Bairro do Taquaral) e de apenas 3m/km nos arenitos da Formação Botucatu, sobre os quais repousam os derrames basálticos (Bairro Paredão Vermelho);
- devido ao mergulho das camadas, as rochas mais resistentes à erosão destacam-se na topografia.
- a topografia ser pouco acidentada. As altitudes variarem aproximadamente de 500 a 700m. As medidas altimétricas máxima e

mínima, respectivamente, são de 685 e 490m. Esses valores são confirmados por Ometto (2001) e Toledo (2001). Apenas em uma estreita faixa de aproximadamente 1,5km na região das nascentes, as altitudes são mais elevadas. A diferença de nível médio nessa faixa é de aproximadamente 90m (TOLEDO, 2001);

- o relevo ser do tipo colinoso. As colinas apresentam topos levemente convexos e tabulares; suas altitudes que variam de 550 a 700m aproximadamente; os divisores de vales são largos, apresentam fundos chatos e as planícies aluviais são pouco significativas. As formas suavemente convexas são reflexos dos processos morfoclimáticos atuais, sob fase climática quente e úmida. As declividades são pouco acentuadas (variam de 0 a 20 graus);

- poder-se distinguir, como no Município de Piracicaba (RANZANI, 1976), a presença de três superfícies gerais de aplainamento: alta, intermediária e baixa:

✓ A **superfície alta** - ocorre na porção sul da bacia. Os pontos mais elevados correspondem a afloramentos de grande sill de diabásio. Essa superfície ainda se mantém apesar das sucessivas retomadas erosivas, graças à sua posição interfluvial e à resistência do material magmático. Trata-se do mais antigo aplainamento levado a efeito na DPP sob clima semi-árido; AB' Saber (1965) chamou essa fase de Neogênica I (Terciário Superior) correlacionando-a com a fase de aplainamento e de agradação verificada na Série Barreiras do Nordeste Brasileiro.

✓ **Superfície intermediária** – é a que predomina na bacia constituindo-se de colinas tabuliformes ou suavemente convexas, que se sucedem separadas por vales sem planuras aluviais importantes. Os interflúvios se correspondem em altimetria, conferindo à paisagem o seu característico de uniformidade e monotonia. Essas colinas niveladas a 550-600m e entalhadas pela rede de drenagem, representam uma superfície de erosão bastante característica na região e em toda a DP. Almeida (1974) denominou-a de Superfície do Médio Tietê, chamando a atenção para o fato de que tal nivelamento independe da estrutura das camadas e do mergulho regional. Da mesma forma a litologia variada das camadas tenras das diversas formações geológicas foi seccionada por ela, restando em destaque apenas as rochas resistentes, fruto da erosão diferencial. Essa superfície de erosão, a mais comum da bacia, foi esculpida por fase de aplainamento em clima semi-árido, já em épocas quaternárias (Pleistoceno Inferior) e, denominada Neogênica II.

✓ **Superfície baixa** – é representada por patamares e ombros de vertentes que se desdobram escalonadamente em direção aos vales principais. Essas colinas dispostas entre 500 e 550m de altitude constituem os níveis de erosão mais recentes: patamares erosivos e baixos terraços aluviais.

- a rede de drenagem, como nas unidades que incluem a Bacia do Piracicamirim, e, particularmente no Município de Piracicaba (RANZANI, 1976) caracteriza-se por ser bem organizada; em sua maior parte de caráter dendrítico, nas bacias de 3^a e 4^a ordem e em muitos casos, nitidamente controlada pelas estruturas geológicas, como revelam os segmentos retilíneos observados no Ribeirão Piracicamirim

e afluentes. O padrão dendrítico da drenagem regional e local é, como se sabe reflexo da resistência uniforme das rochas ou do seu caráter estratificado (JORGE ; UEHARA,1998). O número de seguimentos de rios observados em cada ordem de ramificação segundo levantamento realizado por Toledo (2001) são: número de confluências 38, rios de 1ª ordem 42, de 2ª ordem, 14; de 3ª ordem, 4; de 4ª ordem, 2 e de 5ª ordem, 1. Total da bacia 63. Quanto à densidade (0,99 Km²), a rede de drenagem local pode ser enquadrada nos dois seguintes tipos (confirmados por OMETTO, 2001):

- ✓ **densidade muito baixa** - caracterizada pela presença de cursos pouco ramificados, com aguadas espaiadas, distando umas das outras 2 ou mais km, em sedimentos dispostos em mantos arenosos muito profundos, dotados de permeabilidade elevada. Esse tipo é encontrado nos bairros de Campestre e em Saltinho;
- ✓ **densidade baixa** – caracterizada por cursos d' água pouco ramificados e muito longos, guardando menos de 2km entre as aguadas e iniciando-se em pequenas lagoas de cabeceira, sobre material de boa permeabilidade. Essa drenagem é apresentada nos bairros: Dois Córregos, Taquaral e Chicó.

3.4. Tipos de solos

Assim como em termos geológico/geomorfológicos, em linhas gerais, os tipos de solos verificados na área de estudo, reproduzem o que foi constatado para a unidade que a encerra. Ross; Moroz (1997) afirmam que na Depressão do Médio Tietê os solos são predominantemente do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Roxo. Na bacia em questão, também é expressiva a extensão desses mesmos tipos de latossolos. Os solos

são normalmente ácidos, apresentam toxidade por alumínio por serem originados sob a influência de um clima relativamente quente e de precipitações abundantes, que promovem a lixiviação dos elementos solúveis e o acúmulo de ferro e alumínio - porém, apresentam características físicas favoráveis à agricultura como na Bacia do Piracicaba (SÃO PAULO, 1994). Aí também são significativos em termos de área os solos do tipo podzol que caracteristicamente, pertencem ao grande grupo Podzólico Vermelho Amarelo. Estes solos são conhecidos por quatro variações principais, mas interessam para a bacia em questão, a Piracicaba e a Laras. O CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura), constituiu um banco de dados de solos da Bacia do Rio Piracicaba. Neste banco, foram arquivadas propriedades físicas e químicas de 87 perfis de solos, compostos por 537 horizontes pedológicos. Através da análise dos dados do banco, concluiu-se que a maioria deles solos possui textura argilosa e é de baixa fertilidade natural (BANCO..., 1998).

Cobrindo áreas significativamente menores do que aquela das unidades de solo anteriormente referidas, ainda aparecem: a Terra Roxa, os Solos Litólicos e Gleis: a primeira aparece incrustada aos Latossolos Vermelho-Escuros e, como estes, formam manchas compactas, e associa-se aos diabásios; os segundos foram assim denominados por apresentarem apenas uma fina camada superficial, em geral pedregosa, sobre o embasamento rochoso. Os Gleissolos são típicos de áreas baixas e úmidas. Verifica-se sua ocorrência, junto ao curso d'água principal e a seus tributários mais importantes.

Para atender à necessidade de atualização, a seguir será apresentado na forma de quadro, um paralelo entre o Novo Sistema Brasileiro de Classificação Brasileiro de Classificação de Solos publicado pela EMBRAPA (1999) e a classificação adotada no trabalho. Os tipos de solos destacados em negrito equivalem àqueles identificados na área de estudo.

Quadro 1- Relação entre classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/SBCS (EMBRAPA, 1999) no nível de ordem e as classes anteriormente utilizados na EMBRAPA - Solos

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS/ 1999	CLASSIFICAÇÃO USADA ANTERIORMENTE PELA EMBRAPA-SOLOS
Alissolos	Rubrozéns, Podzólicos Bruno-Acinzentados Distróficos ou Álicos, Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos ou Álicos Ta; Alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos ou Álicos Tb.
Argissolos	Podzólicos Vermelho-Amarelos e Podzólicos-Vermelho-Escuros ambos Tb; pequena parte das Terras Roxas Estruturadas; das Terras Roxas Estruturadas Similares com grande gradiente textural necessário para horizonte B textural em qualquer caso Eutróficos, Distróficos ou Álicos; Podzólicos Amarelos.
Cambissolos	Cambissolos Eutróficos, Distróficos e ÁlicosTb ou Ta neste último caso exceto com A chernozêmico.
Chernossolos	Brunizéns, Rendzinas, Brunizéns Avermelhados e Brunizéns Hidromórficos.
Espodossolos	Podzóis inclusive Podzóis Hidromórficos.
Gleissolos	Gleis Pouco Húmicos e Gleis Húmicos; Hidromórficos Cinzentos (sem mudança textural abrupta). Gleis Tiomórficos e Solonchaks com horizonte glei.
Latossolos	Latossolos, excetuadas algumas modalidades identificadas como Latossolos Plínticos.
Luvissolos	Brunos não Cálcicos; Podzólicos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Amarelos Escuros, ambos Eutróficos e Ta; Podzólicos Bruno Acinzentados Eutróficos.
Neossolos	Litossolos; Solos Litólicos; Regossolos; Solos Aluviais e Areias Quartzosas, inclusive marinhas e as hidromórficas.
Nitossolos	Terras Roxas Estruturadas; Terras Roxas Estruturadas Similares; Terras Brunas Estruturadas; Terras Brunas Estruturadas Similares; alguns Podzólicos Vermelho - Amarelos e Vermelho-Escuros, ambos Tb.
Organossolos	Solos Orgânicos; Solos Semi-Orgânicos; Solos Tiomórficos Turfosos e parte dos Solos Litólicos Turfosos com horizonte hístico com menos de 30 cm de espessura.
Planossolos	Planossolos; Solonetz-Solodizados e Hidromórficos Cinzentos com mudança textural abrupta.
Plintossolos	Lateritas Hidromórficas; parte dos Podzólicos Plínticos; parte dos Gleis Húmicos Plínticos e dos Gleis Pouco Húmicos Plínticos e alguns dos possíveis Latossolos Plínticos
Vertissolos	Vertissolos inclusive Vertissolos Hidromórficos.

Fonte: Bertoldo (2001, p.8)

3.5. Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Não existem, estudos particularmente interessados na caracterização da cobertura vegetal da Bacia do Piracicamirim. No entanto dados dessa natureza aparecem em trabalhos que se ocuparam de outros processos que nela têm/tiveram lugar. A caracterização da formação vegetal da área pode ser ensaiada a partir de pesquisas mais amplas realizadas para o Estado de São Paulo e para Piracicaba e municípios do entorno.

No século passado e início deste, alguns naturalistas fizeram boas descrições dos tipos de vegetação que ocorrem no Estado de São Paulo entre eles Saint-Hilaire (1851), Loefgren (1896) Loefgren (1909) e Wettstein (1904). Coube particularmente ao último autor referenciado a identificação e descrição detalhada, dos principais tipos de vegetação do Estado de São Paulo. Identificou a vegetação da Serra do Mar como Floresta Tropical Pluvial, fazendo interface com a Floresta Pluvial Subtropical no lado oeste do Planalto Atlântico e se estendendo pela Depressão Periférica Paulista e situações peculiares do Planalto Ocidental. A Floresta Pluvial Subtropical estaria entremeada pelas savanas que ocupariam principalmente as terras altas da Depressão Periférica Paulista e do Planalto Ocidental. Além desses grupos o mesmo autor reconheceu a vegetação do topo das formações montanhosas e também o mangue e a restinga, denominando-os de vegetação litorânea. (RODRIGUES,1999).

Ainda de acordo com Rodrigues (1999) além dos autores supracitados, outros também contribuíram para a caracterização fitogeográfica do Estado, fornecendo informações sobre a vegetação original de áreas já degradadas na atualidade. Foram eles: Edwal; Moura (1906), Ustere (1906), Hoehne (1939), Hoehne (1972), Joly (1950), Joly (1970), Hueck (1956), Hueck (1957) e Eitein (1970). Entre os que defenderam a existência de correlação entre os grandes grupos florísticos e fitogeográficos no Estado e os domínios geomorfológicos podemos citar: Ab' Saber (1963), Ab' Saber (1970), Ab' Saber (1978), Christofolletti (1978), Leitão Filho (1987), Leitão Filho (1992), Leitão Filho (1994),

Torres et al (1994), Salis; Shepherd; Joly (1995) e Ivanauskas, Rodrigues; Nave (1997).

Analisando os trabalhos anteriormente referenciados e aqueles realizados em remanescentes de vegetação natural dentro da Folha de Piracicaba Rodrigues (1999) concluiu que os tipos de vegetação que ocorrem nessa área são: a **Floresta Estacional Semidecidual** que foi a formação dominante das terras delimitadas pela Folha de Piracicaba; teve sua distribuição concentrada principalmente nos domínios da Depressão Periférica Paulista; é caracterizada por apresentar um dossel irregular; ocupa as mais variadas condições edáficas, aparecendo tanto em solos mais argilosos como em solos mais arenosos ainda que com particularidades florísticas e/ou estruturais na formação florestal dependendo das características do solo; as **Florestas Ripárias** – formação florestal que aparece nas margens de cursos d' água e que recebeu as mais diversas designações (matas aluvionais fluviais (VELOSO; GOES FILHO, 1982) e quando o solo aluvional fazia parte de várzeas foram chamadas de matas aluvionais fluviais (CAMPOS, 1912) ou florestas paludosas (LINDMAN, 1906; FERNANDES; BEZERRA, 1990), floresta de várzea (BERTONI; MARTINS, 1987), mata de condensação (TROPPMAIR; MACHADO, 1974), mata de anteparo (LINDMAN, 1906; CAMPOS, 1912), mata ciliar (SAMPAIO, 1938; HUECK, 1972; BEZERRA-DOS-SANTOS, 1975 etc.) de acordo com as características locais do relevo, solo, declividade e extensão; **Florestas Paludosas** que se apresentam quase permanentemente inundadas; têm distribuição fragmentada; os **cerrados** que ocupavam originalmente áreas fora da influência dos cursos d' água, localizadas nas partes mais elevadas das colinas da Depressão Periférica e em maior expressão nas regiões englobadas pelo Planalto Ocidental na Folha de Piracicaba. A ocupação histórica dessas áreas por atividades agrícolas diversas, dificultam muito a delimitação do que realmente era ocupado por essas formações.

A revisão bibliográfica permitiu-nos concluir, assim como Rodrigues (1999) o fez, que vários autores já se ocuparam de demonstrar a acelerada degradação das formações vegetais do Estado de São Paulo, nas últimas décadas. Também

merecem destaque, particular, os trabalhos de Troppmair (1969), Victor (1985), Reichman Neto (1978) e COSEMA (1985) os quais indicam como principal fator responsável por essa degradação, a expansão da fronteira agrícola do Estado nesse período, principalmente a cultura cafeeira no início do século e a cultura canavieira no fim do século XIX e na segunda metade do XX.

Ao realizar uma análise de detalhe da distribuição e concentração espacial da cultura canavieira no Estado de São Paulo, para a década de 80, Santos (1989/90), coloca a Região de Piracicaba como o mais importante núcleo canavieiro do Estado. Esse autor afirma que aí a cana na década de 80 ocupava, quase 50% da área agrícola dos municípios constituintes.

A degradação das formações naturais no Estado foi de tamanha proporção, que atualmente só restam pequenos fragmentos. Estes também se encontram em estágio avançado de perturbação por terem sofrido interferências de diversos tipos de ações antrópicas entre elas do fogo, extrativismo seletivo etc. Essas “continuam até hoje, em intensidades variadas, tornando difícil a discussão sucessional dessas áreas por não mais existirem remanescentes não degradados dessas formações para a maior parte do Estado de São Paulo”. (RODRIGUES, 1999, p. 2).

Adotando a classificação apresentada no mapa da vegetação do Atlas Nacional do Brasil (1966), no que se refere à vegetação primitiva da área em apreço, interessa à pesquisa a Floresta Mesófila que na área ocorre de forma quase contínua - ao contrário, o cerrado e o campo limpo aparecem como manchas. Trata-se de formação florestal estacional, latifoliada, subcaducifólia, tropical pluvial. Os tipos vegetais característicos são: a peroba (*Paratecoma Peroba*), o cedro *Cedrela Odorata*, a figueira (*Ficus*) e o pau d' álho (*Gallesia Integrifolia*), este indicativo de terra fértil.

Ao tratar particularmente da cobertura vegetal primitiva da Bacia do Piracicaba, o IGC (1980), corrobora as informações da última fonte referenciada: afirmando que, originalmente a bacia era coberta principalmente por floresta subtropical semidecídua e que em áreas menores aparecia o cerrado.

A vegetação atual - a exemplo do que foi verificado para o Estado - difere completamente da nativa, diferença decorrente da substituição das formações originais (ROLANDO BÉRRIOS, 1993).

A cobertura vegetal primitiva da área, a exemplo dos demais setores do Estado de São Paulo, está sendo continuamente devastada. O início desse processo se deu com os indígenas, portanto antes mesmo da chegada dos primeiros colonizadores. A cobertura vegetal original cedeu lugar a pastagens e culturas (DNPM, 1979).

Conforme levantamento do Departamento de Proteção dos Recursos Naturais (DEPRN), elaborado em 1988 (Projeto Olho Verde) a área ocupada por vegetação nativa no território paulista e Bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiá eram respectivamente 3 045 959 ha (correspondendo a 13% de sua superfície) e 116 407 ha (correspondendo a 8,13% de sua superfície). A última dispõe, pois, de menos de 10% de área preservada (O PROJETO, 2007)

A estimativa da distribuição das classes de uso da terra, mostra (IGC, 1980) que 56% da terra da Bacia do Piracicaba era constituída por pastagem, 20% por cana-de-açúcar, 8% por citros, 6% por vegetação nativa e silvicultura e 10% por zona urbana e outros usos.

Os trabalhos pessoais de fotointerpretação, análise de imagens de satélite e de campo reafirmaram as constatações que Toledo (2001), fez para a Bacia do Piracicamirim, em termos do uso da terra:

- a cana-de-açúcar é a principal atividade agrícola da bacia do Piracicamirim. Ocupava 61,17% da área total em 1962 e 61,20% em 1995, o que comprova a manutenção da tendência no período;
- as áreas de floresta, como acontece no resto da Bacia do Rio Piracicaba, são pouco significativas. Em 1995, data das fotos, cobriam como vimos, apenas 2,09% da área, assim como a silvicultura (1,46%), as culturas anuais (0,42%), as perenes (0,21%) e os citros (0,09%). Com exceção da área de floresta, de 62 para 95 os três outros tipos de

uso da terra apresentaram tendência à redução. A silvicultura em 62 ocupava 4,46% da bacia, as culturas anuais 3,33%, as perenes 1,18% e os citros (0,3%);

- a urbanização e o pasto são mais representativos nos setor norte da bacia. Em 1995 respectivamente ocupavam de 9,25% e 22,13%. Enquanto o primeiro tipo de uso da terra apresentou tendência de crescimento (a área ocupada pela cidade era de 3,32% em 1962), o segundo deu um pequeno sinal de retração (1,32%), já que em 1962, 23,45% da área era ocupada por pastagens;
- em 1995, 1,17 % da bacia era ocupada por outros tipos de usos (represas 0.36% e Estradas o, 81%). Ambos registraram um pequeno crescimento percentual no intervalo de tempo analisado, já que em 1962 eram, respectivamente de 0,06 e 0,42.

3.6. Condicionantes Climáticos

Fundamentado no curso dos valores médios da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica - o clima regional inclui-se, segundo a Classificação de Köppen (CERRI, 1999, DNPM, 1979, TOLEDO, 2001) no Grupo C (mesotérmico) e particularmente o subtipo Cwa – mesotérmico de inverno seco, com verões quentes e estação chuvosa no verão.

A classificação de Köppen, embora seja a mais divulgada no Brasil, tem sofrido severas críticas, por ser essencialmente descritiva e sem qualquer preocupação com a gênese dos climas. É por isso que, para analisar a gênese do clima da região, a circulação atmosférica foi tomada como fundamento. Esta além de constituir-se em uma explicação mais dinâmica e portanto, mais coerente com o fenômeno que se propõe explicar, é a Frente Polar Atlântica, através dos seus eixos principais e reflexos que assume de acordo com Monteiro (1969), a liderança, por exemplo, na origem da precipitação pluvial no território paulista em

todas as estações do ano, assim como explica a variação térmica. Esta responsabilidade, durante o inverno, chega à quase totalidade.

A restrição da análise de Monteiro (1969) ao período de inverno, justifica-se porque é nessa estação que os anticiclones migratórios polares conferem mais dinamismo à Frente Polar, de onde a quase totalidade da precipitação pluvial da fachada sul-oriental do Brasil ter sua origem condicionada por esse sistema de circulação atmosférica.

Ao estudar a gênese das chuvas para a primavera-verão no Estado de São Paulo, Tarifa (1975) complementa as constatações de Monteiro. Para esse autor os sistemas atmosféricos resultantes no Estado de São Paulo dependem direta ou indiretamente, da coordenação que exerce sobre eles o anticiclone polar atlântico; os fluxos são controlados pelos centros de ação, enquanto o ritmo determina seqüências de pluviosidade de maior ou menor intensidade. Tarifa também afirma que no Estado de São Paulo as chuvas se concentram fortemente na estação do verão, período iniciado em outubro e finalizado em março. Nele precipitam mais de 83% do total anual, sendo dezembro e janeiro, os meses mais chuvosos elevando-se a coluna pluviométrica a mais de 210 mm em média. No entanto, na estação seca, precipitam-se 10% dessa quantia.

Monteiro (1973) situa o Estado de São Paulo como área de transição entre climas controlados por massas intertropicais continentais e marítimas, perturbadas por deslocamentos da Frente Polar. Apresenta como caráter fundamental do clima regional, dois períodos nítidos: um chuvoso no verão e outro seco no inverno; climas controlados por massas polares marítimas, perturbados por deslocamentos da Massa Tropical Atlântica e com participação mais restrita da Equatorial Continental.

Dentro de Estado de São Paulo (RANZANI, 1976), é a Depressão Periférica e, mais especialmente a Média Depressão, que apresenta mais acentuadamente o caráter de área climática transicional. Pelas condições de relevo suave e deprimido, constitui-se numa zona bastante favorável ao acesso de entrechoques de três grandes correntes de circulação regional: ondas de NO vinculadas à atuação das Massas Equatorial Continental (Ec) e Tropical

Continental (Tc), mais freqüentes no verão, responsáveis pelas ondas de calor e precipitações; ondas de leste e de NE: ligadas à atuação da Massa Tropical Atlântica (MTA), com efeitos variados segundo a época do ano (no verão, dias chuvosos, provocados por instabilidade térmica basal e no outono e inverno, tempo seco, graças à estabilidade gerada pelos resfriamentos basais); ondas do sul: ligadas à atuação da Massa Polar Atlântica (MPA) responsável pelas ondas de frio e mecanismos frontais oriundos de choques com as massas intertropicais: chuvas de inverno e das estações intermediárias.

A área de Piracicaba (RANZANI, 1976), situada em ponto crítico de transição das correntes da circulação geral, apresenta características climáticas onde a variabilidade, intensidade e distribuição da chuva e da temperatura é o fato mais importante. Essa variabilidade, porém, se enquadra num ritmo de pulsações geral do Estado, no qual se podem separar também, dois períodos distintos: um mais quente e chuvoso e outro menos quente e seco. Essa variabilidade própria das regiões de transição torna difícil enquadrar a área de Piracicaba numa classificação climática. Há para essa região uma tendência para a tropicalidade. Esse tipo climático e o caráter transicional do clima regional são confirmados por Nimer (1979) mais amplamente para o Sudeste. Esse autor ao caracterizar essa realidade do Sudeste afirma que o caráter de transição da região se inclina mais para os climas tropicais do que para os temperados; a marcha estacional da precipitação, determinando uma estação muito chuvosa e outra seca, constitui sua característica mais importante. A estação chuvosa caracteriza-se por fortes aguaceiros (chuvas convectivas ligadas à instabilidade térmica basal da Massa Tropical Atlântica ou das ondas de NO Equatorial Continental e Tropical Continental, alternadas com chuvas menos intensas e mais continuadas, oriundas de calhas e ciclones desenvolvidos com os avanços da Frente Polar Atlântica).

A variação na distribuição das chuvas e da temperatura na Bacia do Ribeirão Piracicamirim segue os padrões verificados para o Estado de São Paulo, em geral, e para a região de Piracicaba, em particular. Essa realidade pode ser comprovada recorrendo-se, aos dados fornecidos pela Estação Meteorológica

Esalq, localizada no setor norte da Bacia do Piracicamirim cuja análise particular integrará o sexto capítulo do presente estudo.

3.7. O Processo Histórico de Ocupação da Área e a Degradação Ambiental

A análise histórica da organização econômica do espaço relativo à Bacia do Piracicaba nos fornece suficientes subsídios de compreensão para a preocupação ambiental que, nas últimas décadas, têm perpassado, os trabalhos de vários especialistas, como é o caso de Rolando Berrios (1993), Vidal Torrado (1994), Salati (1996), Rodrigues Júnior (1998), Fiorio (1998), Gallo (2000), Moreno (2000) Toledo (2001), Martinelli, (2001) entre outros.

Enquanto integrante do território paulista, as alterações do meio ambiente pela ação humana na Bacia do Rio Piracicaba, têm indícios que remontam de atividades anteriores à colonização portuguesa já que os indígenas, para aproveitar o solo na sua agricultura nômade, procederam à derrubada e à queimada da vegetação original. Porém, as alterações provocadas pelos aborígenes são absolutamente insignificantes, se comparadas àquelas que se processaram nos séculos posteriores, como resultado das sucessões de atividades. (ROLANDO BERRIOS, 1993).

Ainda de acordo com o autor supracitado, o início da ocupação da Bacia do Piracicaba data do século XVII, já que até essa época, a rota principal das incursões bandeirantes era o Rio Tietê. A descoberta de ouro em Cuiabá e em Goiás, na primeira metade do século XVIII, revela-se importante para a ocupação da região, pois, a rota fluvial do Tietê principia a ser abandonada, pelas limitações que opunha à navegação e, por ser mais longo seu percurso. Começam a ser abertos novos caminhos sulcando a Bacia do Rio Piracicaba, em direção ao ouro do NW. Portanto, foi fruto da ação bandeirante a incorporação das terras da bacia à economia colonial imperial.

Como nem todos que partem numa bandeira chegam à meta final, muitos ficam no caminho - do que resultou a instalação de pousadas, áreas de exploração de madeira, de comércio etc. - mas também porque certas atividades aparecem em função das bandeiras – instalação de arraiais, da agricultura e pecuária para atender às necessidades dos viajantes – estavam cravadas as bases da alteração do meio natural regional (ROLANDO BERRIOS, 1993, p.52).

A transformação maior desse espaço (PETRONE, 1968) foi resultado de uma lógica processada na Europa e que se refletiu primeiro no nordeste açucareiro, depois, no Rio de Janeiro, Vale do Paraíba do Sul, até atingir os contrafortes da Mantiqueira e penetrar na Depressão Periférica Paulista: Campinas e Piracicaba. Também, de acordo com Petrone (1968), além dos fatores locais – estímulo do governo provincial para o cultivo da cana e decadência das jazidas auríferas das Gerais e medidas alfandegárias favoráveis ao Porto de Santos - contribuíram para estimular a lavoura açucareira na segunda metade do século XVIII, circunstâncias externas, entre outras, as mudanças de hábitos alimentares na Europa, que tornaram o açúcar um produto sempre mais desejado e o seu preço elevado, devido à rebelião das colônias francesas. Porém foi com advento do século XIX que começa a engatinhar o poder rural dos fazendeiros do açúcar e, ante a essas circunstâncias o cultivo da cana se expande. As alterações do espaço regional continuaram com a entrada do cultivo do café, que chegou a competir com a cana e a ultrapassá-la em importância, mas sem substituí-la. Além da autora supracitada, outros pesquisadores (SAMPAIO, 1973; ZALUAR, 1975; MOMBEIG, 1984; BRAY, 1989; TERCI, 1991 etc.), confirmam que a cafeicultura não terminou com a cana, senão a substituiu parcialmente, ou ocupou terrenos não usados por ela.

De prática agrícola inexpressiva, o café, em poucas décadas chega a ocupar o primeiro lugar nas exportações efetuadas pelo Porto de Santos. Petrone (1968), destaca que da safra de 1837/38 até 1854/55, os embarques aumentaram 88,7% enquanto que nas duas mesmas décadas, as exportações de açúcar caíram 42,47%. Tendência semelhante se observa para produção dos dois produtos em vários municípios da região como é o caso de: Campinas Piracicaba,

Bragança Paulista e Limeira. Combina-se com essa mudança, a intensificação do uso do solo, a incorporação de novos elementos técnicos responsáveis por profundos danos ambientais. Serve como exemplo, neste caso, a construção de ferrovias que, ao lado dos benefícios sócio-econômicos, impactou a natureza, estimulando a agricultura cafeeira - pela facilidade de escoamento - o aparecimento de cidades, o crescimento de outras já existentes, vigorizando os serviços, incentivando a imigração etc.

A Depressão Econômica de 29 modificou o quadro agrícola regional baseado no binômio café-cana. O café foi substituído por pastagens e, mais recentemente, parte foi transformado em cultivos de cana-de-açúcar, citros e reflorestamento com eucalipto. Essas culturas (CERRI, 1999), ao contrário das pastagens, necessitam de um elevado manejo. Acrescenta-se a isso, o fato do uso de insumos agrícolas e maquinário pesado em solos tropicais, muitas vezes frágeis, pode acarretar a sua degradação e a alteração do ambiente.

Vários estudos (CETESB, 1991; IPT, 1991; SÃO PAULO, 1996) têm evidenciado que a região da Bacia do Piracicaba está sendo afetada por processos erosivos, manejo inadequado de áreas de mineração, disposição inapropriada de resíduos poluentes, desmatamento acentuado e ocupação de áreas de proteção ambiental, processos entre outros, resultantes da ação antrópica ou acelerados por ela. De acordo com Hornink (2000) a Bacia do Rio Piracicaba é um triste exemplo de como o crescimento das atividades humanas vêm provocando impactos negativos no meio ambiente, comprometendo seu próprio equilíbrio.

Se o equilíbrio regional já está comprometido, as novas possibilidades de aproveitamento econômico colocadas para a Bacia do Piracicaba, particularmente as perspectivas de integração do Rio Piracicaba à Hidrovia Tietê-Paraná sobretudo, em função das intervenções que deverão ocorrer nesse ecossistema estão a levar-nos à previsão da multiplicação dos problemas ambientais já existentes.

A proposta de um Plano de Desenvolvimento para o Vale do Rio Piracicaba (PIRACICABA..., 1997) nos fez prever, no processo de elaboração do projeto do

presente estudo, o crescimento da inserção tecnológica na área. O montante de investimento previsto na época para o projeto (US\$ 980 milhões em dez anos), antecipava que a construção da barragem no Rio Piracicaba e de um porto, no Distrito de Artemis, não seriam as únicas obras previstas no projeto. Essas, certamente seriam as obras iniciais (PROJETO..., 1998), tanto é verdade que, no dia 25 de março de 1998, foi assinado pela Companhia Elétrica de São Paulo (Cesp) e pela UMAH (Urbanismo, Meio Ambiente, Habitação S/C Ltda.), o contrato de elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-Rima) que daria prosseguimento ao projeto de construção da barragem de Santa Maria da Serra. Mas o plano também previa:

- a construção de um terminal intermodal em Artemis;
- a construção de um pólo industrial, para o qual já estava prevista a desapropriação de 600 ha, também no distrito de Artemis;
- a implantação de um projeto turístico na Curva da Samambaia.

O projeto em questão conjugava interesses do governo estadual (a prova é que originalmente a Cesp era a responsável pela sua coordenação) e privados, já que o empreendimento tinha o apoio da COOPERVAP - Cooperativa dos Produtores do Pólo Hidroviário, Industrial e Turístico do Vale do Piracicaba - que em dezembro de 2000, reunia 85 empresários). Também foram desenvolvidos trabalhos que objetivam a preparação para a proteção e, **principalmente** (destaque nosso) para o aproveitamento dos recursos hídricos dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (São Paulo, 1996). Sua Coordenação e desenvolvimento foram feitos através da Unidade de Gerenciamento de Programas das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (UGP), subordinada à Secretaria Recursos Hídricos, Saneamento e Obras do Estado de São Paulo. Atendendo às especificações e diretrizes dos termos contratuais, o referido estudo iniciou os trabalhos com os levantamentos visando à definição das necessidades em termos de ampliação dos sistemas de água e esgotos de todos os municípios da bacia.

Em maio de 96 (VERDADE, 1998) também foi aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, os termos do anteprojeto permitiria a criação das agências de bacias hidrográficas no Estado de São Paulo. Os comitês de bacias e suas respectivas agências, quando existirem, são órgãos colegiados responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos. Os planos de gerenciamento de bacias hidrográficas devem contemplar a utilização múltipla dos recursos da água levando em conta a qualidade do ambiente e da vida da população. Entretanto, de acordo com Araújo Netto; Batista (1995), no Brasil, esses planos têm privilegiado, na maioria das vezes, um único aspecto da utilização dos recursos hídricos (irrigação, ou saneamento, ou geração de energia, ou abastecimento urbano/industrial), acarretando problemas de ordem sócio-ambiental e econômica, uma vez que, não estão relacionados com o desenvolvimento sustentável, que almeja melhorias na qualidade de vida presente e futura através do respeito às limitações dos ecossistemas para conservar o estoque de recursos. Esse é mais um testemunho de que, em nível nacional os interesses econômicos se colocam na dianteira das preocupações ambientais. Mas também existem inúmeras provas de que os estudos de impacto ambiental constituem-se, na maioria das vezes, em meras formalidades, já que os projetos são implementados a despeito de terem sido ecologicamente condenados.

No final dos anos 90 já se suspeitava que o empreendimento denominado “Aproveitamento Múltiplo de Santa Maria da Serra” não se tornaria realidade. Mariano (2000) disse que era leviano afirmar-se que a construção da barragem ocorreria, já que havia muitas dúvidas sobre a sua viabilidade, tanto econômica como ambiental. A mesma autora era defensora da idéia de que a barragem e a navegabilidade do Rio Piracicaba vinham sendo usadas como cabo eleitoral de políticos de responsabilidade aquém da esperada. A opinião de que é o interesse político e econômico que estava movendo a questão, era compartilhada por

outros especialistas tais como Paulo Jorge Moraes Figueredo¹ que além do mais interpretava os projetos como megalomaniacos e de antidesenvolvimento.

Dentre os argumentos que já apontavam para a não materialização do projeto “Aproveitamento Múltiplo Santa Maria da Serra”, o mais relevante dizia respeito à privatização da CESP, que acabou por desestruturar os responsáveis por aqueles empreendimentos e por mudar todo o cenário da implementação da Hidrovia Tietê-Paraná.

A interligação das bacias Piracicaba/Tietê/Paraná é um sonho acalentado há mais de 50 anos por lideranças locais, políticos e comunidade (CARNEVALLE, 2006).

A prova disso reside no fato desse projeto, forjado inicialmente para acontecer a partir da construção da Barragem de Santa Maria da Serra, ter acabado de ganhar um desenho múltiplo que garante arrojo, competitividade e abre caminho para novas parcerias envolvendo o poder público e iniciativa privada. O reestudo sobre a hidrovia, recentemente alinhavado pela Secretaria Estadual dos Transportes, revela que a navegabilidade não seria viável apenas para alavancar o turismo, como se pensava até então. O reestudo assinado pela Secretaria Estadual dos Transportes começou a ser delineado em 2005.

De acordo com Rossetto JR. (1998) a nova versão da hidrovia prevê, além de programas turísticos, outros que agregam aos municípios de Piracicaba, Águas de São Pedro e São Pedro, a geração de energia elétrica e investimentos visando à interligação de outros modais como ferrovia e dutovia destinada ao escoamento do etanol (álcool combustível).

Como o projeto intitulado “Aproveitamento Múltiplo de Santa Maria da Serra” não se concretizou e, enquanto o Departamento Hidroviário Estadual não conclui o estudo que pretende modernizar o projeto de navegabilidade do Rio Piracicaba, o ecossistema regional estará sendo poupado de maiores degradações. O mesmo não se pode dizer em termos econômicos fruto da manutenção do perfil açucareiro de Piracicaba.

¹ Coordenador do Núcleo Interdisciplinar de Estudos em Meio Ambiente, Energia e Sociedade da Universidade Metodista de Piracicaba.

A monocultura da cana-de-açúcar foi significativamente afetada pelas diversas mudanças ocorridas no setor sucro-alcooleiro desde o início dos anos 90. A desorganização, a superprodução de açúcar e álcool – esta última fruto desativação da produção de carro a álcool em 96 - a extinção do IAA Instituto do Açúcar e do Álcool) e, o movimento social contra a poluição ambiental que resultou no Decreto Estadual nº 42.056 de 06/08/1997² além do fato de somente 31% das terras da região de Piracicaba terem condições de ter a colheita de cana mecanizada, eram os fatores que vinham sendo usados para explicar o possível deslocamento dessa monocultura para outras áreas do Estado e, do país. Segundo Sparovek et al (1997), as regiões de Jaú e Ribeirão Preto estariam na rota de destino das usinas de açúcar de Piracicaba. Rafaella Rosseto (1998), pesquisadora do IAC (Instituto Agronômico de Campinas), ainda afirmava que a tendência era de as usinas de açúcar seguirem o caminho para o cerrado brasileiro, mais precisamente para a região de Goiás e Minas Gerais, o que realmente veio a confirmar-se. Diante do novo cenário, vários estudos foram feitos para tentar vislumbrar um novo perfil para a agricultura piracicabana.

Como também observou a autora anteriormente referida, qualquer outro tipo de lavoura que exigisse máquinas deveria ser descartado. Estudos realizados pelo IAC (Instituto Agronômico de Campinas), pela CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) e pela Associação dos Fornecedores de Cana de Piracicaba apontaram como possíveis culturas alternativas a seringueira, o palmito (pupunha), o eucalipto e a macadâmea, além de algumas lavouras frutíferas como o maracujá e o coco anão. Foram implantados projetos pilotos que certamente possibilitariam avaliar a viabilidade das alternativas anteriores, contudo não se conhece estudos que tenham sido desenvolvidos com a preocupação de verificar como a pretensa mudança do perfil agrícola regional impactaria essa área historicamente, tão degradada.

²Este instrumento legal proíbe a despalha da cana por queima e institui a obrigatoriedade de sua extinção no prazo de 8 anos nas áreas mecanizadas e de 15 nas não mecanizadas.

Como na década de 80 a crise do setor sucro-alcooleiro já estava instalada, fruto da estabilização dos preços do petróleo, e as propostas alternativas para a agricultura regional ainda estavam em fase experimental, um número significativo de proprietários de terras rurais lançaram mão de um recurso que permitiu minimizar, de imediato, seus problemas financeiros: procederam ao loteamento de suas propriedades. Trata-se de uma prática ilegal que além acarretar problemas sociais (demanda por transporte, coleta de lixo, serviço de saúde, educação etc.), pressionou o poder público municipal em termos de dotação dessas terras de infra-estrutura (luz e saneamento básico) e constitui-se em uma forma a mais de aceleração de processos degradacionais, sobretudo nas áreas onde, pelas características ambientais ou ações antrópicas pretéritas eles já eram realidade, uma vez que vêm acompanhados de abertura de ruas e fossas sépticas, terraplanagem para edificações, destruição da mata ciliar etc. sem qualquer planejamento prévio.

Um levantamento inédito divulgado em outubro de 2005 pelo IPPLAP (Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba), revelou que dos 76 loteamentos abertos na zona rural de Piracicaba, 65% (50) eram clandestinos. Entre os problemas causados pela abertura dos loteamentos clandestinos estavam: a urbanização sem planejamento, o não pagamento do IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano) sobre as casas loteadas nesse espaço. Para Lígia Duarte, responsável pelo Departamento de Uso e Ocupação da Terra do instituto, o maior ônus é quanto à deterioração do meio ambiente. Isso porque não há tratamento de esgoto, além de erosão e contaminação dos solos (ZONA..., 2005).

Criado em 1975, O Proálcool completou 30 anos em nova fase com cenário promissor para o setor sucro-alcooleiro.

Com a ratificação do Protocolo de Kyoto e, sobretudo, o sucesso do carro bicomustível, as perspectivas de crescimento do setor apresentam-se as mais otimistas. (A HORA..., 2005).

A expectativa de crescimento da produção de cana-de-açúcar para a safra de 2006/2007 na macrorregião de Piracicaba - que inclui 33 municípios - é de 6%.

Este patamar de acordo com José Coral³ está aquém daquele previsto para o país devido ao boom que está vivendo o setor no oeste paulista. Nas regiões de Araçatuba, Ribeirão Preto, Valparaíso e José Bonifácio estão sendo instaladas diversas usinas, influenciando o volume nacional. Estados como o Mato Grosso e Goiás também estão a contribuir nesse sentido. (BARCELLA, 2006).

A exemplo do que aconteceu no Município de Piracicaba como um todo, a Bacia do Piracicamirim, objeto do presente estudo, historicamente, do ponto de vista agrícola, apresentou-se ocupada principalmente com cana-de-açúcar. Também revelou na década de 90 uma tendência à retração da área ocupada com cana. O testemunho disso é o fato de também aí terem surgido loteamentos rurais. O mais significativo está localizado nas proximidades do CEASA (Centrais de Abastecimento S.A.). Além de mais de uma centena de casas edificadas, conta com várias chácaras (usadas para residência fixa) e inúmeros pequenos lotes (5x25m).

As perspectivas econômicas apontadas atualmente para o Município de Piracicaba, são extensivas à Bacia do Piracicamirim de onde verificar-se, também aí, uma tendência de aumento das áreas ocupadas com a cana.

Além do fato da cana constituir-se no principal cultivo da Bacia do Ribeirão Piracicamirim, nas suas margens estão instaladas uma usina de cana de açúcar (Usina Santa Helena), um curtume e uma empresa petroquímica. O setor urbanizado da bacia encerra uma população predominantemente de baixa renda com um grande número de pessoas vivendo em favelas e que fazem do rio um depositário de lixo.

A realidade social da população que ocupa a Bacia do Piracicamirim torna-se preocupante – sobretudo pelo nível cultural e conseqüentemente de consciência ecológica - considerando-se que grande parte da referida unidade foi definida como um dos vetores de expansão urbana pelo Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba de 1991.

Ainda que pelos atributos do meio natural tomados como parâmetros nos estudos realizados pela equipe técnica da prefeitura do município, no início da

³ Presidente da Afocapi – Associação dos Fornecedores de Cana-de-Açúcar de Piracicaba.

década de 90, não estivessem previstos impactos ambientais, o fato de não terem sido feitos cálculos de longo alcance, prognósticos com amplitude e confiabilidade suficiente sobre as intervenções antrópicas, de não se conhecer em grau suficiente a essência da ação negativa dos fatores técnicos na unidade de paisagem objeto deste estudo, justificam a eleição dessa bacia como objeto da presente investigação.

4. PRESSUPOSTOS TEÓRICO/METODOLÓGICOS DO ESTUDO

Se como já foi dito, os estudos ambientais constituem-se em tendência na Geografia contemporânea, os recentes projetos sobre mudanças globais podem ampliar, ainda mais, o espaço para esse tipo de pesquisa, além de fortalecer as relações dessa ciência com as disciplinas com idêntica preocupação.

A emergência de visões integradas que reconhecem conexões e interdependência entre as ciências fica comprovada a partir da afirmação de Coltrinari (1994, p. 13) que:

para conhecer cientificamente a Terra e seus componentes, as leis que governam sua estrutura e evolução, deve-se levar em conta, de um lado, a diversidade dos processos que atuam há milhões de anos na crosta terrestre, e de outro, os fatos que refletem a ação especial das sociedades humanas.

Pelo fato da Geografia constituir-se na ciência que trabalha com fatos da superfície da terrestre nas suas relações mútuas e todos seus processos interativos, pode produzir conhecimentos sobre o ambiente terrestre e sua preservação. Porém, a pesquisa ambiental pode assumir dimensões diferentes em função dos objetivos para os quais se presta. Se como afirma Ross (1995a), existem ramos da ciência e da tecnologia preocupados com a questão ambiental, mais por marketing do que por conteúdo, as questões que estão a criar problemas para o desenvolvimento humano ou a ameaçar a sobrevivência do homem justificam as intenções, prioritariamente pragmáticas das investigações relativas a essa temática. Esse mesmo autor está entre os aqueles que entendem que a “pesquisa ambiental na Geografia tem como objetivo entender as relações das sociedades humanas com a natureza dentro de uma perspectiva absolutamente dinâmica nos aspectos culturais, sociais, econômicos e naturais”. Porém uma análise histórica revela que

a postura de articular a natureza com o homem é resultante dos estudos de paisagens e geoecológicos progressivamente amadurecidos na literatura de língua alemã (Klink, 1966 e 1972;

Kugler, 1976; Haase, 1977 e Neef (1972) e que mais recentemente interessaram também a franceses e soviéticos (Bertrand, 1968 e 1970; Tricart, 1977; Tricart e Kilian, 1979; Sochava, 1972, 1974, 1977 e 1978) (ABREU, 1985).

Se a geografia deve a Neef a importante conclusão de que (ABREU, 1985) a condição para que ela atinja uma posição de mérito na solução dos problemas mundiais está relacionada ao aprofundamento em uma concepção que a transformará em uma ciência ambiental, também deve a esse autor o esclarecimento das relações dessa ciência com o meio ambiente assim como o destaque da importância do relevo - constituído pelo fisisotopo - como veículo da articulação material dos elementos ecológicos e sociais que, através de impulsos de diferentes ordens, definem o sistema territorial operado pela sociedade, face a seus objetivos e condições.

Essa perspectiva da geomorfologia, em relação à óptica geográfica, conceitua de forma integrada o relevo e o território de onde emerge o conceito de georelevo⁴ e seu entendimento não apenas como subsistema, mas sim como elemento fundamental da "Landschaftshülle". As formas da superfície conceituadas por Kugler como georelevo emergem em forte dependência genética de todo o conjunto de estruturas que se articulam no geossistema paisagístico assumindo um papel de grande significado como indicador da dinâmica precedente e da situação atual do mesmo (ABREU, 1985), revelando-se por isso, em elementos fundamentais para se compreender a evolução dos processos geoecológicos e se planejar a reprodução da sociedade.

Também Ross (1995a) entende, que os estudos ambientais de abordagem geográfica só podem atingir a visão holística da realidade da sociedade objeto da análise, dentro da perspectiva do seu passado (história), do seu presente (situação atual) e de sua tendência (situação futura). Se o entendimento do passado permite a compreensão do presente e a antevisão do futuro, fica justificado porque a pesquisa ambiental, na abordagem geográfica, revela-se

⁴Nos termos de Abreu(1985) superfície de limite externo da geoderme, produzida pela dinâmica dos integrantes sistêmicos da "Landschaftshülle" (Die Landschaft + die Hülle/a paisagem + o invólucro ou a epiderme) e constituído pela superfície limite em si – que caracteriza uma descontinuidade neste contexto – e seu conteúdo plástico.

fundamental quando a meta é a realização de diagnósticos e a posterior elaboração de prognósticos.

É recomendação científica, além de, em alguns casos, exigência legal⁵ quando se tem como perspectiva um desenvolvimento sustentado, que as interferências na natureza, pelo homem devam ser antecedidas de estudos que levem a um conhecimento do sistema ambiental onde se vai atuar. Se a radiografia ecológica é pré-requisito para intervenção em qualquer ecossistema natural, é imprescindível, para aqueles que já se mostram fortemente antropizados, principalmente porque, é para os últimos, que pode oferecer subsídios particularmente para a previsão, importante, portanto, para o redirecionamento de tendências.

Considerando-se que, praticamente a totalidade dos sistemas que interessam à Geografia não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um conjunto maior, é de pressupor-se que modificações no primeiro acarretarão mudanças diretas nos valores dos elementos contidos naqueles de grandeza inferior, mas também superior. Numa perspectiva sistêmica, as intervenções previstas para ocorrerem na Bacia do Piracicaba, fatalmente deverão refletir-se nas bacias que a integram como é o caso particular da Bacia do Ribeirão Piracicamirim, que se constituiu em objeto da presente investigação.

Se a motivação original pela realização do estudo foi despertada pela intenção de contribuir para o gerenciamento dos recursos naturais e sociais e para a preservação ambiental de uma área onde estão representados tipos variados de uso da terra, foi a adequação das características (FERRAZ, 1996) da Bacia do Ribeirão Piracicamirim às perspectivas metodológicas gerais, norteadoras da pesquisa que se pretendia realizar, que consolidaram a decisão da sua escolha como objeto do presente estudo.

A Bacia do Ribeirão Piracicamirim se revela como ótimo campo de provas para a realização de pesquisa ambiental integrada. Entre outros, Guerra; Cunha (1996)

⁵ A Constituição Estadual, as Leis Orgânicas e os Planos Diretores Municipais constituem-se em reforços nesse sentido.

consideram a bacia hidrográfica de qualquer hierarquia, como excelente unidade de gestão dos elementos naturais e sociais porque, sob o ponto de vista do auto-ajuste, as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descargas, cargas sólidas e dissolvidas). Os autores supracitados também afirmam que cada bacia hidrográfica drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou um ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório, ou oceano, o que faz do sistema de drenagem então formado, um sistema aberto, já que nele ocorre entrada (as bacias de drenagem recebem energia fornecida pela atuação do clima e da tectônica locais) e saída de energia (elimina fluxos energéticos pela saída da água, sedimentos e solúveis). É o que está a ilustrar a figura que se segue:

Figura 3 - Bacia de drenagem, fluxos e transformações de energia, água e sedimentos

Legenda

A. energia radiante

B. precipitação

C. evapotranspiração

D. energia latente

E. material intemperizado

F. armazenamento de umidade do solo

G. armazenamento de água subterrânea

H. material fonte

I. descarga, transporte de sedimentos em suspensão, dissolvido e de fundo

Fonte: Guerra ; Cunha (1996, p. 354)

Se de um lado, pelo que vimos do ponto de vista teórico, as bacias hidrográficas, revelam-se adequadas para o desenvolvimento de estudos ambientais na perspectiva integrada, também metodologicamente falando, pela sua meso-escala mostram-se, particularmente propícias, para estudo de tendências e padrões de comportamento; de outro, as bacias e seus córregos e ribeirões (como é o caso do Piracicamirim), além de também permitirem a

aplicação daquela mesma perspectiva de análise, em função da escala de semi-detelhe, se prestam melhor para estudo de processos (FERRAZ,1996). Acrescente-se a isso, o alerta de Coltrinari (1994) de que é justamente nessas escalas que os efeitos das atividades antrópicas nos processos globais são mais pronunciados.

A opção pela abordagem metodológica em questão ocorreu pela consciência de que os procedimentos analíticos, princípios fundamentais da ciência clássica, por desconsiderar as interações entre as partes ou por considerá-las numa perspectiva linear, revelam-se inadequados para estudos de tendência integrada. A compreensão da natureza essencial dos todos organizados, da complexidade significativa foi ajudada pela emergência de modelos conceituais, e mesmo materiais, que representam os aspectos da interação entre muitas variáveis. Isso implicou na introdução de categorias novas tanto pensamento científico em geral, como nas áreas particulares de conhecimento.

Em ciência hoje é consensual que o modelo conceitual que melhor atende às exigências das abordagens holísticas, é o sistêmico porque entende os complexos, como resultantes de elementos em interação e não linear, o que justifica a concepção da Teoria Geral dos Sistemas como ciência da totalidade. O conceito geral de sistema (BEVERIDGE,1981) não é novo, mas foi somente depois da década de 40/50 que conseguiu reconhecimento e foi objeto de estudo e aplicação. Inicialmente a Teoria Geral dos Sistemas foi desenvolvida nos EUA. Suas primeiras aplicações deram-se na termodinâmica e na Biologia respectivamente por Defay, em 1929 e Bertalanffy, a partir de 1932. Atualmente constitui-se na formulação básica de uma doutrina com aplicabilidade universal. No âmbito da Geografia (CHRISTOFOLETTI,1979), todos os setores foram revitalizados pela utilização da abordagem sistêmica.

Análises sistêmicas têm sido levadas a cabo tanto no contexto da Geografia Humana e Econômica como da Geografia Física. No primeiro caso podem ser referidos como contribuições iniciais os trabalhos realizados por Berry (1964) e Hagget (1965), mas a difusão do conceito explica o aumento considerável dos trabalhos elaborados sob a perspectiva sistêmica também nessa área de

especialização geográfica. Na Geografia Física, em particular na Geomorfologia, segundo levantamento realizado por Cristofolletti (1979), Strahler aplicou o conceito de sistema aberto em estado constante, para explicar um sistema de drenagem ajustado. Este autor está entre aqueles (além de outros como Davis, Penck etc.), a quem a geomorfologia deve o estabelecimento das suas bases dinâmicas. Culling (1957) ao escrever sobre a teoria dos rios ajustados também se apoiou na teoria geral dos sistemas.

Se de um lado é a concepção da complexidade, da totalidade, da integração que faz da teoria sistêmica o melhor modelo teórico para análises integradas, de outro, é a aceção de que em um sistema, o conjunto dos elementos está, de tal forma organizado, que uma mudança no estado de qualquer elemento, provoca mudanças nos demais, o que reforça a adequação do seu uso em estudos ambientais, já que seu caráter dinâmico pode fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação.

Ainda é importante considerar-se, que existem conceitos, modelos e princípios da Teoria Geral dos Sistemas que se aplicam à sistemas generalizados; outros, tais como sistema aberto, definidos pela troca de matéria, limitam-se a certas subclasses.

O conceito de sistema aberto originalmente descrito por Von Bertalanffy encontrou aplicação, entre outras áreas, nas Ciências da Terra em geral.

Uma das principais características dos sistemas abertos é a possibilidade de, em certas condições poderem aproximar-se do chamado estado estável (VON BERTALANFFY, 1973, p. 32): “o sistema permanece constante em sua composição a despeito de contínuos processos irreversíveis, importação e exportação, construção e demolição estarem em ação”.

Se a interdependência e interação dinâmica dos elementos, a concepção de sistema aberto faz da abordagem sistêmica, contemporaneamente, o instrumento lógico mais adequado para os estudos ambientais – e por coerência é a que deve ser a diretriz para as pesquisas ambientais de abordagem geográfica, como a que nos propusemos a realizar - é a consciência da possibilidade do rompimento desse equilíbrio que está a explicar a conveniência do apelo a formulações

teóricas que além de considerar a paisagem como entidade global – princípio que se inspira na Teoria Geral dos Sistemas - têm interesse não só na dinâmica, mas também no sentido geral da sua evolução.

Quando a preocupação, em termos de pesquisa e em decorrência de resgate teórico, se situa em nível do mecanismo de funcionamento do sistema, especificamente geomorfológico, obrigatoriamente somos levados a rever formulações como as de:

➤ Hack (1960) denominada **Teoria do Equilíbrio Dinâmico** a qual tem sido aplicada nas pesquisas geomorfológicas de detalhe, principalmente quando se trata de estudos para avaliar as condições ambientais atuais, e que tem como princípio básico, o pressuposto de que o ambiente natural encontra-se em equilíbrio não estático, mas que também prevê situações de desequilíbrio que são geradas pela entrada de fluxos de energia que, por exemplo podem ser as variações dos índices de chuvas, a alteração da paisagem por influência humana;

➤ de Erhart (1965) que reconhece dois conjuntos dinâmicos diferentes: **paisagens em biostasia** – onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula, o potencial ecológico é mais ou menos estável, o sistema de evolução é dominado pelos agentes e os processos bioquímicos, a intervenção antrópica nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica – as **paisagens em resistasia** – em que a morfogênese domina a dinâmica global;

➤ de Bertrand (1972) que inspirado na teoria de bio-resistasia de Erhart, distingue sete tipos de geossistemas reagrupando-os também em dois conjuntos dinâmicos: **geossistemas em biostasia e geossistemas em resistasia**. Classifica os geossistemas que estão em estado de biostasia de acordo com a sua maior ou menor estabilidade em: geossistemas climácicos, plesioclimácicos ou subclimácicos que correspondem a paisagens onde o clímax é mais ou menos

bem conservado; para os geossistemas em resistasia distingue dois níveis de intensidade de geomorfogênese: os casos de resistasia verdadeira ligados a uma crise morfoclimática capaz de modificar o modelado e o relevo e os casos de resistasia limitada à cobertura viva da vertente, isto é, à parte superficial das vertentes: vegetação, restos vegetais, húmus, solos e às vezes manto superficial e lençóis freáticos epidérmicos;

➤ de Tricart (1977) que aplica o instrumental lógico dos sistemas para estudar o que concebe como o componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre: a morfogênese.

Se, como afirma Tricart, os processos morfogenéticos produzem instabilidade da superfície que é um limitante muito importante do desenvolvimento dos seres vivos, inclusive do desenvolvimento humano, fica justificado porque, em pesquisas que se propõem a subsidiar a administração e ordenamento (futuro) do meio ambiente, como é o caso da que nos propomos a realizar, uma das metas é, necessariamente diminuir a instabilidade morfodinâmica.

Segundo Rodrigues (2001), a abordagem morfodinâmica de Tricart, é “prima-irmã” da Teoria dos Geossistemas, e tem sido uma das principais saídas para trabalhar ou identificar unidades de planejamento físico-territorial.

Assim como a Teoria dos Geossistemas, a abordagem morfodinâmica possibilita a delimitação espacial de unidades cujos processos atuais podem ser semelhantes. Por isso é possível classificar essas unidades quanto à sua estabilidade (formas e processos), singularidade e grau de recorrência (diversidade ambiental), fragilidade ou vulnerabilidade no que se refere às interferências antrópicas, entre outras discriminações úteis na esfera do planejamento e gestão territorial característicos. (RODRIGUES, 2001, p. 75-76).

Em função da intensidade dos processos atuais Tricart reconhece três grandes tipos de meios morfodinâmicos: os **meios estáveis**, os **meios intergrades** e os **meios fortemente instáveis**. A ocorrência de cada um desses meios morfodinâmicos está ligada a regiões dotadas de condições particulares.

Os meios morfodinamicamente estáveis (TRICART, 1977) encontram-se em regiões dominadas pelas seguintes condições: cobertura vegetal suficientemente fechada para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese; dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamentos vigorosos dos rios, e vertentes de lenta evolução e ausência de manifestações vulcânicas susceptíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos mais ou menos catastróficos. Condições como essas, conclui Ross (1991) favorecem os processos pedogenéticos em detrimento dos morfogenéticos em decorrência da baixa capacidade das águas para arrancar e transportar material. Os meios intergrades (TRICART, 1977) asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os instáveis e se caracterizam pela interferência permanente de morfogênese e pedogênese, isto é, nesta situação verifica-se um balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas. Nos meios fortemente instáveis (TRICART, 1977) a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica do sistema natural. Tal situação pode ter origens diversas (geodinâmica interna, instabilidade climática com reflexos na cobertura vegetal, degradação antrópica etc.) além das combinações possíveis.

O fato das modalidades morfodinâmicas que levam à situações de instabilidade serem variadas, oferece a possibilidade de divisão dos meios fortemente instáveis.

Essa consciência e a necessidade de utilizar o conceito de unidade ecodinâmicas como subsídio ao planejamento ambiental, levou Ross (1991) a ampliar o seu uso estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca a Muito Forte. Fez o mesmo para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis porque como afirma, "as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível, face às suas características naturais e a possível inserção antrópica". Este último acréscimo teórico nos interessa particularmente porque, na condição de pesquisa básica, é na possibilidade de prever, qualitativamente, a instabilidade potencial na Bacia do Piracicamirim que reside a contribuição científico-social maior do estudo,

porque, vários empreendimentos estão em processo nessa bacia que, como vimos, já se mostra, sob a perspectiva ecológica, bastante alterada, sobretudo em função da implantação de inúmeros núcleos de habitação e do reforço ao atual perfil agrícola da área, fruto da valorização do álcool combustível pelo mercado internacional. Sendo assim, a pesquisa pode contribuir para a estimativa do impacto das ações técnico-econômicas do homem nesse quadro natural principalmente se as inserções antrópicas continuarem a ocorrer, sem que, em nível administrativo, se tenha a preocupação de diminuir a instabilidade morfodinâmica desse meio.

Na direção das concepções anteriores o teste prático da metodologia proposta revela-se importante porque possibilita a indicação de medidas mitigadoras a serem adotadas face à detecção de desestabilização do relevo.

A evolução do conhecimento para a distinção na superfície do planeta, de conjuntos de inter-relações individualizadas, que se diferenciam entre si, criaram como vimos, posições de abordagens dos complexos que como decorrência, passaram a oferecer a possibilidade de que as alterações produzidas pelas interferências nesses domínios, possam orientar uma previsão sobre as conseqüências das ações sobre o conjunto. Um conceito que permitiu a identificação dos mecanismos que explicam as correlações identificadas, o conhecimento dos agentes atuantes e de sua participação relativa nos processos foi o de Ecodinâmica. Incluem-se entre as contribuições resultantes da inserção desse conceito no campo do conhecimento, a revificação do velho princípio de que, dominadas as causas, podem ser controlados os efeitos, além de tornar viável ir-se da constatação e inter-relacionamento dos ecossistemas aos mecanismos de participação dos agentes, o que cria a possibilidade de intervenção prévia na defesa dos padrões cuja manutenção deva ser preservada.

Foram as formulações teórico/metodológicas anteriormente sintetizadas que deram suporte para Tricart (1977) forjar o conceito de Mapa Ecodinâmico cujo objetivo é definir a inserção das intervenções de um ponto de vista dinâmico, evolutivo e, assim fornecer elementos de apreciação para a interferência dessas intervenções.

É, pois pelo fato da Carta Ecodinâmica possibilitar a definição do grau de sensibilidade do meio ambiente em face dos fenômenos espontâneos e de intervenções antrópicas que deverá constituir-se no documento síntese da presente investigação.

A concepção de que, o componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre é o morfogenético e o interesse de avaliar a participação relativa do relevo na dinâmica dos processos verificados na Bacia do Ribeirão Piracicamirim é que está a justificar a eleição da Carta Morfodinâmica como método da pesquisa, principalmente porque a elaboração desse documento, por ter como parâmetro teórico o instrumental lógico dos sistemas, permite estudar as relações do relevo com os demais componentes da unidade de paisagem em estudo, mas, sobretudo, porque atende a um dos objetivos da pesquisa: o de estabelecer, fundada no grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica, uma taxonomia dos tipos de ambientes verificados na bacia em questão. Além do mais, essa metodologia responde aos interesses práticos da presente investigação: funcionar como apoio técnico à intenção de (re)planejamento territorial futuro da bacia em questão e aos programas educativos de conscientização ambiental em processo bem como, a outros interesses político-administrativos e sociais.

Segundo Tricart (1977), o mapa morfodinâmico deve representar informações que não tomam parte na dinâmica em si mesma, mas nela interferem:

- os **declives**;
- a **litologia**;
- a **morfodinâmica** - que no plano taxonômico, é a primeira das três componentes maiores da dinâmica. O mapa deve colocar em evidência o grau de instabilidade do meio ambiente, como também explicar a natureza dos processos em jogo;
- **pedogênese** ;
- **regime hídrico**;

- **arranjo do território** (áreas edificadas, vias de comunicação, tipos de uso do solo etc.).

Considerando-se que, a investigação de todas as formas que ocorrem numa dada área (KLIMAZEWSKI, 1982), induz à necessidade de fazê-la em um documento gráfico de natureza espacial ou num mapa topográfico, isto é, a aplicação do método de mapeamento geomorfológico e, cientes de que para ter-se a cartografia da dinâmica do relevo, como fim, precisa-se da carta geomorfológica como instrumento de análise porque, como demandam as cartas ecodinâmicas, o mapa geomorfológico dá informações das formas no espaço e no tempo, fica explicada a dependência do mapa morfodinâmico em relação à carta geomorfológica. Por outra, o fato da última poder oferecer subsídios para o planejamento econômico/territorial porque possibilita a estimativa de qualidade do sítio ou representa a distribuição de formas e seus grupos (estáveis ou instáveis), complementa a compreensão da referida relação.

O fato de hoje, em termos de representação gráfica do relevo, conviver-se, com uma grande diversidade de propostas teórico-metodológicas e dispor-se de várias técnicas, nos obriga justificar tanto a opção pelo modelo teórico-metodológico, quanto dos meios de representação adotados no estudo em questão.

Na perspectiva de efetuar o resgate da teoria que subjaz à elaboração desse tipo de documento a localização do primeiro conceito de mapa geomorfológico de detalhe, remeteu-nos a Passarge que, em 1914, o apresentou na forma de um atlas geomorfológico o qual não se constituiu em um mapa simples, dando um conhecimento sintético do relevo, mas um conjunto de mapas (oito) na escala 1: 50 000 que informavam sobre os elementos do relevo (mapa topográfico-orográfico, de inclinação de vertentes, das formas de vales, geológico-estratigráfico, de resistência física, de resistência química, petrográfico e do desenvolvimento do relevo). Quase que simultaneamente, 1912, Gehne elaborou um mapa geomorfológico no qual representou: feições morfográficas, estrutura do substrato, morfologia (mostrando as formas e sua origem). Em 1919, Smolenski

publicou um estudo sobre as necessidades da ciência polonesa no campo da geografia física no qual propôs como meio para estudar o relevo do território polonês, uma investigação detalhada do relevo de algumas regiões escolhidas na base da cartografia detalhada do relevo e de estudos geológico-petrográficos. Em 1924, Herber propôs preparar mapas geomorfológicos especiais; teve a idéia assumida por Mayer, em 1926, que a materializou elaborando um mapa em escala 1: 25 000; um dos primeiros a propor legenda para mapas geomorfológicos de detalhe foi Swricewska em 1937. Teve como seguidores Zaborski e Klimaszewski nos anos 30. Mas foi somente depois da 2^a Grande Guerra que a preparação de mapas geomorfológicos de detalhe avançou.

Klimazewski (1982) ao tratar do desenvolvimento do mapeamento geomorfológico de detalhe localiza uma preocupação mais formal com princípios da preparação dos mapas gemorfológicos, durante a realização do 18^o Congresso da União Geográfica Internacional, realizado em 1956, no Rio de Janeiro, quando foi criada a subcomissão para mapeamento geomorfológico; a referida comissão teve como uma de suas tarefas, adotar um sistema uniforme e princípios da preparação dos mapas geomorfológicos detalhados, sobretudo para assegurar comparação. Nesta data foi dada especial atenção para a determinação da escala, para o conceito de uma legenda uniforme para um mapa geomorfológico detalhado ou o princípio de sua elaboração, tendo em vista as possibilidades de utilização desse tipo de mapeamento para propósitos práticos, principalmente para o planejamento econômico. Durante a sessão da subcomissão realizada em Krakov, em 62, foram estabelecidos vários princípios de preparação de mapas geomorfológicos e entre eles que:

➤ um mapa geomorfológico de detalhe deve ser o resultado de um mapeamento geomorfológico no campo; é recomendado usar interpretação de fotos aéreas;

- mapas geomorfológicos de detalhe são elaborados em escala variando de 1:10 000 / 1:100 000 porque em tais escalas o relevo e suas peculiaridades podem ser propriamente representados;
- a carta geomorfológica deve apresentar um quadro completo do relevo, possibilitando ao usuário compreender o caráter do relevo, reconstruir seu passado e prever tendências futuras de desenvolvimento;
- todas as formas investigadas podem ser marcadas no mapa por meio de símbolos e cores;
- a determinação da idade das formas é necessária porque introduz a ordem cronológica no contexto do mapa e ajuda a reconstruir o desenvolvimento geomorfológico e prever o desenvolvimento de tendências;
- dados litológicos devem ser marcados com símbolos especiais, preferencialmente na base do mapa;
- a legenda seja arrumada em uma ordem cronológica;
- o mapa geomorfológico de detalhe tem grande importância para o desenvolvimento da geomorfologia e investigações no campo da geomorfologia regional realizada em territórios diferindo em condições estrutural e climática.

Foi a consciência de que o esquema de mapeamento geomorfológico preparado independentemente por países como a Suíça, a URSS, a Polônia, a França, a Tchecoslováquia, o Japão, a Bélgica e a Hungria, não apresentavam homogeneidade de conceitos e de formas de representação que levou à criação de uma subcomissão para mapeamento geomorfológico; esta, para possibilitar a

comparação dos mapas geomorfológicos, teve como uma de suas tarefas, adotar um sistema e princípios uniformes de preparação.

Salomé e Van Dorssen (1982) desenvolveram ensaios de cartografia geomorfológica e aplicaram metodologias de seis países diferentes – do ITC (Holanda), o Belga, o Polonês, o Francês, o Suíço e o da UGI, todos em escala 1: 50 000, e concluíram que informações morfográficas, morfométricas, morfogenéticas e morfocronológicas estão presentes em todos sistemas, mas a ênfase dada para esses tipos de informações varia conforme o modelo teórico considerado.

No contexto da produção francesa, merece destaque a posição de Tricart (1965) que afirma que na referida carta devem constar dados de quatro naturezas diferentes: morfométricos, obtidos nas cartas topográficas, informações morfográficas, dados morfogenéticos e cronologia indicativa dos processos pretéritos e atuais.

No Brasil não existem muitos trabalhos preocupados com a cartografia geomorfológica. Merecem referência aqueles publicados pelo convênio do Instituto de Geografia da FFLCH da USP, com o Centro de Geomorfologia Aplicada do CNRS da França, em escala 1: 25 000 (Vale do Parateí/SP), 1:50 000 (São Pedro), que seguem o modelo francês de cartografia geomorfológica – que se utiliza de símbolos e cores para a representação morfológica e morfogenética e de letras e algarismos para a representação dos domínios morfocronológicos e morfoclimáticos - além de discussões e testes em diversas dissertações de mestrado e teses de doutorado defendidas tanto na Faculdade de Filosofia (Departamento de Geografia) da USP, como na pós-graduação do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Unesp/Rio Claro.

Em função dos objetivos da pesquisa, a revisão bibliográfica sobre a cartografia geomorfológica de detalhe não poderia ser encerrada, sem a análise particular das

contribuições metodológicas de Ross (1992), sobretudo por sua aplicação à análise ambiental especializada. Considera que as formas de relevo de diferentes tamanhos têm explicação genética e são, coerente com a abordagem sistêmica,

interrelacionadas e interdependentes dos demais componentes da natureza. Entende que a dinâmica das formas do relevo apresenta velocidades diferenciadas o que pode resultar em ambientes ora mais estáveis, ora mais instáveis – comportamentos resultantes tanto de fatores naturais como antrópicos.

Ross recorreu à metodologia proposta por Tricart (1965) na elaboração de seus primeiros trabalhos voltados para a Geomorfologia Aplicada. Entre eles incluem-se o realizado para a Região da Grande São Paulo, através da Emplasa, no programa de prevenção de inundações. Na oportunidade efetuou estudos de duas bacias: do Rio Cabuçu de Cima, em 1985, e do Ribeirão Carapicuíba, em 1986, ambos na escala 1: 25 000.

Tricart (1977) considera que a carta geomorfológica é indispensável para o inventário genético do relevo e que, ao elaborá-la ter-se-à que:

- fornecer elementos da descrição do relevo. Esses elementos serão retirados das cartas topográficas, acrescidos de informações específicas tais como: rupturas topográficas, rebordos de pequenos patamares etc. que a simples carta topográfica não fornece;
- identificar a natureza geomorfológica de todos os elementos do terreno. Trata-se de fornecer informações ligadas à gênese das formas;
- datar as formas ainda que de forma relativa para possibilitar a separação das formas herdadas daquelas vivas, isto é que continuam a desenvolver-se atualmente.

Enquanto proposta de carta geomorfológica de detalhe esse documento deverá encerrar, pois, informações de quatro naturezas:

- **dados morfométricos** - obtidos a partir das cartas topográficas;

- **informações morfográficas** - que devem ser registradas através de simbologia que indique não só o fenômeno, mas sua origem como por exemplo, escarpa de falha ao invés de simplesmente escarpa;
- **dados morfogenéticos** - as formas registradas no mapa através de símbolos devem indicar a sua gênese, como terraço fluvial, planície flúvio-lacustre etc,
- **cronologia** - idade das formas (paleoformas que indicam processos pretéritos e formas ativas que definem o sistema morfogenético operante na região).

Ross desenvolveu outros trabalhos, também de natureza aplicada, para as áreas não urbanas, voltados para aproveitamentos hidrelétricos futuros. É o caso daqueles que envolveram setores dos vales fluviais dos rios Xingu no Pará, Ji-Paraná em Rondônia, Iguaçu no Paraná e Uruguai, nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, executados na escala 1: 250 000. Todos esses estudos passaram pela elaboração de uma carta geomorfológica - além de cartas de uso da terra e cobertura vegetal e da utilização de dados geológicos, pedológicos e climáticos – geradas na escala 1: 100 000 - complementada por observações e mensurações de campo.

Na elaboração desses trabalhos Ross utilizou-se de princípios metodológicos diferentes daqueles aplicados aos trabalhos anteriores: inspirou-se na concepção de morfoestrutura e morfoescultura de Gerasimov (1980) e Mescerjakov (1968) e na proposta de Demek (1965) de níveis taxonômicos aplicados ao mapeamento geomorfológico de onde a identificação de níveis taxonômicos tais como: unidades morfoestruturais, unidades morfoesculturais, formas denudacionais ou agradacionais, unidades de formas e padrões semelhantes, indicação e mensuração de formas por dados morfométricos, e das formas lineares e pontuais do relevo.

As opções metodológicas de Ross no primeiro e último grupo de estudos ficam justificadas se apelarmos para as conclusões apresentadas por Tricart, ao discutir as concepções e princípios da carta geomorfológica detalhada. Para ele, a descrição razoável dos fatos geomorfológicos representa categorias de fenômenos muito diferenciados, segundo a escala adotada. Afirma que as cartas de pequena escala, em função da natureza das coisas são orientadas para

representar principalmente fenômenos morfoestruturais e, portanto, ligam as ordens de grandeza superiores, acima algumas dezenas de km². Já as cartas de escalas maiores e, portanto de detalhe enquadram-se em ordens de grandeza inferior, correspondendo às formas cujas dimensões são iguais ou inferiores a uma dezena de km², assumindo maior significado as formas esculturais, já a sua preocupação centra-se nos processos atuais.

A preocupação da pesquisa em questão principalmente as formas esculturais e a necessidade de realização de mapeamento geomorfológico de detalhe justificam a opção pela proposta teórico-metodológica de Tricart e adaptada por Ross.

Enquanto carta de escala maior e, portanto de detalhe, para chegar-se ao diagnóstico do comportamento morfodinâmico da Bacia do Ribeirão Piracicamirim trabalhou-se com:

- a carta hipsométrica;
- a carta de declividade média das vertentes;
- cartas topográficas;
- fotos aéreas;
- a carta geológica;
- dados pluviométricos anuais, mensais e diários;
- a carta de solo;
- a carta de uso da terra/ cobertura vegetal;
- a carta geomorfológica.

O fato da representação das formas de relevo apresentar dificuldades não só do ponto de vista da sua concepção teórico-metodológica, mas também das técnicas que são utilizadas para a cartografiação, levou autores como Demek (1965), Tricart (1965), Salomé e Van Dorssen (1982), Klimazeswski (1982) e Ross (1985/86) etc. a fazerem proposições ou a realizarem a análise de algumas práticas nesse sentido.

Embora o objetivo principal de Demek tenha sido tratar do problema da generalização do conteúdo dos mapas geomorfológicos, com especial atenção para os mapas em escala 1: 500 000, o autor também faz observações relativas aos meios de representação. Reconhece como um dos mais importantes meios de representação num mapa geomorfológico geral é a superfície colorida; afirma que as cores têm duas possibilidades de representação: a cor e seus matizes; destaca que o uso das superfícies coloridas é mais vantajoso para a representação de superfícies geneticamente homogêneas combinadas com suas inclinações. A cor expressa a gênese e os matizes, a inclinação das superfícies (mais escuros quanto maior for a inclinação).

Tricart (1965) utiliza as cores para exprimir os fatores cronológicos e representa as formas por símbolos relacionados e impressos nas cores relativas à cronologia.

Salomé e Van Dorssen (1982) concluem que nos diversos sistemas analisados (ITC, belga, polonês, francês, IGU, suíço), existem diversidades teórico-metodológicas, já que nem sempre valorizam os mesmos elementos do relevo, mas também dão testemunhos de que, em termos das técnicas de representação não existe, nos sistemas analisados, homogeneidade total:

- o Sistema ITC conjuga: cores (unidades geomorfológicas), símbolos lineares usualmente impressos em preto (feições geomorfológicas menores), símbolos de letras também em preto (litologia);
- o modelo belga: cores (morfometria), símbolos pretos (dados morfométricos, morfogenéticos e ação antrópica), letras maiúsculas (cronologia), ;
- o Sistema polonês: cores (usadas para distinguir formas de diferentes idades);

- o Sistema francês: símbolos coloridos (estrutura geológica e litologia), cores (morfogênese);
- o Sistema IGU: cores (grupos genéticos de formas), símbolos de letras (idade das formas);
- O Sistema Suíço: símbolos em cores (fenômenos geomorfológicos), símbolos lineares (superfícies de aplainamento), símbolos de letras (cronologia).

A análise dos sistemas anteriores, em termos dos meios de representação, nos permite concluir que os modelos suíço e belga, por exemplo, utilizam cores respectivamente para mapear superfícies de erosão e elementos das formas de relevo; o modelo francês e o do ITC utilizam simbologia gráfica para representar os tipos de vales; o sistema polonês associa cores e símbolos para representar dados morfocronológicos e da morfometria enquanto no sistema unificado da UGI, a morfometria é representada por símbolos lineares coloridos.

A decisão de adotar-se a adaptação feita por Ross à proposta de Tricart está relacionada à consciência de problemas relativos a fatores tais como: dificuldade de representação a cores, sobrecarga de informações típicas das cartas morfo ou ecodinâmicas etc.

Por fim, a questão da representação gráfica das formas do relevo ficaria incompleta, se não se tecesse considerações a respeito da sua classificação ou taxonomia uma vez que, além das formas a serem representadas, dos meios de representação, outro fato de grande complexidade, é discernir os níveis de representação dos fatos geomorfológicos, em função da dimensão deles e da escala de representação escolhida. Como afirma Ross (1992, p.20) “é incompatível a representação espacializada dos setores de vertentes para escalas médias e pequenas como 1: 50 000, 1: 100 000, 1: 250 000, 1: 500 000”. Para esse mesmo autor, os setores de vertentes só se tornam passíveis de cartografiação em escalas grandes tipo 1: 25 000, 1: 10 000, 1:5 000.

A acepção de que os diferentes tamanhos de formas estão diretamente associadas à cronologia e à gênese nos leva à necessidade de localizar as bases teóricas dessa concepção. Foi Penck (1953) quem definiu com clareza as forças geradoras das formas de relevo terrestre. Devemos a ele a percepção de que as atuais formas de relevo da superfície da terra, são produtos da oposição entre as forças motoras dos processos endógenos e exógenos, ou seja, da ação das forças emanadas do interior da crosta terrestre de um lado e das forças impulsionadas através da atmosfera pela ação climática atual e do passado, de outro.

Os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura desenvolvidos por Gerasimov (1980) e Mescerjakov (1968) tiveram como princípio teórico os processos endógenos e exógenos como geradores das formas grandes, médias e pequenas do relevo terrestre. Partindo do pressuposto que todo relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é resultante da ação do tipo climático atual e pretérito, conclui-se, como o fez Ross (1992), que a morfoestrutura e a morfoescultura definem situações estáticas, produtos da ação dinâmica dos processos endógenos e exógenos. A noção de morfoescultura é, pois, um produto da ação climática atual, mas também da ação dos climas do passado sobre uma determinada estrutura e refletem a influência da diversidade de resistência da litologia e seu respectivo arranjo estrutural sobre a qual foi esculpida. Esse fato nos conduz à conclusão de que em uma unidade morfoestrutural pode-se ter uma ou mais unidades morfoesculturais que refletem as diversidades litológicas da estrutura, os tipos climáticos atuais e os pretéritos.

Apoiado, pois, na interpretação genética de início ficam definidos dois níveis: um de táxon maior que define padrão de formas maiores do relevo: as formas morfoestruturais; as formas morfoesculturais, fruto da ação climática atuante ao longo do tempo geológico, são de táxon menor; os processos morfoclimáticos atuais começam a ser notados mais facilmente nas pesquisas interessadas em analisar o terceiro táxon; as formas de relevo correspondentes ao 4º táxon podem ser tanto de agradação (planícies fluviais, terraços fluviais ou marinhos, planícies marinhas, planícies lacustres etc.) ou resultantes de denudação resultantes do

processo erosivo (colinas, morros, cristas etc.); o 5º táxon na ordem decrescente são as vertentes ou setores de vertentes; o 6º táxon diz respeito às formas produzidas pelos processos atuais ou por depósitos atuais (voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, bancos de sedimentação atual, terracetes de pisoteio, frutos de processos atuais e quase sempre induzidos pelo homem).

Levando-se em conta o objetivo maior do estudo, de mostrar que as formas de relevo observadas na Bacia do Piracicamirim/SP, traduzem a dependência genética de todo o conjunto de estruturas que se articulam no geossistema paisagístico dessa unidade geográfica, e, partindo-se do pressuposto que as formas geradas por processos erosivos atuais, como é o caso daqueles induzidos pelo homem, só são cartografáveis em escala grande, fica explicada a elaboração da carta geomorfológica em questão, na escala 1: 10 000. Nessa escala além da representação de formas menores: voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, bancos de sedimentação atual, assoreamentos, terracetes de pisoteio etc. (6º táxon), quase sempre induzidas pelo homem, em ordem crescente também será possível representar-se tipos de vertentes: convexas, retilíneas, abruptas, côncavas etc. (5º táxon) e os tipos de formas de relevo que tanto podem ser as de degradação (colinas, morros, formas tabulares, etc. ou de agradação (planícies fluviais, planícies marinhas, planícies lacustres, terraços fluviais ou marinhos etc.- 4º táxon).

Portanto, para analisar o quadro geomorfológico da área de estudo, assim como sua gênese foi usada a proposta taxonômica de Ross (1992) que o diagrama que se segue tão bem ilustra:

Figura 4 - Diagrama Esquemático sobre a Taxonomia do Relevo

Fonte: Ross (1992, p. 22)

5. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E INSTRUMENTAL TÉCNICO DE ANÁLISE

5.1. Ordenamento Operacional da Pesquisa

Na tentativa de detalhar a articulação lógica das operações desenvolvidas (levantamento, tratamento, análise e interpretação dos dados) laçou-se mão de uma metodologia que confirma uma sistemática considerada como universal, válida, portanto, para os diferentes segmentos de pesquisa: trata-se da clássica subdivisão do processo de investigação, em quatro níveis, sabendo que a demarcação entre os mesmos não fica sempre nítida e que haverá interferência de um nível no outro. Também, a simultaneidade de muitas atividades impediu a sua apresentação obedecendo a um ordenamento temporal.

Correlacionando-se as atividades realizadas, com os níveis da pesquisa em Geografia, teorizados por Libault (1971) podemos afirmar que o estudo desenvolveu-se em três grandes fases⁶: Fase I (Nível Compilatório), Fase II (Correlação das informações), Fase III (Interpretação dos Resultados).

5.1.1. Fase I – Nível compilatório (coleta de dados essenciais e complementares)

A Fase I identificada como de Nível Compilatório concretizou-se em duas etapas: a de coleta de dados e a de compilação desses dados. A organização racional da pesquisa, neste nível, resultou do desenrolamento tradicional de ações que se aplicam às análises geomorfológicas: localização dos dados secundários - sobretudo daqueles indispensáveis ao tratamento do problema da pesquisa, efetivação dos levantamentos de campo e produção dos dados primários (elaboração das cartas temáticas). A triagem das informações mais

⁶ A Fase IV (Normatização/Aplicação dos Resultados), enquanto pesquisa básica, não se constituiu em proposta do trabalho.

significativas localizadas nos documentos e na observação da realidade deu-se em função da clareza de concepção dos pressupostos teórico-metodológicos do estudo.

A operacionalização do trabalho neste nível implicou na utilização de duas técnicas de apoio fundamentais: dos levantamentos de campo e dos serviços de gabinete, a partir das quais se obteve os produtos gráficos (de clima) e cartográficos temáticos de: hipsometria, declividade, geologia, tipos de vertente e geomorfologia.

5.1.1.1. Dados secundários

O levantamento dos dados secundários corresponde à fase de obtenção de informações bibliográficas, mas também daquelas compiladas das cartas topográficas, geológicas, pedológicas de uso da terra/vegetação. Esse levantamento foi processual, uma vez que acompanhou as diversas etapas da pesquisa, e teve dupla preocupação: localizar a bibliografia de natureza teórico/metodológica necessária ao embasamento teórico e aos procedimentos operacionais do trabalho e, a bibliografia e específica sobre a área de estudo.

5.1.1.2. Dados primários

Os dados primários derivaram de levantamentos efetuados no campo e resultaram na geração de mapas, em gabinete.

Os levantamentos de campo foram realizados em dois momentos:

✓ no primeiro foi realizado o reconhecimento da área e a identificação geral dos pontos onde a observação de detalhe seria efetivada;

✓ no segundo, realizaram-se as observações necessárias à interpretação da dinâmica geomorfológica da bacia. O produto dessa etapa resultou de várias

incursões à área. Essa fase desenvolveu-se tendo como suporte as cartas topográficas que cobrem a área (Folhas SF-23-M-III-2 (Piracicaba) e SF- 23-YA-IV-4 (Capivari), os “*overlays*” geomorfológicos, produto da fotointerpretação realizada e um aparelho de GPS (Global Positioning System). A disponibilidade deste último facilitou de sobremaneira a transferência das informações para a carta base. Como orientador foi estruturado um roteiro geral de observação para cada ponto contendo: o número do ponto observado, suas coordenadas geográficas e as observações a serem realizadas. Configuram-se como as mais importantes, pelo fato das mesmas constituírem-se em chaves de interpretação, aquelas relativas à estrutura superficial da paisagem (tipos de solo e litologia, paleopavimentos detríticos, paleossolos, depósitos de tipo eluvial, coluvial e aluvial), aos tipos de vertentes e formas de erosão).

◆ Carta Base

A base cartográfica que serviu de fundo topográfico para a elaboração das cartas temáticas de elaboração pessoal foi compilada a partir da carta digitalizada disponibilizada pelo Laboratório de Geoprocessamento do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura da USP).

, escala 1: 10 000. Desta foram extraídos os seguintes elementos:

- as curvas de nível com eqüidistância de 20m;
- a rede de drenagem, composta pelo Ribeirão Piracicamirim e seus tributários e afluentes e sua confluência com o Rio Piracicaba;
- as cotas;
- a malha urbana;
- a rede rodo-ferroviária

◆ Fotointerpretação

A definição dos limites da bacia bem como a elaboração das cartas temáticas não disponíveis, foi feita através de fotointerpretação.

As fotos aéreas também foram disponibilizadas para interpretação pelo Laboratório de Geoprocessamento do CENA.

Serviram de base para os estudos de interpretação temática, as fotos aéreas resultantes de um levantamento realizado pela BASE S.A. e financiado pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE), em 1995, em escala 1: 25 000.

A cobertura da área de estudo foi feita por cinco faixas de vôo e 40 fotos conforme relação abaixo:

- faixa 13 – fotos 20-22;
- faixa 14 – fotos 15-23;
- faixa 15 – fotos 12- 22;
- faixa 16 – fotos 11- 22;
- faixa 17 – fotos 14- 18.

O recobrimento longitudinal (linha de vôo), entre as fotos é de 60% e o lateral (faixas adjacentes), de 30%, o que possibilitou a visão tridimensional.

A seleção de fotos aéreas anteriormente relacionadas e um estereoscópio - de melhor resolução (Leica ST4) do que o que pessoalmente possuímos – foram disponibilizadas para a etapa de fotointerpretação no Laboratório de Geoprocessamento do CENA. A possibilidade de adaptação de oculares de observação com aumento de oito vezes, ao aparelho base, permitiram ampliar, o tamanho dos fatos registrados nas fotos, o que multiplicou as chances, já durante o processo de fotointerpretação, de identificação de pequenas formas.

Os trabalhos de fotointerpretação revelaram-se particularmente importantes para a confirmação dos dados obtidos por geoprocessamento e, a partir das cartas topográficas, geológicas e pedológicas porque forneceram dados fundamentais à investigação, entre eles, sobre a estrutura geológica, a compartimentação do relevo, os padrões de drenagem, o povoamento, o conjunto dos fenômenos desencadeados pela ação do homem, ou seja, áreas de desequilíbrio na estrutura superficial da paisagem, bem como para a localização de pontos chaves para a identificação de depósitos superficiais tais como terraços, rampas de colúvio etc.

A pesquisa em questão, do ponto de vista metodológico/operacional, sustentou-se na cartografia manual e em formato digital, complementada por sistemáticos trabalhos de campo. Os produtos temáticos resultantes desse tipo de cartografia possibilitaram a realização do inventário do quadro ambiental tanto natural como antropizado na escala 1: 10 000. Particularmente foi a Carta Geomorfológica, que se constituiu no instrumento de análise para chegar-se, como é meta do estudo, à carta ecodinâmica, como documento síntese da morfodinâmica da Bacia do Piracicamirim.

◆ Carta Clinográfica

Considerando-se que a dinâmica dos fluxos hídricos superficiais é controlada pela declividade e pela geometria do terreno, fez-se necessária em função da natureza e objetivo do estudo e da escala de análise (1: 10 000), a confecção de cartas temáticas relativas a essas duas variáveis.

Através da função Slope, presente na extensão 3D Analyst gerou-se um mapa de declividades a partir de um modelo numérico do terreno previamente elaborado. A função calcula o valor da declividade, em graus ou porcentagem, para cada célula do modelo.

Para determinação das classes de declividade utilizou-se por orientação de Ross (1994), os intervalos já consagrados nos estudos de Capacidade de

Uso/Aptidão Agrícola associados àqueles conhecidos como valores críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamentos e inundações freqüentes quais sejam:

< 3%

3 a 6%

6 a 12%

12 a 20%

20 a 30%

30 a 50%

> 50%

As classes de declividade anteriores enquadram-se nas seguintes categorias hierárquicas:

até 6% - Muito fraca

de 6 a 12% - Fraca

de 12 a 20% - Média

de 20 a 30% - Forte

acima de 30% - Muito forte

O mapa Clinográfico foi elaborado em tratamento digital. O *software utilizado foi o ArcGis 8.2, extensão spactial analisys.*

♦ Carta dos Tipos de Vertentes

Por constituir-se em elemento dominante do relevo, o estudo das vertentes encontra-se no centro das preocupações dos geomorfólogos (TRICART, 1957).

De acordo com Jahn (1954), a ação das forças geomorfológicas sobre uma vertente se reduz a duas componentes:

- **a perpendicular à superfície do solo** (curvatura vertical) que corresponde a todos os processos de alteração da rocha *in situ* e da pedogênese. Essa variável está, portanto relacionada aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo. Por isso mesmo seu mapeamento revela-se fundamental em análises de morfodinâmica (VALERIANO, 2003).

Ainda de acordo com o mesmo autor, associada à exposição de vertentes (aspecto), a curvatura vertical desempenha papel importante sobre a evapotranspiração e o decorrente balanço hídrico.

- **a paralela à superfície do solo** (curvatura horizontal) que desloca os materiais sob o efeito do escoamento superficial. Esta envolve vários mecanismos (rastejo, solifluxão, escorregamentos, erosão laminar e erosão linear) e se alimenta dos produtos de alteração produzidos pela componente perpendicular.

Assim, os dois “movimentos” são controlados pela gravidade embora um seja vertical e outro horizontal (lateral).

Estudos de compartimentação topográfica apontam a curvatura horizontal das vertentes (DOORKAMP; KING, 1971) como uma das variáveis importantes no processo de identificação de unidades homogêneas de relevo. A curvatura horizontal refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno quando analisado em perfil.

Atualmente a ciência dá possibilidade da identificação de unidades de relevo tanto em ambientes computacionais (MEIJERINK, 1988, GILES; FRANKLIN, 1998) como de forma manual. Para efeito de comparação, na pesquisa em questão, a carta de vertentes foi elaborada utilizando uma e, outra, metodologias. A escolha do processo manual para o mapeamento dos diferentes tipos de vertentes ocorreu em função da dedução lógica de maior segurança garantida por esse procedimento. Essa ação deu-se em decorrência do que Leopold; Langbein (1970) chamam de associação de pensamento⁷. As

⁷ A associação de pensamento nos termos de Leopold; Langbein (1970) representa uma das bases fundamentais da geologia e conseqüentemente com as devidas considerações filosóficas influem na metodologia e direção da geomorfologia sendo também determinante nesta área.

associações de pensamento de acordo com esses mesmos autores podem ser úteis de quatro maneiras:

- ✓ as ações particulares podem indicar uma sucessão de acontecimentos no tempo;
- ✓ uma associação localmente encontrada pode indicar uma relação geral cujos limites estão além das localidades ou âmbito das observações;
- ✓ uma associação particular pode ser indicador do processo em ação
- ✓ a síntese de uma variedade de observações é, com efeito, uma ampliação do alcance das associações consideradas em um contexto dado.

No caso da cartografia dos tipos de vertentes, a associação de pensamento constitui-se em importante indicador da adequação do processo que estava sendo materializado. Acrescenta-se a isso o fato das diferenças em termos do produto final não terem sido muito significantes.

No processo manual as manchas foram mapeadas obedecendo-se, simultaneamente, o traçado das curvas de nível e as classes de orientações de vertente pré-estabelecidas.

A disponibilidade na forma impressa e digitalizada de cartas topográficas, na escala 1: 10 000 (SÃO PAULO, 1979) facilitaram de sobremaneira a identificação dos tipos de vertente e, conseqüentemente, associada, a outras variáveis, a análise dos processos morfodinâmicos atuantes na área de estudo.

Para a cobertura total da área, nessa escala, foram necessárias as folhas de Piracicaba (II, III, IV e V), Usina Monte Alegre, Fazenda Taquaral, Rio das Pedras, Fazenda Pinheirinho, Bairro Volta Grande, Sete Barrocas, Mato Alto e Zuim.

Para a apresentação digital desse tipo de cartografia também neste caso foi utilizado o *software* o ArcGis 8.2.

♦ Carta Geológica

O esboço do substrato geológico conjugou informações retiradas da carta publicada pelo DNPM na escala 1: 250 000 em 1979, da Folha Geológica de Piracicaba escala/1:100 000, de 1966, de autoria do IGG.

Considerando o grau de generalidade dos documentos de apoio, decorrente das escalas, o ajustamento dos limites das ocorrências foi feito com controle de campo.

♦ Carta de Solo

As unidades de solo da Bacia do Ribeirão do Piracicamirim foram definidas por Toledo (2001), na escala 1: 100 000. O mapa foi obtido através da digitalização da carta pedológica semi-detalhada (quadrícula de Piracicaba). A diferença entre a escala desse mapa e a do estudo, também colocou a necessidade de adaptação dos limites, o que foi feito observando-se cortes no campo ou em associação com a morfologia do terreno.

♦ Carta de Uso da Terra/Cobertura Vegetação

O fato de a referida carta encontrar-se disponível para utilização na forma digitalizada, na escala do estudo, dispensou a sua construção. Este mapeamento também é da autoria de Toledo (2001).

♦ Carta Geomorfológica

A elaboração da carta geomorfológica implicou em efetuar-se:

- **um levantamento bibliográfico** tanto do ponto de vista teórico como metodológico sobre mapeamentos dessa natureza;

- a **confeção de “overlays”** geomorfológicos, os quais foram repassados para a carta base, escala 1:10 000;
- o **controle de campo** para reconhecimento das formas e dos processos erosivos atuais, inicialmente mapeados através da fotointerpretação;
- a **elaboração da legenda** integrada da carta, cuja composição resultou - no contexto da Unidade Estrutural (Bacia do Paraná) e de Morfoescultura (Depressão Periférica Paulista) - da correlação das respectivas formas de relevo com dados morfométricos (altimétricos, declividade), morfológicos morfocronológicos e morfodinâmicos. As formas de relevo foram representadas na carta por cores (Vertente Convexa, Vertente Côncava, Vertente Retilínea). Utilizando-se símbolos, foram mapeadas as informações relativas:

- às formas lineares e areolares de ocorrências localizadas (divisores de água, terraços estruturais, fluviais etc.)
- às formas ligadas aos processos erosivos atuais (sulcos e ravinas, voçorocas, depósitos coluvionares etc.).

Em função das considerações anteriores pode parecer redundante o destaque à necessidade de espacialização em uma pesquisa ambiental de cunho geográfico através de representações gráficas (mapas). Esse destaque só será feito por duas razões:

- porque os mapas podem ser produzidos por processos informatizados ou pelos convencionais da cartografia temática e da estatística (ROSS, 1995a);
- porque de acordo com o mesmo autor existem dois procedimentos metodológicos operacionais básicos para gerar produtos com dados georeferenciados: um dos procedimentos tem como característica elaborar produtos temáticos analítico-sintéticos e o outro é multitemático, caracterizado por gerar produtos analíticos em uma primeira fase e de síntese posteriormente.

No presente estudo, a produção das cartas temáticas deu-se por tratamento manual e digital e, o procedimento metodológico operacional utilizado, foi o multitemático, o que justifica a elaboração de produtos cartográficos analíticos gerados na primeira fase, e que tratam de temas da natureza (geologia, geomorfologia, climatologia etc.) e da sociedade (história da ocupação, uso da terra etc.) e de síntese, para posteriormente subsidiar a construção de um produto cartográfico final denominado Mapa Ecodinâmico. Este último apresentará informações que representam as potencialidades e/ou fragilidades frente às características da ocupação do território e prognósticos face à dinâmica do uso e ocupação da terra.

◆ Tratamento dos Dados Climáticos

Os climogramas resultaram do tratamento estatístico dado às informações climáticas fornecidas pela Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, localizada no setor norte da Bacia do Piracicamirim. Em função pequena extensão da área de estudo e das características do relevo, sem grande variação altimétrica, os dados relativos ao clima (sobretudo de pluviosidade) disponibilizados por aquela estação, foram utilizados para caracterizar a área como um todo.

A disponibilidade de informações climáticas para um período de 100 anos (1917 a 2007) permitiria a construção do gráfico dos totais de precipitação, bem como daqueles relativos aos totais mensais, para os mesmos anos. Considerando-se que a elaboração de gráficos mensais de distribuição de chuvas, para o período em questão, resultaria numa infinidade de construções, mas, sobretudo porque a caracterização do regime térmico/pluviométrico de uma área, pode ser feita, de acordo com as Normais Climatológicas, a partir de intervalos de tempo menores, optamos por reduzir o período de análise para 30 anos (1961 a 1990). Nesse intervalo o ano mais chuvoso foi o de 1983 cujo total pluviométrico foi de 2017,70 mm, ultrapassando significativamente a média anual de 1300 mm. Ao contrário do ano mais chuvoso, o ano mais seco (1978), não

apresentou valor muito diferente (873,8 mm) de outros, igualmente, de menor precipitação. De 1917 a 2007, todos os totais pluviométricos dos anos menos chuvosos apresentaram-se próximos aos 800 mm.

Por questão de melhor adequação ao tipo de dado a ser representado, optou-se pelo gráfico de barras.

♦ Levantamento de Campo

Os trabalhos de campo ocorreram em função da necessidade de confirmar as informações levantadas através da fotointerpretação bem como de acompanhar a elaboração e a correção das cartas temáticas e observar as marcas dos processos erosivos atuais.

5.1.2. Fase II – Nível Correlatório

No nível identificado como correlativo materializou-se a correlação das informações analíticas (estrutura, litologia, relevo, clima, uso da terra/vegetação) para posterior interpretação e, finalmente definição dos graus de estabilidade do meio físico analisado, relacionados à natureza dos processos.

5.1.3. Fase III – Nível Semântico

Nível semântico – este nível foi interpretativo. Nele chegou-se a resultados conclusivos a partir dos dados selecionados e correlacionados nas fases anteriores. Enquanto os níveis precedentes significaram apenas uma determinação dos fatos (inclusive de maneira objetiva), até uma primeira percepção das relações dos fatos entre si, nesta fase procurou-se, transformar as constatações elaboradas, em consideração da possibilidade de aproveitamento futuro (aplicação). As relações de correspondência obtidas constituíram-se em

ajuda a uma concepção mais completa do problema da pesquisa, na medida em que, neste nível procurou-se localizar os problemas parciais e organizar seus elementos dentro do problema global da investigação. Enquanto articulação recíproca dos “fatores”, esta etapa resultou, portanto, na representação convencional do conjunto de resultados do trabalho, que no caso constituiu-se na elaboração da carta de fragilidade (relação relevo/uso da terra e sua correlação com os demais documentos analíticos elaborados). A construção desse documento demandou:

- a confecção de uma carta base para o que foram utilizadas as cartas temáticas anteriormente elencadas;
- a atribuição das classes de fragilidade potencial.

5.1.4. Fase IV – Nível Normativo

A **normatização** está relacionada à fase de proposição de aplicações dos resultados, portanto de tradução dos “dados fatoriais”, em normas aproveitáveis (Libault, 1971). Os resultados, coerente com a condição de pesquisa básica e com o objetivo maior da pesquisa, por estarem dirigidos no sentido de um quadro político-econômico, deverão tornar-se, enquanto estudo com preocupação ambiental, importante subsídio técnico, para o planejamento territorial futuro da área.

As fases anteriores aparecem ilustradas no fluxograma que segue (**Figura 5**):

Figura 5- Fluxograma da Pesquisa

Adaptação: Nakashima (1999, p. 36)

6. INSTRUMENTAL TÉCNICO DE ANÁLISE

Como a análise integrada de variáveis e a definição dos graus de estabilidade/instabilidade do meio físico pode ser feita precedida da análise particular dos dados levantados bem como da interpretação de cada um dos produtos gráficos e cartogramas intermediários elaborados, a seguir será apresentado o resultado de tal procedimento.

6.1. Análise dos Produtos Gráficos e Cartográficos Intermediários

A etapa em questão foi iniciada pela análise dos dados climáticos.

6.1.1. Dados climáticos

No estudo em questão a análise da distribuição e intensidade das chuvas tem interesse particular porque a precipitação participa diretamente da evolução das formas de relevo por meio do intemperismo e da erosão, sobretudo pluvial e fluvial. Sendo assim, a análise climática além de subsidiar a compreensão da estrutura superficial da paisagem, portanto o conhecimento dos solos, a dinâmica do relevo, constitui-se em importante elemento de explicação, para a distribuição da vegetação e comportamento do regime hídrico dos rios.

A análise das características das chuvas na área de estudo sustentou-se na avaliação dos dados fornecidos, como já foi dito, pela Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP. Está encontra-se localizada, no Município de Piracicaba no setor norte da Bacia do Ribeirão Piracicamirim, com medidas de latitude, longitude e altitude, respectivamente, de 22° 43', 47° 25' e 540 m. Sua instalação deu-se em 1917, originalmente apoiada em instrumental rudimentar, que registrava apenas dados de chuva e temperatura. A ampliação das modalidades de registro deu-se em 39,

fruto da modernização e da aquisição de novos equipamentos de medição. Atualmente o processo apresenta-se totalmente automatizado.

O apoio em uma base única de dados justifica-se pela localização da área de pesquisa, em uma unidade morfoescultural em que o relevo, particularmente através da variável altitude, não imprime diferenças significativas no ritmo pluviométrico e nas variações térmicas.

Na opinião de alguns geomorfólogos os objetivos da pesquisa, não demandariam uma análise superior a 10 anos, porém, para atender às determinações das Normais Climatológicas, a avaliação do regime pluviométrico, foi feita para um período de 30 anos (1961 a 1990), a despeito de seis anos da década de 90 (91/92, 93/94 e 97/98) terem se configurado como anos de atuação do El Nino. Segundo alguns especialistas (KATZ, 2002) o fenômeno El Nino (EN) é conhecido como o maior causador de condições meteorológicas excepcionais (secas e chuvas extremas) afetando a circulação atmosférica em escala global.

O Brasil apresenta forte sinal do EN na variabilidade das chuvas (PRELA, 2004), comprovadamente em duas regiões brasileiras: Sul e Nordeste. Ainda de acordo com a mesma autora, essa situação climática não habitual responde, respectivamente, nessas duas áreas por totais pluviométricos mais elevados/prolongamento da estação das chuvas e períodos de seca, quando comparados com a média. As análises estatísticas não comprovam, contudo, idêntico efeito do referido fenômeno no Sudeste.

Se entre os elementos climáticos, a chuva é o que principalmente influencia a erosão mecânica dos solos fica justificada, sobretudo em um estudo de morfodinâmica, em termos de análise climática, a redução a essa variável bem como a eleição de um intervalo de tempo em que se verificou ocorrência de importantes episódios de chuva. É o que estão a comprovar as representações gráficas (médias pluviométricas anuais, mensais e diárias) que se seguem:

Gráfico 1 – Totais Anuais de Precipitação (Normal Climatológica 1961-1990) - Piracicaba/SP

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

O gráfico revelou que na extensão temporal avaliada, a precipitação pluviométrica variou entre 873,8 mm, para o ano mais seco (1978)⁸, e 2017 mm para o ano mais chuvoso (1983).

Em termos de média anual de chuvas, o ano de 1978, não se configura como uma grande exceção no contexto de outros anos igualmente menos chuvosos, no período analisado.

Se o ano mais seco, em termos de valor médio total, não apresenta grande discrepância quando comparado com outros igualmente menos chuvosos, o mesmo não pode ser afirmado em relação ao ano mais chuvoso, que mostrou-se como o de maior total médio, não só da série avaliada, mas também em um século (1917/2007).

A precipitação média anual, no intervalo de tempo analisado foi de aproximadamente 1300 mm. Esse total é confirmado nos trabalhos de Rolando Berrios (1993), Cerri (1999), Ometto (2001), Ranzani (1976) e Toledo (2001), que também se ocuparam da caracterização do clima regional e local.

⁸ 1978 foi escolhido para representar o ano de menor precipitação em função dos dados disponíveis, uma vez que o menor total de 71 está relacionado à falta de registro em vários meses.

A elaboração de gráficos com a distribuição pluviométrica ao longo do ano, deu-se com a intenção de caracterizar o comportamento sazonal das chuvas.

Foram selecionados para tal avaliação, os anos mais seco e mais chuvoso do período em análise, portanto, respectivamente 78 e 83.

Gráfico 2 - Precipitação Mensal do Ano de 1978

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

O gráfico anterior confirma, como é característico em climas tropicais do Hemisfério Sul, os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro como meses úmidos e, os de junho e agosto, como meses mais secos. O mês de julho que na realidade tropical, de modo geral, também se apresenta, como mês mais seco, excepcionalmente, em 78 registrou um total pluviométrico significativo para a estação (78,9 mm).

Gráfico 3 - Precipitação Mensal do Ano de 1983

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

Com relação à distribuição das chuvas ao longo do ano, o gráfico anterior apresenta dois períodos: um mais chuvoso que se estende, genericamente, de setembro a junho, com precipitações variando de 88 a, aproximadamente, 335 mm – o mês de maio foi o mais chuvoso, com um total pluviométrico de 334,70 mm; e outro período mais seco, nos meses julho e agosto, com totais pluviométricos, respectivamente, de 24,00 e 2,20 mm. Se outras análises estatísticas não mostrassem situação diversa, a explicação para as situações não habituais, tais como as anteriormente observadas, a exemplo a extensão do período de chuvas até maio, a maior significação do total pluviométrico anual (2027 mm) e mensal, inclusive de meses tradicionalmente mais secos, como é o caso de junho, para o qual foi registrado 174,00 mm, poderia ser buscada no fato desse ano, ter se configurado como aquele de intensa atuação do EN.

A manifestação do fenômeno El Nino se faz sentir pelo aquecimento das águas do Pacífico, na altura da costa do Peru. Este aquecimento é caracterizado por um desvio da temperatura média normal em torno de 23º C. Desvios positivos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) indicam aquecimento. (VILLA NOVA, 1997).

Os anos de 82/83 configuraram-se como os de mais elevada TSM.

“As águas mais aquecidas, umedecem anormalmente o ar atmosférico. Esta umidade é transportada para o continente sul-americano pelos ventos predominantes de oeste, oscilando entre as latitudes de 20 e 30° sul” (VILLA NOVA, 1997).

A entrada destes ventos carregados de umidade determina no Sudeste, as situações climáticas não habituais: os meses de outubro a maio, quando comparados com a média, apresentam totais pluviométricos mais elevados. De setembro de 82 a julho de 83, os valores das precipitações mensais foram bem mais elevados do que a média (750 mm a mais no período). Nota-se também que a estação chuvosa se prolongou até junho.

Uma teoria bastante plausível, que se propôs explicar as variações que se observam à curto prazo, após séries de anos normais, é a de Walker (1995), do Instituto de Geofísica do Hawai. Para ele existe um impulso de energia periódico na atmosfera liberado do centro da Terra através de erupções vulcânicas no fundo do mar, aquecendo as águas dos oceanos, e causando modificações em toda circulação global da atmosfera. Quando isso acontece inicia-se a manifestação do fenômeno EN, no Oceano Pacífico, nas costas da América do Sul. Segundo o autor supracitado, este fenômeno, provém da injeção do magma (erupções vulcânicas) através da falha da dorsal leste, que se estende na direção do meridiano Central do Pacífico Sul, determinando um aquecimento da temperatura da superfície do oceano de 4 a 5° C acima do normal. Esse aquecimento modifica os gradientes de pressão responsáveis pela formação dos ventos e que alteram sensivelmente a estrutura de circulação global sobre a América do Sul causando os seguintes efeitos principais: uma grande subsidência (Centro de Alta Pressão) sobre a parte central da América do Sul; enfraquecimento dos ventos alísios de sudeste; aumento de umidade e temperatura do ar sobre o Pacífico, tornando-o altamente instável; grande transporte de umidade, pelos ventos de Oeste, para a região sul da América do Sul.

Na relação com a erosão, importa avaliar a intensidade (volume) e a frequência (concentração) das precipitações, uma vez que essas variáveis são decisivas para os processos erosivos. Quanto maior a intensidade/frequência das precipitações, maior a perda de solos por erosão. Além da quantidade/intensidade das chuvas a intensidade da erosão também depende da proteção garantida pelas culturas e práticas de manejo.

A análise da frequência da chuva na área foi feita para os 30 anos. É o que está a ilustrar o gráfico que se segue:

Gráfico 4: Frequência Acumulada dos Totais anuais de Precipitação/ Piracicaba (1961 a 1990)

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

O valor de 23,3 relativo à classe "1000", indica que em Piracicaba 23,3% dos totais anuais de precipitação registrados entre 1961 e 1990 permaneceram entre 0 e 1000 mm. 46,7% permaneceram entre 0 e 1220; 76,7% permaneceram

entre 0 e 1440 e assim respectivamente. Nota-se, portanto, que as porcentagens apresentadas no gráfico, são acumuladas.

A frequência relativa (FreqRela) é simplesmente a diferença entre duas frequências acumuladas, por exemplo $46,7 - 23,3 = 23,3$; $76,7 - 46,7 = 30$; $93,3 - 76,7 = 16,7$ (valores "arredondados" para 1 casa decimal).

Gráfico 5: Frequência Relativa dos Totais Anuais de Precipitação/Piracicaba (1961 a 1990)

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

Foram utilizadas 6 classes (1000, 1220, 1440, 1660, 1880 e 2100). Esse número foi determinado pela raiz quadrada do número de anos da série (30 anos). Tal metodologia é indicada por Assis; Arruda; Pereira (1996).

Ainda com a meta de se caracterizar a realidade climática regional na perspectiva da variável pluviométrica, foi identificado o coeficiente de variabilidade de chuva de cada ano da série analisada.

Gráfico 6: Coeficiente de Variação de Chuva de 1961 a 1990

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

O gráfico anterior representa os desvios (diferenças) da chuva observada (acumulada) em cada ano, em relação à média do período. As barras com valor positivo significam anos com chuva acima da média e, negativos, abaixo. A sua análise indica como era previsível para a área, um coeficiente de variação de chuva inferior a 25% ou seja, de 23,4%.

Com a intenção da avaliação da frequência da chuva, foi feito o levantamento do número de dias chuvosos e dos eventos diários com precipitação superior a 20 mm, para o ano mais e menos chuvoso da série, respectivamente, uma vez que a os processos erosivos se desenvolvem com dinâmicas distintas na primeira e na segunda realidade.

Quadro 2 - Dias Chuvosos e Eventos Diários com Precipitação Superior a 20mm/ 1983

Janeiro	23	Dia 20 24,8mm	Dia 25 29,7mm	Dia 31 25,30mm				
Fevereiro	15	Dia 1 114,0mm	Dia 9 21,4mm	Dia 22 60,4mm	Dia 27 21,3mm			
Março	14	Dia 1 20,3mm	Dia 2 67,5mm	Dia 19 24,4	Dia 27 35,6mm			
Abril	9	Dia 6 56,6mm	Dia 21 27,0mm	Dia 24 45,0mm	Dia 25 36,70			
Maio	14	Dia 12 42,0mm	Dia 19 25,20mm	Dia 22 21,30mm	Dia 23 60,7mm	Dia 28 64,0mm	Dia 29 36,8mm	Dia30 59,0mm
Junho	9	Dia 5 31,8mm	Dia 6 56,7mm	Dia 9 21,9mm				
Julho	3							
Agosto	1							
Setembro	16	Dia 5 22,9mm	Dia 15 20,3mm	Dia 18 42,2mm	Dia 24 23,4mm			
Outubro	10	Dia 12 32,80						
Novembro	10	Dia 19 24,80						
Dezembro	23	Dia 30 32,0mm						

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

A análise do Quadro no. 1 permite concluir que em 1983 os meses de janeiro, fevereiro, março, maio, setembro e dezembro apresentaram-se como os mais chuvosos, considerando-se aqueles com alturas superiores a 20 mm com 23, 15, 14, 14,16 e 23 dias chuvosos, respectivamente. Os maiores totais pluviométricos apresentados em 24 horas foram: 114,0 mm, 67,5mm, 64,0mm, 60,7mm, 60,4 mm, 59,0 mm, 56,7 mm e 56,6 mm, nos dias 1 de fevereiro, 2 de março, 28 de maio, 23 de maio, 22 de fevereiro, 30 de maio, 6 de junho, 6 de abril, respectivamente.

No mês de maio, o mais chuvoso do ano, foram registrados, três eventos concentrados: nos dias 23,28 e 30, representando 183,7mm do total de

334,70mm precipitado no mês, o que nos leva pressupor importante ação morfogenética. É o que estão a ilustrar os três gráficos que se seguem:

Gráfico 7: Evento Concentrado de Chuva (23 de maio de 1983)

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

Gráfico 8: Evento Concentrado de Chuva (28 de maio de 1983)

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

Gráfico 9: Evento Concentrado de Chuva (30 de maio de 1983)

Fonte de dados: Estação Agrometeorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP (2007)

Na relação com a erosão, os anos menos chuvosos, sobretudo se não registram eventos diários de precipitação concentrada, apresentam perspectiva oposta à anteriormente analisada. É o que se pode deduzir analisando o ano de 78.

Quadro 3 - Dias Chuvosos e Eventos Diários com Precipitação Superior a 20 mm/ 1978

Janeiro	13	Dia 12 28,00mm			
Fevereiro	12	Dia 6 41,10mm	Dia 11 21,20mm		
Março	8	Dia 10 27,90mm	Dia 29 32,50mm		
Abril	3				
Maiο	6	Dia 16 39,90mm			
Junho	1	Dia 8 40,60mm			
Julho	7	Dia 15 46,40mm			
Agosto	2				
Setembro	9	Dia 5 31,90mm			
Outubro	8	Dia 19 22,60mm			
Novembro	12	Dia 11 28,10mm	Dia 12 24,10mm	Dia 16 25,40mm	Dia 27 28,30mm
Dezembro	11	Dia 14 37,80mm			

A análise realizada permitiu-nos concluir que a variação da distribuição das chuvas, na área, se enquadra no ritmo de pulsações geral do Estado, no qual se podem separar também, dois períodos distintos: um mais quente e chuvoso e outro menos quente e seco.

O período de carência de precipitações, correspondente ao semestre de inverno. Nesse intervalo temporal por apresentarem-se escassas e mobilizarem pequeno volume de água, as chuvas têm pouca ação morfogenética. Acrescenta-se a isso, o fato de nessa época a área encontrar-se, na sua maioria, protegida pelos canaviais, já que a época de corte para os plantios de ano e meio, inicia-se em setembro, bem como os plantios de ano. Ao contrário, é no período em que as precipitações se intensificam - passagem da estação seca para a chuvosa - que o solo apresenta-se menos protegido já que parte da terra está ocupada com a cana em formação, e outra, está sendo revolvida e fertilizada, para receber novo cultivo do produto e as demais apresentam material detrítico mais solto, fruto do ressecamento, o que nos leva a pressupor a ocorrência de processos de erosão.

6.1.2. Carta Hipsométrica

Considerando-se a inexistência de convenção internacional que normatize a construção das cartas hipsométricas, o estabelecimento das classes altimétricas deu-se a partir da análise das altitudes observadas na carta topográfica, escala 1: 50 000 (**Vide Figura 6**).

Tomando-se como parâmetros a altitude máxima e mínima observadas na área a carta foi elaborada a partir das seguintes classes altimétricas:

490-535 m

535-585 m

585-635 m

635-685 m

> 685 m

A análise do mapa hipsométrico da área testemunha a pequena diversidade altimétrica – a diferença entre a menor e maior cota não atinge 200m. A maior dissimetria do relevo aparece nos setores Leste e Sul da bacia – consequência da intrusão de corpos básicos - bem como o maior grau de dissecação do relevo.

Figura 6 - Carta Hipsométrica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP

Legenda

Fonte: Elaboração da Autora

6.1.3. Tipos de vertentes

As unidades de vertentes representadas pelas colinas revelam formas geométricas diferentes. Na área foram particularmente identificadas: as vertentes retilíneas, as côncavas e as convexas. A altitude e declividade dessas unidades, a exemplo das unidades de vertentes, também não se mostraram idênticas.

A análise da carta que mapeou essa variável indica que os tipos de vertentes predominantes são as convexas (**Figura 7**).

Por apresentar tendência a menor infiltração e predominância ao escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a concentrado nas baixas, às formas convexas predominantes na bacia objeto de estudo, juntam-se outros fatores (clima, declividade, tipo de solo, uso da terra /cobertura vegetal), para explicar processos erosivos aí verificados.

Figura 7 - Tipos de Vertentes da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP

Fonte: elaboração da autora

6.1.4. Carta Clinográfica

Em termos de declividade verifica-se a predominância classe situada entre 0 e 6% (**Vide Figura 8**). 65% da área apresenta declividade nesse intervalo.

Declividades superiores - de 30% ou > 30% - foram verificadas apenas, nas nascentes dos principais ribeirões e córregos que integram a Bacia do Piracicamirim sobretudo nos setores que se apresentam em destaque topográfico por conta da intrusão de corpos básicos e na foz do Piracicamirim por associar, o fenômeno tectônico anterior, ao maior volume de água e, conseqüentemente capacidade erosiva. Tomada numa perspectiva geral, a declividade em função da sua pequena significação, não contribui para acelerar a ação morfogenética na bacia em questão e, portanto, para aumentar real ou potencialmente a fragilidade ambiental.

Figura 8 - Carta Clinográfica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP

Fonte: Elaboração da Autora

6.1.5. Carta Geológica

Da mesma maneira que para os solos, em estudos de preocupação ambiental alguns autores (CREPANI et al, 2001, SPORL, 2001) atribuem valores de vulnerabilidade à Geologia. Na perspectiva desses investigadores, é a história da evolução do ambiente geológico, onde está inserida a unidade de paisagem natural, que permite estabelecer valores às classes de vulnerabilidade ligadas à Geologia, uma vez que possibilita o entendimento da sua gênese bem como tendência futura, mas, sobretudo a identificação de características que importam de sobremaneira em termos do suporte de uma unidade de paisagem como é o caso particular do grau de coesão das rochas isso porque este determina a sua resistência à erosão.

Nos termos de Crepani et al (1996) grau de coesão das rochas equivale à intensidade da ligação existente entre os minerais ou partículas que as constituem.

Os autores supracitados adotaram para as classes de vulnerabilidade das rochas, no que tange ao seu grau de coesão, critério similar àquele usado para classificar o grau de vulnerabilidade dos solos:

para as rochas que apresentam maior grau de estabilidade para as condições a que está submetida a paisagem estabeleceram valores próximos à estabilidade (1,0);

para as rochas que apresentam valores intermediários no seu grau de coesão (ao redor de 2,0) instituíram valores intermediários;

para as rochas que apresentam os menores valores no seu grau de coesão (3,0) adotaram valores próximos à vulnerabilidade.

O quadro que se segue permite caracterizar, no contexto das rochas mais comuns, as rochas encontradas na área, e sua classificação quanto ao grau de vulnerabilidade à denudação.

Quadro 4 - Classificação das Rochas Mais Comuns Segundo o Grau de Vulnerabilidade à Denudação

TIPOS DE ROCHAS	LITOLOGIAS	GRAU DE VUNERABILIDADE
Metamórficas	Quartzitos ou Metaquartzitos	1,0
Ígneas	Riolito, Granito, Dacito	1,1
Ígneas Intrusivas	Granodiorito, Quartzo, Quartzo Dirito, Granulitos	1,2
Metamórficas	Migmatitos, Gnaisses	1,3
Ígneas intrusivas	Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4
Ígneas	Andesito, Diorito, Basalto ⁹	1,5
Ígneas Intrusivas	Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6
Metamórficas	Milonitos, Quartzo Muscovita, Biotita, Clorita, Xisto	1,7
Ígneas e Metamórficas	Piroxenito, Anfibolito Kimberliyto Dunito	1,8
Ígneas	Hornblenda, Tremolita, Actinolita Xisto	1,9
Metamórficas	Etaulolita Xisto, Xistos Granatíferos	2,0
Metamórficas	Filito, Metassiltito	2,1
Metamórficas	Ardósia, Metargilito	2,2
Metamórficas	Mármore	2,3
Sedimentares	Arenitos Quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Sedimentares	Conglomerados , Subgrauvacas	2,5
Sedimentares	Grauvacas, Arcózios	2,6
Sedimentares	Siltitos , Argilitos	2,7
Sedimentares	Folhelhos	2,8
Sedimentares	Calcários , Dolomitos , Margas, Evaporitos	2,9
Sedimentares	Sedimentos inconsolidados: Aluviões, Colúvios	3,0

Fonte: Crepani et al (2001)

⁹ Foram destacados em negrito os tipos mais comuns de rochas que ocorrem na área.

A análise do grau de vulnerabilidade à denudação (intemperismo+erosão) das rochas verificadas na Bacia do Ribeirão Piracicamirim, tomando por base a sua posição na escala proposta por Crepani et al (2001) nos permitiu-nos concluir que com exceção do basalto, que apresenta valor intermediário e, por decorrência de vulnerabilidade no que diz respeito ao grau de coesão (1,5) - entre as rochas mais comuns aí localizadas – as demais apresentam valores próximos à vulnerabilidade em função dos baixos valores de coesão, uma vez que se trata de rochas sedimentares **(Figura 9)**.

Figura 9 - Carta Geológica da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP

6.1.6 Carta de Solos

O mapa que se segue apresenta as unidades de solo verificadas na bacia hidrográfica objeto do estudo. Nele podem ser identificados seis tipos e vinte unidades de solos. A sua análise nos permite concluir que das vinte unidades mapeadas, na bacia em questão cinco são de Latossolos (Roxo Distrófico ou Álico, Vermelho – Amarelo Escuro Álico, Vermelho-Amarelo Álico, e Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico); três de Podzólicos (Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico; Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros); uma de Planossolos; duas de Terra Roxa (Estruturada Eutrófica e Estruturada Latossólica); quatro de Litossolos (Eutrófico ou Distrófico) e duas de solos Gleis (Pouco Húmicos e Pouco Húmico e Húmico Associados)¹⁰.

A identificação dos tipos de solo em estudos de fragilidade ambiental faz-se necessária considerando-se que, a resistência dos solos aos processos erosivos, é decorrência do tipo de solo, bem como de suas características físicas (textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, profundidade etc.).

Os diferentes tipos de solo não apresentam o mesmo grau de desenvolvimento. O estabelecimento do grau de desenvolvimento do solo constitui-se em importante elemento para estabelecer valores às classes de vulnerabilidade.

O grau de desenvolvimento do solo depende do grau de estabilidade da paisagem. Os solos bem desenvolvidos, intemperizados, e envelhecidos são próprios de paisagens estáveis uma vez que ambientes nesta situação têm os processos pedogenéticos favorecidos. Ao contrário, solos jovens, pouco desenvolvidos, com o horizonte A assentado sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha mãe são característicos de paisagens instáveis pelo fato dos processos morfogenéticos (de formação do relevo) se sobreporem àqueles de formação do solo (pedogenéticos). Em paisagens em que se verifica um equilíbrio entre os processos pedo e morfogenéticos aparecem os solos, que quando

¹⁰ A correspondência com o Novo Sistema de Classificação de Solos EMBRAPA/1999 pode ser feita apoiada no conteúdo do Quadro n. 1.

comparados aos da primeira categoria, apresentam profundidade menor, são menos estáveis e intemperizados; são próprios de topografias mais dissecadas e a diferença de textura entre os horizontes A e B dificulta a infiltração de água no seu perfil, favorecendo processos erosivos.

O quadro que se segue apresenta a escala de vulnerabilidade/estabilidade dos solos da Bacia do Ribeirão Piracicamirim, segundo a formulação teórica de CREPANI et al (2001).

Quadro 5 - Valores de Vulnerabilidade/Estabilidade dos Solos

CLASSE DE SOLO	LEGENDA	VULNERABILIDADE
Latossolos Amarelo	LA	1,0
Latossolos Vermelho-Amarelo	LVA (LV2 e LV7) ¹¹	
Latossolo Vermelho-Escuro	LE (LE1, LE2)	
Latossolo Roxo	LR (LR2)	
Latossolo Bruno	LB	
Latossolo Húmico	LH	
Latossolo Bruno Húmico	LBH	
Podzólico Amarelo	PA	2,0
Podzólico Vermelho-Amarelo	PVA (PV-1, PV-2, PV-7, PV-8 e PV9)	
Podzólico Vermelho-Escuro	PE	
Terra Roxa Estruturada	TR (TE1 e TEL)	
Bruno Não-Cálcico	NC	
Brunizém		
Brunizém Avermelhado	BA	
Planossolo	PL (PL)	2,5
Cambissolos	C	
Solos litólicos	R (LI-2, LI-3, LI4, LI5 e LI6)	3,0
Solos aluviais	A	
Regossolos	RE	
Areia Quartzosa	AQ	
Vertissolo	V	
Solos Orgânicos	HO	
Solos Hidromórficos	HI	
Glei Húmico	HGH (G-1)	3,0

¹¹ As classes de solos destacadas em negrito equivalem àqueles mapeados na Bacia do Ribeirão Piracicamirim.

Glei Pouco Húmico	HGP (G-3)	
Plintossolo	PT	
Laterita Hidromorrfica	LH	
Solos Concrecinários Lateríticos	CL	
Rendzinas Afloramento Rochoso	RZ	

O estabelecimento de uma escala de valores fez-se necessária para avaliar seu grau de vulnerabilidade do solo à erosão.

No quadro precedente os valores próximos a 1,0 foram atribuídos a unidades de paisagens onde ocorrem solos estáveis; valores de estabilidade 2,0 foram atribuídos às unidades de paisagem onde ocorrem solos, do ponto de vista da vulnerabilidade, intermediários e valores próximos a 3,0 foram atribuídos às unidades de paisagem onde ocorrem solos vulneráveis.

A classe 1 é representada pelos Latossolos que , como se sabe, caracterizam-se como solos maduros, bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade, com boas propriedades físicas: permeabilidade à água e ao ar, são porosos, friáveis e de baixa plasticidade. Apresentam os horizontes A, B e C bem desenvolvidos ocorrendo em topografias suaves. Têm como limitação principal a baixa fertilidade e como vantagem, a baixa susceptibilidade à erosão.

Na situação intermediária, quanto à vulnerabilidade, estão os solos Podzólicos que quando comparados aos Latossolos apresentam-se: menos profundos, menos estáveis e intemperizados. Têm lugar em topografia mais dissecada, e em função da diferença de textura entre os horizontes A e B têm a infiltração de água dificultada e como decorrência, o favorecimento do processo erosivo.

Os valores 3,0 foram atribuídos às unidades de paisagem com solos vulneráveis. Incluem-se entre, eles os solos Litólicos e Gleis. São solos jovens e pouco desenvolvidos; o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha mãe (não possuem horizonte B); constituem-se em solos em fase inicial de formação seja porque estão se desenvolvendo a partir

dos materiais de origem recentemente depositados, ou porque estão situados em lugares de maior declividade, onde a velocidade de erosão supera a de transformação da rocha em solo.

Considerando-se que na Bacia do Piracicamirim verifica-se maior proporção de solos do tipo Podzólico e de Latossolos (**Figura 10**) e que estes não se incluem entre os mais vulneráveis aos processos erosivos - seja por seu tipo, mas, sobretudo, características físicas – teoricamente, pode-se deduzir que, a partir da formulação de Crepani et al (2001) a variável pedológica, em geral, não se inclui entre as que estão a determinar a fragilidade ambiental na área.

Figura 10 - Carta de Solos da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP

6.1.7. Carta de Uso da Terra/Cobertura Vegetal

A legenda da carta de uso da terra/vegetação que se segue, traduz a classificação adotada no mapeamento dessa variável, que por sua vez atende às necessidades da investigação.

Neste trabalho, os termos uso da terra /cobertura vegetal foram tomados na concepção de Pereira; Kurkidjian; Forest (1989) “como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado, quer por aspectos naturais quer por atividades desenvolvidas pelo homem”. Por essa razão, a exemplo de trabalhos de autores internacionais (ANDERSON et al, 1979), não se faz distinção entre uso da terra e revestimento do solo.

No entanto é importante destacar que a preocupação do estudo neste item é com a caracterização do uso atual da terra já que a determinação do uso potencial decorrerá do cruzamento de diferentes variáveis (geológica, geomorfológica, pedológica, ecológica etc.).

A caracterização da cobertura e uso da terra se justifica no presente estudo por duas razões:

porque são necessários para a análise de processos e problemas ambientais;
porque são imprescindíveis no processo de tomada de decisões relativas à organização racional da atividade humana no espaço.

Em síntese, o levantamento da cobertura e do uso da terra é indispensável para o planejamento racional que irá superar problemas de desenvolvimento descontrolado e da deterioração da qualidade ambiental pela perda das terras agrícolas. (PEREIRA; KURKIDJIAN; FOREST, 1989).

Se, pelas razões anteriormente elencadas, a análise da cobertura e uso da terra faz-se necessária em estudos ambientais em geral, são imprescindíveis em estudos de fragilidade ambiental, sobretudo, em áreas onde as práticas agrícolas nem sempre se desenvolvem de forma adequada ou onde o cultivo predominante

exige excessivas arações e gradagens o que torna as terras muito mais expostas ao arraste principalmente pelas chuvas torrenciais de verão.

A aplicação da EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) no mapeamento das áreas de risco de erosão dos solos da Bacia do Rio Piracicaba através de técnicas de geoprocessamento levou Cerri (1999) a concluir que a maior parte dessa bacia está sujeita a um baixo risco de erosão. O autor identifica como áreas de risco de erosão mais acentuada duas regiões: ao redor do eixo maior de desenvolvimento urbano, entre as cidades de Piracicaba e Campinas e próximas às nascentes dos rios que compõem a bacia. Atribui a primeira ocorrência à exposição de solos de textura arenosa às chuvas especialmente sob o cultivo da cana-de-açúcar; associa o maior risco à erosão, nas áreas próximas às nascentes, à conjugação de uma série de fatores: relevo mais acidentado, solos pouco profundos, pastagem mal manejada por vezes degradada e pluviosidade concentrada. A análise do mapa referido associada à pesquisa de campo possibilitou estender para a Bacia do Ribeirão Piracicamirim, as conclusões que o autor chegou para a Bacia do Piracicaba. Porém o fato de mais de 60% da Bacia do Ribeirão Piracicamirim apresentar-se cultivada com cana-de-açúcar, em termos de riscos à erosão, a coloca em situação particular porque a cana em seu estágio inicial de desenvolvimento também não oferece uma boa cobertura vegetal. Acrescenta-se a isso o fato da cana, juntamente com outras culturas aí verificadas (soja e milho), ao contrário das pastagens, necessitar de um elevado manejo.

A análise do mapa de cobertura e do uso da terra (**Figura11**) permitiu-nos confirmar o que já havia sido constatado por Toledo (2001) que:

- a cana-de-açúcar é a principal atividade agrícola da bacia do Piracicamirim. Ocupava 61,17% da área total em 1962 e 61,20% em 1995, o que comprova a manutenção da tendência no período;
- as áreas de floresta como acontece no resto da Bacia do Rio Piracicaba, são pouco significativas. Em 1995, na data das fotos cobriam, como vimos, apenas

2,09% da área, assim como a silvicultura (1,46%), as culturas anuais (0,42%), as perenes (0,21%) e os citros (0,09%). Com exceção da área de floresta, de 62 para 95 os três outros tipos de uso da terra apresentaram tendência à redução. A silvicultura em 62 ocupava 4,46% da bacia, as culturas anuais 3,33%, as perenes 1,18% e os citros (0,3%);

.

- a urbanização e o pasto são mais representativos nos setor norte da bacia. Em 1995 respectivamente ocupavam de 9,25% e 22,13%. Enquanto o primeiro tipo de uso da terra apresentou tendência de crescimento (a área ocupada pela cidade era de 3,32% em 1962), o segundo deu um pequeno sinal de retração (1,32%), já que em 1962, 23,45% da área eram ocupados por pastagens;

- em 1995, 1,17 % da bacia era ocupado por outros tipos de usos (represas 0,36% e estradas 0,81%). Ambos registraram um pequeno crescimento percentual no intervalo de tempo analisado, já que em 1962 eram respectivamente de 0,06 e 0,42.

O fato de os trabalhos pessoais de fotointerpretação, terem sido feitos utilizando-se a mesma série de fotos analisadas pelo autor supracitado serviram para ratificar, no que se refere ao uso/cobertura do solo na Bacia do Ribeirão Piracicamirim, as realidades por ele constatadas.

Do ponto de vista do uso da terra, o fato de o cultivo da cana-de-açúcar constituir-se na principal atividade agrícola da bacia, e desse tipo de plantação, juntamente com outras culturas aí verificadas (citros, reflorestamento com eucaliptos), demandarem elevado manejo, tornam as terras expostas ao arraste, principalmente pelas chuvas torrenciais de verão contribuindo assim para fragilizar o ambiente. Acrescenta-se a isso, o fato da Bacia do Ribeirão do Piracicamirim ter sido eleita como vetor de expansão urbana e, como se sabe o desenvolvimento das cidades acaba por criar novas formas de relevo (acumulação ou remoção de detritos) que interferem nos fluxos hídricos.

Figura 11 - Carta de Uso da Terra/Cobertura Vegetal da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP

Fonte: TOLEDO, 2002.

6.1.8. Carta Geomorfológica

O mapeamento geomorfológico foi realizado na escala 1: 10 000. Essa cartografiação, foi feita escala de detalhe porque a mesma se presta melhor para o estudo de processos. Como se sabe, os processos morfogenéticos atuais induzidos pelo homem correspondem às formas menores (6º. Táxon) e por isso só são passíveis de cartografiação em escalas grandes.

O mapeamento geomorfológico foi feito segundo a proposta taxonômica de Ross (1992).

Na escala adotada foi possível determinar os tipos de formas de relevo e os tipos de vertentes de cada forma localizada.

Na carta geomorfológica em questão estão representadas: a Unidade Morfoestrutural da Bacia do Paraná, cuja caracterização geológica integra o capítulo 3 deste trabalho. Esta unidade morfoestrutural encerra, entre outras unidades morfoesculturais, a Depressão Periférica Paulista (DPP). A descrição dos caracteres tectônicos, litológicos e graus de dissecação da DPP, também foi feita, no capítulo 3.

Na Bacia do Ribeirão Piracicamirim as altitudes variam de aproximadamente de 500 a 700m. As medidas altimétricas máxima e mínima, respectivamente, são de 685 e 490m. Apenas em uma estreita faixa de aproximadamente 1,5km na região das nascentes, as altitudes são mais elevadas. A diferença de nível médio nessa faixa é de aproximadamente 90m.

Na área de estudo a DPP está representada por Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes que são: Padrões de Formas em Colinas, Padrões de Formas em Áreas Planas (terraços) e Padrões de Formas em Planícies. O Padrão em Forma de Colinas é constituído pela alteração de rochas sedimentares (arenitos, conglomerados, siltitos, folhelhos, calcários, dolomitos etc.) e rochas básicas (basalto e diabásio).

As unidades de vertentes representadas pelas colinas revelam formas geométricas diferentes. As unidades de vertentes, particularmente identificadas na área foram: as retilíneas, as côncavas e as convexas.

A altitude e declividade das unidades de vertente, também não se mostraram idênticas. A altitude e a declividade média das unidades convexas são respectivamente de 591m e 5,84%; das côncavas 587m e 5,67% e das retilíneas 609m e 5,84%.

Os tipos de formas de relevo principalmente encontrados na área de estudo foram as colinas amplas e baixas.

Os tipos de vertentes são predominantemente convexas.

As colinas e os três tipos de vertente aparecem na área associadas aos diferentes tipos de formações geológicas e, portanto de rochas, aí mapeadas: Formação Corumbataí (constituída de siltitos, folhelhos, calcários, sílex e fósseis); Formação Irati (Folhelhos pirobetuminosos, dolomitos, siltitos, sílex e fósseis); Formação Pirambóia (arenitos, siltitos folhelhos e fósseis); Formação Tatuí (siltitos arenosos e argilosos, arenitos, sílex, fósseis) o que se explica em função da homogeneidade geral da litologia e da atuação dos processos morfoclimáticos atuais sob a fase climática quente e úmida.

As vertentes côncavas apresentam-se na sua grande maioria, vinculadas à rede de drenagem.

As vertentes de topos planos têm pouca expressão na bacia objeto de análise; têm como substrato geológico de formações distintas (Serra Geral, Tatuí, Irati e Pirambóia) e apresentam como aspecto em comum, a baixa densidade de drenagem no setor onde ocorrem.

A Carta Geomorfológica (**Figura 12**) além de outras informações, evidencia a ocorrência de formas atuais de deposição de material (rampas de colúvio, terraços e planícies fluviais) e de retirada (sulcos e ravinas, áreas de mineração e voçorocas). É o que estão a testemunhar além do cartograma anteriormente referenciado, a Legenda Integrada da Carta Geomorfológica (**Quadro 5**), bem como a série fotográfica apresentada.

Figura 12 - Carta Geomorfológica da Bacia do Piracicamirim/SP

QUADRO N. 6 - LEGENDA INTEGRADA DA CARTA GEOMORFOLÓGICA DA BACIA DO RIBEIRÃO PIRACICAMIRIM/SP

UNIDADE MORFOESTRUTURAL	UNIDADE MORFOESCULTURAL	PADRÕES DE FORMAS SEMELHANTES	UNIDADES DE VERTENTE	MORFOMETRIA		DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	MORFOCRONO-GIA	MORFODINÂMICA NATURAL	MORFODINÂMICA ANTROPOGÊNICA
				Altitude média (m)	Declivida de média (%)				
Bacia do Paraná	Depressão Periférica Paulista	Padrões de forma colinas	Convexas	591	5,84	Padrão formado por um conjunto de colinas de topos convexizados e planos e amplos com vales fechados (em V). As unidades de vertentes representadas pelas colinas apresentam variedade de formas geométricas, assim como de altitude e declividade. Foram identificadas as unidades de vertente convexas, retilíneas e côncavas.	Pleistoceno?	Tendência a menor infiltração e predominância ao escoamento superficial difuso nas altas e médias, passando a concentrado nas baixas vertentes.	Diminuição da pouca capacidade de infiltração; diminuição do escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a ocorrer com mais intensidade o escoamento superficial concentrado e aumento significativo do escoamento superficial concentrado nas baixas vertentes.
			Côncavas	587	5,67			Nos elementos côncavos os processos de escoamento difuso e concentrado superam a infiltração e o escoamento subsuperficial.	Tendência à intensificação do escoamento superficial concentrado devido à diminuição significativa da capacidade de infiltração.
			Retilíneos	609	5,84			Tendência à predominância da infiltração e escoamento superficial.	Diminuição da pouca capacidade de infiltração; diminuição do escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a ocorrer com mais intensidade o escoamento superficial concentrado e intensificação do escoamento superficial concentrado nas baixas vertentes.
		Padrões de Formas em Áreas Planas	Terraços Fluviais	592	1,79	Padrão relativo a áreas planas individualizadas e dispostas, ao longo dos cursos d'água. Na área aparecem apenas no alto curso do Córrego Campestre.	Pleistoceno/ Holoceno	Nas áreas planas predomina a tendência à infiltração da água e espessamento do solo.	
			Terraços Estruturais	563	6,72	Padrão relativo a áreas planas esculpidas em rochas ou material carreado das vertentes sobretudo em áreas de maior declividade.			
		Padrões de Formas em Planícies		546	1,03	Padrão mapeado ao longo do Ribeirão Piracicamirim e de seus formadores. Aparece sobretudo, ao longo do primeiro corpo d' água, uma extensa área plana, representada por uma bacia de inundação.	Pleistoceno/ Holoceno	Predominam neste compartimento os processos de agradação. A esculturação deste padrão é resultado da deposição de material oriundo das vertentes em função de processos fluviais verificados, sobretudo, por ocasião dos episódios de chuva mais críticos.	

Considerou-se como terraço estrutural aquele esculpido em rochas ou material coluvial nas altas e médias vertentes.

Terraços fluviais só foram registrados no alto curso do Córrego Campestre, um dos formadores de Ribeirão Piracicamirim (Vide Foto 1).

Foto 1: Terraços Fluviais (Alto curso do Ribeirão Campestre)

Também foram registradas na área, processos erosivos associados à extração de areia (Vide Foto 2).

Foto 2 - Cicatriz de Mineração (Extração de areia produzida a partir de rocha silicificada)

As voçorocas cartografadas apresentam diversidade tanto de dimensão quanto de profundidade e se mostram associadas – como testemunha a sequência de fotos - aos seguintes fatores: aterros (Vide foto 3); obras de infraestrutura rodovias e ferroviária (Vide Fotos 4 e 5); pontos de deságüe de galerias de águas pluviais sobretudo ao longo de todo trecho urbano do Ribeirão Piracicamirim (Vide Foto 6); áreas terraplanadas (Vide Foto 7); setores de rochas silicificadas (Formação Irati), principalmente, em áreas destituídas da vegetação natural (Vide Foto 8) etc. São, portanto, na sua maioria, decorrentes da ação antrópica ou foram aceleradas por ela.

Foto 3 – Voçoroca Associada a Galeria Pluvial (Bairro Cecap II)

Foto 4 – Voçoroca Relacionada a Obras de Infra-Estrutura Rodoviária

Foto 5 – Erosão Associada a Obra de Infra-Estrutura Ferroviária

Foto 6 – Voçoroca Ativa Associada a Ponto de Deságüe de Galeria Pluvial

Foto 7 – Voçoroca em Processo de Cicatrização em Área Terraplanada (Próxima à Creche Independência)

Foto 8 – Área de Rocha Silicificada Destituída de Vegetação Natural (Jardim Alvorada)

Os sulcos e ravinas foram mapeados na área como um todo. Verificou-se contudo, concentração maior no setor sul da bacia, onde a terra roxa estruturada se apresenta associada a um cultivo temporário (cana-de-açúcar). Também constatou-se a ocorrência dessa forma erosiva associada às rupturas de declive comuns nas áreas circunscritas às cabeceiras de drenagem e naquelas desprovidas de cana no período da entressafra (Vide Foto 9).

Foto 9 – Sulcos e Ravinas em Área de Cana na Entressafra

As Planícies Fluviais foram localizadas de forma mais extensiva, ao longo do Ribeirão Piracicamirim, sobretudo, no seu médio curso, e em menor extensão ao longo dos seus principais tributários (Córrego Água Branca, Campestre, Saltinho, Joaquim Bento e das Palmeiras).

Os vales são jovens, apresentam divisores largos, e na sua maioria têm fundos planos, determinados pela interseção dos perfis convexos das vertentes. Vales em “V” só aparecem nos setores mais dissecados do relevo.

A análise das formações superficiais verificadas na Bacia do Ribeirão Piracicamirim, representadas pelos solos, permitiu-nos confirmar que os

diferentes tipos de solos aí mapeados não apresentam o mesmo grau de desenvolvimento. Essa avaliação possibilitou-nos associar as áreas de maior suavidade topográfica, com aquelas de ocorrência de solos maduros (latossolos), caracterizados por apresentarem os horizontes A, B e C bem desenvolvidos, portanto constituem-se solos com grande profundidade (Vide Foto 10).

Foto 10 – Latossolo (Margem esquerda da estrada que liga a Rod. Cornélio Pires à Rod. do Açúcar)

Nos setores de topografia mais dissecada aparecem menos profundos e menos intemperizados - solos podzolizados (Vide Foto 11).

Foto 11 – Podzol (Rodovia Cornélio Pires ao sul da cidade de Saltinho)

Os solos jovens e pouco desenvolvidos (litossolos e Gleis) foram confirmados como solos em que o horizonte A apresenta-se assentado diretamente sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha mãe (não possuem horizonte B); constituem-se em solos em fase inicial de formação seja porque estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente

depositados - caso dos solos Gleis (Vide Foto 12), ou porque estão situados em lugares de maior declividade, onde a velocidade de erosão supera a de transformação da rocha em solo - caso dos litossolos (Vide Foto 13).

Foto 12 – Solo Gleis (Nascente do Córrego Campestre)

Foto 13 – Solo Litólico (Rodovia Cornélio Pires próximo à nascente do Córrego Saltinho)

Os depósitos coluviais foram localizados predominantemente, nas baixas vertentes e, por efeito da maior declividade e são mais numerosas no setor de relevo mais dissecado da bacia.

Conhecer as formações superficiais de uma paisagem representada pelo solo, sobretudo, em função do seu grau de desenvolvimento, mas também dos depósitos coluviais interessam a um estudo ambiental de perspectiva geográfica como este porque podem ser tomados como indicadores do grau de estabilidade da paisagem. Assim sendo, por exemplo, o predomínio na Bacia do Piracicamirim de solos podzóis - teoricamente, na perspectiva dessa variável, é indicador de paisagem com potencial de instabilidade para o que estão a contribuir sua menor profundidade e seu menor grau de intemperização. A diferença de textura entre os horizontes A e B nesse tipo de solo dificulta a infiltração de água e como decorrência, favorece do processo erosivo e, portanto a desestabilização do ambiente.

Já a partir da identificação do tipo de paleossolo pode-se interpretar e correlacionar paleorelevos e paleoambientes da época. A não identificação dessa realidade na área, não significa sua inexistência - até porque foi contatada em bacias contíguas. Apenas comprova a falta de pontos de observação para o que contribuiu de sobremaneira a pequena extensão da área e, sobretudo, o pequeno número de estradas e, por decorrência, de cortes em barrancos, fundamentais para esse tipo de análise.

7. CARTA SINTESE DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO PIRACICAMIRIM

Na seqüência serão apresentados os fundamentos teóricos e descritos os procedimentos operacionais, cuja materialização, possibilitaram a elaboração da carta de fragilidade ambiental da bacia objeto do estudo.

7.1. Fundamentos Teóricos e Procedimentos Técnico-Operacionais de Elaboração da Carta Síntese de Fragilidade Ambiental

Como se sabe, a Carta Geomorfológica acompanhada da análise genética das formas constitui-se em um dos produtos intermediários para a construção da Carta de Fragilidade. Sua elaboração deu-se de acordo com as orientações metodológicos de Ross (1990 e 1992).

Para diagnosticar as diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais, antropizados ou não, Ross (1994) propõe - para a análise em escalas médias e pequenas (1: 50 000, 1: 100 000, 1:250 000 etc.) - como base de informação os Padrões de Formas com a rugosidade topográfica ou os Índices de Dissecção do Relevo. As formas de vertentes e as Classes de Declividade devem ser utilizadas quando a análise é de detalhe (1: 25 000, 1: 5 000, 1: 2 000 etc.).

O uso das formas de vertentes e das classes de declividade como base de informação para a confecção da Carta Síntese de Fragilidade da Bacia do Ribeirão Piracicamirim é, pois, decorrência do fato da análise realizada ser de detalhe (escala 1: 10 000).

Por determinação teórico-metodológica (Ross, 1994), foram utilizados para a elaboração da Carta de Declividade os intervalos de classes já consagrados nos estudos de capacidade de Uso/Aptidão Agrícola associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamentos e inundações freqüentes que são:

< 3%

3 a 6%

6 a 12%

12 a 20%

20 a 30%

30 a 50%

> 50%

7.1.1. Classes de declividade

Hierarquicamente o arranjo das declividades em categorias foi apresentado na seguinte ordem:

CATEGORIAS HIERÁRQUICAS	DECLIVIDADES
Até 6%	Muito Fraca
De 6 a 12%	Fraca
De 12 a 20%	Média
De 20 a 30%	Forte
Acima de 30%	Muito Forte

7.1.2. Graus de fragilidade dos solos

Para a variável supracitada foram consideradas as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. A definição das mesmas resultou de pesquisas básicas levadas a cabo por pesquisadores do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e do IAPAR

(Instituto Agrônômico do Paraná) destacando-se Lombard ; Bertoni (1975) e Fasolo et al (1982) e Ross (como técnico do Projeto Radam Brasil e professor/pesquisador do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo), entre outros. Tais características têm relação direta com o relevo, com a litologia, com os elementos determinantes da pedogênese e com as características físicas e químicas dos solos.

Considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, as classes de fragilidade e de erodibilidade dos solos foram agrupadas da seguinte maneira:

GRAUS DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS
1- Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
2- Baixa	Latossolo amarelo e Vermelho-Amarelo textura médio/argilosa
3- Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho –Amarelo textura média/argilosa.
4-Forte	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa, Cambissolos
5-Muito Forte	Podzólicos com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

7.1.3. Uso da terra/cobertura vegetal

A análise da proteção dos solos pelo uso da terra/cobertura vegetal, desenvolveu-se sustentada na Carta de Uso da Terra e da Cobertura Vegetal, que resultou de trabalhos de campo e de checagens de gabinete, tendo em vista a intenção de conhecer esse aspecto da organização do espaço regional, mas

também de ratificar o resultado do mapeamento idêntico feito por Toledo (2001) para a mesma área.

Por tratar-se de estudo realizado em escala de detalhe (1: 10 000) tal análise apoiou-se na interpretação de fotografias aéreas através da qual foram identificadas as manchas dos diferentes tipos de usos: matas naturais, capoeiras, áreas de silvicultura, culturas (ciclo curto e longo), pastos naturais, pastos cultivados etc.

Pesquisas realizadas por Marques et al através do IAC do Estado de São Paulo, por Casset (1984) e Ross (ROSS, 1991) estabeleceram a seguinte hierarquia de graus de proteção aos solos em função da cobertura vegetal:

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

7.1.4. Níveis hierárquicos de fragilidade a partir da variação pluviométrica

Porque age diretamente na dinâmica do sistema ambiental, é indiscutível a importância dos dados climáticos, sobretudo das chuvas, em análises de fragilidade isso porque, principalmente quando concentradas em pequenos períodos constituem-se em elementos ativadores dos processos morfodinâmicos enquanto aceleradores dos processos erosivos. A distribuição da intensidade das chuvas ao longo do ano também é fundamental nas análises de fragilidade ambiental porque condiciona os processos de intemperismo das rochas e de formação dos solos.

Considerando os níveis crescentes de interferência das chuvas na estabilidade do ambiente, ou seja, maior ou menor intensidade do efeito pluviométrico sobre os processos morfodinâmicos Ross (1992) definiu a seguinte hierarquia:

NÍVEIS HIERÁRQUICOS	CARACTERÍSTICAS PLUVIMÉTRICAS
1-Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano;
2-Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo de ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano;
3-Média	Situação pluviométrica anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março com volumes anuais de aproximadamente 1500 mm/ano;
4- Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração de chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas com volumes anuais entre 1500 e 2000 mm/ano;
5- Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido).

A confecção da Carta de Fragilidade, resultou da correlação das informações obtidas através da carta clinográfica, a partir das categorias hierárquicas de declividade, dos tipos de solos em função dos seus índices de erodibilidade, da carta de uso da terra e o grau de proteção do solo de acordo com a cobertura vegetal e do índice pluviométrico (valor de erodibilidade). Essas variáveis foram classificadas em cinco graus de fragilidade.

Os elementos que compõem a Carta de Fragilidade Ambiental foram hierarquizados partir das variáveis anteriores respectivamente identificadas por dígitos. Na referida composição numérica o 1º dígito indica as Classes de Declividade - Categorias Hierárquicas variando de Muito Fraca (1) a Muito Forte (5); o 2º o Tipo de Solo - Classes de Fragilidade Muito Baixa (1) a Muito Forte (5); o 3º o Uso da Terra/Vegetação - Graus de Proteção Muito Alto (1) a Muito Baixo (5) e 4º a Pluviosidade - Níveis hierárquicos Muito Fraco (1) a Muito Forte (5), ou seja:

CATEGORIAS HIERÁRQUICAS DE DECLIVIDADE (1º. DÍGITO)
1- Muito Fraca - < 6%
2- Fraca – 6 a 12%
3- Média -12 a 20%
4- Forte – 12 a 30%
5- Muito Forte - > 30%

GRAUS DE FRAGILIDADE DO SOLO (2º. DÍGITO)
2- Baixa - Latossolo Vermelho-Amarelo; Latossolo Vermelho-Escuro; Latossolo Roxo e Terra Roxa
3- Média - Podzólicos Vermelho-Amarelo
4- Forte - Litissolos e Hidromórficos

GRAUS DE PROTEÇÃO DADOS AO SOLO PELA COBERTURA VEGETAL (3º. DÍGITO)
1 – Muito Alta - Floresta natural (mata)
2 – Alta – Reflorestamento (eucaliptos)
3 – Média - Formações naturais ou cultivadas de gramíneas (pastos)
4 – Baixa - Agricultura de ciclo curto (cana-de-açúcar, milho e soja); agricultura de ciclo longo de baixa densidade (citros)

CARACTERÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS (4º. DÍGITO)
3- Média - Situação pluviométrica anual desigual com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março com volumes anuais de aproximadamente 1500 mm.

A correlação dos dígitos relativos (declividade, solo, uso da terra/cobertura vegetal e pluviosidade) representa, pois, as características de cada variável presente em uma determinada área.

A localização da combinação numérica 1243, diz respeito a uma área com declividade <6% (1), com latossolos que se caracterizam pelo baixo grau de fragilidade (2), recoberta por cultivos de ciclo curto - que na área pode ser cana-de-açúcar, soja, milho ou citros - que proporcionam baixo grau de proteção ao solo (3) e com uma distribuição desigual de chuvas ao longo do ano (4).

Por outro lado, a associação numérica 5443, se refere a uma área com declividade >30% (1), com litossolos, portanto rasos e muito frágeis aos processos erosivos (2), recoberta por cultivos de ciclo curto - que na área pode ser cana-de-açúcar, soja, milho ou citros - que proporcionam baixo grau de proteção ao solo (3) e com uma distribuição desigual de chuvas ao longo do ano (4).

A análise dos exemplos anteriores permite-nos concluir que quanto maior a associação numérica (declividade, solo, uso da terra/cobertura vegetal,

pluviosidade), maior será o grau de fragilidade potencial na relação relevo-solo face aos processos erosivos.

Considerando-se que os índices resultantes da composição indicam o grau de fragilidade de uma área, a partir deles é possível, nos termos de Tricart (1977), estabelecer Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis.

O primeiro dígito da correlação (relativo à declividade), sempre define o grau de fragilidade para a área; as variáveis uso da terra/cobertura vegetal classificam as áreas como estáveis ou instáveis e apontam os níveis crescentes de instabilidade; os solos e a pluviosidade determinam os graus desta instabilidade.

Com a aplicação da metodologia anterior obteve-se, para a Bacia do Ribeirão Piracicamirim cinco graus de fragilidade potencial: Fragilidade Muito Fraca, Fragilidade Fraca, Fragilidade Média, Fragilidade Forte e Fragilidade Muito Forte. A localização areolar de cada um desses níveis de fragilidade pode ser feita na Carta de Fragilidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP **(Figura 13)**.

Carta de Fragilidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP
(Figura 13).

A análise da carta anterior comprova a declividade, o tipo de solo e o uso da terra/cobertura vegetal como fatores principalmente determinantes da fragilidade ambiental da área estudada. Serve de testemunho para essa afirmação o fato de os graus Muito Forte e Forte de fragilidade terem sido mapeados nas áreas de maior declividade da bacia. O grau Muito Forte de fragilidade aparece na área associado à intrusão de corpos magmáticos, naquelas que à condição anterior associam solos litólicos, bem como nas áreas de ocorrência de solos hidromorfos - o que se dá ao longo do Ribeirão Piracicamirim e de seus afluentes (Córrego Campestre, Joaquim Bento, Palmeiras etc.). Como já se destacou em outro capítulo do presente trabalho, esses dois tipos de solos são considerados vulneráveis. São solos jovens e pouco desenvolvidos; o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha mãe (não possuem horizonte B); constituem-se em solos em fase inicial de formação seja porque estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados (caso dos solos hidromorfos), ou porque estão situados em lugares de maior declividade, onde a velocidade de erosão, supera a de transformação da rocha em solo (caso dos solos litólicos).

As áreas de fragilidade Média, Fraca e Muito Fraca, na Bacia do Piracicamirim, foram localizadas, respectivamente, nos setores com declividades variando de, Muito Fraca (0-6%) a Fraca (6 a 12%) e de ocorrência de solos podzólicos e de latossolos. Os dois primeiros graus de fragilidade (Média e Fraca) aparecem nos setores da bacia ocupados, com cultivos de ciclo curto, principalmente cana-de-açúcar; o último (Muito Fraco) em áreas de pastagem. Essa constatação corrobora o que a teoria já havia adiantado: que as formações naturais ou cultivadas de gramíneas (pastos), em função da maior densidade de cobertura, protegem muito mais o solo dos processos erosivos do que a agricultura de ciclo curto, no caso, do que a cana-de-açúcar, soja e milho. Culturas em fileiras como as anteriormente relacionadas oferecem pouca cobertura durante seus estágios iniciais de crescimento, favorecendo a erosão.

8. ANÁLISE AMBIENTAL URBANA

A despeito da análise ambiental, particularmente urbana, não se configurar em objetivo do presente trabalho, o fato da bacia objeto de estudo ter se apresentado como um dos setores preferenciais de crescimento da cidade de Piracicaba, sobretudo a partir das últimas décadas, nos levou, ainda que em linhas gerais, a tecer algumas considerações a seu respeito.

Em se tratando de um estudo de morfodinâmica o crescimento da cidade não pode ser ignorado porque que a urbanização é um processo que provoca mudanças geomorfológicas.

A tendência de crescimento da cidade de Piracicaba deu-se em duas direções na (SE e NO) em decorrência dessas áreas terem sido definidas pelo Plano Diretor de 1991 como eixos preferenciais de expansão urbana.

Como se sabe, as alterações do espaço, quase sempre têm relação com a intensidade do uso da terra e com o aumento da área urbana. Isso porque o uso econômico do território e a expansão urbana em qualquer parte do planeta, sempre se faz com alteração ambiental, ainda que seja pela retirada da cobertura vegetal e introdução de novos materiais e equipamentos. Particularmente configuram-se como alterações ambientais fruto do crescimento urbano: a construção de novas formas de relevo, o aumento da edificação, o acréscimo do escoamento superficial, a rugosidade da superfície, a produção de energia artificial modificando elementos naturais tais como a vegetação, o relevo, a água etc.

O Brasil dado seu nível de desenvolvimento inclui-se entre os países em que o crescimento das cidades na maioria das vezes vem acompanhado de uma agravante: a urbanização não se faz acompanhar do crescimento sócio-econômico e como decorrência a degradação ambiental apresenta-se como consequência direta do processo.

Uma das perspectivas teórico/metodológicas que pode ser usada para se avaliar a qualidade ambiental urbana é a geoecológica (RODRIGUES, 1996).

Nessa perspectiva, de acordo com a autora citada, a natureza, é analisada e qualificada em seus processos e temporalidades próprias e inclui o homem que, neste primeiro momento, é considerado como um ser antrópico e não social. No âmbito da análise geoecológica, a mesma autora reconhece a importância da avaliação geomorfológica para o entendimento e dimensionamento das paisagens modificadas isso porque, na sua compreensão a análise geomorfológica do urbano não se restringe a entender e a dimensionar a intervenção urbana no que se refere aos processos naturais e formas, implica também em reconhecer várias modalidades de intervenção urbana e situações de instabilidade a elas associadas.

Se de um lado a urbanização é um processo que provoca mudanças geomorfológicas, esses fatores interferem na urbanização (VERSTAPPEN, 1983; DOUGLAS, 1983). Desse fato decorre a exigência de um planejamento urbano que leve em consideração os limites do terreno para o desenvolvimento da cidade ou que analise a sua susceptibilidade para determinados usos.

No caso da pesquisa em questão a consideração da tipologia e do grau intervenção urbana na morfologia original da bacia objeto de estudo, ainda que em nível geral, é importante porque auxiliam na compreensão dos fatores que definem os novos processos morfodinâmicos isso porque as intervenções antrópicas são feitas (LIMA, 1990) para se obter superfícies planas com a intenção de adequar a topografia às necessidades determinadas pelas construções ou edificações. Essas intervenções implicam basicamente em corte e/ou aterros desenvolvidos na morfologia original, provocando o remanejamento dos materiais superficiais.

A partir da lógica anterior, nas áreas urbanas, novas formas de relevo são criadas através da acumulação de detritos urbanos ou formas de relevo por remoção, respectivamente. Algumas formas envolvem os processos de extração e de acumulação simultaneamente ou ainda, de extração em um determinado lugar e deposição em outro (DOUGLAS, 1993).

Não é somente o relevo que se altera em função do desenvolvimento das cidades: os cortes, aterros, canalizações que surgem em ambientes urbanos, redirecionam os fluxos hídricos existentes e criam novos padrões de drenagem.

As alterações anteriores provocam

de um lado, a diminuição do escoamento superficial difuso, do escoamento subsuperficial e da infiltração e, por outro, uma intensificação do escoamento superficial, pois não permitem a infiltração da água no solo e criam verdadeiros leitos pluviais nas ruas durante eventos chuvosos (FUJIMOTO, 2001, p.95).

Ainda de acordo com a autora supracitada, também o funcionamento das vertentes a partir dos fluxos superficiais e subsuperficiais, tende a sofrer alterações como ilustra o quadro que se segue:

Quadro 7 - Alteração do Funcionamento das Vertentes em Função do Desenvolvimento das Cidades

UNIDADE DE VERTENTE	MORFODINÂMICA NATURAL	MORFODINÂMICA ANTROPOGÊNICA
Retilínea	Tendência a menor infiltração e predominância ao escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a concentrado nas baixas vertentes.	Diminuição da pouca capacidade de infiltração, diminuição do escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a ocorrer com mais intensidade o escoamento superficial concentrado e intensificação do escoamento superficial concentrado nas baixas vertentes.
Côncava	Os processos de escoamento superficial difuso e concentrado superam a infiltração e o escoamento subsuperficial	Tendência à intensificação do escoamento superficial concentrado devido à diminuição significativa da capacidade de infiltração.
Convexa	Tendência a uma predominância à infiltração e ao escoamento subsuperficial	Diminuição da infiltração e do escoamento subsuperficial e aumento significativo do escoamento superficial

Fonte: Fujimoto, 2001, p. 95.

Um outro testemunho do impacto da urbanização nos processos hidrológicos são as enchentes. Estas podem decorrer de processo natural quando em função de eventos chuvosos extremos, o rio ocupa o seu leito maior, mas, também ocorrem devido à ocupação inadequada do espaço urbano, fruto da ineficácia ou inexistência de uma legislação que restrinja em áreas de risco de inundação e/ou invasão de áreas ribeirinhas, pertencentes ao poder público, pela população de baixa renda (FUJIMOTO, 2001). A invasão dessas áreas ocorre porque não existem políticas públicas que atendam às necessidades da população que não pode comprar bens imobiliários (lotes, casas) pelo preço que os mesmos são vendidos.

A despeito da existência atual de uma lei ambiental que obriga que os rios e ribeirões sejam protegidos por uma faixa de 30 m em cada margem (APP - Área de Preservação Permanente), na época das chuvas pode acontecer que essas faixas sejam inundadas atingindo lotes residenciais.

A urbanização também impacta o sistema hídrico provocando enchentes e ou alargamento dos rios em função do estrangulamento da sua seção devido a aterros, pontes, estradas, assoreamento, lixo etc.

Enchentes devido à urbanização também têm como causa a impermeabilização do solo decorrente da construção de edifícios, calçadas, ruas, estacionamentos etc. Assim, parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial.

Constituem-se em efeitos principais da urbanização o aumento da vazão máxima do rio, a antecipação do pico de cheia e o aumento do volume de escoamento. É, pois, a permanência da água da chuva mais tempo na superfície que ocasiona enchentes e alagamentos. O aumento da vazão máxima do rio, a antecipação do pico de cheia e o aumento do volume de escoamento também são efeitos da urbanização (FUJIMOTO, 2001).

Outros impactos decorrentes da urbanização, além dos que incidem sobre o escoamento, são aqueles devidos à produção de sedimentos, a degradação da

qualidade das águas pelos esgotos pluviais e/ou cloacais, a contaminação dos aquíferos.

Como decorrência do desenvolvimento urbano Fujimoto, (2001) destaca ainda, que existe um aumento dos sedimentos produzidos devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias. Ainda conclui que esse aumento na produção de sedimentos pode proporcionar, nas áreas urbanas, mas também rurais, o assoreamento da drenagem, no primeiro caso com a redução da capacidade de escoamento e transporte de substâncias poluentes agregadas ao sedimento.

8.1. Evolução Urbana de Piracicaba

O estudo realizado por Sparovek; Costa (2004) sobre a evolução urbana de Piracicaba (1940/2000) dá testemunhos de que além da Bacia do Piracicamirim outras áreas do município tiveram a urbanização incentivada pelo Plano Diretor de 1991.

Com a meta de entender a interferência da evolução urbana sobre a quantidade, qualidade e distribuição da cobertura vegetal em Piracicaba, os autores supracitados acabaram por analisar o crescimento urbano de Piracicaba de 1940 a 2000. Esse trabalho gerou elementos que além de auxiliar na compreensão da dinâmica da urbanização acabaram por evidenciar os vetores de expansão da cidade. Esta última contribuição tem importância particular para esta investigação porque permitiu comprovar de forma cartográfica, o que teoricamente já havia sido levantado.

O cartograma que se segue, utilizando-se de uma gradação de cores que varia do amarelo para o laranja escuro sintetiza o processo de expansão urbana de Piracicaba tomando como base os anos desde 1940, 1962, 1978, 1995 e 2000. **(Figura 14).**

Figura 14: Evolução Urbana de Piracicaba de 1940 a 2000

Fonte: Sparovec; Costa, (2004, p. 83)

A organização urbana de Piracicaba (SPAROVEC; COSTA, 2004) iniciou-se em meados do século XVIII, sob a direção de Antônio Corra Barbosa, que visualizou nas terras férteis locais, um amplo horizonte para a agricultura. Este também se orientou pelas reservas de madeira, a fim de fornecer matéria-prima para a fabricação de canoas, responsáveis pelo abastecimento da região de Cuiabá e de Iguatemi. A terra fértil além de possibilitar o cultivo agrícola acabou por incentivar a migração para a região.

De acordo com Petrone (1968, p. 47) “a área de Piracicaba deve seu povoamento em maior escala em função ao cultivo da cana-de-açúcar”.

Acompanhando a tendência do Sudeste brasileiro, partir da década de 1940 verificou-se em Piracicaba uma diversificação da estrutura industrial, reflexo do dinamismo manufatureiro que foi impulsionado pela Segunda Guerra Mundial. Este se propagou e intensificou nas décadas de 1950 e 1960 no Brasil, sobretudo na região Sudeste e no âmbito desta, particularmente no Estado de São Paulo. (SPAROVEC; COSTA, 2004). Segundo esses mesmos autores, na década de 40 a cidade de Piracicaba possuía 76.416 habitantes e concentrava-se na Vila Rezende.

Entre os anos de 60 e 78, o Brasil vivencia uma vertiginosa industrialização fruto da entrada de capital e tecnologia provenientes de grandes empresas multinacionais. Piracicaba foi particularmente afetada pelo processo anteriormente referido (SPAROVEC; COSTA, 2004) porque acabou por constituir-se em uma das cidades destino da indústria pesada, que na época, transferiu-se da metrópole paulista para o interior. As novas oportunidades de emprego oferecidas pelas multinacionais impulsionam, no final da década de 60, a expansão de toda a periferia da cidade que a leste chegou a ultrapassar o ribeirão objeto do presente estudo (Piracicamirim), a Noroeste Santa Terezinha e ao Sul o Bairro da Paulicéia.

Em 1960 segundo os mesmos autores a população de Piracicaba era de 115.403 habitantes.

As dificuldades para abrigar novos habitantes fruto do êxodo rural no final da década de 60 explica ao surgimento de favelas no Brasil (POMPERMAYER, 1968). Estas passam a constituir-se em realidade também em Piracicaba (SPAROVEC; COSTA, 2004) com o surgimento de bairros pobres na direção Noroeste (Santa Terezinha,) e Sul (Paulicéia).

Sparovek; Costa (2004, p.77) afirmam que:

na década de 70 a cidade ultrapassou os limites tradicionais, atingindo o Ribeirão Piracicamirim, a Leste, O Ribeirão do Enxofre, ao Sul, e se expandindo na direção Noroeste, com o crescimento considerável de Santa Terezinha. Data dessa época o surgimento de muitos loteamentos distantes da malha urbana, com como de alguns núcleos habitacionais e a implantação do Distrito Industrial (Unileste) que também contribuiu para um aumento imobiliário na cidade.

Dados do Censo de 1980 (em 1978 não houve censo) registraram um total de 214. 295 habitantes no município. Desse total, 197.904 eram habitantes urbanos e 16. 391 rurais.

As previsões do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Piracicaba de 91 indicavam o crescimento da cidade em duas direções ou vetores ao mesmo tempo. Estes seriam os vetores na Noroeste e Sudeste. Mas este mesmo plano confirmou expansão em outras direções: Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste. Essa realidade dá testemunho do grande crescimento urbano verificado no início dos anos 90 fruto do grande crescimento e desenvolvimento econômico. O censo de 91 registrou para o município 283. 833 habitantes. Desse total 269.961 viviam na cidade e 13.872 eram habitantes rurais.

Confirmando as previsões do Plano Diretor de 91 a cidade de Piracicaba se expandiu principalmente nas direções Noroeste e Sudeste.

O censo demográfico realizado em 2000 registrou um total de 328.312 habitantes para o município. Desse total 316.518 eram habitantes urbanos e 11.794 rurais.

A população cresceu 116% entre 1970 e 2000, segundo dados do IBGE.

De acordo com estimativas atuais (NÓIS..., 2007) a Bacia do Ribeirão Piracicamirim encerra quase 1/3 do total da população do município: 93 000 habitantes.

8.2. Expansão Urbana na Bacia do Ribeirão Piracicamirim: Reflexos Hidrológicos e Morfodinâmicos e os Planos de Ação Decorrentes

Por não configurar-se como estudo particular de geomorfologia urbana as novas formas de relevo criadas através da acumulação de detritos, gerados pela cidade ou formas de relevo por remoção, respectivamente não se constituíram objeto de mapeamento na presente pesquisa.

Contudo, não poderíamos deixar de considerar ainda que em linhas gerais, o impacto do desenvolvimento urbano verificado nas últimas décadas na Bacia do Ribeirão Piracicamirim, sobretudo, nos fluxos hídricos isso porque, como destacou Fujimoto (2001), os cortes, aterros, canalizações que surgem em ambientes urbanos, de um lado, provocam a diminuição do escoamento superficial difuso, do escoamento subsuperficial e da infiltração e, por outro, uma intensificação do escoamento superficial, pois não permitem a infiltração da água no solo e criam verdadeiros leitos pluviais nas ruas durante eventos chuvosos.

No Plano Diretor de Piracicaba aprovado em 1991, como já foi dito anteriormente, a Bacia do Piracicamirim foi indicada como vetor de crescimento da malha urbana, ou seja, como região favorável para se implantar novos loteamentos. Essa orientação também integrou o novo Plano Diretor de 1995 (fruto da revisão do anterior). Devido às boas condições ambientais e de infraestrutura [sic], isso realmente aconteceu: muitos loteamentos e conjuntos habitacionais foram implantados nessa área e como consequência houve o aumento populacional, incremento do comércio e aumento de trânsito de veículos na região.

Entre 2003 e 2004, surgiram outros pedidos de implantação de loteamentos ao longo do Ribeirão Piracicamirim, chegando a quase 30 novos empreendimentos significando aproximadamente 4 500 lotes a serem vendidos e ocupados.

Devido à intensa movimentação para implantar esses loteamentos, moradores do local, preocupados com a possibilidade de ocorrerem mais inundações no futuro com o aumento de mais residências ao longo do referido ribeirão, encaminharam um documento ao Ministério Público alertando quanto à possibilidade de agravamento da situação. Baseada nesse documento a Promotoria Pública instituiu inquérito civil, solicitando providências da prefeitura e suspendeu o processo de loteamento em aprovação até que fosse apresentado um planejamento para a área em questão.

Certamente, foram os prejuízos decorrentes das mudanças impressas no espaço, pelo crescimento urbano, e pela forma predominante de uso da terra rural (cultivo da cana-de-açúcar) e principalmente a possibilidade de agravamento futuro que levaram à recente mobilização os moradores de loteamentos de Piracicaba, Saltinho e Rio das Pedras, que vivem nas imediações do Ribeirão Piracicamirim. Foi exatamente o problema das enchentes que levou os mesmos a se unirem.

Uma equipe da Prefeitura também foi incumbida de discutir a questão. Da conclusão de que as medidas a serem tomadas deveriam ter maior embasamento técnico, adveio a idéia de elaborar um Plano de Drenagem para toda a área da sub-bacia, com ênfase no trecho que atravessa o perímetro urbano, como a solução à longo prazo mais adequada. Para materializar tal intenção a Prefeitura solicitou a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica ligada à Escola Politécnica da USP um Plano de Drenagem para a referida sub-bacia em toda a sua extensão. Esse plano foi apresentado à prefeitura no final de 2005. O estudo norteará os projetos de loteamento e parcelamento na Bacia do Piracicamirim a tomarem medidas contra enchentes. Teve um custo de R\$ 80 mil que foi cotizado pelos proprietários e moradores de 20 loteamentos dos três municípios e pelas

respectivas prefeituras O referido plano resultou, pois, da parceria entre o poder público e a iniciativa privada (empresas loteadoras).

Uma das adequações mais importantes diz respeito à ocupação de zonas muito próximas ao rio.

A instituição de uma taxa de drenagem – para garantir o gerenciamento sustentável – é uma das diretrizes apontadas pelo estudo do PDM (Plano Diretor de Macrodrenagem), com o objetivo de prevenir enchentes em loteamentos criados ao longo da bacia do ribeirão, nas áreas urbanas e rurais.

Os técnicos da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, também apontaram como diretrizes para o combate a enchentes a adoção de pavimentação permeável, construção de reservatórios em lotes – piscininhas – trincheiras de drenagem (PLANO..., 2005). Na perspectiva de reduzir o problema anterior, o IPPLAP (Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba) fará particularmente na Bacia do Piracicamirim, um trabalho de conscientização ambiental com os moradores dos loteamentos para a necessidade de deixar áreas permeáveis nos lotes para que a água da chuva possa escorrer.

Os técnicos da referida fundação definiram como pontos críticos em termos de enchentes, a ponte sobre o Ribeirão Piracicamirim que diminui o escoamento da água em dois metros, reduzindo-o em 50% isso porque, como se sabe, as pontes e travessias influem na largura e profundidade dos corpos d 'água.

Orientado pelo plano em questão, o IPPLAP prevê a necessidade de adequações em toda região ribeirinha. Uma das mais importantes é a que diz respeito à ocupação de zonas muito próximas ao rio (as margens precisam de pelo menos 30 m de área de preservação permanente).

Outro impacto decorrente da urbanização, além dos que incidem sobre o escoamento, são aqueles devidos à produção de sedimentos.

Em função do grande crescimento urbano verificado na bacia objeto de análise, a produção de sedimentos também aí é uma decorrência natural do processo anterior. Esta se dá devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias.

O aumento na produção de sedimentos pode proporcionar, nas áreas urbanas, mas também rurais, o assoreamento da drenagem, no primeiro caso com a redução da capacidade de escoamento e transporte de substâncias poluentes agregadas ao sedimento.

Na zona urbanizada da bacia, os novos loteamentos receberão orientação para a abertura de novas ruas, cujo traçado urbanístico deverá desacelerar o escoamento das águas.

Com a meta de evitar enchentes no período das chuvas a SEMOB (Secretaria Municipal de Obras de Piracicaba) planejou a desobstrução de 16 córregos. Além da areia, terra e mato, as máquinas retiram também objetos jogados nos mananciais pelos moradores dos bairros. São pneus, sofás, armários quebrados, além de lixo orgânico. O Ribeirão Piracicamirim está entre os que mais concentram material, principalmente sacos de lixo orgânico. Isso ocorre por causa da proximidade dos moradores do referido curso d' água. Já foram desassoreados 2,5 km do referido rio.

Como as atividades econômicas rurais, também podem contribuir para o assoreamento dos rios na perspectiva de reduzir as enchentes, outra medida de conscientização importante será a ser adotada pelo IPPLAP na Bacia do Piracicamirim com os moradores da zona rural, que é basicamente formada por lavouras de cana-de-açúcar. Na entressafra o solo fica sem cobertura e com a chuva as partículas vão para o rio, recobrando o fundo. Esse processo precisa ser evitado, uma vez que diminui o espaço destinado para a água e acentua o problema da enchente, sobretudo, nos trechos do ribeirão que corta o perímetro urbano.

A investida contra a influência negativa da cultura canavieira no assoreamento dos mananciais também foi tomada em consequência do Plano Diretor de Macrodrenagem (PDM) do Ribeirão do Piracicamirim. Para discutir a adoção de medidas visando à redução da erosão do solo ocupado por de cana-de-açúcar, em janeiro de 2006 a Prefeitura de Piracicaba reuniu-se com os produtores cujas propriedades ficam na Bacia do Ribeirão Piracicamirim. O diálogo com os canavieiros e representantes de usinas pretende (PANORAMA...

2007) determinar a adoção de práticas preventivas com o emprego de técnicas de conservação do solo. Além das medidas para evitar erosão, o PDM determinou também outras exigências ambientais, como o reflorestamento da faixa de APP (trecho da margem que pode variar de 30 a 50 m no caso do Piracicamirim).

A erosão como já foi dito, arrasta os solos para dentro dos cursos d' água, provocando assoreamento e aumento do risco de enchentes sobretudo, nos trechos do ribeirão que cortam o perímetro urbano.

Para minimizar os problemas ambientais, o plano além de propor o gerenciamento do uso do solo urbano, institui regulamentação para áreas em construção, varrição de ruas, controle da coleta e disposição final do lixo (LOTEADORES..., 2006).

Particularmente a obstrução dos mananciais levou a Secretaria Municipal de Obras de Piracicaba a propor a retirada de bancos de areia de 16 cursos d'água, sendo 14 córregos, um canal da zona urbana e um ribeirão (o Ribeirão Piracicamirim). A limpeza se deu apenas em pontos localizados na região urbana do município e não na extensão total dos córregos e ribeirões (SECRETARIA..., 2005).

O Ribeirão Piracicamirim foi desassoreado numa extensão de 2,5 quilômetros; a extensão desassoreada abrange o Jardim Morumbi e Maracanã, Vila Independência, Piracicamirim e Vila Monteiro (SECRETARIA..., 2005).

Além da areia outros materiais também foram retirados dos córregos e ribeirões. Foram eles: pneus, sofás, armários quebrados, além de muitos sacos de lixo orgânico o que testemunha a falta de consciência ambiental da população, pois não levam em conta que ao lançar objetos e lixo nos rios estão contribuindo para a obstrução dos mananciais e para que a região do entorno dos cursos d ' água corra risco de alagamento, nos períodos mais chuvosos.

O Ribeirão Piracicamirim, segundo um dos engenheiros da SEMOB, é um dos que mais concentra material, principalmente sacos de lixo. Isso ocorre por causa da proximidade dos moradores desse curso d ' água.

Para elaborar o plano, além das análises hidrológicas e da identificação das áreas impermeáveis nas áreas rurais e urbanas, levou-se em consideração o crescimento populacional.

Outro impacto decorrente da urbanização, além dos que incidem sobre o escoamento e que aceleram a produção de sedimentos, é que leva à degradação da qualidade das águas pelos esgotos pluviais e/ou cloacais e à contaminação dos aquíferos.

Um estudo realizado por pesquisadores que integram o Projeto PiraCena (MUITA..., 1998), apresentou indicativos numéricos da depauperação da qualidade da água do Ribeirão Piracicamirim, à medida que vai recebendo os efluxos domésticos, o que foi evidenciado pelas análises de condutividade elétrica, da concentração de carbono orgânico e inorgânico dissolvido, taxa respiratória, cátions e ânions maiores, características do sedimento em suspensão e da diversidade da população de macroinvertebrados bentônicos.

Alguns desses parâmetros podem ser observados nos gráficos que se seguem:

Gráfico 10. Oxigênio Dissolvido nas Zonas Rural e Urbana

Fonte: MUITA... (1998,p.3.)

A análise do gráfico anterior permite concluir que na região rural próxima à nascente do Piracicamirim o carbono orgânico atinge concentrações próximas à saturação (85-95%) e cai para valores próximos à zero (3 a 10%) após a região urbana. Isso reflete uma queda drástica na diversidade de organismos que conseguem sobreviver neste trecho do ribeirão.

Gráfico 11 – Variação de Carbono Orgânico

Fonte: MUITA... (1998,p.3.)

No gráfico 11 observa-se que o aumento da condutividade elétrica da água associado ao aumento da concentração de carbono orgânico está relacionada ao efluente doméstico do trecho urbano da bacia, isto porque o esgoto doméstico, além de matéria orgânica, é composto de inúmeros elementos como detergentes, sabões, óleos etc.

Uma outra pesquisa que teve por objetivo analisar a evolução da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais e como objeto de estudo a bacia hidrográfica do Ribeirão Piracicamirim foi a de Toledo

(2001). Esse trabalho provou a relação existente entre o uso da terra e a dinâmica desse corpo d' água. O autor ratificou as conclusões de Ometto (2001), ou seja, que as alterações mais expressivas são observadas à medida que se adentra o perímetro urbano e que o ribeirão passa a receber elevada carga de esgoto.

Tomando como parâmetros o carbono orgânico (COD) e inorgânico dissolvidos, a condutividade, a alcalinidade, a respiração, o amônio (NH_4^+), o sulfato (SO_4^{2-}), o sódio (Na^+) e o cloreto (Cl^-), notou comportamentos ascendentes similares nas curvas. Observou:

- . que as concentrações de cloreto variam de 87 a 478 μM no Piracicamirim. A partir de Saltinho, os valores médios de Cl^- são crescentes;
- . que as concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) variam de 3,9 a 10,5 mg. L^{-1} ;
- . uma tendência decrescente, os valores de oxigênio dissolvido (OD) variam de 7,8 a 2,1 mg. L^{-1} . A grande amplitude observada pode ser decorrente de um elevado consumo de oxigênio na oxidação do material orgânico presente nos efluentes domésticos.

Diante dos valores obtidos de COD, OD, CID, Cl^- , Na^+ , condutividade, e alcalinidade sobretudo nas áreas de intensa interferência urbana, indica que a urbanização é uma fonte pontual de contaminação dos sistemas aquáticos.

De acordo com Cerri (1999) os processos erosivos estão diretamente relacionados à cobertura do solo. Como afirmam Bolin; Cook (1983) as constantes mudanças no uso e cobertura do solo têm provocado significativas alterações no balanço da água, ocorrendo erosão, transporte de sedimentos e elementos químicos bioativos e causando modificações no sistema ecológico e na qualidade da água.

De acordo com as conclusões de Toledo (2001), um dos fatores que pode estar contribuindo para o aumento dos parâmetros analisados, no Ribeirão Piracicamirim, é o intenso manejo e revolvimento da terra em áreas com cana-de-açúcar. Atribui os elevados valores observados no referido ribeirão, às práticas de correção do pH do solo, através da aplicação de calcário, que tem na composição

os cátions de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), e ainda das aplicações de fertilizantes, nos quais estão presentes os elementos potássio (K^{+}), e sódio (Na^{+}), e os nutrientes, nitrato (NO_3^{-}), amônio (NH_4^{+}) e sulfato (SO_4^{-2}).

O quadro de deterioração do Piracicamirim é muito freqüente no Brasil em função do baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos dos rios, córregos e ribeirões que drenam áreas urbanas.

A instalação de coletores de esgoto, nas margens do Ribeirão Piracicamirim fruto da construção de uma estação de tratamento de esgoto (ETE-Piracicamirim) em 1998, apesar de estar a contribuir para a melhora das características físico-químicas das águas em seu trecho urbano, não as solucionou por completo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo levou-nos à conclusão de que a meta de adequar conceitos teóricos e metodologias à realidade investigada tem resultado, no âmbito da ciência em geral, em inúmeras proposições dessas mesmas naturezas. Em algumas áreas de saber, e a Geografia se constitui uma delas, algumas propostas têm emergido, por exemplo, como tentativa de superar uma tendência histórica: a de aplicação de procedimentos analíticos ao estudo de realidades reconhecidas como complexas.

Os procedimentos analíticos, base da ciência clássica, tendem, mesmo nos estudos dos todos organizados, a desconsiderar a interação entre as partes ou considerá-las numa perspectiva linear o que tem culminado em produtos distanciados da realidade investigada ou em meros exercícios intelectuais com poucas possibilidades de aplicação na direção de resolução dos problemas economicamente importantes e/ou, principalmente, socialmente necessários, como é a expectativa maior de vários ramos da ciência atual.

Com a intenção de resolver a inadequação metodológica anterior tem se assistido a emergência de novos paradigmas teórico-metodológicos no âmbito de algumas ciências. Estes têm possibilitado investigações, cujo produto final, além de revelar maior adequação metodológica à realidade pesquisada, tem mostrado amplas possibilidades de aplicação na direção de resolver problemas práticos.

Pelo fato de as mudanças em geral e na ciência em particular não se darem de forma abrupta, isto é, sempre se fazerem acompanhar de períodos de transição é, comum observar-se nesses momentos, não só a convivência de paradigmas teórico/metodológicos que atendem às diretrizes dos modelos anteriores, bem como posteriores às novas propostas, como também tem – se oportunidade de constatar grandes dificuldades de passar-se da fundamentação teórica para os resultados mais práticos.

O raciocínio anterior se mostra aplicável a diferentes áreas de saber científico e por extensão também à Geografia. Esta, decorrente da sua

abrangência e, sobretudo, histórica pretensão de síntese, vem convivendo com problemas de natureza conceitual e teórico-metodológico.

A emergência dos estudos integrados em Geografia a exemplo de outras tendências também desencadeou a necessidade de se repensar os pressupostos teóricos dessa ciência assim como de buscar técnicas que permitissem analisar a realidade geográfica de forma não linear. Nesse contexto a formulação teórica que vem se mostrando como suporte adequado para as análises integradas nessa área, é a Teoria Geral dos Sistemas. Também surgiram, sobretudo em algumas especializações desse ramo de conhecimento, como é o caso particular da Geomorfologia, propostas metodológicas que permitiram materializar essa concepção teórica e disponibilizar seus resultados para uso prático.

Na Geomorfologia a adoção da perspectiva sistêmica de análise e a materialização dessa concepção teórica através da elaboração de cartas sínteses têm se mostrado adequada aos estudos integrados nessa área de especialização da Geografia.

No caso da pesquisa em questão aquela teoria e metodologia se revelaram importantes porque possibilitaram não só a comprovação das hipóteses do trabalho – de que a dinâmica das formas de relevo e as propriedades adquiridas em sua gênese determinam a evolução dos processos geoecológicos e sócio-reprodutores revelando-se por isso essenciais em estudos que com a intenção de subsidiar o (re)planejamento por explicarem a situação atual e possibilitarem o prognóstico de tendências mas também o atingimento dos principais objetivos (científicos e econômico-sociais) da investigação quais sejam avaliar, em uma realidade particular, a aplicação de uma concepção teórica geral decorrente da perspectiva de análise do relevo adotada (georelevo) assim como, disponibilizar seus resultados, para fins de planejamento regional futuro e de conscientização ambiental.

Na óptica do georelevo a pesquisa além de evidenciar a dinâmica dos integrantes sistêmicos que formam o geossistema paisagístico regional, também mostrou que as formas de reprodução social verificadas na Bacia do Ribeirão Piracicamirim não resultaram do uso adequado (na perspectiva sustentável) das

propriedades geoecológicas da área quando se leva em conta a intensidade e os modos de uso mas, principalmente os custos sociais da reprodução.

Do ponto de vista metodológico a unidade geográfica escolhida para estudo (uma bacia hidrográfica) enquanto sistema aberto possibilitou comprovar que a Bacia do Piracicamirim enquanto unidade sistêmica, não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um conjunto maior (Bacia do Piracicaba). Sendo assim, as modificações impressas na última, acarretaram mudanças diretas nos valores dos elementos contidos naqueles de grandeza inferior (no caso Bacia do Piracicamirim), mas também superior (Bacia do Tietê). Numa perspectiva sistêmica, a decisão de, no âmbito do Município de Piracicaba, a Bacia do Piracicamirim ter sido escolhida como eixo de expansão urbana não foi, na relação com as características geoecológicas da área adequada tanto é que teve inúmeras conseqüências para a morfodinâmica da área além de resultar em ônus econômico-social. Por exemplo, a criação de formas antropogênicas, a aceleração de processos erosivos testemunhado pela localização de sulcos, ravinas e voçorocas ativas algumas inclusive, de grandes proporções, assim como o nível de assoreamento do ribeirão tem obrigado a prefeitura municipal, na perspectiva de diminuir o problema das enchentes, a implementar ações de desobstrução do rio uma vez que os sedimentos estão a diminuir a profundidade desse corpo d'água e por decorrência a intensificar o problema das enchentes. É ainda a ocupação de uma área significativa da Bacia do Piracicamirim com a cidade, particularmente com população de baixa renda que está a comprometer o equilíbrio do sistema em questão e, portanto, a modificar a morfodinâmica natural da área. Aquela, pela falta de consciência ambiental, tem agravado os problemas que a natureza (em função das características do ambiente físico) e a economia (uso predominante da terra com o cultivo da cana-de-açúcar) já provocaram nesse espaço. Os moradores atiram no ribeirão pneus, sofás, armários quebrados, além de lixo orgânico o que faz desse manancial um dos que mais concentram material, principalmente sacos de lixo orgânico. Além da falta de consciência ambiental isso ocorre em função da proximidade dos loteamentos do referido curso d'água.

As considerações anteriores confirmam através da análise integrada relevo/ "território" a Bacia do Ribeirão Piracicamirim como uma unidade de paisagem fortemente marcada pela sociedade e por sua estrutura sócio-econômica.

A interface dinâmica existente entre sistema geomorfológico e territorial se comprovou na área, de um lado, pela aceleração da geração de sedimentos e de outra pelas formas atuais de degradação e de agradação aí localizadas, algumas decorrentes de processos naturais mas a maioria, resultantes dos tipos predominantes de uso da terra.

Do ponto de vista do uso da terra, o fato de o cultivo da cana-de-açúcar constituir-se na principal atividade agrícola da bacia e desse tipo de plantação, juntamente com outras culturas também de ciclo curto aí verificadas (soja, milho) demandarem elevado manejo, tornam as terras expostas ao arraste, principalmente pelas chuvas torrenciais de verão dado o caráter tropical do clima regional.

Cientificamente podemos afirmar que a exemplo de várias outras pesquisas, o presente estudo reforça a adequação da perspectiva teórica sistêmica e, da sua materialização em cartas sínteses não só para análises geográficas integradas, mas, principalmente, para estudos com pretensão de subsidiar o planejamento como é o caso particular daqueles de Geomorfologia Aplicada.

A comprovação da referida adequação decorre, em primeiro lugar, da natureza complexa do fenômeno investigado. Essa realidade, por si só, justifica a impropriedade a aplicação de concepções teórica/ metodológicas analíticas no estudo de realidades complexas como é o caso da realidade geomorfológica. Porém, pode ser uma opção metodológica, o desenvolvimento de etapas processuais de análise desde que o produto final seja uma síntese.

Se para a explicação da dinâmica geomorfológica de uma área concorrem fenômenos de natureza geológica, pedológica, climática, antrópica etc., a análise linear e integrada dessas variáveis pode conduzir a interpretações equivocadas e, às vezes, errôneas. Foi o que se pode concluir a partir da análise linear

originalmente feita de cada um dos produtos gráficos e cartográficos na pesquisa em questão.

Por exemplo, a análise particular do grau de vulnerabilidade à denudação (intemperismo+erosão) das rochas verificadas na Bacia do Ribeirão Piracicamirim, tomando por base a sua posição na escala proposta por Crepani et al (2001) nos levou a considerar, o basalto como rocha de grau de vulnerabilidade média (1,5 em escala que vai de 1,0 a 3,0) e as rochas sedimentares - apresentarem baixos valores de coesão - como mais vulneráveis à denudação (pelo fato do seu grau de vulnerabilidade variar de 2,4 a 3,0).

Já na análise integrada algumas rochas apresentadas na classificação anteriormente referida, como menos vulneráveis à erosão, como é o caso do basalto, o solo se apresenta vulnerável (caso de Litossolos em basalto) o que se revela importante em estudos com a pretensão de subsidiar o planejamento.

É o fato de trabalhar com médias, que faz da metodologia anterior inadequada para trabalhos que como este, tem a intenção de subsidiar planejamento territorial.

Considerando-se a inadequação metodológica anterior, e, sobretudo porque a geologia não é determinante na fragilidade, sua análise foi feita pela importância que tem na formação dos solos.

Da mesma forma, partindo-se de uma análise linear, o fato de na Bacia do Piracicamirim verificar-se maior proporção de solos do tipo Podzólico e de Latossolos e partindo-se do pressuposto de que estes não se incluem entre os mais vulneráveis aos processos erosivos - seja por seu tipo, mas, sobretudo, características físicas – teoricamente, poder-se-ia deduzir que a partir da formulação teórica de Crepani et al (2001) a variável pedológica a área, em geral, não se incluiria entre as de maior fragilidade.

A análise integrada materializada na carta de fragilidade mostrou a variável pedológica ao lado da declividade, como aquela que está a explicar a ocorrência do grau Fragilidade Forte na bacia em questão.

Também com a intenção de destacar a pertinência da análise integrada em estudos ambientais, devemos destacar que a interpretação isolada da Carta

Clinográfica levou-nos à conclusão inicial de que, tomada numa perspectiva geral, a declividade em função da sua pequena significação na área de estudo (0 a 6%), não contribuiria para acelerar a ação morfogenética na Bacia do Piracicamirim e, portanto, para aumentar real ou potencialmente a fragilidade ambiental. Contudo, quando associada à variável pedológica e a tipos particulares de uso da terra, é a que está a explicar os maiores níveis de fragilidade ambiental registrados na área de estudo.

Por último, a análise particular da Carta Geomorfológica induziu-nos a identificar inúmeras formas atuais mapeadas (cicatrizes erosivas, rampas de colúvio e antropoformas observadas especialmente na área urbanizada da bacia) e de erosão (comprovada pelo nível de assoreamento do ribeirão) e o uso da terra como principal fator a determinar a fragilidade maior da bacia o que não se comprovou, quando da realização da análise integrada que indicou a associação declividade/solo como condicionantes principais da fragilidade na bacia.

Na perspectiva de servir como subsídio para o planejamento regional futuro da bacia objeto de estudo, a investigação chegou ao que originalmente se propôs porque, ao disponibilizar um mapa com a identificação dos graus de fragilidade dessa unidade geográfica, deverá servir de apoio técnico para poder público replanejar o uso da terra tanto rural como urbana nesse espaço o que resultará em ganhos tanto sociais com econômicos.

O produto final da investigação, a Carta de Fragilidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Piracicamirim, como já foi destacado, identificou a declividade e o tipo de solo como fatores principalmente determinantes da fragilidade ambiental da área estudada. A comprovação dessa assertiva reside no fato dos graus Muito Forte e Forte de fragilidade terem sido mapeados nas áreas de maior declividade da bacia. O grau Muito Forte de fragilidade aparece na área, associado à intrusão de corpos magmáticos; naquelas em que à condição anterior associam – se solos litólicos, bem como nas áreas de ocorrência de solos hidromorfos - o que se dá ao longo do Ribeirão Piracicamirim e de seus afluentes mais importantes (Córrego Campestre, Joaquim Bento, Palmeiras etc.). Como já foi dito, esses dois tipos de solos são considerados vulneráveis. São solos rasos, portanto pouco

desenvolvidos; o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou diretamente, sobre a rocha mãe (não possuem horizonte B); constituem-se em solos em fase inicial de formação seja porque estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados (caso dos solos hidromorfos), ou porque estão situados em lugares de maior declividade, onde a velocidade de erosão supera a de transformação da rocha em solo (caso dos solos litólicos).

As áreas de fragilidade Média, Fraca e Muito Fraca, na Bacia do Piracicamirim, foram localizadas, respectivamente, nos setores com declividades variando de, Muito Fraca (0-6%) a Fraca (6 a 12%) e de ocorrência de solos podzólicos e de latossolos. Os dois primeiros graus de fragilidade (Média e Fraca) aparecem nos setores da bacia ocupados, com cultivos de ciclo curto, principalmente cana-de-açúcar; o último (Muito Fraco) em áreas de pastagem. Essa constatação confirmou o que a teoria já havia anunciado: que as formações naturais ou cultivadas de gramíneas (pastos), em função da maior densidade de cobertura, protegem muito mais o solo dos processos erosivos do que a agricultura de ciclo curto, no caso, do que a cana-de-açúcar, soja e milho. Por serem plantadas em fileiras estas culturas oferecem pouca cobertura durante seus estágios iniciais de crescimento, favorecendo a erosão.

Considerando-se a tendência contemporânea de valorização do álcool combustível no mercado principalmente internacional, conclui-se não só pela manutenção do atual perfil agrícola da Bacia do Piracicamirim, mas sobretudo pela ampliação das áreas cultivadas com cana-de-açúcar no espaço em questão - como vem acontecendo em outros setores da Bacia do Rio Piracicaba, do Estado de São Paulo e do país - e por decorrência, pela aceleração dos processos erosivos no espaço rural.

O estudo indicou que o replanejamento do uso da terra rural na área se mostra necessário especialmente, nos setores onde a combinação grau de declividade/tipo de solo/uso da terra ou tipo de solo/uso da terra, determinam índices de fragilidade identificados como de grau Muito Forte. A associação daquelas características do meio físico à ação antrópica - principalmente ao cultivo de cana-de-açúcar estão a contribuir, como acabamos de destacar, para

fragilizar ainda mais o ambiente. Isso acontece porque esse tipo de plantação juntamente com outras culturas também de ciclo curto, aí verificadas, como é o caso da soja e do milho, demandarem elevado manejo tornando as terras ainda mais expostas ao arraste, principalmente pelas chuvas torrenciais de verão. Como provaram os cartogramas climáticos anteriormente apresentados a época de carência de precipitações na bacia, habitualmente corresponde ao semestre de inverno. As chuvas desse período por apresentarem-se escassas e mobilizarem pequeno volume de água têm pouca ação morfogenética. Acrescenta-se a isso, o fato de nesse momento a área encontrar-se, na sua maioria, protegida pelos canaviais, já que a época de corte para os plantios de ano e meio, inicia-se em setembro, bem como os plantios de ano. Ao contrário, é no período em que as precipitações se intensificam, passagem da estação seca para a chuvosa, que o solo apresenta-se menos protegido já que parte da terra está ocupada com a cana em formação outra está sendo revolvida e fertilizada, para receber novo cultivo do produto e, as demais apresentam material detrítico mais solto fruto do ressecamento, o que nos leva a pressupor a intensificação dos processos de erosão.

Do ponto de vista social, o respeito às características físicas da bacia - registrados espacialmente em mapeamentos individuais (cartas temáticas) e de forma integrada na carta síntese (mapa de fragilidade ambiental) que se constituiu na metodologia que permitiu materializar a intenção de identificar os graus de fragilidade - se levado em conta nas ações de replanejamento do espaço em questão deverá contribuir para minimizar os problemas ambientais tanto rurais como urbanos que se agravam de forma crescente na área como estão a testemunhar as atuais preocupações da população que residencialmente a ocupa ou que nela tem empreendimentos principalmente agrícolas e imobiliários.

É também a consideração das características físicas da bacia, agora de natureza geológico que deverá levar o poder público municipal a repensar a direção atual da expansão urbana na bacia do Piracicamirim isso porque, a despeito da suavidade topográfica, a formação geológica de ocorrência mais extensiva na área é a Corumbataí. Esta unidade corresponde às áreas com

presença significativa de argilo-minerais expansivos que se manifestam na forma de problemas de fundação e instabilidade de taludes por expansão/contração nos materiais do subsolo.

O trabalho também comprovou, em escala de detalhe, as constatações que em escala menor o IPT fez para esse setor do Estado de São Paulo, ou seja, que é o tipo de solo que está a explicar a causa maior das inúmeras rachaduras verificadas nas casas dos loteamentos, sobretudo, mais recentes. Essa direção de crescimento não seria motivo de preocupação se a população que está ocupar o espaço urbano da bacia, pertencesse a um segmento social com melhores condições econômico/sociais. O fato de, genericamente os habitantes serem de baixa renda, é que está a impossibilitar o uso de material e tecnologias de construção demandados por um ambiente com as características ambientais mapeadas na área e a explicar mais esse problema que está a afetar a qualidade de vida da população local exatamente porque em muitos casos está a colocar a vida em risco.

Especificamente do ponto de vista do replanejamento territorial urbano a comprovação anterior se revela particularmente oportuna porque, no momento atual, a Prefeitura Municipal de Piracicaba está a elaborar um novo plano diretor para a cidade.

Considerando-se que as ações públicas atualmente se configuram muito mais como intenções do que como realidade, o estudo reforça a necessidade da efetiva implementação de práticas que contribuam para desacelerar os processos erosivos e para diminuir a perda de qualidade das águas de superfície que este e outros estudos denunciaram. Por fim confirma a urgência da ampliação de programas de educação ambiental considerando-se, sobretudo, o alto índice de crescimento da população urbana nessa unidade de paisagem e, principalmente o baixo nível sócio/econômico/cultural geral da mesma pelo fato deste determinar o (baixo) grau de consciência ecológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. A. de. Significado e propriedade do relevo na organização do espaço. **Boletim de Geografia Teorética**, a.15, n.29-30, p.154-162, 1985.

AB' SABER, A. N. A geomorfologia do Estado de São Paulo. In: **Aspectos geográficos da terra bandeirante**. Rio de Janeiro: CNG, 1954.

_____. Contribuição à geomorfologia da área do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1., São Paulo, 1963. **Anais...** São Paulo: Edusp, 1963.

_____. **Participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro**. 1965. Tese (Livre Docência em Geografia Física) - FFLCH/USP. São Paulo. 1965.

_____. Um conceito de Geomorfologia a serviço do Quaternário. **Geomorfologia**. IG/USP. n.18, p.3-4, 1969.

_____. O mosaico primário de matas e cerrados no Planalto Paulistano. **Cadernos de Ciências da Terra**, v.6, p.244-29, 1970.

_____. A planície do Tietê no Planalto Paulistano. **Geomorfologia**. v. 57, p.1-24, 1978.

A HORA e a vez do setor sucroalcooleiro. **Jornal de Piracicaba**. 15 dez.2005.

ALMEIDA, F.F. M. de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: IG/USP, 1974. (Série Teses e Monografias, 14).

ANDERSON, J.R. et al. **Sistemas de classificação de uso da terra e do revestimento do solo com dados de sensoriamento remoto**. Tradução H. Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

ARAÚJO NETO, M.D. BAPTISTA, G. M. de M. **Recursos hídricos e ambiente**. Brasília: Centro Educacional Objetivo, 1995.

ASSIS, F. N.: ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística a climatologia**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, Universitária, 1996.

BANCO de dados de solos. Disponível em: <www.cena.usp/piracena/html/bancosolos.htm>. Acesso em: 1998.

BARCELLA, C.B. Safra de cana Crescerá 6%na região. **Jornal de Piracicaba, Piracicaba**. 1 dez. 2006. p. B1.

BERRY, Brayan. Cities as systems within systems of cities. **Papers of Regional Science Association**. n. 13, 1964.

BERTONI, J.L.; MARTINS, F.R. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária na reserva estadual de Porto Ferreira, SP. **Acta Botânica Brasileira**. v.1, n.1, p.17-26, 1987.

BERTOLDO, J. O novo sistema brasileiro de classificação de solos. **O Agrônomo**. Campinas. a. 53, n.1, p.8-10.2001.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo. IG/USP. n. 13. 1972.

BEVERIDGE, W. I. B. Teoria dos sistemas. In: - **Sementes da iniciação científica**. São Paulo: T.A. Queiróz, 1981.

BEZERRA-DOS-SANTOS, L. Floresta galeria In: **IBGE**: tipos e aspectos do Brasil. 10. ed. Rio de Janeiro, 1975.

BLANKIE, P.; BROOKFIELD, H. **Land degradacion and society**. Londres: Methuen, 1987.

BOLIN, B.; COOK, R.G. **The biogeochemical cycles and their interations**. New York: International of scientific Unions/ Scientific Commmmmittee on problems of the environment, 1983.

BRAY, Sílvio. **A formação do capital na agroindústria açucareira de São Paulo**: uma revisão dos paradigmas tradicionais. [S.l. s.n.], 1989.

CAMPOS, L.F.G. **Mapa florestal de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Estado de Meio Ambiente, 1912.

CANEVALE, L. Hidrovia moderna. **A Gazeta**, Piracicaba. 24 out. 2006, p. 11.

CARVALHO, Franklin Plesmann. Pisca – o mosqueteiro piracicabano. **Notícias Piracena**. Piracicaba. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Esalq/USP. 20 nov. 1995.p. 1-7.

CASSETI, W. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Cortez, 1984.

CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino. **Mapeamento das áreas de risco de erosão dos solos da Bacia do Rio Piracicaba utilizando geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado) – Esalq/USP. 1999.

CETESB. **Controle da poluição ambiental na Bacia do Rio Piracicaba**. São Paulo, 1991.

CHISTOFOLETTI, A. Depósitos sedimentares e formas topográficas nos canais e nas planícies de inundação. **Notícia Geomorfológica**, v. 18, n.36, p.3-56, 1978.

_____. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/EDUSP, 1979. p. XII.

COLTRINARI, Lylian. Geografia de los cambios globales: una geografia para el siglo XXI? **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, n.73, p.7-15, 1994.

COSEMA (CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE). **Áreas naturais do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1985.

CREPANI, E. et al. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

----- **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: IMPE, 2001.

CULLING, W. E.H. Multicycle streams and the equilibrium theory of grade. **Journal of Geology**. a .65, n. 3, p. 259-274.1957.

DEMEK, J. Generalization of geomorphological maps. In: **Progress mading in geomophological maps**.[S.I.]: BRNO, 1965.

DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Projeto Sapucaí**: estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Relatório final de geologia. Brasília, 1979.

DOORKAMP, J.C.; KING, C.A.M. Numerical analyses. **Geomorphology**. London: [s.n.], 1971.

DOUGLAS, I. **The urban environment**. London: Edward Arnold, 1983.

EDWAL, G.; MOURA G. **Exploração do Rio Feio e Aguapey**. In: Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo. São Paulo: Rotschild, 1906.

EISTEN, G. A vegetação do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Botânica de São Paulo**. v. 7, p. 1-147, 1970.

ERHART, H. **Biostasie “et” rhésistasie**: esquisse d’une théorie sur la role de la pédogèse em que phénomène géologique. Paris: Masson, 1965.

FERNANDES, A.; BEZERRA, P. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. São Paulo: Stylus Comunicações, 1990.

FERRAZ, Epaminondas S. B. A bacia hidrográfica como unidade de estudo. **Notícias PiraCena**. CENA. Esalq/Usp. 1996. p.1-6.

FIORIO, P. R. **Avaliação cronológica do uso da terra e seu impacto no ambiente da microbacia hidrográfica do Córrego do Ceveiro da Região de Piracicaba/SP**. 1998.114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP-Piracicaba. 1998.

FUJIMOTO, N. S. V.M. **Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre- RS**: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio. 2001.236 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – FFLCH/USP. 2001.

GALLO, Zildo. **A defesa das águas da Bacia do Rio Piracicaba**: o papel da CETESB e de todos nós. 2000. Tese (Doutorado) – Unicamp/Instituto de Geociências. 2000.

GERASIMOV, I. **Problemas metodológicos de la ecologización de la ciencia contemporánea**. Moscou: Progreso, 1980.

GILES, P.T.; FRANKLIN, S.E. Na automated approach to classification of the slope units using digital data. Amsterdam. **Geomorphology**. v. 21, p. 251-264.1998.

GRIGORIEV, A .A. The theoretical fundaments of modern physical Geography. In: - **The interaction of sciences in the study of the earth**. Moscou: [s.n.], 1968.

GUERRA, Antônio T.; CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996.

HACK, John. Interpretação da topografia erodida em regiões temperadas úmidas. **Notícia Geomorfológica**. a .12, n. 24, p. 3-7, 1972.1960.

HAGGET, Peter. **Locational analyses in Human Geography**. Londres: Arnold, 1965.

HOENHE, F.C. Excursão botânica feita pelo sul de Minas Gerais e regiões limítrofes do Estado de São Paulo, de 12 de abril a 9 de junho de 1927. In: **Observações gerais e contribuições ao estudo da flora e fitofisionomia do Brasil**. [S.l. s.n.], 1939.

_____ **As florestas da América do Sul**. São Paulo: UNB/Polígono, 1972.

HORNINK, Sérgio. Bacia do Piracicaba: organização que faz diferença. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba. 30 out. 2000.

HUECK, K. Mapa fitogeográfico do Estado de São Paulo. **Boletim Paulista de Geografia**. v. 22, p. 17 - 25, 1956.

_____ Sobre a origem dos campos cerrados no Brasil e algumas novas observações sobre seu limite meridional. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 29, n.1, p. 67-82, 1957.

_____ **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Unb/Polígono, 1972.

IGC. (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo). **As florestas da América do Sul**. São Paulo: UNB/Polígono, 1972.

----- **Carta de utilização da terra do Estado de São Paulo**. Folhas de Campinas, Guaratinguetá e Santos. Escala 1: 250 000. São Paulo. 1980.

IGG. (Instituto Geológico e Geográfico do Estado de São Paulo). **Folha Geológica de Piracicaba**. 1: 100 000. São Paulo, 1966.

IPT. (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). **Orientações para o combate da erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Médio Tietê**. São Paulo: IPT, 1991. (Relatório Técnico/29 004).

IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Aspectos ecológicos de uma mata de brejo em Itatinga, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, 1997.

JAHAN (1954) apud NAHASHIMA, M. da S. S. R. **Análise dos processos erosivos e da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Keller-PR**. São Paulo. 1999. 216. Tese (Doutorado em Geografia Física) – FFLCH/USP. 1999.

JOLY, A.B. Estudo fitogeográfico dos campos de Butantã (São Paulo). **Boletim da FFCL/USP**, n.109, v. 8, p. 3-68, 1950. (Série Botânica).

----- **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: EDUSP/ Polígono, 1970.

JORGE, F.N.; UEHARA, K. Águas de superfície. In: OLIVEIRA, A. M.dos S.; BRITO, S. N. A. de (Edits.) **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1998.

KATZ, R. W. Sir Gilbert Walker and a connection between El Niño and statistics. **Statistical Science**. n.17, n.1, p.97-112.2002.

KLIMASZEWSKI, V. Detailed geomorphological maps. **ITC Journal**. p. 265, 1982.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**. São Paulo: IG, 1971. n.1.

LIMA, C.R. **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo**: uma abordagem geomorfológica. São Paulo. 1990. 105 f. Dissertação (Mestrado)-FFLCH/USP. 1990.

LEITÃO FILHO, H.F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **IPEF**. n.45, p. 41-46, 1987.

_____. A flora arbórea dos cerrados do Estado de São Paulo. **Hoehnea**, v.19n. 1/2, p. 151-163, 1992.

_____. Diversity of arboreal species in Atlantic Rain Forest. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v.66, Suplemento, v.1, n.1, p.91-98, 1994.

LEOPOLD, L.B.; LANGBEIN, W.B. **Filosofia de la Geologia**. México: Continental, 1970.

LINDMAN, C.A.M. **A vegetação do Rio Grande do Sul**. (Brasil Austral, 1906) In:

LINDMAN, C.A. M; FERRI, M.G. **A vegetação do Rio Grande do Sul**. São Paulo/Belo Horizonte: EDUSP/Itatiaia, 1974.

LOEFGREN, A. Ensaio para uma distribuição dos vegetais nos diversos grupos florísticos no Estado de São Paulo. **Boletim da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo**. n.11, p. 5-50, 1896.

_____. Geographie botanique de la flore de Saint Paul. In: CONGRESSO CIENTÍFICO LATINO-AMERICANO, 3. 1909. **Anais...** Rio de Janeiro, 1909. p. 473-501.

LOMBADI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1975,

LOTEADORES recebem Plano Diretor de Macrodrenagem do Ribeirão Piracicamirim. Disponível em: <www.cosmo.com.br/cidades/piracicaba>. Acesso em: 26 jan. 2006.

MARIANO, Maria Tereza. Barragem: fantasia e realidade – II. **Jornal de Piracicaba**. Piracicaba. 7 jun. 2000.

MARTINELLI, L. A. O pesquisador solitário. **Notícias PiraCena**. Cena/Usf, p. 1-10, 20 jan.1996.

-----**Efeito das mudanças do uso do solo e efluentes domésticos sobre a composição química da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em duas pequenas bacias hidrográficas localizadas na Bacia do Rio Piracicaba (SP)**. 2001.337 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)-CENA/USP. 2001.

MAURO, C. de et al. Para salvar a Bacia do Piracicaba. In: **Prática de ensino em Geografia**. São Paulo: AGB, 1991. (Terra Livre, 8).

MEIJERINK, A. M. J. Data acquisition and data capture through terrain mapping units. Wagenigen. **ITC Journal**. n.1, p-23 - 44, 1988.

MESCERJAKOV, J.P. Les concepts de morphostruture et de morphoesculture: un nouvel instrument d'analyse geomorfologique. **Annales de Geographie** 77e. , n. 423.1968.

MOMBEIG, Pierre. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1984.

MONTEIRO, C.A.F. **A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969. (Série Teses e Monografias, 1).

_____**A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. São Paulo/: Instituto de Geografia/USP, 1973.

MORENO, João. **Análise da organização e dinâmica das condições ambientais e urbanas face a uma nova ordem econômica: Piracicaba e seu entorno**. 2000.233f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)-UFSCAR/USP. 2000.

MUHLMANN, H. et al. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. Ponta Grossa: Petrobrás, 1974.

MUITA água ainda vai rolar. **Notícias PiraCena**. Piracicaba. CENA/USP. 20 maio 1998.

NEEF, E. Geographie und Umweltssenschaft. **Petermanns Geographische Mitteilungen**. v. 16, n.2, p. 81-88.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NÓIS do Pisca. **Gazeta de Piracicaba**. 23 set. 2007. p. 32.

OMETTO, Jean Pierre. Deteriorização das microbacias urbanas. **Notícias Piracena**. CENA. Esalq/Usp. 1998. p. 2.

----- **Efeito das mudanças do uso do solo e efluentes domésticos sobre a composição química da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em duas pequenas bacias hidrográficas localizadas na Bacia do Rio Piracicaba (SP)**. 2001. 82 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas) - Esalq/USP. Piracicaba. 2001.

O PROJETO. Disponível em: <www.baciasirmas.org.br>. Acesso em: 12 fev.2007.

PANORAMA da participação da população da Bacia do Pisca na gestão compartilhada de recursos hídricos. Disponível em: <www.baciasirmas.org.br>. Acesso em: 5 fev. 2007.

PENCK, Walter. **Morphological analysis of the land forms**. London: Macmilan, 1953.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. 1976. 86 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - FFCL/USP. 1976.

PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L. O.; FORESTI, C. **Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1989.

PETRONE, Maria Tereza S. **A lavoura canavieira em São Paulo: expansão e declínio (1765-1851)**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1968.

PIRACICABA inicia obra de US\$ 980 mi. **Folha de São Paulo**. 29 dez. 1997. p.1.

PLANO sugere taxa de drenagem. **Jornal de Piracicaba Online**. 17 out.2005.

POMPERMAYER, R.M.T. **Espaço urbano de Piracicaba: sua ocupação e evolução**. 1998. (Relatório Final apresentado à FAPESP).

PRELA, A. **Influência dos fenômenos El Niño/La Niña na produtividade de trigo no Estado do Paraná**. 2004. Tese (Doutorado) – Esalq/Usp. 2004.

PROJETO EIA - Rima fica pronto até agosto. **Jornal de Piracicaba**. Piracicaba. 26 mar.1998, p.1.

RANZANI, G. **Subsídios à geografia de Piracicaba**. Piracicaba: IHGP, 1976.

REICHMAN NETO, F.Revegetação de áreas marginais e reservatórios de hidroelétricas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4. Manaus. 1978. **Anais...** São Paulo. Sociedade Brasileira de Silvicultura.1978.

RICH, J. L. Problems in brazilin geology and geomorphology suggested by reconnaissance in summer of 1951. **Geologia**, n.8, 1953.

RODRIGUES JÚNIOR, José Celso. **Balanço da erosão na Bacia do Rio Piracicaba**. [S.l.: s.n.], 1998.

RODRIGUES, C. Qualidade ambiental urbana: como avaliar? **Revista do Departamento de Geografia**. FFLCH. São Paulo. n. 11, 1996.

----- A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 14, p.69-77, 2001.

RODRIGUES, R. R. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. Piracicaba. **IPEF**. n. 189. ago.1999. (Circular Técnica).

ROLANDO BERRIOS, Manoel B. **Degradação ambiental na Bacia do Piracicaba/SP**. 1993. 186 f. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH/USP, 1993.

ROSS, J. L. S. **Estudos dos rios Cambuçu de Cima e Carapicuíba**. [São Paulo]: [s.n], 1985/1986.

----- **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990. (Repensando a Geografia).

----- **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991. (Repensando a Geografia).

----- O registro dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 6. 1992.

----- Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8, p. 63-74. 1994.

----- Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. p. 66. 1995a.

----- Os fundamentos da geografia da natureza. In: ROSS, J.L.S. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1995b.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia da FFCL/USP/IPT/FAPESP, 1997.

ROSSETTO JR., R. Fim do ciclo pode trazer desemprego em massa para a região. **Folha Piracicabana**, Piracicaba. 26 abr. 1998.p.2.

SAINT-HIAIRE, A. **Voyage dans les provinces de Saint Paul e Sainte-Catherine**. Paris: Arthus Bertrand, 1851.

SALATI, Eneida. **Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí**. 1996. 199 f. Tese (Doutorado) – EESC. 1996.

SALIS, S. M.; SHEPHERD.G. J.; JOLY, C.A. Floristic comparison of mesophytic semideciduous forest of the state of São Paulo, Southeast Brazil Vegetation. v.119, p.115-164.1995.

SALOMÉ, A. I., VAN DORSSER, H.G. Examples of 1:50 000 scale geomorphological maps of geomorphology of parts of Ardennes. **Zeitschrift Geomorphologie**. v. 26, n. 4, p. 481-489. 1982.

SAMPAIO, A. J. **Fitogeografia do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Nacional, 1938.

SAMPAIO, Sílvia. **Geografia industrial de Piracicaba**: um exemplo de interação indústria-agricultura. 1973. Tese (Doutorado – FFLCH/Rio Claro. 1973.

SANTOS, E.A. A geomorfologia de Sorocaba e alguns dos seus problemas. **Boletim Paulista de Geografia**. n. 12, p.3-29, 1952.

SANTOS, M.J.Z. Comportamento especial da cultura canavieira no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia**. n. 8/9, p. 31-66, 1989/90.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Coordenação de Ação Regional Divisão de Geografia. **Plano Cartográfico do Estado de São Paulo**. IGC. Escala: 1:10 000. 1979.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de recursos hídricos**: primeiro plano do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, 1991.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Bacia do Piracicaba**: estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d' água. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1994.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. UGP - Piracicaba. **Concepção, estudos de poio e preparação dos recursos hídricos das Bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. [1996], p. 2.

SECRETARIA retira areia do fundo de 16 córregos de Piracicaba. **Jornal de Piracicaba Online**. 12 out. 2005.

SPAROVEK, G. et al. Aptidão das terras de Piracicaba (SP) para o corte mecanizado de cana-de-açúcar. **Revista Stab – Açúcar, Alcool e Subprodutos**. Piracicaba. V. 15, n.5, p. 6-9. 1997.

SPAROVEK, G.; COSTA F.P.S. Evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba-SP (1940-2000). **Caminhos da Geografia**. a.5, n.13, out. 2004.

SPORL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. São Paulo. 2001. 160 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – FFLCH/USP, 2001.

SUETEGARAY, D. M. A.; NUNES, J.O.R. **A natureza da Geografia Física na Geografia**. 2001. Disponível em: <www.geoambiente.ufa>. Acesso em: 6 mar.2007.

TARIFA J.R. **Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1975. (Teses e Monografias, 19).

TERCI, Eliana Tadeu. **A agroindústria canavieira de Piracicaba: relações de trabalho e controle social 1880 a 1930**. 1991. Dissertação (Mestrado em História) – PUC/SP. 1991.

TOLEDO, A. M. A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP)**. Piracicaba. 2001. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP, 2001.

TORRES, R.B. Florística estrutura doe componente arbóreo de uma mata de brejo em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.17, n. 2, p. 189 -194, 1994.

TRICART, J. Mise au point: l'evolution de versants. **L'Information Geographique**. Paris. v.21, 1957.

TRICART, Jean. **Principles et méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p.29.

TROPPEMAIR, H. A cobertura vegetal primitiva do Estado de São Paulo. **Biogeografia**. v. 1, p. 1-10, 1969.

TROPPEMAIR, H.; MACHADO, M.L. A. Variação da estrutura da mata galeria na Bacia do Rio Corumbataí. **Série Biogeografia Botânica**. 1974.

USTERI, A. Contribuição ao conhecimento da flora dos arredores da cidade de São Paulo. **Anais da Escola Politécnica**, 1906.

VALERIANO, M. de M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande/PB. DEAg/UFCG. v. 7, n. 3, 2003.

VELOSO, H.; GOES FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical. **Boletim Técnico Radam-Brasil**. p.1-180, 1982. (Série Vegetação)

VERDADE, Luciano M. Aprovado o anteprojeto das Agências de Bacia. **Notícias PiraCena**. CENA. Esalq/USP. 1998. p.2.

VERSTTAPPEN, H.T. **Geomorphology and urbanization**. Amsterdam: Elsevier, 1983.

VICTOR, M.A.M. **A devastação florestal**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1985.

VIDAL TORRADO, Pablo. **Pedogênese e morfogênese no Distrito de Tupi**. [S.l.: s.n.], 1994.

VILLA NOVA, N. **Expectativa sobre El Niño 1997-1998**. Piracicaba. Departamento de Física e Meteorologia/ESAL-USP.1997.

VON BERTALANFFY, Ludwig. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

WALKER, D. A. El niño a-t-il son origine au fond de la mer? **La Recherche**. p. 38-39. 1995.

WETTSTEIN, R.R. **Vegetationsbilder aus sudbrasilien**. Leipzig: Granz Denticke, 1904.

WHITE, I.C. **Relatório final sobre o carvão no Brasil**. Rio de Janeiro: Impr. Nac., 1908.

ZALUAR, Augusto. **Peregrinação pela Província de São Paulo (1860-1861)**. Belo Horizonte: Itatiaia/Edusp, 1975.

ZONA rural concentra lotes irregulares. **Jornal de Piracicaba Online**. 4 out. 2005.