

(Número: 76/2008)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JULIANO PEREIRA DE MELLO

**ENSAIO CARTOGRÁFICO PARA A DETERMINAÇÃO DA
FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
VERDE (SP)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Unicamp, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Vitte.

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO
Sistemas de Bibliotecas da UNICAMP /
Diretoria de Tratamento da Informação
Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8^a / 5283

Mello, Juliano Pereira de.

M489e

Ensaio cartográfico para a determinação da fragilidade
ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) / Juliano
Pereira de Mello. -- Campinas, SP : [s.n.], 2008.

Orientador: Antônio Carlos Vitte.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Geociências.

Título e subtítulo em inglês: Cartographic essay to the determination of the
environmental fragility on the Watershed of the Rio Verde (SP).

Palavras-chave em inglês (Keywords): Water resources - Environmental
aspects, Watersheds - Environmental aspects, Geographic information
systems.

Área de Concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial.

Titulação: Mestre em Geografia.

Banca examinadora: Adilson Avansi de Abreu, Francisco Sérgio Bernardes
Ladeira.

Data da Defesa: 19-08-2008

Programa de Pós-Graduação em Geografia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTOR: JULIANO PEREIRA DE MELLO

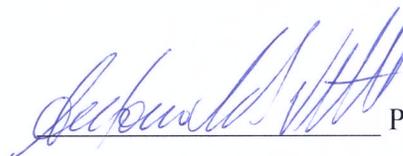
**ENSAIO CARTOGRÁFICO PARA A DETERMINAÇÃO DA
FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO VERDE (SP)**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Carlos Vitte

Aprovada em: 19 / 05 / 2008.

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Antonio Carlos Vitte

 Presidente

Prof. Dr. Adilson Avansi de Abreu



Prof. Dr. Francisco Sérgio Bernardes Ladeira



Campinas, 19 de agosto de 2008



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

AUTOR: JULIANO PEREIRA DE MELLO

**UM ENSAIO CARTOGRÁFICO PARA A DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE
AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE (SP).**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio Carlos Vitte.

Aprovada em: ____/____/____

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Antônio Carlos Vitte – Presidente

Prof. Dr. Adilson Avansi de Abreu

Prof. Dr. Francisco Sérgio Bernardes Ladeira

Campinas, 19 de agosto de 2008.

Dedico este trabalho ao meu avô José Pereira de Mello (*in memoriam*) e à minha mamãe Neusa Pereira de Mello.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me possibilitado chegar até este momento tão especial de minha formação acadêmica e pessoal, bem como, pelo fato Dele ter me abençoado com a presença de todas as pessoas que fizeram parte desta jornada.

Agradeço, de forma muito especial, ao meu professor e orientador Antônio Carlos Vitte por sua paciência e ensinamentos de forma a me conduzir, apesar de minhas limitações, na construção de minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço à minha mamãe pelo incentivo e apoio para a continuidade da realização de um sonho iniciado com as palavras de meu avô José Pereira de Mello (*in memoriam*).

Agradeço pelo privilégio de poder contar com a participação enriquecedora na correção e melhoria deste trabalho por parte dos professores Dr. Adilson e Dr. Francisco.

Agradeço aos professores, funcionários e colegas do Instituto de Geociências da Unicamp e, especialmente, do Departamento de Geografia, por todo o apoio e suporte recebidos ao longo de mais de sete anos de convivência.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 – PLANEJAMENTO E GESTÃO: BACIA HIDROGRÁFICA	3
1.1 - PLANEJAMENTO E GESTÃO: RECURSOS HÍDRICOS	3
1.1.1 - Órgãos Públicos brasileiros de planejamento e gestão dos recursos hídricos	8
1.2 - QUALIDADE AMBIENTAL.....	10
1.3 – DEGRADAÇÃO AMBIENTAL.....	11
1.4 – BACIA HIDROGRÁFICA	15
1.5 - BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ÁREAS FLORESTAIS E RURAIS	17
1.5.1 – Impacto dos Agroquímicos.....	19
1.5.2 – Impacto da Irrigação.....	21
2 – CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS	23
2.1 - FRAGILIDADE, SUSCEPTIBILIDADE, VULNERABILIDADE E SENSIBILIDADE AMBIENTAIS	23
3 – METODOLOGIA	32
3.1 - UMA PROPOSTA DE ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	32
3.2 - FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE.....	37
4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
4.1 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE	39
4.2 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA REGIONAL.....	40
4.2.1 – Evolução histórica – Vargem Grande do Sul (SP).....	44
4.3 – GEOLOGIA	50
4.3.1 – Um contato de disposição simples: Vargem Grande do Sul.....	55
4.4 – DADOS DEMOGRÁFICOS.....	56
4.5 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E PLUVIOMÉTRICA.....	57
4.5.1 – Caracterização Climática.....	57
4.5.2 – Caracterização Pluviométrica	58
4.6 – ESTADO DE CRITICIDADE.....	61
5 – RESULTADOS E ANÁLISES	64
5.1 – DRENAGEM E HIERARQUIA FLUVIAL.....	65
5.2 – COMPARTIMENTAÇÃO HIPSOMETRICA.....	70
5.3 – DECLIVIDADE.....	73
5.4 – SOLOS	77
5.5 – USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS - 2003	82
5.6 – FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE (SP).....	85
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
7 - BIBLIOGRAFIA	94
7.1 – SITES CONSULTADOS:	98

ÍNDICE

Quadros:

Quadro 1 – Tipos de uso indicados para os diversos intervalos de classe de declive.	35
Quadro 2 – Fragilidade das classes de declividade.....	35
Quadro 3 – Fragilidade dos tipos de solos.....	35
Quadro 4 – Grau de proteção dos tipos de cobertura vegetal.	36
Quadro 5 – Resumo das Características Climáticas – Bacia Hidrográfica do Rio Verde.....	58
Quadro 06 – Totais e Médias Pluviométricas para a Bacia do Rio Verde (1960 a 2004).....	59
Quadro 07 – Pesos segundo classes mapeadas para confecção do mapa síntese de fragilidade ambiental.....	86

Figuras:

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO VERDE.....	39
Gráfico 1 – Número de Estabelecimentos Industriais (1995-2003).....	41
Gráfico 2 – Valor adicionado na Indústria (em milhões de reais correntes) (1995 a 2003).....	41
Gráfico 3 – Grau de urbanização (1980 a 2005).....	42
Foto 1 – Áreas de várzea – Vargem Grande do Sul (SP).....	45
Foto 2 – Área de extração de argila – Vargem Grande do Sul (SP).....	45
Foto 3 – Trecho degradado – Rio Verde (Vargem Grande do Sul – SP).....	46
Figura 02 – Mapa Geológico – Bacia hidrográfica do Rio Verde (SP).	54
Gráfico 04 – Totais Pluviométricos Anuais para a Bacia do Rio Verde (SP) – 1960 a 2004.	60
Gráfico 5 – Precipitação Média Mensal (mm) (1960 – 2004).....	60
Gráfico 06 – Distribuição Percentual da Hierarquia Fluvial–.....	67
Bacia hidrográfica do Rio Verde.....	67
Figura 03 – Mapa da Hierarquia Fluvial Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	69
Gráfico 07 – Compartimentação Hipsométrica–.....	71
Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	71
Fig. 04 – Mapa de Compartimentação Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	72
Gráfico 8 – Áreas das classes de declividade – Bacia do Rio Verde (SP).....	74
Fig. 05 – Carta Clinográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	76
Fig. 06 – Esboço Pedológico – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	81
Fig. 07 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) - 2003.....	84
Fig. 08 – Formatação das tabelas de atributos dos mapas temáticos em ambiente SIG.....	86
(Arc Map 9.1).....	86
Fig. 09 – Conversão dos mapas temáticos em imagens TIFF. (Arc Map 9.1).....	87
Fig. 10 – Geração de algoritmo para cruzamento de dados e geração do mapa síntese.....	88
(Arc Map 9.1).....	88
Gráfico 09 – Áreas das Classes de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (em %).....	89
Fig. 08 – Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	90
Fig. 09 – Mapa de Generalização das Classes de Fragilidade Ambiental da B. H. do Rio Verde(SP).....	92

Tabelas

Tabela 1 - Efeito do tipo de uso sobre as perdas por erosão. Médias ponderadas para três tipos de solo do Estado de São Paulo.	18
Tabela 02 – Uso e Ocupação da Terra (1998 a 2002/2003).....	50
Tabela 3 – Unidades Geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	53
Tabela 4 – População Residente, participação na RA e taxa de crescimento anual.	56
Tabela 5 – População Urbana e Rural.....	57
Tabela 06 – Tratamento do Esgoto Sanitário (%) (1992 – 2003).....	62
Tabela 7 – Classificação da Ordem dos canais de drenagem Bacia Hidrográfica do Rio Verde (segundo Arthur N. STRAHLER,1952).....	67
Tabela 8 – Classes de Solo – Bacia Hidrográfica do Rio Verde.....	80
Tabela 09 – Uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) - 2003.....	83
Tabela 10 – Classes de Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).....	89



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Geografia**

Um ensaio cartográfico para a determinação da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Juliano Pereira de Mello

Este trabalho apresenta um ensaio cartográfico para a determinação da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP), a qual está localizada numa área de contato entre as rochas cristalinas da Serra da Mantiqueira e os terrenos sedimentares da Depressão Periférica Paulista.

Procedemos na construção de um apanhado conceitual e metodológico definindo e explorando os conceitos de planejamento e gestão, susceptibilidade, sensibilidade, fragilidade e vulnerabilidade ambientais.

Analisamos as características histórico-social-econômicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP), a qual é marcada pelas práticas agropecuárias, principalmente, as ligadas aos plantios de cana-de-açúcar, batata e cebola, além da criação de gado bovino.

Mapeamos e analisamos os dados sobre geologia, pedologia, drenagem, hipsometria, declividades e de uso e ocupação das terras, os quais, foram tratados em ambiente SIG e integrados por um algoritmo para chegarmos a um mapa síntese das classes de fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

O mapa síntese revela que, da área total da Bacia Hidrográfica do rio Verde, 13,23% estão classificados como sendo de muito baixa fragilidade, 42,13% como sendo de baixa fragilidade, 22,17% como sendo de média fragilidade, 14,15% como sendo de alta fragilidade e 8,31% como sendo de muito alta fragilidade ambiental.

Concluimos que a maior parte da área formada pela junção das classes de média a muito alta fragilidade estão na porção da bacia hidrográfica que corresponde aos domínios da Serra da Mantiqueira – maior intensidade dos processos de morfogênese.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Geografia

ABSTRACT

This work presents a cartographic essay to determination of environmental fragility in the watershed of the Rio Verde (SP), localized in a contact area between crystalline rocks of the Serra da Mantiqueira and sedimentary terrains of the Depressão Periférica Paulista.

We achieve the construction of a conceptual and methodological caught defining and exploring the concepts of environmental planning and management, susceptibility, sensibility, fragility and vulnerability.

Analyzed the historical-social-economic characteristics watershed of the Rio Verde (SP), which is marked for the agriculture practices, principally, the connected at potato, onion, sugar cane planting, over there of livestock creation.

Mapped and analyzed about geology, pedology, drainage, hypsometric, declivities and terrain use and occupation dates, which went treatise in a SIG environment and integrated for a algorithm to arrive the a synthesis map of the fragility environmental classes in the watershed of Rio Verde (SP).

The synthesis map show that, of the total area of watershed of Rio Verde, 13,23% are classify as very decrease fragility, 42,13% as decrease fragility, 22,17% average fragility, 14,15% as high fragility and 8,31% as very high fragility.

Then, conclude that the major part of area formed to the add of the average to very high fragility classes are in the portion of the Serra da Mantiqueira – major intensity of the morphogenetic process.

INTRODUÇÃO

O objetivo desta dissertação é realizar o mapeamento da fragilidade ambiental (ROSS, 1990/1996) visando contribuir para o zoneamento sócio-ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

A partir deste trabalho, também pretendemos contribuir para projetos e programas de planejamento e gestão ambiental, mais especificamente abordando os usos da água dentro de uma concepção sistêmica de bacia hidrográfica e de arranjo geográfico.

Os problemas relacionados à degradação ambiental têm sido alvos da mobilização de dirigentes do setor público e de grupos representativos da sociedade civil (VITTE, 1997).

Sendo assim, reforça-se a necessidade da compreensão da organização do sistema ambiental, mais especificamente, dos processos responsáveis pela degradação dos recursos hídricos, a fim de que se possa ter um entendimento sobre o porquê ela ocorre, e dessa forma poder associar o processo de ocupação e diferentes usos do território com a conservação dos mesmos, conseqüentemente, assegurando sua necessária disponibilidade para gerações presentes e futuras, com padrões de qualidade adequados aos usos.

No capítulo 01 procuramos definir os conceitos de planejamento e gestão, bem como, contextualizá-los no que diz respeito às políticas públicas brasileiras diretamente relacionadas aos recursos hídricos desde 1934 com a criação do Código das Águas no governo Vargas até os dias atuais. Além disso, tratamos dos conceitos de “qualidade ambiental”, “degradação ambiental” e “bacia hidrográfica” enquanto unidade geossistêmica de planejamento e gestão ambientais.

O capítulo 02 trás as definições dos conceitos de “fragilidade”, “susceptibilidade”, “vulnerabilidade” e “sensibilidade” ambientais, os quais, muitas vezes têm sido tratados de forma confusa, indiscriminada e sinônima, sendo assim, causando certa confusão semântica e operacional, o que, pretendemos evitar já que o conceito de “fragilidade ambiental” é norteador nesta proposta de mapeamento e análise.

No capítulo 03 apresentamos um apanhado metodológico que orientou o trabalho de construção do mapeamento da fragilidade ambiental a partir de um ensaio cartográfico aqui proposto sobre os pilares das chamadas “fragilidades potencial e emergente”, sendo assim, contribuindo na construção de um algoritmo adequado ao cálculo da “fragilidade” na Bacia Hidrográfica do Rio Verde.

O capítulo 04 apresenta uma caracterização do processo histórico-econômico-espacial do uso e ocupação da região Nordeste do Estado de São Paulo e, posteriormente procura elucidar tal processo para a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde e, mais especificamente, para o município de Vargem Grande do Sul (SP), onde estão suas nascentes. Há destaque para a relação entre as práticas agrícolas e o uso dos recursos hídricos, em especial, no que diz respeito aos cultivos da batata e da cana-de-açúcar.

Além disso, também abordamos as questões do meio físico relacionadas à geologia, ao clima e às precipitações na área da bacia hidrográfica em questão.

Sendo assim, tal caracterização e análise culminam em ajudar a entender a deliberação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo - CBH-PARDO 004/04 - que declarou crítica a Bacia Hidrográfica do Rio Verde em 25/06/2004.

No capítulo 05 apresentamos os produtos cartográficos construídos e/ou compilados em ambiente SIG (sistema de informação geográfica), suas respectivas análises que alimentam o algoritmo para o mapeamento aqui proposto e, conseqüentemente, dá origem ao mapa síntese da “fragilidade ambiental” na Bacia Hidrográfica do Rio Verde.

Por fim, no capítulo 06 são apresentadas as considerações finais sobre a análise da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde.

1 – PLANEJAMENTO E GESTÃO: BACIA HIDROGRÁFICA

1.1 - PLANEJAMENTO E GESTÃO: RECURSOS HÍDRICOS

Segundo SOUZA *et al.* (2002:73), a água é um elemento determinante na produção do espaço, seja por seu excesso, seja por sua escassez. A relevância estratégica da água e a constatação de sua escassez, qualitativa e quantitativa, para atender as demandas dos geossistemas (MONTEIRO, 2001) e dos sistemas sócio-econômicos tornam necessário o planejamento e a gestão integrados do consumo desse recurso, pois um bem estratégico escasso não pode ser tratado como um bem livre; deve ter o uso disciplinado, o que perpassa por questões técnico-científicas e políticas.

O planejamento e o manejo (gestão) ambientais podem ser definidos “... como o iniciar e a execução de atividades para dirigir e controlar a coleta, a transformação, a distribuição e a disposição dos recursos (neste caso, enfatizando os recursos hídricos), sob uma maneira capaz de sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbios nos processos físicos, ecológicos, sociais e econômicos” (BALDWIN, 1985 apud CHRISTOFOLETTI, 1999).

O planejamento tem como objetivo fazer um estudo e uma avaliação prévios do meio, para a implantação de projetos que busquem maximizar o potencial do ambiente e minimizar os impactos. Entende-se como planejamento integrado aquele que se fundamenta no conhecimento das dinâmicas ambiental e socioeconômica.

O planejamento ambiental envolve-se com os programas de utilização dos sistemas ambientais, como elemento condicionante de planos nas escalas espaciais do local, do regional e do nacional, ou de atividades setorializadas como uso do solo urbano, uso do solo rural, execução de obras de engenharia e planejamento econômico (CHRISTOFOLETTI, 1999:162).

Segundo SILVA (2003: 1-2), nos estudos relativos ao planejamento, observa-se uma série de denominações, como planejamento ambiental, estratégico, participativo ou regional. Todavia, qualquer que seja a adjetivação, o planejamento deve tomar decisões, prevendo otimizar o futuro.

O planejamento requer estudos integrados que selecionem e sistematizem informações sobre a área ou local onde ele será aplicado e identifiquem o estado do ambiente, a pressão exercida sobre ele e a resposta dada pela sociedade para sua melhoria. A necessidade do desenvolvimento concomitante a ações que conservem a natureza, traz a necessidade de buscar estratégias capazes de levantar, ponderar e integrar dados dos componentes dos ecossistemas.

Uma destas estratégias é o zoneamento, instrumento que serve de base para o planejamento ambiental, e que vem definir, no ambiente, zonas homogêneas em função de suas variáveis ambientais (SILVA, 2003:2).

O planejamento é uma atividade contínua, pois, embora possa ser necessário planejar por um período de tempo específico, ele deve ser constantemente monitorado e revisado e, se apropriado, estender-se para outros períodos. O processo de planejamento exige uma abordagem interdisciplinar, envolve diferentes projetos específicos (um ou mais programas) e áreas geográficas pré-definidas (SILVA, 2003: 5-6).

Conforme OREA (1992 apud SILVA, 2003), o planejamento ambiental inclui uma grande diversidade temática em torno de três eixos:

- a) planos dirigidos à prevenção e/ou correção de problemas ambientais de caráter setorial (contaminação do ar ou da água, erosão do solo, desmatamento, etc.);
- b) planos orientados a gestão de recursos ambientais: água, solo, ecossistemas, etc. que se confundem na prática como planejamento de recursos naturais;
- c) prevenção e/ou conservação ambiental em seu conjunto.

Segundo BOTELHO & SILVA (2004:184), o objetivo da gestão ambiental é preservar e recuperar os recursos naturais, sendo que, com relação aos recursos hídricos, a gestão é feita por um conjunto de órgãos e instituições que assumem, cada qual, responsabilidades e funções, entre as quais: coordenar, arbitrar os conflitos, implementar a política, planejar, regular, controlar o uso, preservar e recuperar os recursos hídricos.

ROSS & DEL PRETTE (1998) enfatizam que a história da política ambiental no Brasil mostra uma acentuada contradição entre a política definida nos bastidores das instituições públicas e a realidade vivida no dia a dia do país.

Referências marcantes ocorreram com a questão das águas e da cobertura vegetal. Durante o primeiro governo de Getúlio Vargas, foi criado, em 1934, o Código das Águas, importante instrumento legal de controle ambiental e, na segunda metade do século XX, em 1965, foi criado o Código Florestal. Ambos passaram a compor a base legal para gerenciar os usos múltiplos das águas de superfície e estabelecer restrições à exploração de espécies vegetais, sobretudo madeiras, além de estabelecer critérios para os desmatamentos, estando ainda em vigor nas suas linhas gerais, apesar de alguns ajustes posteriores (ROSS & DEL PRETTE 1998:90).

A partir da década de 1960, a preocupação com as questões ambientais acentuou-se em função da forte influência dos movimentos ecológicos na Europa Ocidental que,

progressivamente foram organizando-se. A Conferência das Nações Unidas em 1972, em Estocolmo (Suécia), foi um evento importante para a questão ambiental mundial. Na década de 1970, nos Estados Unidos e, principalmente na Europa Ocidental, uma intensa atividade dos chamados grupos ecológicos, inclusive com o surgimento dos partidos verdes, os quais transformaram positivamente as questões ambientais em fatos de natureza política e conseguiram influenciar a sociedade, pressionando as instituições internacionais de financiamento a mudar progressivamente suas posturas diante dos projetos que financiavam (ROSS & DEL PRETTE 1998:91).

O Estado Brasileiro, seguindo modelos europeus e, principalmente, norte-americanos, adotou medidas jurídicas, através da criação de legislações específicas, que antecederam, em algum tempo, a criação e estruturação de instituições apropriadas para tratar das questões ambientais.

Tomando-se a água como elemento imprescindível para a indústria (energia e matéria-prima) e para a agricultura (irrigação), foram formulados, nas décadas de 1960 e 1970, vários programas de desenvolvimento regional, calcados em bacias hidrográficas como limite territorial de atuação.

Segundo ASSIS (1995 apud ROSS & DEL PRETTE,1998:102), no Brasil, os governos estaduais e federal deram início, a partir de 1976, às primeiras tentativas e experiências de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas limitadas à administração pública.

Para CUNHA & GUERRA (2000:366), o fortalecimento do critério de gestão para as bacias hidrográficas brasileiras teve início com a criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas – CEEIBH em 1978, cujos objetivos são realizar estudos integrados de bacias hidrográficas, monitorar os usos da água, classificar seus cursos e coordenar as diversas instituições envolvidas. São exemplos conhecidos o Comitê Executivo de Estudo Integrado da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul – CEEIVAP de 1979, no Estado do Rio de Janeiro e os Comitês dos rios Sinos e Gravataí, no Rio Grande do Sul. Experiências de Consórcio entre Municípios, envolvidos diretamente com os recursos hídricos da bacia hidrográfica, têm sido realizadas a exemplo da bacia do Rio Piracicaba (SP).

A primeira experiência de consórcio para gestão dos recursos hídricos foi o Comitê do acordo entre o Ministério de Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo, com atuação no Alto Tietê e Baixada Santista e outras experiências de gerenciamento seguiram-se a partir de 1979, com a participação dos governos federal e estaduais por meio de Comitês Executivos de

Estudos Integrados de Bacias dos Rios Federais (ROSS & DEL PRETTE,1998:102), como por exemplo, a SUDEVAP – Superintendência Regional para o Desenvolvimento da Bacia do Rio Paraíba do Sul e a SUDEVALE – Superintendência Regional para o Desenvolvimento da Bacia do Rio São Francisco, as quais, tinham como objetivo a promoção do desenvolvimento com base na geração de energia elétrica e na abundância de água para alimentar indústrias e promover irrigação.

Sendo assim, o desenvolvimento regional, tomando como referencial geográfico as bacias hidrográficas, teve em seu início (pelo menos durante sua primeira década) uma preocupação eminentemente econômica, pois, estava inserido dentro das políticas de desenvolvimento planejadas nos governos militares (ROSS & DEL PRETTE,1998:102).

No âmbito federal, em 1973, foi criada a SEMA (Secretaria do Meio Ambiente) e, nessa mesma época, surgiu, no Estado de São Paulo, a CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, uma empresa pública centrada no objetivo de desenvolver tecnologias e aplicá-las no setor de saneamento básico e controle/fiscalização de poluição da água e do ar, o que, representou um salto de qualidade técnico-científico e político para o tratamento das questões ambientais no Estado de São Paulo (ROSS & DEL PRETTE 1998:90-91).

A SEMA constituiu-se num importante ato político, porém, segundo ROSS & DEL PRETTE (1998:91), por mais de dez anos, foi tratada em segundo plano na estrutura político-administrativa do Estado e resultou na criação de várias Unidades de Conservação, como parques, reservas ecológicas, estações ecológicas, entre outras modalidades.

No início da década de 1980, o governo federal instituiu a Lei 6938/81, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, que estabelece os princípios, os objetivos e o Sistema Nacional do Meio Ambiente, além do que, cria o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, o qual tem como atribuições estabelecer normas e critérios para licenciamento de atividades poluidoras, determinar a realização de estudos alternativos e das conseqüências de projetos públicos e privados, entre outros (ROSS, 2000:299). Sendo assim, já estabelecendo a obrigatoriedade dos Estudos de Impactos Ambientais ao se promover a instalação de grandes atividades produtivas, sejam elas no campo da exploração dos recursos minerais, hídricos, florestais, agropecuários, industriais e/ou de transportes (ROSS & DEL PRETTE 1998:92).

Porém, só em 1986, o CONAMA, por meio da Resolução 001, regulamenta os EIAs-RIMAs (Estudos de Impactos Ambientais-Relatórios de Impactos Ambientais), estabelecendo os

critérios e as normatizações para o licenciamento de implantação de grandes empreendimentos (ROSS & DEL PRETTE 1998:92)

A CONSTITUIÇÃO BRASILEIRA de 1988 elevou à condição de norma constitucional vários aspectos da legislação ambiental até então em vigor. No seu capítulo VI, artigo 225, trata especificamente sobre o meio ambiente, estabelecendo que *“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo para as presentes e futuras gerações”*.

Segundo ROSS & DEL PRETTE (1998:92), a criação da SEMA (federal) levou à criação das SEMAs Estaduais, além do que, a Constituição Federal ao fazer referência específica sobre o meio ambiente e consolidar o CONAMA, também condicionou os Estados a adotarem procedimentos semelhantes, tal qual, a criação dos CONSEMAs – Conselhos Estaduais do Meio Ambiente, o que, também se aplicou aos municípios sob um determinado prazo para promulgarem suas leis orgânicas, em que obrigatoriamente seguem as Constituições Federal e de seus respectivos Estados, ajustando e detalhando suas especificidades naquilo que a lei maior não cobre de acordo com a realidade de cada lugar.

Em 1989, foi criado o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, órgão executor da política nacional do meio ambiente, atualmente vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e que absorveu outros órgãos da administração pública federal, como o IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, a SEMA – Secretaria de Meio Ambiente, a SUDEPE – Superintendência de Desenvolvimento da Pesca e a SUDHEVEA – Superintendência de Desenvolvimento da Borracha, assumindo um caráter mais abrangente no trato com os interesses públicos na exploração dos recursos naturais (ROSS & DEL PRETTE, 1998:93).

Também há que se ressaltar a contribuição da Conferência do Rio de Janeiro de 1992 na evolução do processo de incorporação das questões ambientais na consciência da sociedade civil e da administração pública brasileiras com relação à necessidade de preservar, conservar, recuperar e explorar os recursos da natureza de forma mais racional e/ou sustentável (ROSS & DEL PRETTE, 1998:94).

Em 1993 foi criado o Ministério do Meio Ambiente, o qual, posteriormente, incorporou a SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos, órgão então ligado ao Ministério de Minas e Energia e a

Secretaria da Amazônia, vinculada ao Ministério do Interior, passando a denominar-se Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.

Segundo CUNHA & GUERRA (2000:367), a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (SINGREH) constituem um conjunto de leis apresentadas pelo Executivo em 1991 (Projeto de Lei 2249), cujo substitutivo de 1994 propõe, entre outros itens, a utilização da bacia hidrográfica como unidade de gestão e a criação de três regiões hidrográficas brasileiras: Amazônia, Nordeste e Centro-Sul.

FERNANDES *et al.* (1995 apud CUNHA & GUERRA, 2000) enfatizam que a Política Nacional de Recursos Hídricos integra as Políticas Estaduais e deve assegurar a necessária disponibilidade de recursos hídricos para gerações presentes e futuras, com padrões de qualidade adequados aos usos, enquanto o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (SINGREH) objetiva implementar e executar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Além do que, a gestão da bacia hidrográfica deve ocorrer de forma integrada, descentralizada, participativa e independente, associada ao Sistema Ambiental, conforme preconiza a Constituição Federal de 1988.

Sendo assim, percebemos um processo de tomada de consciência, no qual, a regulação e a administração dos recursos hídricos deixa de ser tão somente um aspecto setorial da produção de energia e é incorporada do ponto de vista dos seus múltiplos usos dentro de um contexto mais amplo de planejamento e gestão ambientais (ROSS & DEL PRETTE, 1998:94).

1.1.1 - Órgãos Públicos brasileiros de planejamento e gestão dos recursos hídricos

Em 1997 foi criado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (criado pela Lei nº 9.433/97 e regulamentado pelo Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003) para coordenar a política e o sistema nacional de recursos hídricos.

A Agência Nacional de Águas (ANA), criada pela Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, é o órgão responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de Coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, implantando o sistema de gerenciamento do uso das águas nos rios cujas bacias estejam localizadas em mais de um Estado da Federação, como por exemplo, o Rio Paraíba do Sul. Para os rios de domínio estaduais devem ser constituídos conselhos estaduais.

No Estado de São Paulo, o CONSEMA (Conselho Estadual do Meio ambiente)¹, criado em 1983 por decreto do poder executivo estadual, serviu de embrião para a formação da Secretaria de Estado do Meio Ambiente à qual está hoje integrado.

Segundo MENCK (2001), o gerenciamento dos recursos hídricos teve um grande impulso no Estado de São Paulo, a partir de 1983, mediante a criação de Diretorias de Bacias Hidrográficas no âmbito do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE.

Também há que se ressaltar a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, em 1987; a promulgação da lei 6.134, de 02/06/88, sobre a preservação das águas subterrâneas e a sua regulamentação, em fevereiro de 1991; a aprovação do Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos, em fevereiro de 1991.

Segundo MENCK (2001), nas gestões posteriores, importantes passos foram dados, devendo ser enfatizados: a promulgação da Lei 7.663, em 30/12/91, sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH; adaptação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos à Lei 7.663/91, a implantação de Comitês de Bacias Hidrográficas (processo somente finalizado no transcorrer da década de 90); a regulamentação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO e a implantação do Conselho de Orientação desse Fundo; a contratação do Plano Integrado das Bacias Hidrográficas do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista e dos estudos referentes ao usuário-pagador; promulgação da Lei 9.034, sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos 1994/1995.

Ainda de acordo com MENCK (2001), no que se refere à Agência de Água (tema que está na fase de projeto de lei em tramitação na Assembléia Paulista), a qual exercerá uma função preponderante de secretaria executiva do respectivo Comitê de Bacia, sendo responsável pela cobrança do uso de recursos hídricos em sua jurisdição, não foi formada pela maioria dos Comitês Paulistas, e constitui em um instrumento dos mais importantes na gestão eficaz dos recursos hídricos, pois deverá agir como “elemento” dinamizador do sistema, suprimindo e substituindo, em grande parte, o aparato público.

Sendo assim, cabe enfatizar que, segundo BOTELHO & SILVA (2004:188), ao criar mecanismos políticos, econômicos e técnicos para planejar e ocupar de forma ordenada o território, o homem possibilita a instalação de um novo equilíbrio dentro do sistema que ele

¹ Informações extraídas do site oficial da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo: www.ambiente.sp.gov.br/Consema/consema.htm. Consultado em 14/01/2008.

habita – a bacia hidrográfica, a qual passa a apresentar cada vez mais uma melhor qualidade ambiental.

1.2 - QUALIDADE AMBIENTAL

BOTELHO & SILVA (2004) ressaltam que ao distinguirmos o estado dos elementos que compõem o sistema hidrológico (solo, água, ar, vegetação etc.) e os processos a eles relacionados (infiltração, escoamento, erosão, assoreamento, inundação, contaminação etc.), somos capazes de avaliar o equilíbrio do sistema ou ainda a qualidade ambiental nele existente.

Segundo HORBERRY (1984 apud BOTELHO & SILVA, 2004:154), “qualidade ambiental é o estado do ar, da água, do solo e dos ecossistemas, em relação aos efeitos da ação humana”.

De acordo com PIRES & SANTOS (1995 apud BOTELHO & SILVA, 2004: 154), “qualidade ambiental pode ser definida como a soma dos padrões encontrados nos diversos componentes que nos cercam e influenciam diretamente nossa vida: qualidade da água, do ar, estética etc.”.

Sendo assim, é preciso entender qualidade ambiental como reflexo da ação do homem sobre o espaço e seus componentes em um dado momento. Os diferentes níveis de qualidade encontrados são variáveis no tempo e no espaço e são dependentes das demandas e usos dos recursos naturais por parte das sociedades, marcadas econômica e culturalmente de formas variadas. A qualidade ambiental deve ser encarada não só como uma somatória das qualidades de cada um dos componentes do meio, mas como uma condição essencialmente ligada à qualidade de vida das populações (BOTELHO & SILVA, 2004:154).

Durante a década de 1980 a atenção dada à correta utilização e ocupação da terra refletiu-se na criação de normas e regulamentos na ordenação do território, como os Planos Diretores Municipais, e a instituição de programas com fins conservacionistas, como o Projeto Nacional de Microbacias Hidrográficas (BOTELHO & SILVA, 2004:154).

A década de 1990, principalmente a partir da segunda metade, vem sendo caracterizada pelo aumento não só na produção de trabalhos ligados à área ambiental, mas, especificamente, das pesquisas relacionadas ao uso e qualidade da água. Além disso, maior atenção tem sido dispensada às questões de saneamento básico, intimamente ligadas à qualidade do solo e da água, e de vida das populações (BOTELHO & SILVA, 2004:155).

Dessa forma, cresceu enormemente o valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambientais. Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem (BOTELHO & SILVA, 2004:155).

1.3 – DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

No século XIX o Materialismo Histórico de Karl Marx (1870) faz uma crítica à economia política clássica, onde apresenta uma alternativa unificada entre ciência natural e social, pois, a estruturação da “Ciência” (ligada aos estudos da natureza), do século XVI ao século XVIII, teve base na concepção positivista existente, a qual defendia a existência da natureza por si mesma e totalmente desvinculada das atividades humanas (CUNHA & GUERRA, 2000: 339).

Para MARX (in CASSETI, 1991 apud CUNHA & GUERRA, 2000: 339) “... *é através da transformação da primeira natureza em segunda natureza que o homem produz os recursos indispensáveis à sua existência, momento em que se naturaliza (a naturalização da sociedade) incorporando em seu dia a dia os recursos da natureza, ao mesmo tempo em que socializa a natureza (modificação das condições naturais ou primitivas)*”.

Conforme explicitado por CUNHA & GUERRA (2000: 339), a natureza por si só é anterior à história humana, pois tem início no Pré-Cambriano e nesse período de tempo todas as alterações no ambiente foram conseqüências de causas naturais. No decorrer da história, com o aparecimento do homem no Pleistoceno, com a evolução das forças produtivas, a natureza vai sendo apropriada e transformada. Assim, a história da natureza tem uma seqüência onde, a partir de um determinado momento do Pleistoceno, o homem é inserido nela e, conseqüentemente, não há uma concepção dualista da natureza.

Então, segundo CUNHA & GUERRA (2000: 340), considera-se como ambiente o espaço onde se desenvolve a vida vegetal e animal (inclusive o homem). O processo histórico de ocupação desse espaço, bem como suas transformações, em uma determinada época e sociedade fazem com que esse meio ambiente tenha um caráter dinâmico. Dessa forma, o ambiente é alterado pelas atividades humanas e o grau de alteração de um espaço, em relação a outro, é avaliado pelos seus diferentes modos de produção e/ou diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico.

A mundialização da questão ambiental teve início com a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente realizada em junho de 1972, em Estocolmo (Suécia), a qual, foi motivada pela degradação ambiental em todo o mundo materializada na poluição industrial, exploração de recursos naturais, deterioração das condições ambientais e problemas sanitários, déficit de nutrição e aumento da mortalidade (CUNHA & GUERRA, 2000: 340).

Segundo a definição do Vocabulário Básico de Meio Ambiente (FEEMA, 1991), a degradação ambiental pode ser definida como qualquer alteração das qualidades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente que possam: a) prejudicar a saúde ou bem-estar da população; b) criar condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a qualquer recurso natural; e d) ocasionar danos relevantes aos acervos históricos, cultural e paisagístico.

Para ROCHA (1997 apud MENDONÇA, 2005), a possibilidade de degradação ambiental é diretamente proporcional aos conflitos verificados em uma dada área. Os conflitos de uso da terra figuram entre os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamento de rios, barragens e açudes, enchentes e efeitos decorrentes de estiagens.

A degradação ambiental trás graves conseqüências negativas, como por exemplo, duas situações explicitadas por CUNHA & GUERRA (2000: 343), a saber: primeira, além do desmatamento para a ocupação de novas terras, as áreas abandonadas dificilmente conseguirão se recuperar sozinhas, em termos da biodiversidade que possuíam, antes de serem exploradas; segunda, fica sempre a possibilidade de ocorrer a poluição atmosférica, das águas superficiais, dos solos e do lençol freático, devido ao uso de produtos químicos e até mesmo a contaminação dos próprios alimentos produzidos.

Sendo assim, nas situações supracitadas é preciso enfatizar que, além do custo social e ecológico, nos próprios locais onde a degradação ocorre, existem os custos para as pessoas e ambientes, que podem estar afastados das áreas atingidas diretamente pela degradação. Isso pode se dar, por exemplo, pelo transporte de sedimentos, causando assoreamento de rios e reservatórios, ou mesmo a poluição de corpos líquidos (CUNHA & GUERRA, 2000: 343).

MENDONÇA (2005) ressalta que a crescente necessidade de alimentos tem exigido o incremento rápido da produção agrícola, para tanto, as alternativas adotadas consistem na expansão da área agricultável e/ou aumento da produtividade das culturas, o que, tem continuamente resultado em alterações na estrutura e funções dos ecossistemas, acarretando sérios riscos à sua manutenção e impondo limitações à sua sustentabilidade de forma que a

política de ocupação dos solos adotada, segundo a ótica descrita, já não é mais suficiente para caracterizar um moderno sistema de produção agrícola.

Conforme CUNHA & GUERRA (2000: 344), o que se deseja chamar à atenção, através de todos esses exemplos e questões levantadas, é que os processos naturais, como formação dos solos, lixiviação, erosão, deslizamentos, modificação do regime hidrológico e da cobertura vegetal, entre outros, ocorrem nos ambientes naturais, mesmo sem a intervenção humana. No entanto, quando o homem desmata, planta, constrói, transforma o ambiente, esses processos, ditos naturais, tendem a ocorrer com intensidade muito mais violenta e, nesse caso, as conseqüências para a sociedade são quase sempre desastrosas.

Segundo a opinião de muitos especialistas (MORGAN, 1986; BLAIKIE e BROOKFIELD, 1987; GERRARD, 1990; DANIELS e HAMMER, 1992 apud CUNHA & GUERRA, 2000: 345-347), a principal causa da degradação ambiental está no manejo inadequado do solo, tanto em áreas rurais, como em áreas urbanas, além do que, as próprias condições naturais podem, junto com o manejo inadequado, acelerar a degradação, como por exemplo, chuvas concentradas, encostas desprotegidas de vegetação, contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas e pedológicas, encostas íngremes são algumas condições naturais que podem acelerar os processos ambientais degradacionais.

De acordo com CUNHA & GUERRA (2000: 347-348) existe um grande leque de causas dos processos ambientais degradacionais que pode ser dividido em duas grandes áreas: rurais e urbanas. Nas primeiras, o mau uso da terra, aliado à mecanização intensa e à monocultura, podem provocar erosão laminar, ravinas e voçorocas. A concentração das chuvas, os elevados teores de silte e areia fina, os baixos teores de matéria orgânica e a elevada densidade aparente contribuem, sem dúvida, para o aumento da degradação nessas áreas. Nas áreas urbanas, a impermeabilização do solo e o corte das encostas, para a construção de casas, prédios e ruas é uma das principais causas da degradação.

Tais causas, provocadas pela intervenção antrópica, podem ser acentuadas devido à declividade das encostas, à maior facilidade do escoamento das águas, em superfície, à existência de descontinuidades nos afloramentos rochosos e nos solos, e às chuvas concentradas. Esses são alguns fatores naturais que podem acelerar os processos de degradação ambiental.

Os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem, ao passo que, a bacia hidrográfica, como

unidade integradora desses setores (naturais e sociais) deve ser administrada a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados (CUNHA & GUERRA, 2000: 353).

Segundo CUNHA & GUERRA (2000: 353), as bacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório, ou oceano.

O sistema de drenagem, então formado, é considerado um sistema aberto onde ocorre a entrada e saída de energia e matéria.

Sendo assim, como ressaltado anteriormente, em função do caráter integrador das dinâmicas ocorridas nas unidades ambientais e entre as mesmas, as bacias de drenagem revelam-se excelentes áreas (unidades) de estudos para o planejamento e gestão dos elementos naturais e sociais.

Mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, entretanto, cada vez mais, o homem tem participado como um agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem.

Estudos de PARK (1981) KHIGHTON (1984) (apud CUNHA & GUERRA, 2000: 355) revelaram que o comportamento da descarga e da carga sólida dos rios está sendo modificado pela participação antrópica diretamente nos canais, através de obras de engenharia, e, indiretamente, através das atividades humanas desenvolvidas nas bacias hidrográficas.

A ocupação desordenada do solo em bacias hidrográficas, com rápidas mudanças decorrentes das políticas e dos incentivos governamentais, agrava seus desequilíbrios. Dentre as atividades que causam degradação podem ser citadas as práticas agrícolas, desmatamento, mineração, superpastoreio e urbanização, as quais, desenvolvidas em um trecho do rio, podem alterar, de diferentes formas e escalas de intensidade, a dinâmica do equilíbrio ambiental (CUNHA & GUERRA, 2000: 362-363).

Segundo CUNHA & GUERRA (2000:365), a complexidade dos sistemas fluviais e suas respostas às mudanças ambientais naturais e/ou antrópicas têm incentivado o desenvolvimento de métodos simples e precisos de avaliação ambiental que os planejadores precisam. Esta complexidade fluvial é identificada nos inúmeros estudos de caso que apresentam respostas espacial e temporal diferenciadas para a regularização dos fluxos por barragens, diques, perda de sedimentos por exploração de areias e cascalhos, poluentes industriais, urbanização e os diversos tipos de canalização. Além do que, tais estudos diferem da visão da engenharia, pois enfatizam o

aspecto histórico das dinâmicas do rio e a necessidade de se considerar a intercomunicação espacial das respostas fluviais aos impactos ambientais.

1.4 – BACIA HIDROGRÁFICA

Segundo BOTELHO (1999, apud MELLO, 2003), a bacia hidrográfica é uma célula natural que, a partir da sua seção de controle, pode ser delimitada sobre uma base cartográfica que contenha cotas altimétricas, como as cartas topográficas, ou que possibilite a visão tridimensional da paisagem, como as fotografias aéreas, ou ainda a partir de imagens de satélite.

A discussão na sociedade brasileira sobre como utilizar, de forma racional, os recursos naturais do país e mais especificamente os recursos hídricos, tem sido cada vez mais difundida, pois, a vulnerabilidade do país em face da questão das chuvas tornou-se tamanha que, no ano de 2002, em função do maior prolongamento do período da estiagem, algumas localidades, que jamais tiveram problemas com o abastecimento de água, sofreram grandes restrições de consumo (BOTELHO & SILVA, 2004:183).

Diante da importância alcançada pelo recurso natural água para nossa sociedade industrial moderna, a bacia hidrográfica passa a ser freqüentemente utilizada como referencial geográfico para a adoção de práticas de planejamento ou de gestão/manejo e aproveitamento de recursos naturais. Dada a grande importância da água como via de circulação para transporte, fonte de abastecimento urbano, industrial e para atividades agropecuárias, geração de energia elétrica e caminho para diluição de efluentes domésticos e industriais, a bacia hidrográfica tem se transformado em uma unidade básica para planejamento e gestão ambiental (ROSS & DEL PRETTE, 1998:102).

Segundo ARAÚJO NETO *et al.* (1995 apud CUNHA & GUERRA, 2000:366), as nações mais desenvolvidas têm utilizado a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua qualidade e quantidade. 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.

Para CUNHA & GUERRA (2000:366), no Brasil, os planos de gerenciamento têm privilegiado, na maioria das vezes, um único aspecto da utilização dos recursos hídricos (irrigação ou saneamento ou geração de energia), acarretando problemas de ordem sócio-ambiental e econômica, uma vez que esses planos não estão relacionados com o desenvolvimento sustentável, que almeja melhoria na qualidade de vida presente e futura, através do respeito às

limitações dos ecossistemas para conservar o estoque de recursos. Em síntese, há uma necessidade de revisão desses planos onde deve constar: maior detalhamento dos outros usos da água, uma vez que o plano de gerenciamento para o uso energético encontra-se mais detalhado, e a atualização do Código das Águas que data de 1934.

SOUZA *et al.* (2002) enfatiza que delimitar a bacia hidrográfica como unidade de análise para estudos de planejamento e gestão justifica-se não só pelo reconhecimento da importância dos recursos hídricos, mas também pela riqueza de variáveis a serem contempladas – água, relevo, solo, vegetação, atividades antrópicas, entre outras.

A bacia hidrográfica, embora se constitua em um sistema natural cujo referencial é a água, não se torna automaticamente um único sistema ambiental, seja do ponto de vista natural, quando se levam em conta as demais componentes da natureza, como relevo, solos, subsolo, flora e fauna, seja do ponto de vista social, quando se consideram as atividades econômicas e político-administrativas (ROSS & DEL PRETTE, 1998:101).

Para CUNHA (1997), considerando-se a complexidade estrutural, a bacia hidrográfica se enquadra em diversas classificações. Para CHORLEY & KENNEDY (1971, apud CUNHA, 1997), ao estudar a morfometria de uma bacia hidrográfica, visando estabelecer a hierarquia fluvial, a densidade de drenagem ou atributos inerentes às vertentes, a abordagem realizada considera aspectos vinculados principalmente à sua geometria e composição, o que se caracteriza como um sistema morfológico.

Dentre outras maneiras de se estudar a bacia hidrográfica através da estrutura, a abordagem pode ser realizada como sistema controlado, em função da suscetibilidade à atuação antrópica. Nesse sentido, CHRISTOFOLLETI (1980) ressalta que a simples remoção da cobertura vegetal de uma determinada área gera alterações na distribuição de matéria e energia dentro do sistema em seqüência, influenciando, conseqüentemente, nas formas que estão relacionadas com o sistema de processos-respostas.

A bacia hidrográfica, “... entendida como célula básica da análise ambiental... permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica integrada do ambiente está implícita na adoção dessa unidade fundamental” (BOTELHO & SILVA, 2004: 153).

Sendo assim, entendemos que a bacia hidrográfica é o espaço de planejamento e gestão das águas, onde se procura compatibilizar as diversidades demográficas, sociais, culturais e econômicas.

Porém, de acordo com GANZELLI (1991, apud ROSS & DEL PRETTE, 1998:101), grande parte dos estudos e planos que objetivam a busca de soluções para os problemas relacionados aos recursos hídricos e que adotam a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, limitam-se a apresentar propostas de caráter eminentemente técnicas. Entretanto, se considerarmos as atividades econômicas, sejam elas urbanas, industriais ou agrícolas, como as principais causadoras das transformações ambientais, a bacia hidrográfica não deve jamais impor limites ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos, pois, as atividades econômicas não respeitam, na maioria dos casos, os limites dos divisores de água.

A gestão dos recursos hídricos deve ser feita com a participação do poder público, dos usuários e da sociedade. Afinal, a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e um bem de domínio público. A gestão das águas de superfície e subterrâneas não deve ser dissociada, assim como os aspectos de sua qualidade e quantidade (BRASIL, 1997 apud BOTELHO & SILVA, 2004:184).

1.5 - BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ÁREAS FLORESTAIS E RURAIS

Práticas e técnicas de conservação do solo e da água têm sido cada vez mais difundidas e aplicadas em território nacional. Contudo, observa-se que são nas áreas rurais que elas têm sido mais expressivamente incorporadas, principalmente as medidas preventivas, que visam, preferencialmente, através de técnicas edafovegetativas e não apenas mecânicas, à maior proteção do solo. Para tal, são consideradas metas: o aumento da cobertura vegetal, melhoria da estrutura do solo, aumento da infiltração da água, diminuição do escoamento superficial e dos processos erosivos e, por conseqüência, melhor produtividade (BOTELHO & SILVA, 2004:179-180).

Segundo BOTELHO & SILVA (2004:160), a bacia hidrográfica em ambientes florestados, ou mesmo com atividades agrárias apresenta funcionamento que muito difere das áreas urbanas. Por mais que as atividades agrárias sejam responsáveis por uma diminuição na taxa de infiltração de água no solo, ainda há infiltração de uma parcela significativa de água das chuvas. O ciclo hidrológico no ambiente rural (dependendo da atividade e das práticas de manejo adotadas) ainda é próximo, ou mesmo semelhante, ao das áreas florestadas, não havendo grande redução na entrada de água no solo.

As áreas com agricultura e pastagens irão apresentar comportamentos diferentes, sendo que, nas pastagens, o sistema radicular das gramíneas favorece a infiltração, ocorrendo perdas

mínimas de solo e água através do escoamento superficial, porém, o pastoreio compacta o solo e cria caminhos preferenciais para o escoamento superficial, conseqüentemente, aumentando o risco de erosão (BOTELHO & SILVA, 2004:166).

BOTELHO & SILVA (2004:166) ressaltam que as áreas com agricultura apresentam problemas bem maiores quanto ao aumento do escoamento superficial, pois, enquanto nas áreas com florestas e com gramíneas predomina a infiltração, nas áreas agrícolas alguns fatores, como exposição do solo às gotas de chuva, ausência de cobertura vegetal durante uma parte do ano e falta de práticas conservacionistas, propiciam a formação de fluxo superficial.

Tais afirmações podem ser constatadas na tabela 1, onde se observa que há grandes diferenças nas perdas de solo e água de acordo com os diversos tipos de uso do solo:

Tabela 1 - Efeito do tipo de uso sobre as perdas por erosão. Médias ponderadas para três tipos de solo do Estado de São Paulo.

Tipo de uso	Perda de	
	Solo (t/ha)	Água (% da chuva)
Mata	0,004	0,7
Pastagem	0,04	0,7
Cafezal	0,9	1,1
Algodão	26,6	7,2

BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990.

Sendo assim, faz-se necessário adotar práticas conservacionistas que melhorem a taxa de infiltração, as quais, visam manter a água o maior tempo possível na encosta, permitindo que o solo tenha tempo para absorvê-la. A adoção dessas práticas reduz o escoamento superficial e as perdas de solo por erosão hídrica.

Dados do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 1984 apud BOTELHO & SILVA, 2004:166) mostram a influência da direção do preparo do solo nas perdas por erosão em um latossolo roxo cultivado com milho:

- Cultivo morro abaixo – perda de solo: 26,1 t/ha;
- Cultivo em curvas de nível – perda de solo: 13,2 t/ha.

Conseqüentemente, constata-se que no plantio em curvas de nível a perda de solo é, pelo menos, 50% menor.

Algumas técnicas procuram conter o fluxo superficial e outras técnicas procuram simular o comportamento hidrológico do ambiente florestal, como por exemplo: manutenção de cultura sobre o solo impede o impacto direto das gotas de chuva (BOTELHO & SILVA, 2004:166).

Experimentos desenvolvidos por CASSOL (1986 apud BOTELHO & SILVA, 2004:167) mostram a influência do uso agrícola, ou seja, do plantio direto em relação ao preparo/plantio convencional (dados sob chuva simulada em Guaíba, RS) para as perdas de solo e água evidenciando que o sistema de plantio direto apresenta menores perdas de solo e água propiciadas pela maior infiltração da água da chuva.

1.5.1 – Impacto dos Agroquímicos

Além da questão da erosão há que se ressaltar também a associação desta com a maior utilização de produtos químicos utilizados nas práticas agrícolas (fertilizantes, corretivos e agrotóxicos), o que, pode resultar em conseqüências graves para a bacia hidrográfica. A falta de conhecimento do meio físico e dos produtos químicos utilizados leva muitas vezes o agricultor a lançar mão de uma quantidade maior do que a necessária para controlar pragas e/ou corrigir o solo (BOTELHO & SILVA, 2004:170).

Segundo RAMALHO *et al.* (1999:972), dentre as fontes antropogênicas de contaminação dos solos por metais pesados, destacam-se a utilização, em larga escala, de fertilizantes, principalmente fosfatados, e o uso de água poluída na irrigação.

Segundo WOLFE *et al.* (1996 apud SILVA, 2004), calcula-se que, a cada ano 2,5 bilhões de toneladas de pesticidas são aplicados em cultivos agrícolas em todo o mundo. Em muitos estudos sobre a relação percentual entre a quantidade total aplicada de um pesticida e aquela que alcança seus objetivos como controle de pragas ou enfermidades, se estima que seja menor do que 0,3% e em conseqüência, 99,7% se dispersam inevitavelmente no ambiente e uma parte alcança as pessoas. Desta forma, é possível que se produzam efeitos negativos em espécies, comunidades ou no ecossistema, dado que o uso destes compostos pela agricultura leva a exposição aos mesmos por organismos, recursos naturais ou seres humanos.

A necessidade de grandes quantidades de fertilizantes fosfatados e corretivos nos solos intemperizados das regiões tropicais (Latosolos e Argissolos), em razão da acidez e do elevado poder tampão, contribuem para o aumento do potencial poluidor de tais produtos, pois, contêm pequenas quantidades de metais pesados, com impurezas, especialmente o Cádmiio (Cd –

carbonato de zinco). Esses metais, acumulados no solo, podem se tornar disponíveis para a absorção pelas plantas e entrar na cadeia alimentar humana (RAMALHO *et al.* 1999:972).

De acordo com NÚÑEZ *et al.* (1999:982), os fertilizantes não são suficientemente purificados durante o processo de manufatura por razões econômicas, geralmente contêm diversas impurezas, entre elas os metais pesados, os quais, freqüentemente, fazem parte dos componentes ativos dos pesticidas, sendo, segundo vários autores, a adição desses elementos nos solos agrícolas causada pelo uso repetido e excessivo de fertilizantes, pesticidas metálicos e resíduos orgânicos.

Segundo VAN PUT *et al.* (1994 apud NÚÑEZ *et al.*, 1999:982), os metais pesados presentes no material de solo perdido por erosão, quando atingirem cursos d'água, poderão ser liberados com mudanças de certas condições físico-químicas do meio, tais como: pH, potencial de oxirredução e força iônica.

NÚÑEZ *et al.* (1999:982) ressalta que a adoção de práticas de preparo do solo pouco recomendáveis para as áreas susceptíveis à erosão e a aplicação de elevada quantidade de agroquímicos podem resultar em fortes impactos ao ambiente. A perda de solo por erosão poderá, dessa forma, contribuir para a contaminação dos corpos d'água que são utilizados como fonte de água para o abastecimento público, animais e irrigação. Sistemas de preparo do solo que reduzam as perdas por erosão deverão também diminuir os riscos de contaminação dos corpos d'água com metais pesados.

BOTELHO & SILVA (2004:170) enfatizam que o uso de pesticidas pode acarretar:

- Desenvolvimento de organismos resistentes aos agentes químicos – exige maior dosagem e outros compostos químicos;
- Pesticidas não-biodegradáveis – problemas para outros organismos (contaminação de flora, fauna, solo, água);
- Infiltração no solo: Entre os caminhos possíveis dos pesticidas após serem adicionados ao solo, têm-se: vaporização e perda na atmosfera, sem nenhuma modificação química; absorção pelo solo; infiltração e perda por lixiviação; transformação por reações químicas; e, por último, decomposição por microorganismos.

Segundo BRADY (1989), o somatório de todas as reações, movimentos e degradações dá a estimativa de persistência dos pesticidas no solo. Alguns duram apenas poucos dias, enquanto outros podem permanecer por mais de 10 anos. Normalmente, os pesticidas se degradam com rapidez suficiente para evitar seus acúmulos no solo.

RAMALHO *et al.* (1999) abordaram o acúmulo de metais pesados em solos cultivados com a cana-de-açúcar, com uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação originada do Rio Paraíba do Sul. As camadas superficiais dos solos, até 20 centímetros, apresentaram aumento na concentração de cádmio, cromo, cobre, manganês, níquel, chumbo e zinco. Destes elementos, o zinco e o manganês apresentaram maiores percentuais na fração trocável e hidrossolúvel.

A utilização de um número cada vez maior de produtos químicos na agricultura, bem como a utilização de água contaminada para irrigação, apresenta sérios riscos não somente de poluição do solo, mas também de contaminação dos vegetais, pois uma parte dos metais pesados já se encontra na fração trocável (BOTELHO & SILVA, 2004: 171-172).

1.5.2 – Impacto da Irrigação

NEWSON (1997) enfatiza que a agricultura é a atividade humana que mais se utiliza da água doce diretamente relacionada à prática da irrigação. Sendo que, não existe outra atividade econômica que use tanta água por unidade de área como a agricultura, pois, somente a evaporação da superfície de extensos reservatórios “desperdiça” um grande volume de água.

Segundo EARTHSCAN (1984 apud NEWSON, 1997:244), quinze por cento (15%) da agricultura mundial que se beneficia da irrigação contribui com menos da metade do suprimento de alimento do mundo, ou seja, algo em torno de 40%.

A prática da irrigação pode ser definida como “... uma intervenção humana que ocorre nos canais naturais, depressões, canais de drenagem ou aquíferos para modificar a distribuição espacial e temporal da água e manipular toda ou parte desta água com o objetivo de melhorar a produção das colheitas agrícolas...” (NEWSON, 1997:244).

Para NEWSON (1997), a simples definição técnica supracitada, quando imposta às necessidades drásticas por alimento das áreas secas do planeta e de todos os países em desenvolvimento para atenderem o crescimento populacional e, além disso, a tradição humana das “civilizações hidráulicas” são questões que ajudam a explicar o porquê dos governantes serem tão ávidos em perseguir o desenvolvimento do “potencial de irrigação”.

Além disso, muitas vezes, esse “irrigacionismo” (tradução literal do termo “*irrigationism*” utilizado por ADAMS apud NEWSON, 1997:245 - feita por Juliano P. de Mello), ou seja, essa crença desenfreada na necessidade de sempre se ampliar as áreas irrigadas, ou mesmo a irrigação como sinal de desenvolvimento, muitas vezes, assegura uma influência

política sem olhar para o contexto da bacia de drenagem com irrigação de larga escala ou para a real necessidade desta.

2 – CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

2.1 - FRAGILIDADE, SUSCEPTIBILIDADE, VULNERABILIDADE E SENSIBILIDADE AMBIENTAIS

Segundo ROSS (2000:291-292), os sistemas ambientais naturais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico, até que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais.

ROSS (2000) ressalta que a crescente industrialização concentrada em cidades, a mecanização da agricultura em sistemas de monoculturas, a generalizada implantação de pastagens, a intensa exploração de recursos energéticos e matérias-primas como o carvão mineral, petróleo, recursos hídricos, minérios, têm alterado, de modo irreversível, o cenário da Terra e levado, com frequência, a processos degenerativos profundos da natureza.

O homem, ao criar inúmeras modificações no espaço natural com fins a adequá-lo às suas necessidades sócio-econômicas, modifica radicalmente o meio ambiente a sua volta e, conseqüentemente, o sistema natural é desestabilizado, retirado de seu equilíbrio e como forma de se reorganizar e obedecer às novas condições impostas pelo homem, o sistema natural cria novos padrões de funcionamento, se adaptando às novas regras impostas pelo sistema sócio-econômico e as organizações espaciais (FRAISOLI, 2005).

Sendo assim, a partir desses eventos de desequilíbrio natural, surge uma série de termos e conceitos elencando as diversas formas pelas quais os sistemas físico-ambientais são modificados e/ou desestabilizados. Como exemplos, podemos citar o recorrente uso dos termos fragilidade, susceptibilidade e vulnerabilidade nos trabalhos relacionados ao estudo das alterações ambientais causadas pela intervenção social no sistema natural, tais como os elencados por FRAISOLI (2005); FUJIMOTO, 2001; OLIVEIRA & HERRMANN, 2001; SANTOS, 1997; OLIVEIRA, 2000 etc.

Segundo GLASER (1983:121), apesar dos ecossistemas serem dinâmicos em termos materiais, bióticos e energéticos, muitos são estáveis, visto que todas as variações tomam lugar dentro de um estado global de equilíbrio definido como um estado médio de variações possíveis. Então, a estabilidade é possível se os componentes do ecossistema têm alcançado certa situação

clímax, a qual é proporcionada por não haver impactos externos e um ecossistema instável é aquele que ainda está em sensível transformação para se tornar um sistema mais complexo.

GLASER (1983:121) ressalta que o termo “instável” também é sempre usado junto com outros termos assim como “frágil” e “vulnerável”, para descrever ecossistemas que estejam em risco de perder suas estabilidades devido a um impacto externo.

BROOKFIELD (1981 apud GLASER, 1983:122) define fragilidade e vulnerabilidade como conceitos subjetivos. A noção de “ecossistemas frágeis”, nos quais, a entropia² muito e rapidamente pode ser incrementada por meio da degradação que resulta da interferência humana, não é, portanto, fácil de discutir em termos concretos. “Fragilidade” parece implicar um estado extremo de risco, no qual danos irreparáveis podem ser facilmente infligidos. “Vulnerabilidade” por um outro lado é uma condição mais geral, capaz de ser avaliada ao longo de um *continuum* de risco.

De acordo com NILSSON & GRELSSON (1995:677), os termos fragilidade, susceptibilidade, vulnerabilidade e ameaçado têm sido usados como sinônimos por muitos autores e ainda possuem significados particulares nos trabalhos de outros.

Para NILSSON & GRELSSON (1995) há, basicamente, duas proposições para o conceito de fragilidade, ou seja:

- I. Alguns autores fazem a distinção entre áreas que são naturalmente frágeis em função de grandes mudanças sucessionais naturais e internas, e áreas que mudam como resultado de pressões externas, muito freqüentemente induzidas por humanos (GOLDSMITH, 1983 apud NILSSON & GRELSSON, 1995:677). Então, senso estrito, áreas frágeis seriam apenas aquelas afetadas por distúrbios externos, ou produzidas por alterações causadas por um distúrbio interno, assim como a alteração do controle de enchentes, ou da drenagem, ou aparecer um novo evento, tal qual, a remoção da cobertura do solo, adição de fertilizantes ou a remoção de animais nativos (FOX & FOX, 1986a apud NILSSON & GRELSSON, 1995);
- II. Outros autores incluem fatores internos e externos assim como também fatores naturais e antrópicos no conceito de fragilidade (RATELIFFE, 1971, 1977; SMITH & THEBERGE, 1986 apud NILSSON & GRELSSON, 1995:678).

As propostas supracitadas não são, necessariamente, contraditórias porque inerentemente lugares frágeis, principalmente regidos por processos internos, podem ser atingidos com mais

² A entropia pode ser definida como a medida da quantidade de desordem em um sistema. Fonte: Longman Dictionary of Geography: human and physical. Longman House, UK: 1985.

susceptibilidade por pressões externas que outros lugares (IDLE, 1986; MERGULES, 1986 apud NILSSON & GRELSSON, 1995:678). Em outras palavras, independente da definição escolhida, nós chegaremos aos mesmos tipos de ecossistemas.

Porém, NILSSON & GRELSSON (1995) argumentam a favor da segunda proposta o fato de que quando uma mudança particular é observada, é difícil separar fatores internos e externos, assim como fatores naturais e antrópicos por trás desta mudança (GIGON, 1983 apud NILSSON & GRELSSON, 1995:678). Sendo assim, há preferência por não considerar a fragilidade como relativa a alguma situação natural e intrínseca, e sim, segundo a concepção de RATELIFFE (1977 apud NILSSON & GRELSSON, 1995) que define a fragilidade como aquela que *“reflete o grau de sensibilidade dos habitats, comunidades e espécies às mudanças ambientais, e então envolve uma combinação de fatores intrínsecos e externos”*.

Para MARGULES (1986 apud NILSSON & GRELSSON, 1995:678) a fragilidade se constitui no inverso da estabilidade, ou seja, alta fragilidade é igual a baixa estabilidade, e vice-versa.

Segundo PETERS (1991 apud NILSSON & GRELSSON, 1995), o termo estabilidade tem recebido muitas definições e é demasiadamente complexo para ser formulado de maneira cabal, além do que, tal conceito apresenta como ponto comum a definição de um componente temporal. Em ordem, para ter uma idéia da estabilidade de um sistema, deve-se possuir para serem medidos, no mínimo, dois pontos no tempo, sendo que, é a diferença entre estas medições temporais que determinam se um sistema pode ser visto como estável ou não.

Conforme NILSSON & GRELSSON (1995:678), a complexidade da fragilidade (ou estabilidade/instabilidade) ocasiona vários problemas em sua avaliação. Primeiro, os diferentes aspectos da fragilidade não são necessariamente inter-relacionados. Portanto, um ecossistema pode ser relativamente frágil em um aspecto e relativamente estável em outro. Portanto, para se obter uma proposta de avaliação da fragilidade ecossistêmica usando um conjunto de definições, é importante considerar todo o grupo de significados. Segundo, os vários aspectos da fragilidade não são facilmente quantificados e a fragilidade como um todo, menos ainda. Terceiro, a fragilidade de um ecossistema é dependente da escala, sendo que, quatro escalas são colocadas como importantes:

- A) Escala temporal: um ecossistema que é altamente estável sobre um período de alguns séculos, pode ser altamente frágil em uma perspectiva mais curta (CHESSON & HUNTLY, 1989 apud NILSSON & GRELSSON, 1995);

- B)** Escala espacial: ecossistemas que aparecem frágeis em escalas espaciais de grande detalhe (que abrangem áreas menores) podem ser estáveis quando vistos em escalas espaciais de menor detalhe (que abrangem áreas maiores);
- C)** Nível de resolução taxonômica: a abundância de espécies individuais em um ecossistema pode flutuar, mas a abundância relativa das categorias taxonômicas, morfológicas e funcionais pode permanecer constante (RAHEL, 1990 apud NILSSON & GRELSSON, 1995);
- D)** Nível de resolução numeral: se a abundância de espécies em um ecossistema flutuar, a composição das espécies (presença de espécies) pode permanecer constante ao longo do tempo.

DIXON (2005:328) ao propor o mapeamento da contaminação potencial por agroquímicos em uma bacia hidrográfica no Condado de Woodruff, localizada no Vale do Rio Mississippi, região de Arkansas nos Estados Unidos, utilizou-se do mapeamento da susceptibilidade e vulnerabilidade aos agroquímicos.

A susceptibilidade foi determinada pela avaliação dos fatores naturais favoráveis e não favoráveis ao transporte dos agroquímicos na bacia hidrográfica, sendo que, a susceptibilidade foi definida como a facilidade com a qual os agroquímicos podiam se movimentar da superfície para os canais de drenagem infiltrando-se no solo e formações geológicas poluindo a bacia (DIXON, 2005:328).

A vulnerabilidade da bacia hidrográfica foi determinada pela avaliação de como a sensibilidade da bacia é modificada pelas atividades humanas como um potencial para contaminantes presentes (DIXON, 2005:328). Sendo assim, a vulnerabilidade foi determinada pela combinação dos mapas de susceptibilidade com os diferentes usos da terra que ocorrem na bacia, com destaque para os diferentes tipos de cultivares, práticas de manejo agrícola (aplicação de pesticidas e uso da irrigação).

Segundo DIXON (2005:328), embora seja fácil perceber os benefícios de um mapa para orientar uma estratégia de monitoramento ambiental, a geração dos mapas mostrando delineadas zonas potenciais de contaminação para propostas de monitoramento são difíceis, visto que o estudo da contaminação de bacias hidrográficas depende da interação de parâmetros complexos com inerentes incertezas espacial e temporal.

Portanto, há a necessidade de se desenvolver uma metodologia de mapeamento consistente, que seja capaz de tratar com incertezas para gerar mapas potenciais de contaminação de bacias hidrográficas em diferentes escalas (DIXON, 2005:328).

AL-ADAMAT *et al.* (2003) mapearam a vulnerabilidade na bacia de Azraq (Jordânia), e assim como DIXON (2005) que mapeou a vulnerabilidade em uma bacia hidrográfica do rio Mississipi, utilizaram-se do mesmo modelo para avaliarem a vulnerabilidade das bacias, o qual é denominado DRASTIC (EVANS & MAYERS, 1990; FRITCH, McKNIGHT, YELDERMAN & ARNOLD, 2000; KNOX *et al.*, 1993; PISCOPO, 2001; RUNDQUIST *et al.*, 1991; SECUNDA, COLLIN, & MELLOUL, 1998 apud AL-ADAMAT *et al.*, 2003).

Segundo AL-ADAMAT *et al.* (2003:305), o modelo DRASTIC relaciona um conjunto de dados espaciais sobre a profundidade da bacia hidrográfica, recarga pela chuva, tipo de aquífero, propriedades dos solos, topografia, impacto da zona não saturada, ou seja, daquela porção entre a superfície e o lençol freático ou zona de saturação, e a condutividade hidráulica do aquífero (NAVULUR & ENGEL, 1998 apud AL-ADAMAT *et al.*, 2003:305).

DRASTIC é um índice obtido por meio de um esquema (algoritmo) de avaliação numérica, o qual foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos com o objetivo de avaliar o potencial para contaminação de bacias hidrográficas em um lugar específico dado sua configuração hidrogeológica (KNOX *et al.*, 1993 apud AL-ADAMAT *et al.*, 2003:305). A determinação do índice DRASTIC agrícola envolve a multiplicação do peso de cada fator por seus valores e somando o total como se segue na fórmula abaixo (KNOX *et al.*, 1993 apud AL-ADAMAT *et al.*, 2003:305).

$$\text{ÍNDICE DRASTIC} = D_r * D_w + R_r * R_w + A_r * A_w + S_r * S_w + T_r * T_w + I_r * I_w + C_r * C_w$$

Onde: (D) é a profundidade da bacia hidrográfica; (R) é a taxa de recarga (rede); (A) é o aquífero médio; (S) é a média do solo; (T) é a topografia (declividade); (I) é o impacto da zona não saturada; (C) é a condutividade (hidráulica) do aquífero; (r) é a porcentagem para a área existente avaliada; e (w) peso de importância para o parâmetro (FORTIN, THOMSON, & EDWARDS, 1997; FRITCH *et al.*, 2000; KNOX *et al.*, 1993 apud AL-ADAMAT *et al.*, 2003:305).

PEREIRA (2002) ao propor uma classificação de sensibilidade ambiental entendida como o maior ou menor risco de degradação ambiental e avaliar a aptidão agrícola das terras da quadrícula de Ribeirão Preto-SP, visou identificar a fragilidade, estabilidade e potencialidade quanto ao uso das terras, como subsídios ao planejamento e gestão ambiental.

VEROCAI (2001 apud PEREIRA, 2002) define sensibilidade ambiental como a propriedade de reagir que possuem os sistemas agroambientais e os ecossistemas, alterando o seu estado de qualidade, quando afetado por ação antrópica.

Segundo PEREIRA (2002:02), no que tange aos aspectos de sensibilidade ambiental, podem ser observadas duas linhas metodológicas básicas. A primeira, que adota princípios da ecodinâmica, estabelece diferentes categorias de estabilidade ou instabilidade ambientais com base na morfogênese e pedogênese (TRICART, 1977; BECKER & EGLER, 1997; ROSS, 2000). A segunda, refere-se à Equação Universal de Perda de Solo — EUPS (BERTONI *et al*, 1975), a qual, com quase 30 anos de uso no Brasil, envolve um conjunto de fatores, naturais e antrópicos, que possibilitam estudos nos mais variados temas, como quantificação de perdas de solo e água, potencial natural de erosão, tolerância de perda de solo, todos de grande importância para estudos focados na identificação dos níveis de fragilidade ou estabilidade de sistemas ambientais.

Para VEROCAI (2001 apud PEREIRA, 2002:04) o conceito de fragilidade é a qualidade de uma área, definida em função da maior ou menor capacidade de manter e/ou recuperar o equilíbrio do ecossistema após uma determinada agressão. Em função da fragilidade, as áreas podem ser caracterizadas como frágeis e não frágeis ou estáveis, relativamente a um determinado fim. Os ecossistemas são tão mais frágeis quanto menor a capacidade de manter e/ou recuperar a situação de equilíbrio (estabilidade), quer espacialmente quer no tempo.

PEREIRA (2002:13) enfatiza que os conceitos de área frágil ou fragilidade e estabilidade ambiental podem funcionar como medidores ou indicadores da sensibilidade ambiental.

Áreas frágeis ou agroecossistemas frágeis são particularmente sensíveis aos impactos ambientais negativos e se caracterizam por uma baixa resiliência e pequena capacidade de recuperação. Já os agroecossistemas (ou qualquer sistema ambiental) estáveis, possuem a habilidade para resistir à mudança, ou para manter as condições de estado estável, quando submetido a uma perturbação, e apresentam-se com elevada resiliência (ART, 2001; VEROCAI, 2001; FEEMA, 1991 apud PEREIRA, 2002:13-14).

Segundo ART (2001 apud PEREIRA 2002:13), os ecossistemas serão tão mais frágeis quanto menor a capacidade de manter ou recuperar a situação de equilíbrio (estabilidade), quer

seja espacialmente ou no tempo, assim como serão tão mais estáveis quanto mais rapidamente e com menor flutuação ele retorna ao seu estado de equilíbrio.

TRICART (1977) dá grande ênfase no equilíbrio e resistência dos sistemas ambientais. Em sua metodologia adota os princípios da Ecodinâmica, que estabelece diferentes categorias morfodinâmicas, de acordo com os processos de pedogênese e morfogênese.

Sendo assim, quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos (modificadores das formas de relevo), tornando o meio instável. Quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos e configura-se um meio estável.

TRICART (1977), com base na aplicação do conceito pedogênese/morfogênese, distingue três grandes meios morfodinâmicos, assim caracterizados:

- a) **Meio estável** – apresenta condições semelhantes ao termo clímax, encontrando-se em regiões dotadas de cobertura densa; dissecação moderada e ausência de manifestação vulcânica;
- b) **Meio intermediário** – balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas;
- c) **Meio fortemente instável** – predomínio da morfogênese sobre a pedogênese; relevo fortemente dissecado; planícies e fundos de vales sujeitos à inundação; presença de solos rasos; degradação antrópica e erosão; e condições bioclimáticas agressivas.

Na execução do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) pelos Estados da Amazônia Legal, foi utilizada a metodologia de BECKER & EGLER (1997 apud PEREIRA, 2002:14). No roteiro, o método consta da elaboração de duas cartas temáticas (Carta de Vulnerabilidade Natural e Carta de Potencialidade Social) e uma carta síntese (Carta de Subsídio para Gestão do Território). Para a avaliação da Vulnerabilidade Natural, foi utilizado o conceito de Ecodinâmica (TRICART, 1977), a partir do qual foram estabelecidos valores de estabilidade ou vulnerabilidade de Unidades de Paisagem, assim descritos: Unidade estável – prevalece a pedogênese sobre a morfogênese, com valor “1”; b) Unidade intermediária – ocorre equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, valor “2”; e c) Unidade instável - prevalece a morfogênese sobre a pedogênese, valor “3”.

Sendo que, na análise final, foram atribuídos valores aos temas: rocha, solo, relevo e vegetação, além de clima e uso atual, que após serem integrados resultam num valor variando de 1 a 3, sendo então obtido a classe de vulnerabilidade ou estabilidade.

CREPANI *et al.* (1998) estabeleceram um método de classificação de paisagens naturais do terreno, em graus de vulnerabilidade natural, tendo como base a foto-análise de imagens de satélite, bem como os conceitos ecodinâmicos de TRICART (1977).

RESENDE *et al.* (1992 apud PEREIRA, 2002: 14-15), no trabalho sobre modelo tropical de ordenamento de território e uso da terra, considerou a declividade e a profundidade efetiva na estratificação de ambientes e define ambientes instáveis como àqueles que se encontram situados em áreas dissecadas, inadequadas à agricultura, pastagens e reflorestamento, devendo ser preservadas e protegidas. A sua identificação, segundo os autores, é fundamental para o planejamento do uso das terras de maneira adequada.

Então, podemos entender que os estudos ligados aos termos susceptibilidade e vulnerabilidade estão relacionados, em geral, às potencialidades naturais de determinados ambientes, ou como proposto por BROOKFIELD (1981 apud GLEISER, 1983), são condições de caráter geral, capazes de serem avaliadas ao longo de um *continuum* de risco, ou seja, a utilização dos termos susceptibilidade e vulnerabilidade remete à análise da potencialidade de determinado ambiente em tornar-se susceptível ou vulnerável a certo processo natural.

Assim sendo, podemos afirmar se um ambiente, a partir de seus fenômenos e dinâmicas naturais é, por exemplo, susceptível à erosão, ou vulnerável à contaminação, susceptível às inundações, e assim por diante.

Por outro lado, os termos fragilidade e sensibilidade, assim como também o termo “risco ambiental” (FRAISOLI, 2005:67), dizem respeito à interação entre as potencialidades naturais e o uso e ocupação sócio-econômica dos ambientes, mas principalmente à potencialidade de certos fenômenos naturais, ocasionadas pelo uso e ocupação dos espaços naturais.

O termo risco ambiental pode ser conceituado, de maneira geral, como a probabilidade de algum elemento natural torna-se vulnerável a determinado processo, tendo como causa o uso e manejo inadequado do meio ambiente. Assim, o conceito de risco ambiental deve ser voltado para um fenômeno natural específico, causado pela ação humana, como por exemplo, risco de erosão, risco de inundação, risco de escorregamento, e assim por diante (FRAISOLI, 2005: 67).

Como ressaltado por FRAISOLI (2005:68), o conceito de fragilidade ambiental procura relacionar homem e natureza sem direcionar a análise aos estudos sociais ou aos estudos naturais, além do que, está ligado à susceptibilidade de algo sofrer intervenções, ou de ser alterado. Sendo assim, a fragilidade do meio ambiente está ligada a fatores de desequilíbrio, tanto de ordem natural (alto grau de declividade, alto grau de erodibilidade, variações climáticas) quanto social (uso indevido do solo, intervenções em regimes fluviais, técnicas de cultivo, etc.).

Segundo SANTOS (1997), a fragilidade do meio pode ser interpretada como ambiente de risco, concebendo a possibilidade de perigo ou perdas. Portanto, definir a fragilidade do meio

pode evitar que situações de risco ambiental decorram para situações de catástrofes que envolvam danos materiais e humanos. O estudo da fragilidade requer a análise de todos os fatores sociais e naturais que compõe determinado espaço.

3 – METODOLOGIA

3.1 - UMA PROPOSTA DE ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

Conforme SPÖRL & ROSS (2004:39), os modelos de análise da fragilidade servem como subsídio ao planejamento estratégico ambiental. Os mapeamentos das fragilidades ambientais identificam e analisam as áreas em função de seus diferentes níveis de fragilidade. Através desses documentos torna-se possível apontar áreas onde os graus de fragilidade são mais baixos, favorecendo então determinados tipos de inserção, assim como áreas mais frágeis onde são necessárias ações tecnicamente mais adequadas a essas condições.

As últimas décadas têm sido marcadas por profundas modificações tecnológicas, sociais, econômicas e, principalmente, ambientais. Os sistemas ambientais, segundo SPÖRL & ROSS (2004:40), face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas, visto que, qualquer alteração nos componentes da natureza (relevo, solo, clima, vegetação e recursos hídricos) acarreta o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando seu estado de equilíbrio dinâmico.

Sendo assim, ao tratar as variáveis ambientais de forma integrada possibilita obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais e, conseqüentemente, a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território (SPÖRL & ROSS (2004:40).

De acordo com ROSS (2000:216), o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais de um determinado sistema natural passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim, de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem. Para a análise da “fragilidade”, entretanto, exige-se que esses conhecimentos setorializados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que na natureza a funcionalidade é intrínseca entre as componentes físicas, bióticas e sócio-econômicas.

As “fragilidades” dos ambientes naturais, segundo ROSS (2000:316-317), devem ser avaliadas quando se pretende aplicá-las ao planejamento ambiental, baseando-se no conceito de

Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977). Então, dentro dessa concepção ecológica, o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria de Sistemas que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é freqüentemente alterado pelas intervenções do homem nas diversas componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários, ou até permanentes (ROSS, 2000:316-317).

Os conceitos formulados por TRICART (1977), foram utilizados por ROSS (1990), que inseriu novos critérios para definir as “Unidades Ecodinâmicas Estáveis” e “Unidades Ecodinâmicas Instáveis”. Essas últimas foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções humanas modificaram intensamente os ambientes naturais, através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas (ROSS, 2000:317).

As chamadas “Unidades Ecodinâmicas Estáveis” são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto, em seu estado natural, como, por exemplo, um bosque de vegetação natural (ROSS, 2000:317).

Para que tais conceitos pudessem ser utilizados como subsídio ao Planejamento Ambiental, ROSS (1990 apud ROSS, 2000) ampliou o uso dos mesmos, estabelecendo as “Unidades Ecodinâmicas Instáveis” ou de “Instabilidade Emergente” em vários graus, desde instabilidade muito fraca a muito forte. Aplicou o mesmo para as “Unidades Ecodinâmicas Estáveis” que, apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam instabilidade potencial qualitativamente previsível, face às suas características naturais e à possível inserção antrópica. Deste modo, as “Unidades Ecodinâmicas Estáveis”, apresentam-se como “Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial”, em diferentes graus, tais como as de Instabilidade Emergente, ou seja, de muito fraca a muito forte (ROSS, 2000:317-318).

ROSS (1994) apresenta dois elementos que determinam a instabilidade do sistema natural: primeiro, as características genéticas do espaço natural, uma vez que os ambientes apresentam processos naturais que podem inferir fragilidade ao sistema e, em segundo lugar, as formas de uso e ocupação socioeconômica do espaço.

Para ROSS (1994), tendo como base o trabalho de TRICART (1977), o estudo da fragilidade potencial dos ambientes envolve o estudo dos solos, do relevo, das rochas, das águas, do clima, da vegetação e do uso social do espaço por meio de uma metodologia que considera as relações entre morfogênese e pedogênese.

ROSS (1994) afirma que: “*As relações de troca energética absolutamente interdependentes, não permitem, por exemplo, o entendimento da dinâmica e da gênese dos solos sem que se conheça o clima, o relevo, a litologia e seus respectivos arranjos estruturais*”.

Assim sendo, ROSS (1994) propõe como análise da fragilidade de determinado ambiente o estudo do relevo, da litoestrutura, dos solos, do clima e do uso da terra, o que, terá como produto cartas temáticas, as quais, posteriormente serão hierarquizadas em classes de fragilidade e se transformarão no produto final objetivado neste estudo: a carta de fragilidade ambiental.

Nesse contexto, ROSS (2000) propõe como metodologia a confecção de cartas temáticas de geomorfologia, geologia, climatologia, uso e ocupação do solo e, no caso de áreas de estudo com escalas maiores de 1:50.000, deve-se analisar também as formas das vertentes e as classes de declividade.

Segundo afirma ROSS (2000), a escolha da análise de cada elemento apresentado possui um significado específico para a avaliação de determinado ambiente, pois, os estudos dos solos prestam-se, por um lado, à avaliação da potencialidade agrícola (aptidão agrícola ou capacidade de uso) e de outro subsidia a análise da fragilidade do ambiente face às ações antrópicas ligadas à agropecuária. Os levantamentos geológicos são básicos para o entendimento da relação relevo-solo-rocha; as informações climáticas, sobretudo as de chuva (intensidade, volume e duração), também se prestam tanto para a análise da potencialidade agrícola, quanto para a avaliação da fragilidade natural dos ambientes, a rugosidade topográfica do relevo e declividade das vertentes, bem como os levantamentos dos tipos de uso da terra possibilitam chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Sendo assim, para cada carta temática composta, ROSS (2000) propõe hierarquizar a fragilidade ambiental em cinco classes, sendo estas: Muito Baixa; Baixa; Média; Alta; e Muito Alta.

Além disso, após a composição de todas as cartas necessárias para o estudo dos fatores naturais e sociais de uma determinada área, ROSS (1994) propõe associar as fragilidades encontradas a dígitos arábicos, onde cada um desses dígitos representa um peso. A soma de todas as cartas temáticas resultaria em um conjunto de números, concluindo-se assim o mapa final de fragilidade.

No quadro 1 são apresentados os intervalos de classe de declividade sugeridos por BIGARELLA *et al* (1979 apud CUNHA & GUERRA, 2000) para tipos de uso do solo, além do que, nos quadros 2, 3 e 4 podemos observar as propostas classificatórias da fragilidade ambiental

de ROSS (1994) para os aspectos da declividade, tipos de solo e tipos de cobertura vegetal, as quais, serão adequadas às características particulares da área de estudo deste trabalho.

Quadro 1 – Tipos de uso indicados para os diversos intervalos de classe de declive.

Intervalos de classes de declive		Tipo de uso do solo indicado
Em percentual	Em graus	
< 1	< 1	- agricultura sem restrições
1 a 6	1 a 3	- agricultura intensiva - medidas de conservação ligeiras
6 a 12	3 a 7	- agricultura com práticas moderadas conservacionistas
12 a 20	7 a 12	- agricultura com rotação - limite do trator - conservação intensiva
20 a 45	12 a 24	- culturas permanentes com restrições
> 45	> 24	- área de preservação obrigatória por lei

Fonte: Bigarella *et al.*, 1979 *apud* CUNHA & GUERRA, 2000.

Quadro 2 – Fragilidade das classes de declividade.

Classes de Fragilidade	Classes de Declividade
Muito Baixa	Até 6%
Baixa	De 6% a 12%
Média	De 12% a 20%
Alta	De 20% a 30%
Muito Alta	Acima de 30%

Fonte: ROSS (1994)

Quadro 3 – Fragilidade dos tipos de solos

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa
Baixa	Latossolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Alta	Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambissolos
Muito Alta	Argissolo Vermelho, Neossolo Litólico e Neossolo Arênico

Fonte: Ross, 1994, adaptado à nova classificação de solos da Embrapa.

Quadro 4 – Grau de proteção dos tipos de cobertura vegetal.

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
Muito Alta	Florestas/ Matas Naturais, Florestas Cultivadas com Biodiversidade
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de <i>Pinus</i> densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau.
Média	Cultivos de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre as ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas
Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, feijão, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível/terraceamento
Muito Baixa a Nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas

Fonte: ROSS (1994)

Sendo assim, ressaltamos que a metodologia utilizada neste trabalho visa realizar o mapeamento dos diversos elementos e processos, tanto naturais como sociais, que compõem o ambiente, os quais, ao serem enumerados, mapeados e analisados irão subsidiar a avaliação da fragilidade e, principalmente, poderão orientar no planejamento e gestão das formas mais apropriadas de ocupação e construção do espaço.

O mapa de fragilidade ambiental constitui-se em mais um instrumento orientador para se traçar políticas públicas de uso e ocupação da terra que garantam um uso do solo mais democrático e solidário.

Como recorte analítico, foi determinada a Bacia Hidrográfica, uma vez que essa categoria, sendo um sistema aberto, permite a análise tanto dos processos sociais quanto naturais que se inter-relacionam.

3.2 - FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE

Como ressaltado anteriormente, TRICART (1977) trabalhando com a relação morfogênese/pedogênese desenvolveu o conceito de “ecodinâmica dos meios”, no qual, quando um determinado sistema natural está em desequilíbrio, a morfogênese, ou erosão, é predominante sobre a pedogênese, ou seja, a formação do solo, caracterizando os “meios ecodinâmicos instáveis”. Por outro lado, nos meios em que ocorre domínio da pedogênese sobre a morfogênese, estes caracterizam-se pelo equilíbrio dinâmico e estável. Para TRICART (1977), o equilíbrio natural é frequentemente alterado ou por condições naturais ou pela intervenção humana.

Os conceitos supracitados foram utilizados por ROSS (1990, 1996), que inseriu novos critérios para a classificação das unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, desenvolvendo assim o conceito de “fragilidade ambiental”.

O termo *fragilidade* tem aparecido frequentemente na geografia física, aliado à qualidade dos espaços físicos, normalmente como "fragilidade do meio físico" (ROSS, 1996).

A fragilidade sempre está ligada a algo que se torna vulnerável e/ou susceptível. No caso do meio físico, está ligada às causas dos desequilíbrios, que podem ter origens diversas, mas que frequentemente relacionam-se com a antropização do meio (VITTE & SANTOS, 1999).

Para ROSS (1996), as unidades ecodinâmicas instáveis foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções humanas modificaram intensamente os ambientes naturais por meio dos desmatamentos ou práticas econômicas diversas. As unidades ecodinâmicas estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se em estado natural.

Para que o conceito de “fragilidade ambiental” pudesse ser utilizado como subsídio ao planejamento ambiental, ROSS (1990) aprofundou seu uso, estabelecendo as unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente, em vários graus, desde instabilidade muito fraca a muito forte. Aplicou o mesmo critério para as unidades ecodinâmicas estáveis, que apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam instabilidade potencial qualitativamente previsível, face às suas características naturais e à possível inserção antrópica. Neste caso, as

unidades ecodinâmicas estáveis apresentam-se como unidades ecodinâmicas de instabilidade potencial em diferentes graus, de muito fraco a muito forte.

Segundo ROSS (1990), o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelo levantamento dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e da fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida. Esses estudos devem originar produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação.

VITTE & SANTOS (1999) incluíram como critério para a confecção da carta de fragilidade ambiental, a análise das declividades; a carta de energia do relevo, que inclui uma integração entre a carta de declividades com a carta de dissecação horizontal e a de dissecação vertical do relevo, conforme especificado por SPIRIDINOV (1981); a densidade de drenagem; a densidade hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980); densidade de nascentes e o índice de erosividade das chuvas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Para a análise da fragilidade ambiental é fundamental que todos os aspectos e/ou conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas (ROSS, 1996).

Além disso, para a definição das unidades de paisagem pelo critério da “fragilidade ambiental”, mais do que os índices físico-naturais, faz-se necessário a inclusão de elementos da organização sócio-econômica e sua análise ao longo do tempo, dentre outros, da densidade demográfica e grau de adensamento (NUCCI & CAVALHEIRO, 1997); do uso do solo urbano-industrial; do uso do solo rural (SANTOS & VITTE, 1999); da rede de circulação e, finalmente, do uso do solo para o lazer (CHRISTOFOLETTI, 1999).

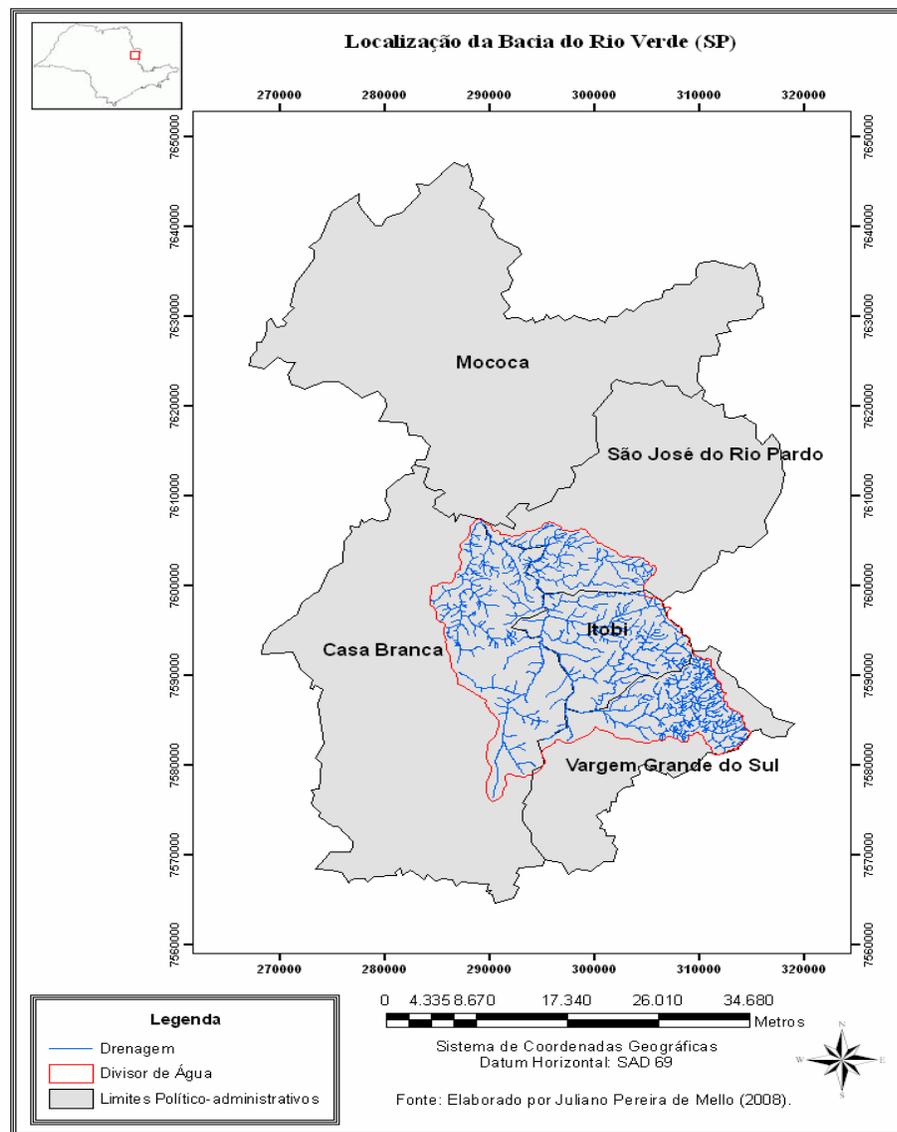
Os elementos supracitados tornam-se os componentes que comandarão a estruturação espacial de uma determinada paisagem. Eles também potencializam a sensibilidade da paisagem, que é compreendida como sendo a capacidade que um sistema tem de responder a uma determinada mudança que ocorre nos fatores que controlam o seu funcionamento (THOMAS & ALLISON, 1993). Tal fato pode ser verificado na ocasião do rompimento dos limiares naturais, como a entrada de matéria e energia que ocorre a partir das diferentes formas de uso e ocupação do solo, desencadeando processos degradacionais e com isto qualificando as unidades de paisagem e a sua conseqüente utilização pela sociedade.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde (figura 01) apresenta uma área de 525,30 km². Faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo e se encontra na Região Nordeste do Estado de São Paulo. Tem suas nascentes na Serra da Mantiqueira, mais especificamente, no Município de **Vargem Grande do Sul (SP)**, drena os municípios de **Itobi (SP)**, **Casa Branca** e **São José do Rio Pardo (SP)**, tendo sua foz no Rio Pardo na altura do município de **Mococa (SP)**.

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO VERDE



O Rio Verde constitui único manancial superficial para os municípios de Vargem Grande do Sul (SP) e Itobi (SP). Suas nascentes encontram-se totalmente localizadas nas encostas da Serra da Fartura, ao norte do sítio urbano de Vargem Grande do Sul (SP), mais precisamente na área da Fazenda Cafundó.

4.2 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA REGIONAL

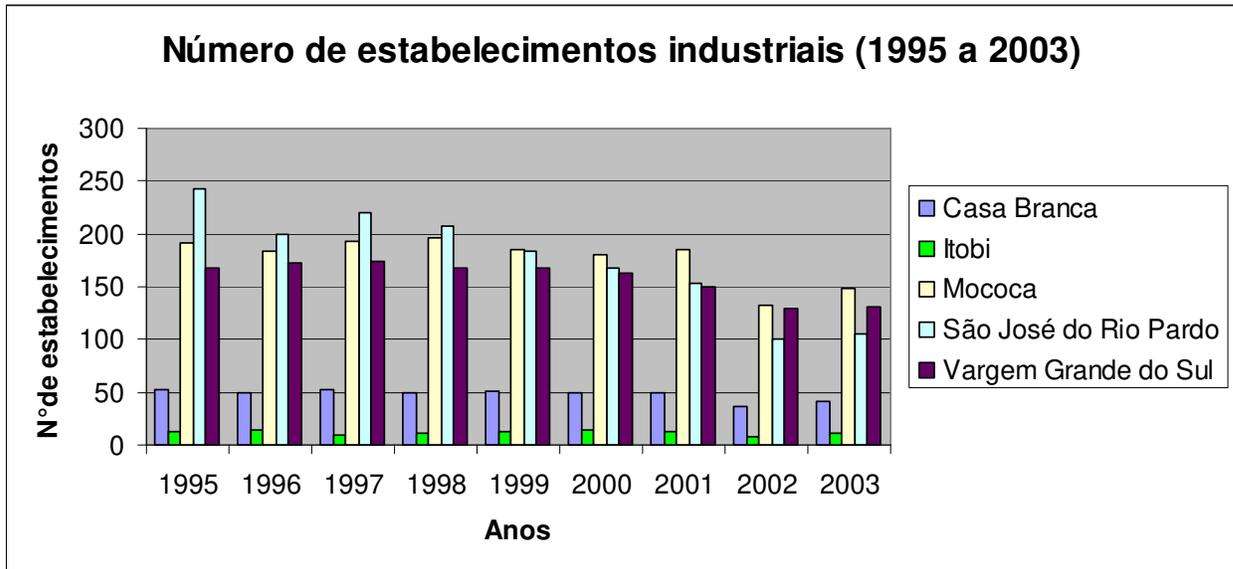
A história recente de ocupação da Região Nordeste de São Paulo iniciou-se na segunda metade do século XIX com o estabelecimento da cafeicultura, atraída pela fertilidade natural das terras. Nesse período, grandes extensões de florestas mesófilas semidecíduas, matas paludícolas e cerrados foram desbravadas para a introdução da cultura do café (KOTCHETKOFF-HENRIQUES, 2003 apud QUARTAROLI *et al.*, 2006).

Desde sua origem, as atividades vinculadas ao setor agropecuário sobressaíram-se na economia regional do nordeste do Estado de São Paulo. Após a grande crise mundial de 1929, com a quebra da bolsa de Nova York, a região substituiu paulatinamente a cafeicultura pela diversificação de usos da terra. Atualmente, o café ainda é importante, mas divide espaço com outras atividades agropecuárias, com destaque para a cana-de-açúcar, a fruticultura, a soja e a pecuária.

ABREU (1972:13) já ressaltava que os municípios polarizados pela Região de Governo de São João da Boa Vista, dos quais, fazem parte os que têm seus territórios na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, não constituíam uma área de considerável desenvolvimento industrial, o que continua sendo caracterizado conforme os dados da FUNDAÇÃO SEADE (2006)³ para o período de 1995 a 2003 (gráfico 1), nos quais, percebe-se uma tendência de diminuição do número dos estabelecimentos industriais nos municípios em questão, porém, também segundo dados da FUNDAÇÃO SEADE (2006), conforme o gráfico 2 é notório o aumento do valor adicionado da indústria para o mesmo período, principalmente, para os municípios de Mococa e São José do Rio Pardo.

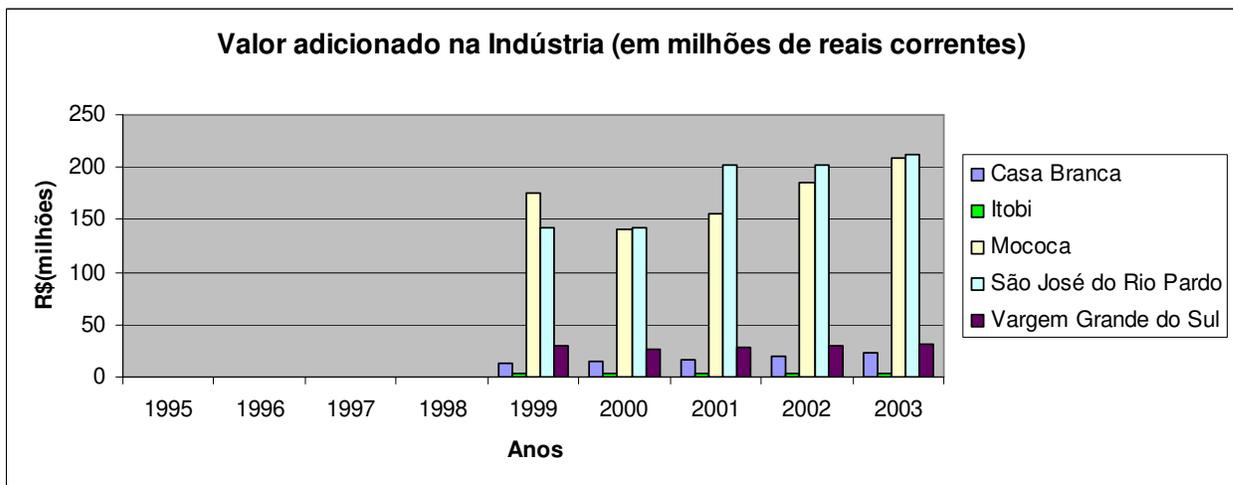
³ Os dados da Fundação Seade (2006) foram obtidos mediante consulta ao site www.seade.gov.br em 26/10/2006.

Gráfico 1 – Número de Estabelecimentos Industriais (1995-2003)



Fonte: Fundação Seade (2006). Elaborado por Juliano Pereira de Mello (2008).

Gráfico 2 – Valor adicionado na Indústria (em milhões de reais correntes) (1995 a 2003).

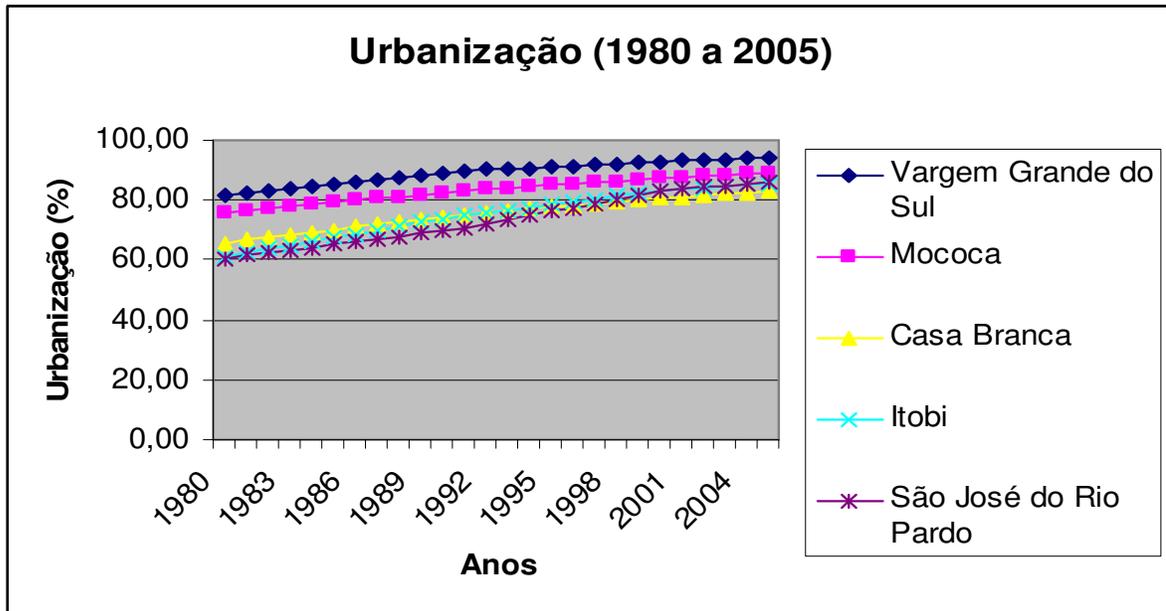


Fonte: Fundação Seade (2006). Elaborado por Juliano Pereira de Mello (2008).

Ainda constatando as observações feitas por ABREU (1972), temos que, para o período de 1982 a 2005, a Região de Governo de São João da Boa Vista tem evoluído rapidamente, acompanhando as transformações econômicas e sociais do Estado por meio de um intenso processo de urbanização, o qual está representado nos dados da FUNDAÇÃO SEADE (2006) no

gráfico 3 e revelando ter chegado a valores atuais acima de 80% de urbanização para os municípios de interesse desta pesquisa.

Gráfico 3 – Grau de urbanização (1980 a 2005)



Fonte: Fundação Seade (2006). Elaborado por Juliano P. de Mello (2008).

ABREU (1972) enfatiza a reorganização das atividades agrárias, não só em termos de produção, mas principalmente quanto à tecnologia mobilizada, além do que, de tais quadros agrários serem os que mais de perto se ligam às paisagens regionais deste setor de rebordo do Planalto Atlântico.

Em fins dos anos 1950 e início dos 1960, São João da Boa Vista gozava de certa expressão na estruturação do espaço paulista. Assim é que GEIGER (apud ABREU,1972:14) considerou-a como centro de segunda categoria, superada por Poços de Caldas (MG) (centro de primeira categoria) e subordinada a Campinas (sub-metrópole regional), dentro de uma rede urbana comandada por São Paulo.

Segundo QUARTAROLI *et al.* (2006), a paisagem da Região Nordeste do Estado começou a firmar-se e a adquirir os contornos atuais a partir da década de 1970, quando dois acontecimentos desencadeados foram importantes nessa evolução:

- o primeiro foi a intensificação do processo de desconcentração industrial da capital paulista nessa época;
- o segundo, o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Pró-álcool).

Conforme DOZENA (2001 apud QUARTAROLI *et al.*, 2006), após a década de 1970 a cidade de São Paulo passou por um processo de reestruturação motivada pelos problemas ambientais, econômicos e sociais agravados com o seu inchaço e a falta de planejamento urbano, conseqüentemente, gerando um movimento de desconcentração das atividades econômicas e industriais com a tendência de migrarem para o interior do Estado. A partir desse processo formou-se uma mancha urbana contígua à metrópole e no sentido dos grandes eixos rodoviários, dentre eles a Rodovia Anhangüera (SP-330), que liga a Região Nordeste do Estado à capital.

Nesse período, a região nordeste do Estado de São Paulo beneficiou-se da proximidade e da infra-estrutura já consolidada, principalmente no setor de transportes, para atrair as indústrias que migravam da cidade de São Paulo. Com a chegada das indústrias, os serviços também se diversificaram, assim como o comércio e a geração de empregos. Isso atraiu a população de outras regiões do Estado e do país e intensificou o crescimento das cidades médias (QUARTAROLI *et al.*, 2006).

As políticas públicas implantadas, especialmente o Programa Nacional do Alcool em 1975, também foram importantes para a definição dos contornos das paisagens, principalmente pelos incentivos oferecidos à produção da cana-de-açúcar e ao fomento econômico de toda sua cadeia produtiva.

De acordo com QUARTAROLI *et al.* (2006), a proximidade com a capital e o elevado crescimento endógeno da Região Nordeste do Estado foram responsáveis pelo estabelecimento de uma série de vantagens comparativas na implantação de infra-estrutura em educação, pesquisa técnico-científica, transportes, comunicações e definiram-se como elementos primordiais para consagrá-la no cenário econômico brasileiro e mundial. Todo esse conjunto de fatores fizeram com que esta Região exercesse influência e também se adequasse rapidamente às novas exigências do mercado global, tornando-se nele competitiva e altamente engajada.

As modernas técnicas empregadas pelo setor agropecuário fizeram com que a agricultura na Região Nordeste, com destaque à microrregião de Ribeirão Preto, fosse uma das primeiras do Brasil “a ser largamente exposta à modernização inerente ao período técnico-científico-informacional” (ELIAS, 2003).

Conforme ELIAS (2003), a agricultura na região se transformou em um empreendimento em consonância com a racionalidade deste período, demonstrando ter possibilidades semelhantes aos demais setores da economia na aplicação de capital e na obtenção de alta lucratividade, permitindo maior valorização dos capitais nela investidos.

Segundo QUARTAROLI *et al.*, (2006), a Região Nordeste não apresentou em sua totalidade um nível de crescimento econômico homogêneo, pois, alguns eixos se destacaram, em geral acompanhando o traçado das maiores e melhores rodovias e nas proximidades das usinas de açúcar e álcool. Não houve um processo homogêneo de inclusão dos municípios devido à diferenciação na implantação de infra-estruturas provenientes de capital privado, na aplicação de políticas públicas, na implementação das inovações pelo setor agrícola local dada a existência de variados condicionamentos ambientais das diversas paisagens naturais. Estas últimas não impediram, mas orientaram a implantação e a intensificação do agronegócio e a criação de sub-espacos.

QUARTAROLI *et al.* (2006) enfatiza que a Região Nordeste do Estado de São Paulo com sua estrutura interna heterogênea, seus produtos advindos das atividades agrossilvopastoris (como a cana-de-açúcar, as oleaginosas, a fruticultura, a pecuária) e suas cadeias produtivas acabou por se tornar extremamente importante para o Brasil e para sua projeção no mercado internacional.

Nesse contexto, conforme QUARTAROLI *et al.* (2006), formuladores de políticas públicas e privadas identificam a necessidade de trabalhar com dados e informações, atualizadas e precisas e com novas ferramentas para a elaboração de cenários e estudos prospectivos nas mais diversas áreas econômicas e sociais.

4.2.1 – Evolução histórica – Vargem Grande do Sul (SP)

Nas proximidades do sítio urbano de Vargem Grande do Sul (SP) encontramos extensas áreas de várzea (foto 1), nas quais, é feito o plantio intensivo de arroz com uso de barragens e desvios, além do que, também se faz a extração de argila (foto 2) que serve a algumas cerâmicas e olarias situadas no município em questão. Tais usos descaracterizaram e alteraram o leito original do rio, que hoje é utilizado para o plantio, sendo que, nesse trecho, resume-se a um canal de irrigação com um traçado regular e mata ciliar muito prejudicada (foto 3).

Foto 1 – Áreas de várzea – Vargem Grande do Sul (SP)



Obs.: Vista panorâmica das áreas de várzea às margens do rio Verde. As fotografias para esta montagem foram tiradas a partir da visada do Bairro Fortaleza, Vargem Grande do Sul (SP). Fonte: Fotos do autor, 19/08/2007.

Foto 2 – Área de extração de argila – Vargem Grande do Sul (SP)



Obs.: Cava de argila para abastecimento de atividade ceramista às margens do rio Verde e próximo ao sítio urbano de Vargem Grande do Sul (SP). Fonte: Foto do autor, 19/08/2007.

Foto 3 – Trecho degradado – Rio Verde (Vargem Grande do Sul – SP)



Obs.: Margens degradadas do Rio Verde próximo ao Bosque Municipal de Vargem Grande do Sul (SP) – à jusante da captação de água municipal. Fonte: Foto do autor, 19/08/2007.

Conforme ressaltado por ABREU (1972), o Rio Verde apresenta extensas áreas de várzeas e com seu traçado sinuoso delimita a transição entre os Ecossistemas da Serra e dos Campos Cerrados no Nordeste do Estado de São Paulo, onde a ocupação urbana e agrícola de Vargem Grande do Sul teve início na segunda metade do século XIX.

ABREU (1972: 88-89) enfatiza a organização do povoamento, sua densidade e dinamismo, o que melhor revela as atitudes tomadas pela população local face aos compartimentos morfo-estruturais da área do município de Vargem Grande do Sul. Sendo que, o povoamento rural, primeiramente, concentrou-se nos terrenos cristalinos, tornando-se menos denso sobre os sedimentares; o povoamento urbano, contudo, definido no contato dos dois domínios, sobre o embasamento, cresce preferencialmente em direção às áreas sedimentares.

A análise do sítio urbano de Vargem Grande do Sul demonstra-nos uma série de fatos significantes. Tendo-se originado sobre o interflúvio, já próximo da confluência do Ribeirão Santana com o Rio Verde, assentando-se em seu início sobre o pequeno “*replat*”, o núcleo urbano apresentava-se, de certa forma, com reduzidas possibilidades de expansão. A leste, os terrenos tornam-se dissecados e cheios de obstáculos, a norte, sul e oeste a cidade é envolvida por

várzeas relativamente amplas e sujeitas, anualmente, a cheias. Contudo, o significado dos dois obstáculos é diferente, pois superada a várzea surgem terrenos mais propícios à utilização urbana, portanto, transpostas as duas várzeas, a cidade elegeu as colinas de relevos tabuliformes da Depressão Periférica como direções preferenciais de expansão (ABREU, 1972:89).

Atualmente, a área urbana ocupa as duas vertentes do interflúvio sobre o qual se originou e já conquistou as vertentes de além-várzea, iniciando agora a ocupação das faces opostas a estas segundas, em plena área sedimentar. Uma dessas direções, aliás, foi inclusive reforçada pela presença da rodovia, asfaltada hoje, que une Casa Branca a São João da Boa Vista, passando por Vargem Grande do Sul.

Conforme ABREU (1972:89), a situação do povoamento rural é bastante diferente, pois, em primeiro lugar, cumpre ressaltar na área a existência de formas dispersas e agrupadas, embora a primeira predomine largamente e apresente-se nitidamente orientada pela drenagem, sendo exemplos característicos os definidos ao longo dos vales do Rio Verde e Ribeirão Santana, a leste de Vargem Grande do Sul. Nestes dois vales citados pode-se, igualmente, perceber a posição das construções, predominantemente na baixa encosta, em plano ligeiramente superior ao da várzea, correspondendo de um modo geral a pequenas propriedades rurais que têm nas terras da várzea, através da rizicultura ou do plantio de cebolas e batatas, um dos trechos valorizados de seus solos (ABREU, 1972:89).

Além do povoamento linear disperso ao longo dos vales, encontramos ainda outro tipo de dispersão, que ABREU (1972:89-90) chama de nodular, a qual embora ligada à drenagem não se enquadra no primeiro caso. Esta segunda modalidade, em geral, apresenta construções localizadas em pontos mais elevados das vertentes e inclusive, correspondendo com certa frequência a cabeceiras de drenagem. É um tipo associado a propriedades rurais de maior extensão e a disposição das casas revela, às vezes, a antiga fazenda cafeicultora com a típica “colônia”, como ocorre a nordeste de Vargem Grande do Sul, e que foi largamente substituída pelas pastagens.

O povoamento rural concentrado surge no sudeste da área, já no contato da Bacia do Rio Verde com a Bacia do Jaguari-Mirim e é representado pelo bairro Pedregulho, o qual pertence ao município de São João da Boa Vista, e cujo topônimo lembra a presença dos cascalhos e matacões que ocorrem com grande frequência na região (ABREU, 1972:90).

No trecho sedimentar ABREU (1972) identificou a redução do povoamento, que se rarefaz ainda mais a oeste da região, porém, a partir da década de 1980, há que se ressaltar o

surgimento e consolidação de vários bairros tornando-o um eixo da expansão urbana do município ao longo da Rodovia que liga Vargem Grande do Sul à Casa Branca.

Segundo ABREU (1972), outro fato que reflete para ao observador as mudanças estruturais é o recobrimento vegetal que veio sofrendo alto grau de alteração pela intervenção humana. Os terrenos cristalinos do leste, a julgar pelos remanescentes que se encontram dispersos, os quais regridem à medida das atividades humanas, sugerem um pretérito recobrimento vegetal extensivo desde a “*old land*” pela Mata Tropical Atlântica, com caráter semi-decídua, inicialmente substituída pela cafeicultura, o que, é confirmado pelas estatísticas agrícolas do início do século passado (1909), que davam para Vargem Grande do Sul, então distrito de São João da Boa Vista, 1.154.700 cafeeiros. Esse total engloba dados de São Roque da Fartura (atualmente pertencente a Águas da Prata) e São Sebastião da Gramma (hoje município) e torna claro o papel representado por este produto no desmatamento generalizado que hoje se observa na região.

Os terrenos sedimentares à oeste da bacia hidrográfica são caracterizados pelo cerrado, o qual, vem sendo igualmente reduzido e empobrecido pela ação antrópica.

Os cerrados localizados a sudeste de Vargem Grande do Sul são extremamente raquíticos, com arbustos muito pequenos e utilizados como pastagens extensivas e, como ressaltado por ABREU (1972:91), seu aspecto degradado é resultado de um prolongado processo de exploração pelo homem, sendo que em sua maior parte ocorre no interflúvio Jaguari-Mirim – Rio Verde, em cotas entre 650-720 metros, estando as várzeas dos rios citados abaixo de 630 metros.

Ressaltamos que a ocupação agrícola no Município de Vargem Grande do Sul partiu da região da Serra da Fartura em função da presença das nascentes, inclusive as do Rio Verde, pois, a água era e continua sendo elemento de suma importância para o agricultor. Era fonte da força motriz empregada nas maquinarias de tulha, monjolos e serrarias. E, com o advento da lavoura cafeeira passa a ser amplamente utilizada no beneficiamento e na classificação das diversas tipologias do café.

Segundo matéria publicada na “Gazeta de Vargem Grande” (24/07/1994), no início do uso e ocupação do território de Vargem Grande do Sul, a relação ecológica entre o agricultor e o meio teve um caráter não predatório, ou seja, pautava-se por um certo equilíbrio, no qual, protegia-se a mata natural das nascentes e a mata ciliar a fim de preservar a água, além do que, também não eram derrubadas as matas de encostas, com a finalidade de proteger os cafezais das geadas. Em 1929, com a crise do café e o abandono das terras nos primeiros anos devido aos

escassos capitais, começa a penetrar na região a pecuária leiteira, favorecendo o desmatamento para a formação de pastos. Sendo assim, rompendo-se a relação de maior equilíbrio que perdurou durante o ciclo do café.

O processo de desmatamento foi intensificado nos anos de 1960 com a introdução das culturas mecanizadas de soja e batata nas áreas pertencentes ao domínio da Depressão Periférica, onde, os cerradões foram substituídos pelas culturas irrigadas e, posteriormente, pela monocultura da cana-de-açúcar.

Na tabela 02 são apresentadas as áreas em hectares das dez classes de uso e ocupação da terra mapeadas segundo trabalho realizado por QUARTAROLI *et al.* (2006) – Embrapa Monitoramento por Satélite, na qual, mais uma vez ressalta-se o uso agrícola, em especial, o aumento da área plantada de cana-de-açúcar em 58.073 ha (+227%), bem como, o de culturas anuais irrigadas em 10.649 ha (+721%), no período de 1988 a 2002/2003 (Embrapa, Monitoramento por Satélite, 2006), além do que, de maneira geral, a diminuição da vegetação natural, no mesmo período, em 2.120 ha, ou seja, em 10,1% , porém, chamando à atenção para um aumento total da vegetação ripária de 1.283 ha, ou seja, em 4,45%.

Tabela 02 – Uso e Ocupação da Terra (1998 a 2002/2003)

Município	Área Urbana		Fruticultura		Café		Cana-de-açúcar		Cultura Anual* (sem irrigação)	
	-1988	(2002/2003)	-1988	(2002/2003)	-1988	(2002/2003)	-1988	(2002/2003)	-1988	(2002/2003)
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Casa Branca	973	1.201	10.491	17.926	626	73	7.874	37.084	22.410	0
Itobi	102	145	0	0	33	0	151	4.156	3.400	0
Mococa	1236	1.978	569	2.062	2.849	2.939	11.191	26.843	2.068	3.623
São José do Rio Pardo	710	1.456	0	0	1485	0	291	6.362	1.868	1.113
Vargem Grande do Sul	834	834	79	184	35	230	6.084	9.219	4.356	1.190
TOTAL	3855	5.614	11.139	20.172	5028	3242	25.591	83.664	34.102	5926
Município	Cultura Anual* (Pivô de irrigação)		Silvicultura		Pastagem		Vegetação Natural		Vegetação Ripária	
	(1988)	(2002/2003)	(1988)	(2002/2003)	(1988)	(2002/2003)	(1988)	(2002/2003)	(1988)	(2002/2003)
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Casa Branca	1.376	8.143	8.555	6.094	18.754	1.224	2.588	2.196	11.724	11.572
Itobi	0	743	0	105	7.340	5.807	1.007	950	1.717	1.870
Mococa	0	1.264	135	22	47.504	27.285	10.775	9.221	8.198	9.240
São José do Rio Pardo	0	500	0	102	27.460	22.059	5.676	5.559	3.826	4.058
Vargem Grande do Sul	100	1475	599	209	9.869	8.564	997	997	3.375	3.383
TOTAL	1.476	12.125	9.289	6.532	110.927	64.939	21.043	18.923	28.840	30.123

*Principalmente batata e cebola. Fonte: QUARTAROLI *et al.* (2006).

4.3 – GEOLOGIA

Segundo o PROJETO SAPUCAI (DNPM/CPRM, 1979), a tectônica é o elemento primordial na formação do Planalto Atlântico Brasileiro, do qual a Serra da Mantiqueira, onde se encontram as nascentes do Rio Verde, é o bloco mais elevado e interiorizado, porém, no contato com o planalto sul de Minas (superfície do alto rio Grande) as evidências tectônicas são mascaradas pela intensa erosão diferencial.

A Serra da Mantiqueira é constituída de uma assembléia de termos petrográficos representada, basicamente por granitos e granitóides porfiroblásticos, migmatitos diversos (incluindo espécimes e médio e alto grau de metamórfico), granulitos,

micaxistos, “gnaisses”, rochas cataclásticas e, subordinadamente, dolomitos, quartzitos, metabasitos, metaconglomerados, metaultrabasitos e rochas calcossilicáticas (DNPM/CPRM, 1979:33).

A zona cristalina do Norte é constituída de rochas pré-cambrianas que mantêm um relevo de transição entre as terras altas do Planalto Sul de Minas e da Mantiqueira para a região rebaixada da Depressão Periférica. Está subdividida em duas zonas de feições ligeiramente distintas: subzona de Amparo e subzona de São José do Rio Pardo.

A subzona de São José do Rio Pardo estende-se desde o nordeste de Mogi Guaçu (SP) e Pinhal (SP) até Jacuí do Norte. Seu relevo mostra-se mais movimentado, sobretudo a noroeste de Poços de Caldas (MG), onde a tectônica é responsável pela elevação da superfície até níveis de 1550 metros. No restante da zona permanece a superfície Itaguá (550-720m), se bem que o relevo mais movimentado e dissecado por vales vigorosos mascara esta superfície (DNPM/CPRM, 1979:35).

A Depressão Periférica paulista é escavada em rochas do Grupo Passa Dois, do Super-Grupo Tubarão e acompanha toda a frente do planalto sedimentar.

O Super-Grupo Tubarão, formado principalmente por arenitos, tilitos, diamictitos e silitos, evolui para um relevo de suaves colinas e amplos interflúvios esbatidos.

O contato das rochas sedimentares permo-carboníferas que compõem a Depressão Periférica com as rochas do embasamento cristalino oferece áreas de diferentes resistências à erosão fluvial, tendo, como conseqüência, o aparecimento, nesta zona de contato, de soleiras resistentes cortadas nas rochas do embasamento e formação de cachoeiras e corredeiras, caracterizando assim a chamada “*fall line*” paulista (DNPM/CPRM, 1979:35-36).

Segundo ABREU (1972), a zona de contato entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico reúne características ímpares no território paulista, o que se pode deprender facilmente através da análise de sua posição em relação à compartimentação geológica do Estado.

Pode-se constatar que os contrafortes ocidentais da Mantiqueira, no Estado de São Paulo, correspondem a um enorme arco, onde a morfogênese pode definir aquele arranjo particular de formas. Temos aí o imenso rebordo de um maciço antigo, para cuja gênese podemos lembrar as palavras de Ab’Saber (apud ABREU, 1972:8):

“... Já no centro sul de Minas Gerais, Nordeste de São Paulo e Estado do Rio de Janeiro, onde existe uma rede de drenagem radial irregular das mais notáveis encontradas nos velhos planaltos do Brasil – pode-se vislumbrar a presença de uma abóbada muito antiga, muito soerguida e muito complexa, a qual modernamente (fins do Terciário) foi atingida plenamente pelos efeitos da tectônica quebrável, tendo sido desfeita através de uma topografia acidentada de montanhas em bloco e fossas tectônicas (núcleo sul-ocidental do Escudo Brasileiro). Trata-se, aliás, da única área de compartimentação topográfica predominantemente tectônica de todo o Planalto Brasileiro..., originado pelo contato entre terrenos pré-devonianos do núcleo sul-oriental do Escudo Brasileiro e as rochas sedimentares, que a partir do Paleozóico depositaram-se sobre este embasamento, definindo a Bacia Sedimentar do Paraná.”

ABREU (1972) ressalta que os estudos dos contatos ente os maciços antigos e os sedimentos que os recobrem, possuem um lugar especial na Geomorfologia, uma vez que a convergência de estruturas diferenciadas e seu arranjo espacial vão permitir o aparecimento de uma disposição singular de formas de relevo, sendo mesmo uma área-chave para a solução de problemas que afetam os dois grandes domínios geológicos.

Geologicamente, a área proposta no estudo de ABREU (1972), a qual, em grande parte, coincide com a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP), caracteriza-se pela extrema diversificação de suas estruturas. Se os dois elementos fundamentais da geologia local, sedimentos paleozóicos pertencentes à Bacia do Paraná e os terrenos constituintes do núcleo sul-oriental do Escudo Brasileiro, chamados por ALMEIDA (apud ABREU, 1972:11) de Maciço Atlântico, apresentam grande faixa de contato, mesmo se considerado apenas a porção que interessa ao Sudeste do Brasil em geral ou a São Paulo, em particular, o setor que nos propusemos investigar individualiza-se em função da intrusão alcalina de Poços de Caldas, que trouxe um novo elemento no arranjo regional das estruturas neste rebordo do maciço antigo. A esta intrusão devemos acrescentar os *sills*, diques e lacólitos de diabásio que ocorreram com grande frequência entre os terrenos sedimentares, no setor centro-norte deste contato, em São Paulo, conseqüentemente, sendo um dos trechos de maior diversificação estrutural de nosso Estado.

Ressalta-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Verde registra uma grande diversidade litológica, estrutural e geomorfológica resultantes da combinação geológica com eventos paleoclimáticos, sendo que, sua evolução e povoamento ocorreram numa

zona de contato entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico (ABREU, 1972).

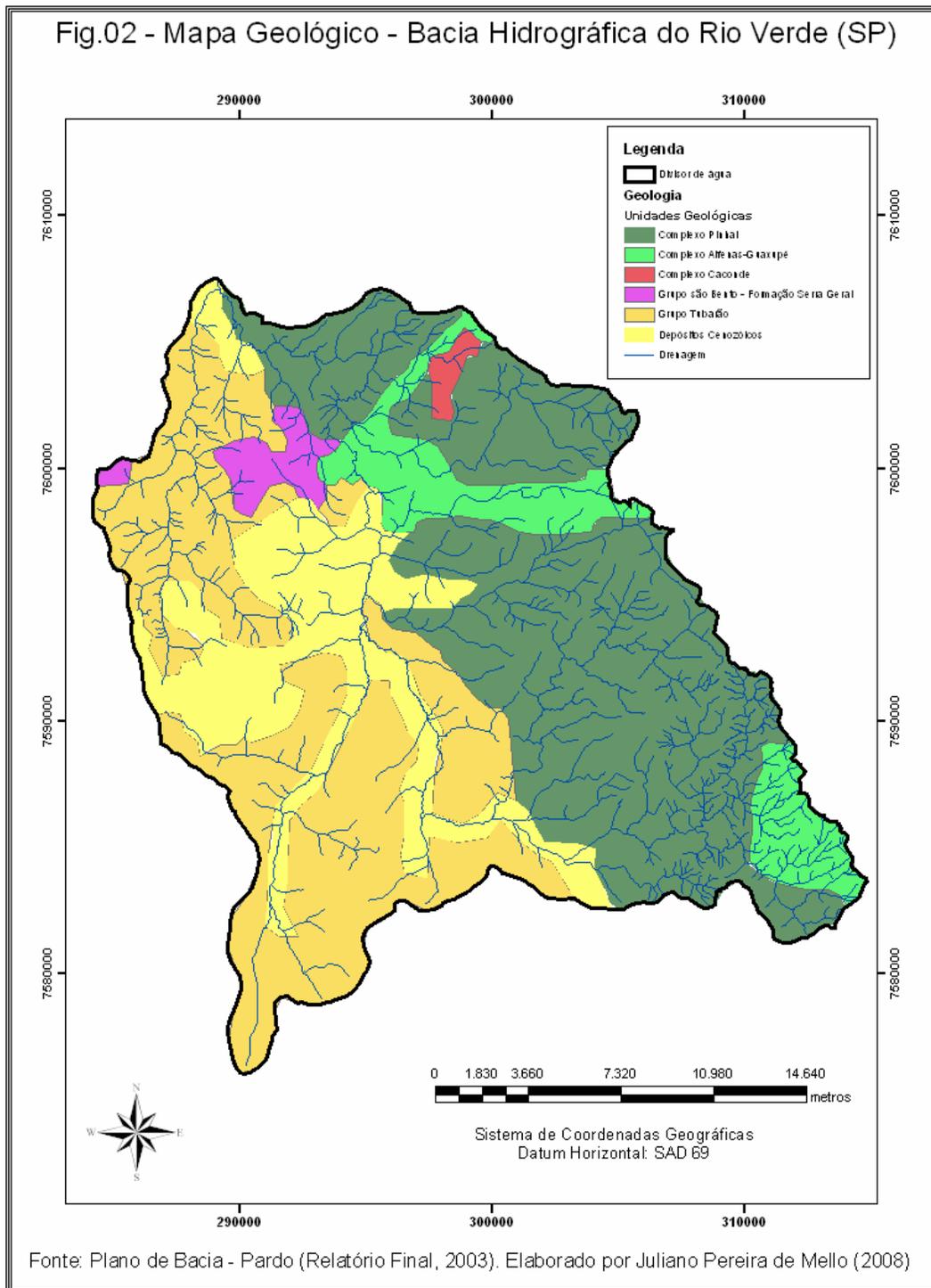
Segundo ABREU (1972), a paisagem do contato entre os terrenos pré-devonianos do leste paulista com as séries basais dos sedimentos gondwânicos, conforme o mapa geológico (fig.02) e a tabela 3 revelam os contrastes resultantes da alteração das condições litológicas/geomorfológicas que se operam ali, as quais têm suas conseqüências nas atividades humanas e seus reflexos na organização regional do espaço.

Tabela 3 – Unidades Geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

Unidades	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Complexo Pinhal	213,70	40,70
Complexo Alfenas-Guaxupé	47,60	9,05
Complexo Caconde	3,50	0,70
Grupo São Bento - Formação Serra Geral	11,67	2,20
Grupo Tubarão	161,35	30,70
Depósitos Cenozóicos	87,48	16,65
TOTAL	525,30	100

Fonte: PLANO DE BACIA – PARDO (RELATÓRIO FINAL) (2003). Elaborado por Juliano Pereira de Mello.

Figura 02 – Mapa Geológico – Bacia hidrográfica do Rio Verde (SP).



ABREU (1972) enfatiza que a combinação dos fatores estruturais e topográficos individualiza profundamente a área estudada, fazendo com que além de um rebordo de

maciço antigo, ela seja também uma área de transição geológica, apresentando-nos não só um mosaico de formas de relevo, mas também aspectos bioclimáticos contrastantes.

Além disso, a convergência de todos estes elementos deve ser associada ainda, ao fato da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) estar situada em uma posição extremamente complexa junto dos domínios morfo-climáticos brasileiros (ABREU, 1972), pois encontra-se na transição entre os chapadões florestados, característicos do centro-oeste paulista e as áreas tipicamente mamemolizadas, de vertentes policonvexas, do sul de Minas, ambas integradas no Domínio dos Mares de Morros, de caráter azonal, esta região apresenta ainda aspectos que a vinculam a faixa de transição para o domínio dos Cerrados, zonal, possuindo em certos compartimentos um fácies geocológico que a liga a este domínio.

Estamos, portanto, diante de uma área cujo mosaico paisagístico e geocológico é extremamente complexo, na estruturação do qual se associaram fatores bio-climáticos zonais e azonais, atuando sobre um arcabouço estrutural de tal ordem e trabalhando em sua retaguarda de tal maneira, que encontramos aqui uma quase síntese paisagística do Estado (ABREU, 1972:12).

4.3.1 – Um contato de disposição simples: Vargem Grande do Sul

A paisagem do contato entre os terrenos pré-devonianos do leste paulista com as séries basais dos sedimentos gondwânicos, nas proximidades de Vargem Grande do Sul revela os contrastes resultantes da alteração das condições litológicas. Há que se registrar as conseqüências destas mudanças na estruturação das atividades humanas e seus reflexos na organização regional do espaço (ABREU, 1972:88).

Segundo ABREU (1972), na área de ocorrência de contato entre rochas do embasamento e os sedimentos paleozóicos encontramos depósitos de sedimentos modernos ao longo das várzeas e alvéolos, sendo que nos arredores de Vargem Grande do Sul eles adquirem maior expressão; temos aí calhas aluviais relativamente amplas que envolvem a cidade com material detrítico (vide foto 1) originado na “*old land*” e depositados em grande quantidade neste trecho devido à ruptura de declive operada nos perfis longitudinais dos cursos d’água ao ingressarem na Depressão Periférica. Nas proximidades de Vargem Grande do Sul esse material vai ter grande importância para a indústria cerâmica (vide foto 2), a qual atende principalmente, às demandas da Região de Governo de São João da Boa Vista. Além do que, o próprio nome da cidade é

bastante significativo e evoca a existência de tais sedimentos depositados por cursos que penetram na Depressão em condições de rios conseqüentes ou resseqüentes.

4.4 – DADOS DEMOGRÁFICOS

Conforme análise da tabela 4 percebemos as maiores taxas de crescimento populacional residente para os municípios da Região de Governo de São João da Boa Vista (Região Administrativa de Campinas) que fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Verde durante, principalmente, na década de 1970, o que, conforme explicitado anteriormente por QUARTAROLI *et al.* (2006), tem relação direta com a intensificação do processo de desconcentração industrial da capital paulista e, mais especificamente, com o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o qual, favoreceu o incremento da área plantada de cana-de-açúcar na região em questão, bem como, uma conseqüente atração de mão-de-obra direta e indiretamente ligada a esta atividade econômica.

O município de Vargem Grande do Sul foi aquele que, em relação aos outros manteve as maiores taxas de crescimento populacional residente de 1970 até 2000.

Tabela 4 – População Residente, participação na RA e taxa de crescimento anual.

Municípios	População Total								Taxa de Crescimento		
	2000	% RA	1991	% RA	1980	% RA	1970	% RA	00/91	91/80	80/70
São João da Boa Vista	77.387	1,4	69.148	1,6	55.938	1,7	44.471	2,1	1,3	2	2,3
Casa Branca	26.800	0,5	25.308	0,6	21.744	0,7	18.170	0,9	0,6	1,4	1,8
Itobi	7.466	0,1	6.783	0,2	5.762	0,2	5.497	0,3	1,1	1,5	0,5
Mococa	65.574	1,2	58.374	1,3	47.313	1,5	34.819	1,7	1,3	1,9	3,1
São José do Rio Pardo	50.077	0,9	44.579	1	36.164	1,1	31.662	1,5	1,3	1,9	1,3
Vargem Grande do Sul	36.302	0,7	30.952	0,7	20.363	0,6	13.369	0,6	1,8	3,9	4,3
Total	263.606	4,8	235.144	3,8	187.284	5,8	147.988	7,1			

Fonte: Censos demográficos – 1970, 1980, 1991, 2000. Organizadores: Cano *et al* (2007).

Com relação à divisão da população entre rural e urbana dos municípios em questão, temos que, conforme os dados da FUNDAÇÃO SEADE (2006)⁴ organizados na tabela 5, para o ano de 2005, 88,2% do total da população considerada é urbana.

⁴ Os dados da Fundação Seade (2006) foram obtidos mediante consulta ao site www.seade.gov.br em 26/10/2006.

Tabela 5 – População Urbana e Rural

Município	Pop. Urbana (n°)	Pop. Rural (n°)	Total Po p. (n°)
Casa Branca	22.797	4.664	27.461
Itobi	6.785	1.138	7.923
Mococa	61.690	7.474	69.164
São José do Rio Pardo	45.521	7.610	53.131
Vargem Grande do Sul	36.989	2.334	39.323
Total	173.782	23.220	197.002
(%)	88,2	11,8	100

Fonte: FUNDAÇÃO SEADE (2006).

4.5 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E PLUVIOMÉTRICA

4.5.1 – Caracterização Climática

Segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI)⁵, a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde é caracterizada pelo clima temperado úmido, com Inverno seco e Verão chuvoso (Cwa - Sistema Internacional de Köppen) em que a temperatura média do mês mais frio está em torno de 17,7°C (julho) e a do mês mais quente ultrapassa 23°C (fevereiro).

Além disso, conforme as informações do quadro 5, o total de chuvas do mês mais seco não ultrapassa 21,5 mm.

A estação seca nessa região ocorre nos meses de abril a setembro, sendo agosto o mês em que atinge a máxima intensidade. O mês mais chuvoso oscila entre dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média do mês mais quente oscila entre 23°C e 24°C.

⁵ Informação retirada do site http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_635.html. Consulta em 15/12/2007.

Quadro 5 – Resumo das Características Climáticas – Bacia Hidrográfica do Rio Verde

Classificação Climática de Koeppen: Cwa				
MÊS	TEMPERATURA DO AR (°C)			CHUVA (mm)
	mínima média	máxima média	média	
JAN	18.1	29.1	23.6	260.5
FEV	18.3	29.2	23.7	190.3
MAR	17.5	28.9	23.2	161.1
ABR	15.0	27.6	21.3	73.2
MAI	12.3	25.8	19.0	52.7
JUN	10.9	24.7	17.8	28.3
JUL	10.4	25.0	17.7	24.9
AGO	11.8	27.2	19.5	21.5
SET	13.9	28.4	21.2	69.2
OUT	15.6	28.7	22.1	138.3
NOV	16.4	28.8	22.6	176.8
DEZ	17.5	28.6	23.0	254.4
Ano	14.8	27.7	21.2	1451.2
Mínima	10.4	24.7	17.7	21.5
Máxima	18.3	29.2	23.7	260.5

Fonte: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_635.html. Consulta em 15/12/2007.

4.5.2 – Caracterização Pluviométrica

Para a caracterização pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) foram utilizados os dados pluviométricos do posto C3-009 - Vargem Grande do Sul, cuja altitude está em torno de 750 m e situa-se na latitude 21°50'S e longitude 46°54'O. Foi escolhido para o estudo dos índices pluviométricos da bacia o período de 1960 a 2004.

A partir dos dados dos totais pluviométricos mensais foram calculados os totais anuais e as médias mensais para o período de 1960 – 2004 (quadro 06, página 58).

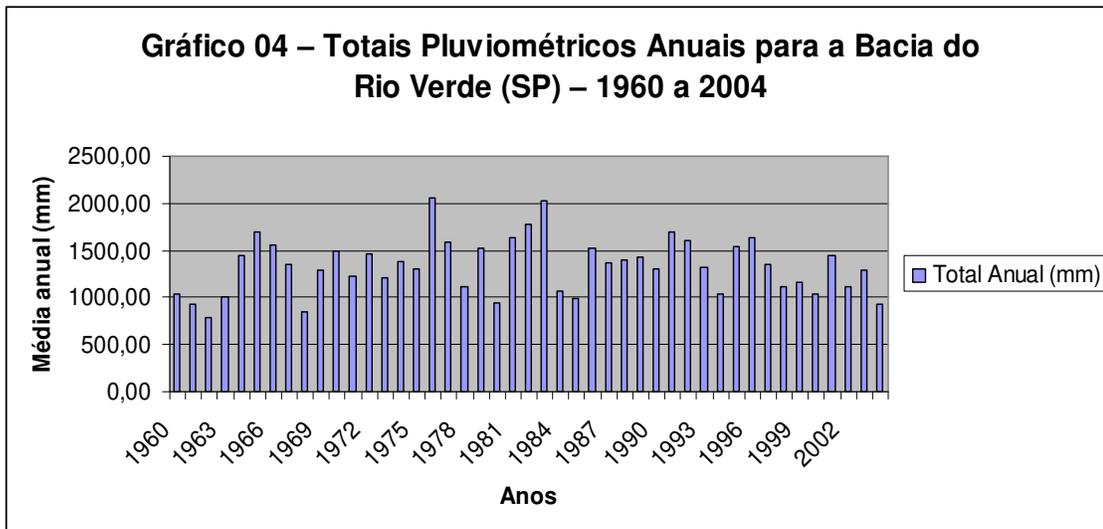
**Quadro 06 – Totais e Médias Pluviométricas para a Bacia do Rio Verde
(1960 a 2004).**

Ano	Total Anual (mm)	Média Mensal (mm)
1960	1039,80	86,6
1961	932,30	77,7
1962	787,80	65,6
1963	1001,20	83,4
1964	1453,20	121,1
1965	1695,60	141,3
1966	1555,20	129,6
1967	1356,20	113,0
1968	850,50	70,8
1969	1287,40	107,3
1970	1491,30	124,3
1971	1218,60	101,5
1972	1464,80	122,0
1973	1207,10	100,6
1974	1383,00	115,2
1975	1312,20	109,3
1976	2058,30	171,5
1977	1588,30	132,3
1978	1109,70	92,5
1979	1524,40	127,0
1980	949,70	79,1
1981	1630,60	136,9
1982	1774,90	147,9
1983	2034,30	169,5
1984	1067,00	88,9
1985	987,90	82,3
1986	1530,70	127,5
1987	1375,50	114,6
1988	1393,00	116,0
1989	1425,50	118,8
1990	1303,20	108,6
1991	1702,30	141,8
1992	1604,90	133,7
1993	1322,70	110,2
1994	1036,10	86,3
1995	1533,10	127,7
1996	1639,70	136,6
1997	1359,00	113,2
1998	1115,40	92,9
1999	1161,30	96,8
2000	1031,50	85,9
2001	1452,70	121,0
2002	1112,60	92,7
2003	1295,00	107,9
2004	930,80	77,5

Fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhn.exe/plu>. Consultado em 20/01/2008.

Baseado nos valores encontrados para os totais pluviométricos anuais, foi construído o gráfico 04.

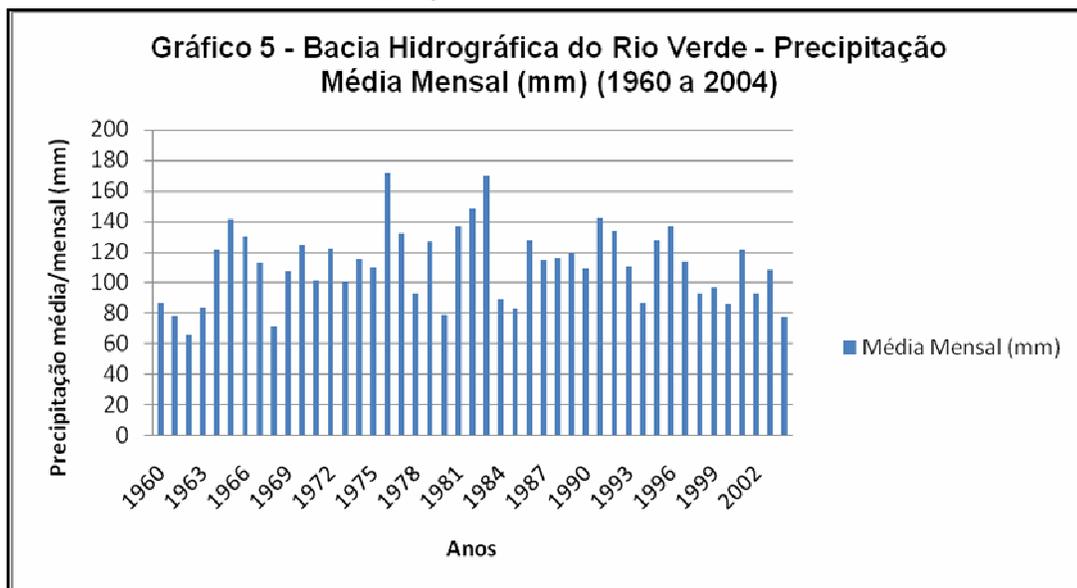
Gráfico 04 – Totais Pluviométricos Anuais para a Bacia do Rio Verde (SP) – 1960 a 2004.



Assim, conforme demonstra o gráfico 4, podemos afirmar que os anos de maior fenômeno pluviométrico total ocorreram em 1976, com um valor de 2058,30 mm e 1983 com 2034,30 mm.

Baseado nos valores encontrados para as médias pluviométricas mensais, foi construído o gráfico 05.

Gráfico 5 – Precipitação Média Mensal (mm) (1960 – 2004)



Assim, conforme demonstra o gráfico 5, podemos afirmar que os anos de maior fenômeno pluviométrico média/mensal ocorreram em 1965, com valor médio alcançando cerca de 141,3 mm/mês, 1976 com valor médio de 171,5 mm/mês, 1982

com valor médio de 147,9 mm/mês, 1983 com valor de 196,5 mm/mês e 1991 com 141,8 mm/mês.

4.6 – ESTADO DE CRITICIDADE

A deliberação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo - CBH-PARDO 004/04⁶ - declarou crítica a Bacia Hidrográfica do Rio Verde em 25/06/2004.

O estado de criticidade de uma bacia hidrográfica é caracterizado com base no Artigo 14 da Lei Estadual nº. 9.034 de 27/12/94, a qual dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e estabelece que, quando a soma das vazões captadas em uma determinada bacia hidrográfica, ou em parte desta, superar 50% (cinquenta por cento) da respectiva vazão de referência conforme determina o inciso II do Artigo 13 da mesma lei, ou seja, a vazão de referência para orientar a outorga de direitos de uso de recursos hídricos será calculada com base na média mínima de 7 (sete) dias consecutivos e 10 (dez) anos de período de retorno ($Q_{7,10}$) e nas vazões regularizadas por reservatórios, descontadas as perdas por infiltração, evaporação ou por outros processos físicos, decorrentes da utilização das águas e as reversões de bacias hidrográficas.

Sendo assim, ainda conforme a Deliberação CBH-PARDO 004/04, a Bacia do Rio Verde foi submetida ao regime especial de gerenciamento que deve levar em conta:

I - o monitoramento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos; de forma a permitir previsões que orientem o racionamento ou medidas especiais de controle de derivações de águas e de lançamento de efluentes;

II - a constituição de comissões de usuários, supervisionadas pelas entidades estaduais de gestão dos recursos hídricos, para o estabelecimento, em comum acordo, de regras de operação das captações e lançamentos;

III - a obrigatoriedade de implantação, pelos usuários, de programas de racionalização do uso de recursos hídricos, com metas estabelecidas pelos atos de outorga.

Segundo Nicola TORNADORE (2004), membro do Conselho Estadual do Meio Ambiente de São Paulo, a Bacia do Rio Verde foi declarada em estado de criticidade, pois, a crescente demanda de água em função do uso, principalmente para irrigação,

⁶ Fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/AROS/DELIBERACAO/CRH/CBH-PARDO/1718>. Consultado em 21/01/2008.

além do que, sua reposição sem tratamento de esgoto sanitário e com resíduos químicos provenientes das práticas agrícolas vem contribuindo para tal situação.

Com relação ao uso da água, um levantamento preliminar mostra que o Rio Verde tem um uso predominantemente agrícola: 90% da demanda por água visam à irrigação; 8%, o abastecimento público; e 2%, outros usos (TORNADORE, 2004), além do que, 80% da água utilizada na agricultura vão para a irrigação de plantações de batata e cebola. Porém, ainda não há uma idéia precisa da quantidade de agricultores que se utilizam da retirada de água.

Com relação ao tratamento do esgoto sanitário, segundo dados da Fundação Seade apresentados na tabela 06, temos que, o mesmo se mostra precário nos municípios por onde passa o Rio Verde, especialmente em Vargem Grande do Sul e Itobi onde o tratamento não existe, o que, contrasta com 100% do esgoto sanitário tratado no município de São João da Boa Vista (SP), o qual é sede daquela Região de Governo - que pertence à Região Administrativa de Campinas (SP) - e está localizado na Bacia do Mogi e por onde passa o Rio Jaguari Mirim.

Tabela 06 – Tratamento do Esgoto Sanitário (%) (1992 – 2003)

Localidade	Anos				
	1992	1995	1997	1999	2003
São João da Boa Vista	5,00	10,00	18,00	100,00	100,00
Casa Branca	25,00	10,00	5,00	2,00	20,00
São Jose do Rio Pardo	6,00	10,00	17,00	15,00	15,00
Mococa	0,00	0,00	3,00	1,00	2,00
Itobi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vargem Grande do Sul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Fundação Seade. Elaborada por Juliano P. de Mello.

O PLANO DE BACIA – PARDO (RELATÓRIO FINAL) (2003) enfatiza o pequeno percentual de tratamento de esgotos domésticos, com grande carga poluidora remanescente que é lançada nos corpos d'água, notadamente nas áreas de Mococa (>3000 kg de DBO₅⁷/dia), São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul (>1500 kg de DBO₅/dia).

Segundo o PLANO DE BACIA – PARDO (RELATÓRIO FINAL, 2003) a demanda cadastrada para os mananciais Tambaú, Congonhas e Verde e para os

⁷ Sigla para Demanda Bioquímica por Oxigênio. É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#dbo>. Consultado em 08/02/2008.

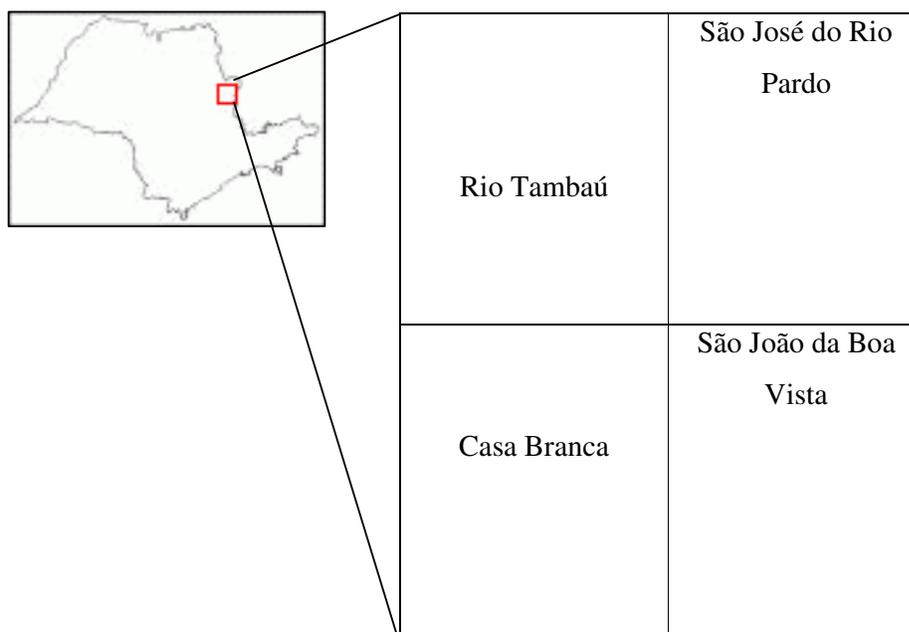
Aqüíferos Cristalino e Tubarão está em torno de 10,51% em relação à disponibilidade de água superficial e sub-superficial, porém a demanda estimada para tais mananciais está em torno de 70,9%, ou seja, indicando a necessidade de cadastrar de forma sistemática os usuários de água, notadamente para o uso de irrigação e rural, conseqüentemente apontando para o uso crítico de águas superficiais para irrigação, além do que, ressaltando como fontes de poluição lixões e esgotos, e a poluição por cargas difusas notadamente associada a práticas agrícolas (agroquímicos).

5 – RESULTADOS E ANÁLISES

Apresentamos como resultados utilizados na confecção final do mapa de fragilidade potencial o mapeamento da drenagem, da classificação da hierarquia fluvial, das características morfométricas (classes de declividade e compartimentação hipsométrica/MDT), da geologia, das classes de solo e do uso e ocupação da terra.

Para delimitarmos o divisor d'água da bacia hidrográfica do Rio Verde, bem como, construirmos os mapas da hierarquia fluvial, das classes de declividade, compartimentação hipsométrica e do modelo digital do terreno, fizemos uso de quatro folhas topográficas do IBGE⁸ na escala 1:50.000 (Folha São José do Rio Pardo, 1970; Folha Casa Branca, 1971; Folha Rio Tambaú, 1971; Folha São João da Boa Vista, 1972) articuladas conforme quadrículas abaixo, que recobrem a área da bacia hidrográfica do Rio Verde.

Localização da Folhas Topográficas no Estado de São Paulo



Rio Tambaú	São José do Rio Pardo
Casa Branca	São João da Boa Vista

As cartas acima citadas foram obtidas no *site* do IBGE em formato *Tag Image File Format* (TIFF) e *Portable Document Format* (PDF), sendo que as de formato PDF também foram transformadas em formato TIFF.

⁸ Folhas obtidas no site do IBGE (www.ibge.gov.br) em formato TIFF e PDF em 15/01/2007.

Posteriormente, as cartas foram inseridas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) *Arc Map 9.1* e, em seguida, geo-referenciadas e digitalizadas com relação às curvas de nível, pontos cotados, canais de drenagem e nascentes.

O mapa geológico da bacia hidrográfica do Rio Verde foi construído a partir do mapa do PLANO DE BACIA – PARDO (RELATÓRIO FINAL) (2003), o qual, assim como o mapa pedológico obtido no trabalho de QUARTAROLI *et al.* (2006), foram inseridos no SIG *Arc Map 9.1* em formato TIFF, geo-referenciados e digitalizados conforme as estruturas geológicas e pedológicas presentes na área da bacia hidrográfica.

Estamos prosseguindo com a digitalização do mapeamento do uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Verde em ambiente SIG (sistema de informação geográfica) levando em consideração o período de 1988 a 2002 conforme trabalho apresentado por QUARTAROLI *et al.* (2006) – Embrapa Monitoramento por Satélite.

5.1 – DRENAGEM E HIERARQUIA FLUVIAL

Segundo ABREU (1972:27-28), o Rio Verde apresenta sua rede de drenagem dividida entre os terrenos cristalinos e os terrenos sedimentares, onde, em primeiro lugar, nota-se a diminuição de controles estruturais, para a maior parte dos canais e, em seguida, a mediocridade da maior parte dos divisores d'água, os quais, com raras exceções, apresentam aspectos de colinas de topos tabuliformes.

Assim é que os rios provenientes das terras pertencentes à Mantiqueira Ocidental, ao penetrarem nos terrenos sedimentares da Depressão Periférica, mudam a direção de seus cursos, passando a revelar outro padrão, como é o caso do Rio Verde, em seu médio e baixo curso.

Conforme ABREU (1972:29-30), outro aspecto que individualiza a porção do rebordo ocidental da Serra da Mantiqueira na área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, quando comparada com os terrenos cristalinos do leste, é a forma dos vales, que agora são amplos, com rios meândricos, em fundos de vales freqüentemente ocupados, nas cartas topográficas, com símbolos de vegetação de brejo.

Por meio de uma caracterização global dos padrões de drenagem, ABREU (1972:30), distinguiu, de um lado, o setor sedimentar e, de outro, o cristalino, sendo que neste último está evidente a presença de uma área bem individualizada, representada

pela intrusão alcalina que originou as estruturas do Planalto de Poços de Caldas e que introduziram um novo padrão de comportamento nas rochas cristalinas encaixantes.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980:106), a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra, o que é realizado em função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica).

Na presente definição da hierarquia fluvial adotamos o sistema de classificação introduzido por Arthur N. STRAHLER, em 1952 (apud CHRISTOFOLETTI, 1980), no qual, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de primeira e de segunda ordens. E assim, sucessivamente.

Sendo assim, procedemos a classificação da hierarquia fluvial na Bacia Hidrográfica do Rio Verde da seguinte maneira:

1º - Fazendo uso do conjunto das cartas topográficas (em formato digital) inseridas e geo-referenciadas no SIG *Arc View (9.1)*, digitalizamos/vetorizamos todos os canais da bacia hidrográfica em questão;

2º - Na medida em que os canais iam sendo digitalizados procedemos às suas respectivas classificações conforme Strahler (1952), conseqüentemente, criando uma tabela no banco de dados do SIG *Arc View (9.1)* de correspondência entre a linha que representa o canal e o número de sua ordem.

Conforme a tabela 07 e o respectivo mapa da hierarquia fluvial (figura 3) chamamos à atenção para a predominância dos canais de primeira ordem – 76,30 %, os quais, foram colocados em vermelho para melhor visualizarmos a distribuição espacial dos mesmos.

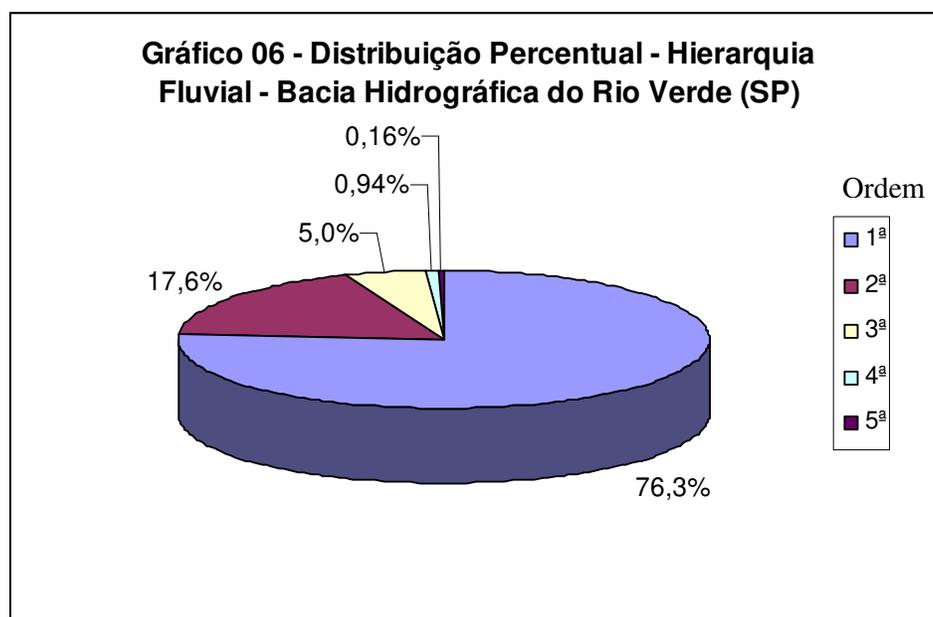
Ressaltamos a concentração espacial dos canais de primeira ordem (figura 03) nos terrenos cristalinos da bacia hidrográfica, onde, configura-se área de mananciais/nascentes, ou seja, de exfiltração do lençol freático e, conseqüentemente, caracterizando-a como sendo de alta susceptibilidade a processos morfogenéticos.

Tabela 7 – Classificação da Ordem dos canais de drenagem Bacia Hidrográfica do Rio Verde (segundo Arthur N. STRAHLER,1952)

Ordem	Número de canais	Porcentagem (%)
1	486	76,30
2	112	17,60
3	32	5,00
4	6	0,94
5	1	0,16
Total	637	100

Gráfico 06 – Distribuição Percentual da Hierarquia Fluvial–

Bacia hidrográfica do Rio Verde



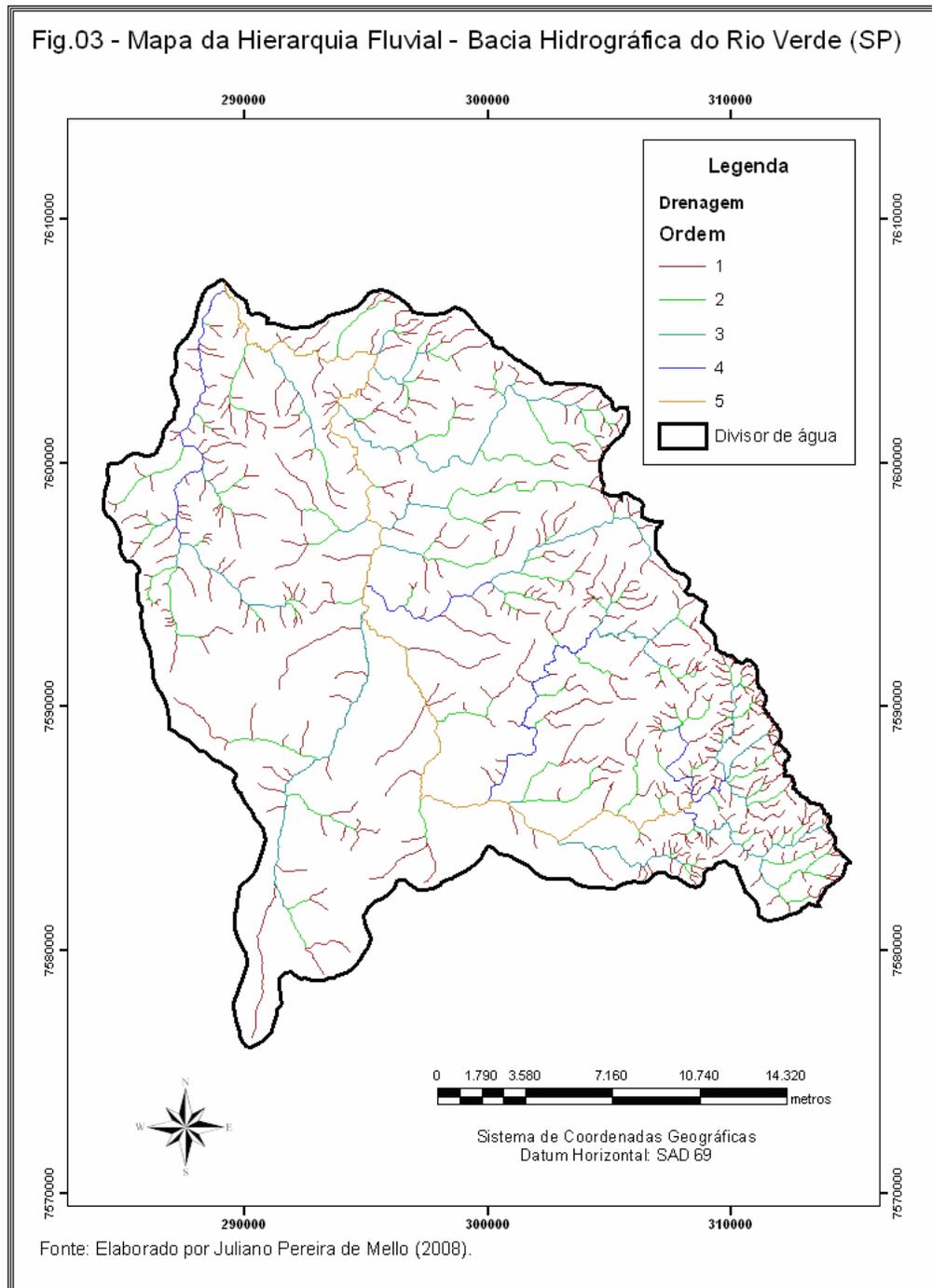
Ao analisarmos a drenagem em relação ao mapa geológico (figura 2) percebemos, assim como ABREU (1972) ao estudar a bacia hidrográfica do Rio Jaguari, que a drenagem (figura 2) densa sobre os terrenos do embasamento cristalino, a qual, é marcada pela maior presença dos canais de primeira ordem, acaba por se tornar reduzida nas áreas sedimentares sugerindo uma permeabilidade maior destas rochas.

ABREU (1972) enfatiza que a disposição dos rios e seus formadores revelam alguns fatos característicos de um setor de "old-land", com uma longa história fisiográfica. Assim é que as direções de fraqueza, representadas por diaclasamentos, ou mesmo direções estruturais de outra natureza, estão claramente refletidas na orientação da drenagem, o que talvez explique a relativa frequência de disposições ortogonais em

junções de cursos d'água, especialmente em rios e sulcos coletores temporários de categoria inferior, fato bastante nítido, por exemplo, na área localizada a nordeste de Vargem Grande do Sul. É ainda aí, através de freqüentes encaixamentos e numerosas rupturas no perfil longitudinal dos rios, que vamos registrar a presença de vales predominantemente em “V”, os quais se tornam cada vez mais fechados à montante. A existência de corredeiras, aliás, é característica aparecendo em toda a área.

A análise do interflúvio entre o Jaguari-Mirim e o Rio Verde conforme observa ABREU (1972), permite-nos compreender relativamente bem a disposição geral do relevo e das estruturas nesta região. É um divisor d'águas orientado, grosso modo, de oeste para leste, quase perpendicular ao contato das duas grandes unidades morfo-estruturais em questão: Planalto Atlântico e Depressão Periférica.

O setor cristalino apresenta-se bastante dissecado, com vales em “V” fechados e vertentes freqüentemente coalhadas de matacões. A oeste do contato supracitado, sua declividade diminui ainda mais e as vertentes apresentam drenagem pobre com vales amplos. De um lado temos o domínio das colinas de topos tabuliformes e esbatidos da Depressão Periférica, de outro surgem colinas em meias laranjas discretas, que dão lugar a um terreno mais dissecado a leste, ao nos aproximarmos da "Serra da Fartura" (ABREU, 1972:93).

Figura 03 – Mapa da Hierarquia Fluvial Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

5.2 – COMPARTIMENTAÇÃO HIPSOMETRICA

O mapa de compartimentação hipsométrica (figura 4) foi gerado no *software Arc Map 9.1* fazendo uso do processo de triangulação.

CHRISTOFOLETTI (1980) define a análise hipsométrica como o estudo das inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante à sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.

Sendo assim, a compartimentação hipsométrica objetiva agrupar áreas em classes de altitudes similares para podermos diferenciar níveis de aplainamento e melhor analisarmos o papel da energia potencial do relevo. Além do que, neste caso, auxilia-nos a percebermos o contato entre os terrenos do cristalino – apresentando cotas altimétricas mais elevadas (acima de 700 metros) – e os terrenos sedimentares, com cotas menores, bem como, as intrusões de diabásio.

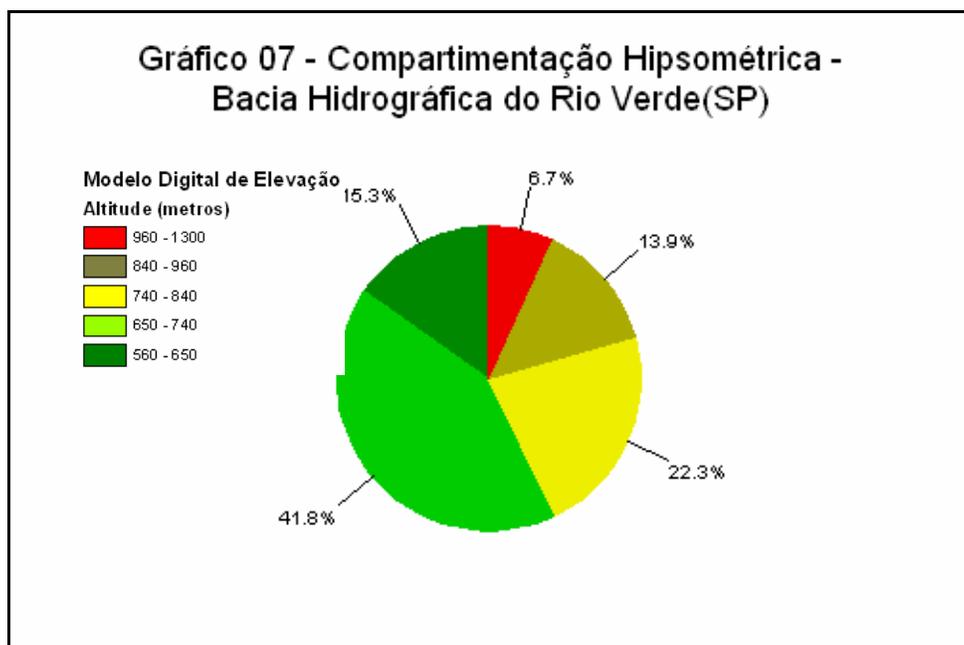
A produção do mapa hipsométrico (figura 4) ocorreu a partir da digitalização das curvas altimétricas das quatro cartas topográficas que compõem a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (citadas no início do capítulo 05), as quais, estão na escala 1:50.000 e apresentam equidistância das curvas de nível de 20 metros.

As cotas altimétricas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde variam de 560 metros no ponto onde este deságua no Rio Pardo na altura do município de Mococa (SP) (ponto de controle da bacia hidrográfica) e chega até 1300 metros em alguns picos da Serra da Mantiqueira (cristalino).

O gráfico 07 apresenta a porcentagem da área ocupada por cada classe de compartimentação hipsométrica definida na Bacia Hidrográfica do Rio Verde. Sendo assim, evidencia-se um predomínio de cotas altimétricas entre 650 e 740 metros (41,8%), ficando as cotas de 740 a 840 metros com 22,3% da área da bacia hidrográfica, as de 560 a 650 com 15,3%, as de 840 a 960 metros representam 13,9% e as de 960 a 1300 metros chegam a 6,7% da área total da bacia hidrográfica do Rio Verde.

Gráfico 07 – Compartimentação Hipsométrica–

Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

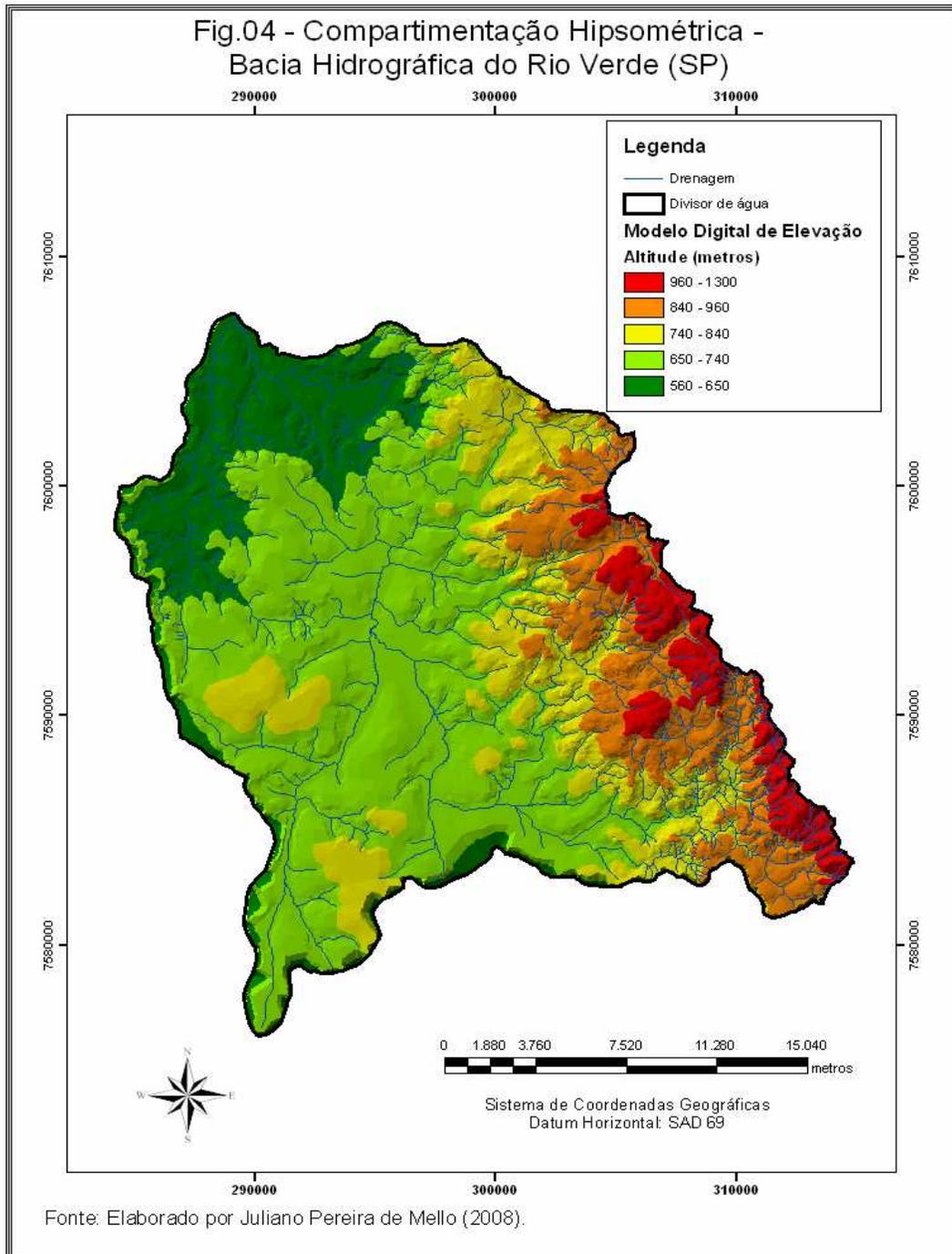


As cotas altimétricas entre 560 a 740 metros estão diretamente relacionadas com os terrenos sedimentares, ao passo que, as cotas acima de 740 metros de altitude caracterizam os terrenos do embasamento cristalino, bem como, às intrusões de diabásios em meio aos Depósitos Cenozóicos e sedimentos dos Grupos Tubarão e São Bento.

Além disso, mais uma vez ressaltamos que na área da Serra da Mantiqueira observamos a maior concentração de canais de primeira ordem, os quais, diretamente associados às maiores cotas altimétricas.

Ressaltamos que nas cotas de 960 m. a 1300 m. observamos vestígios de aplainamentos, os quais, provavelmente, estão relacionados à Superfície Campos. Nas cotas altimétricas de 650 m. a 740 m. encontramos superfícies de aplainamentos na área da Depressão Periférica relacionadas ao Neogênico I e nas cotas de 740 m. a 840 m. temos superfícies do Neogênico II.

**Fig. 04 – Mapa de Compartimentação Hipsométrica da
Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)**



5.3 – DECLIVIDADE

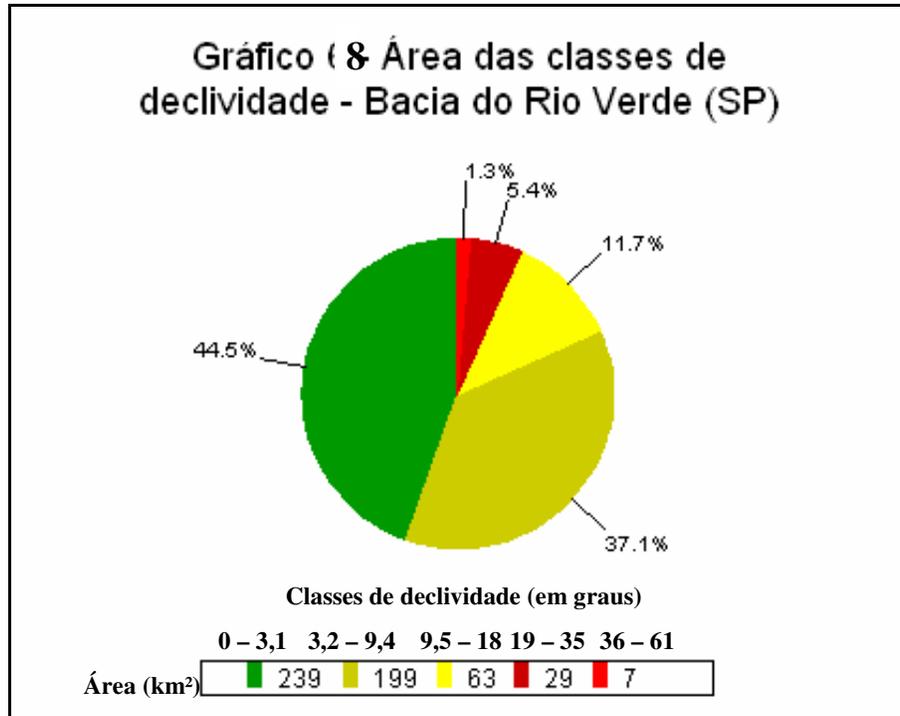
O mapa de declividade (figura 05) foi gerado no *software Arc Map 9.1* a partir do modelo digital do terreno da área da bacia hidrográfica do Rio Verde com o uso de interpolação por triangulação (função TIN) e foram definidas as classes das cotas altimétricas, bem como a análise das mesmas, segundo ROSS (1994).

A declividade de um terreno tem interferência direta no volume e na velocidade das águas pluviais que escoam pelas vertentes (BERTONI&LOMBARDI, 1990). Sendo assim, o grau de declividade é fator fundamental na análise da dinâmica dos elementos que compõem a bacia hidrográfica e sua “fragilidade”.

Quanto ao relevo, a maior influência está no comprimento e na declividade das vertentes. As mais íngrimes facilitam a erosão dos solos na medida em que aumentam o escoamento superficial. ROOSE (1977, *apud* TAVARES & VITTE, 1993), cita trabalhos de diversos pesquisadores demonstrando que as perdas de terra crescem de modo exponencial em função do aumento da inclinação das vertentes.

O mapa de classes de declividade (fig. 05) e o gráfico 8, no qual estão os valores ocupados pelas respectivas áreas de cada classe de declividade, revelam-nos que 44,5% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde apresentam declividades em torno de 0° a 3,1°, 37,1% da área apresentam de 3,2° a 9,4°, 11,7% de 9,5° a 18°, 5,4% de 19° a 35° e 1,3% (incluindo as distorções no divisor da bacia hidrográfica) revelam declividades entre 36° a 61°.

Gráfico 8 – Áreas das classes de declividade – Bacia do Rio Verde (SP).

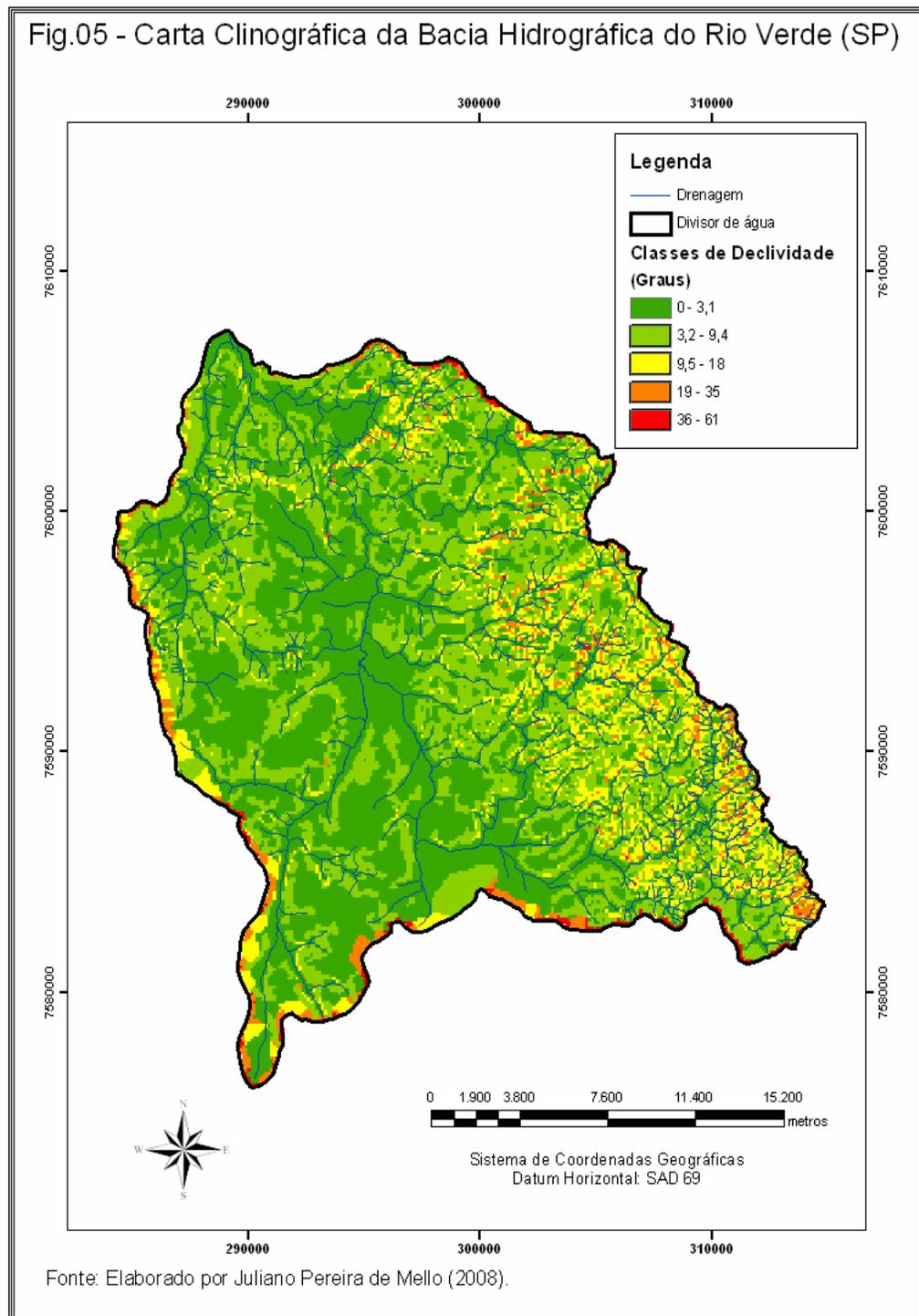


Sendo assim, ao compararmos os dados supracitados com os valores do quadro 2, no qual ROSS (1994) apresenta a fragilidade segundo classes de declividade, temos que, tal fator na Bacia Hidrográfica do Rio Verde está classificado como de muito baixa à baixa fragilidade nas áreas de até 3,1° (aproximadamente 6,9% de declividade), o que, como explicitado anteriormente, representa uma área de, aproximadamente, 239 km² (44,5% da área total da bacia hidrográfica). As classes de baixa a média fragilidade ocupam uma área de 199 km² (37,1% do total), pois, 3,2° a 9,4° equivalem de 6% a 20% de declividade. Sendo assim, os restantes 99 km² (18,4% da área total) com 9,5° a 61° estão classificados de alta a muito alta fragilidade, pois, equivalem a valores acima de 20% de declividade.

Observando os mapas da hierarquia fluvial (fig. 03), de compartimentação hipsométrica (fig. 04) e a carta clinográfica (fig. 05 - salvo as distorções da modelagem TIN), ressaltamos que as maiores declividades estão concentradas nas áreas do embasamento cristalino da Serra da Mantiqueira, assim como, as maiores cotas altimétricas e o maior número de canais de primeira ordem, conseqüentemente, configurando uma região de maior **susceptibilidade e/ou vulnerabilidade** a processos morfogenéticos.

Além disso, ressaltamos que apesar das maiores declividades serem encontradas nas áreas do embasamento cristalino, os maiores comprimentos de vertentes estão nas áreas dos terrenos sedimentares (parte da Depressão Periférica), sendo que, como comprovado por experimentos de campo realizados por BERTONI *et al.* (1972, apud BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990:55), quanto maior o comprimento das rampas (vertentes), maior a perda de solo por hectare.

Destacamos que as declividades entre 9,5° a 18°, na média-baixa encosta da Serra da Mantiqueira, estão diretamente relacionadas ao compartimento altimétrico de 740 m. a 840 m., além do que, acompanham as principais drenagens que estão dissecando o bloco da Mantiqueira.

Fig. 05 – Carta Clinográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

5.4 – SOLOS

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde apresenta quatro unidades pedológicas, as quais estão nomeadas segundo o novo sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) e têm suas respectivas áreas de abrangência e porcentagens relativas expressas na tabela 6, bem como, suas distribuições espaciais conforme revela o mapa pedológico (fig.7) elaborado a partir do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al*, 1999 apud QUARTAROLI *et al.*, 2006).

Enfatizamos aqui os problemas de generalização dos dados encontrados no esboço pedológico apresentado (fig. 06), os quais, ocorrem da utilização como referência, em função do tempo e objetivos do trabalho, do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000.

Segundo GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:184), os Latossolos, que no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Verde constituem uma área total (soma das áreas do Latossolo Bruno e Latossolo Vermelho) de 281,25 km², ou seja, 53,52% da área total da bacia hidrográfica e estão distribuídos, em sua maior parte (Latossolos Vermelhos), pelos terrenos da Depressão Periférica Paulista, caracterizam-se por apresentarem horizonte B latossólico (Bw) marcado por avançado estágio de intemperização; formação de argila de baixa atividade; capacidade de troca catiônica (CTC) baixa; cores vivas, neste caso, brunadas e avermelhadas; boa agregação; estrutura comumente granular; e com pouca ou nenhuma acumulação de argila iluvial (translocada de horizonte superficial). São solos profundos, ácidos a fortemente ácidos (com exceção dos eutróficos), bastante porosos e permeáveis, de textura que varia de média a muito argilosa, e com predomínio de argilominerais do grupo 1:1 (caulinítico-gibbsíticos), quartzo e outros minerais altamente resistentes à intemperização.

Sendo assim, os Latossolos, de um modo geral, apresentam reduzida susceptibilidade à erosão, pois a boa permeabilidade e drenabilidade e a baixa relação textural B/A (pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B) garantem na maioria dos casos, uma boa resistência desses solos à erosão (GUERRA & BOTELHO in CUNHA & GUERRA, 2001:184), conseqüentemente, confirmando este tipo de solo na classe de “fragilidade muito baixa” segundo a classificação de ROSS (1994) contida no quadro 3.

A Unidade “PVA 8”, a qual, está distribuída na porção Leste/Sudeste da Bacia Hidrográfica do Rio Verde e ocupando uma área de 163,1 km² (31,04 % da área total da

bacia) dos terrenos pré-devonianos da Serra da Mantiqueira , compõe uma associação complexa de solos Litólicos, Cambissolos, Argissolos (Vermelho-Amarelo) e Petrolintossolos. É a unidade que apresenta os solos mais rasos e, por vezes, ocorrência de pedregosidade.

Os solos Litólicos ocorrem nas áreas de topografia mais dissecada (contrafortes da Serra da Mantiqueira), associados a afloramentos de rocha, de um modo geral formam pequenas áreas (mapeáveis em escalas de detalhe – maiores que 1:20.000), são solos pouco evoluídos, rasos (com, no máximo, 50 cm até o contato com o substrato rochoso), caracterizam-se pela presença do Horizonte A sobre a rocha ou sobre o horizonte C pouco espesso. Sendo que, devido à pequena espessura, GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:190-191) enfatizam que o fluxo d'água em seu interior é precocemente interrompido, facilitando o escoamento em superfície, gerado pela rápida saturação do solo, e em sub-superfície, na zona de contato solo-rocha. Tal situação pode responder pela ocorrência de processos erosivos e, mais especificamente, de deslizamentos, agravando-se nas encostas mais íngremes e desprovidas de vegetação.

Os Cambissolos, segundo GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001: 187) possuem horizonte B incipiente (Bi), caracterizado pela presença de muitos minerais primários de fácil intemperização, ausência ou fraca presença de cerosidade, textura variando de franco-arenosa a muito argilosa, teor de silte, em geral, elevado e estrutura, comumente em blocos, fraca ou moderada. O grau de susceptibilidade desses solos à erosão é variável, dependendo da sua profundidade (os mais rasos tendem a ser mais susceptíveis, devido à presença da camada impermeável, representada pelo substrato rochoso), da declividade do terreno, do teor de silte e do gradiente textural, sendo que, ROSS (1994) os classifica, de modo geral (vide quadro 3) como de “alta fragilidade”.

Os Plintossolos são encontrados em ambientes específicos, onde há condições de escoamento lento ou encharcamento periódico. Sendo assim, áreas de relevo plano e suavemente ondulado, depressões, terraços e várzeas são os locais de maior incidência desses solos (GUERRA & BOTELHO in CUNHA & GUERRA, 2001:187).

Os Plintossolos distinguem-se por possuir horizonte plíntico, caracterizado pela presença de plintita em quantidade não inferior a 15%, com espessura de no mínimo 15 cm e profundidade variada, de acordo com o tipo de horizonte subjacente.

GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:188) ressaltam que no caso de aumento acentuado no teor de argila dos horizontes superficiais para o horizonte plúntico ou da presença de petroplintita, formando uma camada coesa e contínua, principalmente se não estiver muito profunda, intensifica-se a limitação dos Plintossolos por susceptibilidade à erosão, já que a permeabilidade torna-se extremamente prejudicada.

A Unidade “PVA 11” ocupa uma área de 81,15 km² (15,44% da área total) que se estende na porção nordeste da Bacia hidrográfica do Rio Verde e, assim como a Unidade “PVA 8”, também distribui-se sobre os terrenos pré-devonianos da Serra da Mantiqueira e é constituída de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abrupto, A moderado, textura arenosa/média, ou arenosa/argilosa, ou média/argilosa ou média/média, álico.

Conforme GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:184-185) os Argissolos caracterizam-se pelo horizonte B textural (Bt), o qual é marcado por acumulação de argila, por iluviação, translocação lateral interna ou formação no próprio horizonte. Em geral, apresentam diferenças significativas no teor de argila entre os horizontes A e B (relação textural mais elevada do que a dos Latossolos), passando de um horizonte superficial mais arenoso, para um horizonte sub-superficial mais argiloso. Tal fato pode representar um obstáculo à infiltração de água ao longo do perfil, diminuindo sua permeabilidade e favorecendo o escoamento superficial e sub-superficial na zona de contato entre os diferentes materiais.

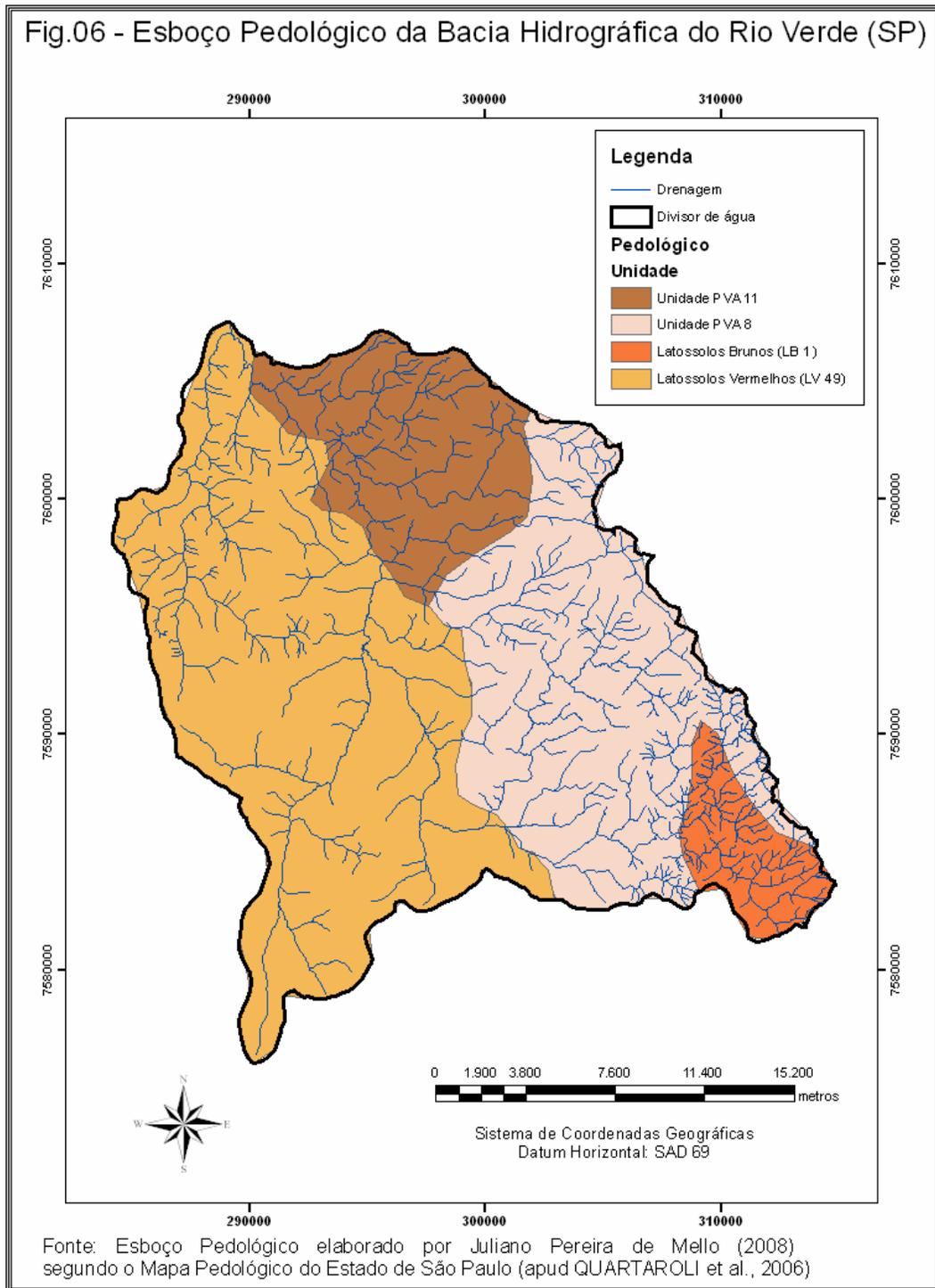
Sendo assim, ainda conforme GUERRA & BOTELHO (in CUNHA & GUERRA, 2001:184-185), os Argissolos, apesar das suas características de agregação e boa estruturação (horizonte Bt em blocos angulares ou sub-angulares), apresentam certa susceptibilidade aos processos erosivos, que serão tão mais intensos quanto maiores forem as descontinuidades texturais estruturais ao longo do perfil. Conseqüentemente, segundo ROSS (1994) (vide quadro 3), os Argissolos estão classificados em “fragilidade média” (Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa), “fragilidade alta” (Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/arenosa) e “fragilidade muito alta”(Argissolo Vermelho, o qual, não está contemplado na unidade PVA 11).

Tabela 8 – Classes de Solo – Bacia Hidrográfica do Rio Verde

Unidade Pedológica	Area (km²)	Porcentagem (%)
Latossolo Bruno (LB 1)	31,2	5,92
Unidade PVA 11	81,15	15,44
Unidade PVA 8	163,1	31,04
Latossolo Vermelho (LV 49)	250,05	47,60
Total	525,5	100

Fonte: Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (apud QUARTAROLI *et al.*, 2006)

Fig. 06 – Esboço Pedológico – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).



5.5 – USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS - 2003

O mapa de Uso e Ocupação das terras da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (fig. 07) foi produzido a partir da compilação do trabalho de QUARTAROLI *et. al.* (2006) - Mapa de Uso e Cobertura das Terras para o ano de 2003 (1:250.000) – o qual, foi obtido no site da Embrapa Monitoramento por Satélite⁹ em formato PDF, salvo em formato TIFF e inserido no *software Arc Map 9.1*, onde foi geo-referenciado e, posteriormente, digitalizadas todas as respectivas áreas de uso e ocupação da terra contidas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde.

A tabela 2 apresenta os valores das áreas ocupadas por 10 classes de uso e ocupação da terra levando em consideração a área total de cada município citado, os quais têm partes de seus territórios contidos na área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde. Já a tabela 09 apresenta as 10 classes de uso e ocupação da terra, além da presença de uma lagoa, caracterizando, tão somente, a área da bacia hidrográfica.

Assim como na tabela 02, a tabela 09 revela que as pastagens apresentam a maior área ocupada (40,15%) e, no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, as mesmas estão diretamente relacionadas à Serra da Mantiqueira em função do desmatamento que lá ocorreu para introdução do café que, por conta das crises que enfrentou na década de 1930, teve suas áreas de plantio reduzidas dando lugar à pastagem para a bovinocultura.

Em seguida, temos as culturas anuais irrigadas por pivô relacionadas, principalmente, aos cultivos de batata e cebola nas áreas dos terrenos sedimentares, com 84,25 km² (16,02%) da área total, o que, constitui num importante elemento de análise na avaliação do estado de criticidade hídrica por que passa a Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP). Pois, como ressaltado anteriormente, não há controle da captação da água para irrigação.

A vegetação natural ocupa 53,1 km² (10,10%), preferencialmente sendo preservadas nas áreas da Serra da Mantiqueira em função das maiores altitudes e declividades que ali ocorrem e dificultam as práticas de uso e ocupação das terras.

A canavicultura ocupa 35,01 km² (6,66%) e se difunde pelos terrenos sedimentares de menor declividade, ou seja, onde há condições de seu manejo mecanizado.

⁹ Embrapa Monitoramento por Satélite – www.cnpm.embrapa.br – Consultado em 07 de janeiro de 2008.

A vegetação ripária ocupa 31,9 km² (6,07%) ao longo, principalmente, dos canais de 3^a, 4^a e 5^a (canal principal) ordens.

Além do que, ressalta-se a quase que ausência de vegetação ripária, ou mesmo, vegetação natural junto a maior parte dos canais de primeira ordem situados na Serra da Mantiqueira.

A silvicultura ocupa 27,15 km² (5,16%), a fruticultura 24,5 km² (4,66%), as culturas anuais (principalmente cebola, batata e arroz) ocupam 24 km² (4,56%), a cafeicultura ocupa 20,68 km² (3,93%) e as áreas urbanas representam 13,5 km² (2,57%).

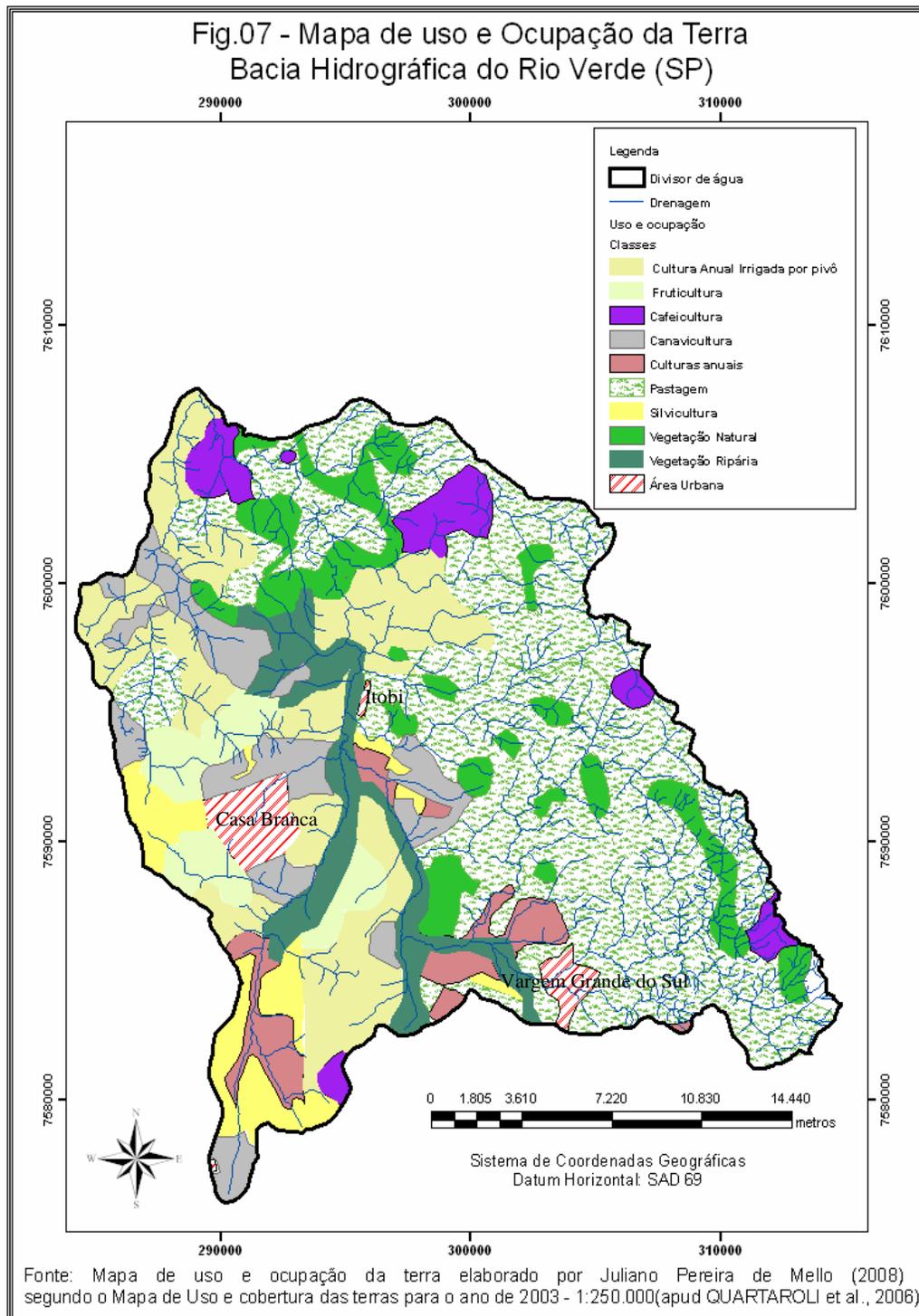
Há especial destaque para a maior diversificação de uso e ocupação das terras nos terrenos da Depressão Periférica, onde são encontradas as menores cotas altimétricas, as menores declividades e os solos menos susceptíveis à erosão (Latosolos), assim, configurando nesta área um predomínio da pedogênese sobre a morfogênese e, conseqüentemente, uma menor fragilidade ambiental.

Tabela 09 – Uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) - 2003

Classes	Área (km²)	Porcentagem(%)
Vegetação Natural	53,1	10,10
Pastagem	211,15	40,15
Lagoa	0,7	0,13
Cafeicultura	20,68	3,93
Área Urbana	13,5	2,57
Silvicultura	27,15	5,16
Culturas anuais	24	4,56
Fruticultura	24,5	4,66
Vegetação Ripária	31,9	6,07
Culturas anuais irrigadas por pivô	84,25	16,02
Canavicultura	35,01	6,66
Total	525,30	100

Por fim, conforme podemos observar no mapa de uso e ocupação das terras (figura 07) e comparando este com a carta clinográfica e com o mapa de compartimentação hipsométrica, temos que, o pasto predomina nos compartimentos da Serra da Mantiqueira, onde as altitudes estão acima de 740 metros e encontramos os maiores valores de declividade, o que, determina o predomínio da morfogênese sobre a pedogênese e, conseqüentemente, acarreta em uma maior fragilidade ambiental nessa área.

Fig. 07 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) - 2003



5.6 – FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE (SP)

Na análise aqui proposta, procuramos concatenar tanto os aspectos ligados às dinâmicas naturais e, por isso, ditos relacionados à vulnerabilidade e/ou susceptibilidade do meio, como os aspectos ligados às dinâmicas sócio-econômicas, ou seja, confirmando o conceito de “fragilidade ambiental” enquanto análise integrada do ambiente sob seus diferentes componentes: naturais e antrópicos.

O mapa síntese da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) foi construído a partir da integração dos mapas temáticos de solo, hierarquia fluvial, uso e ocupação da terra, clinográfico e de compartimentação hipsométrica, os quais, foram trabalhados em ambiente SIG (*Arc Map 9.1*) seguindo os processos abaixo representados:

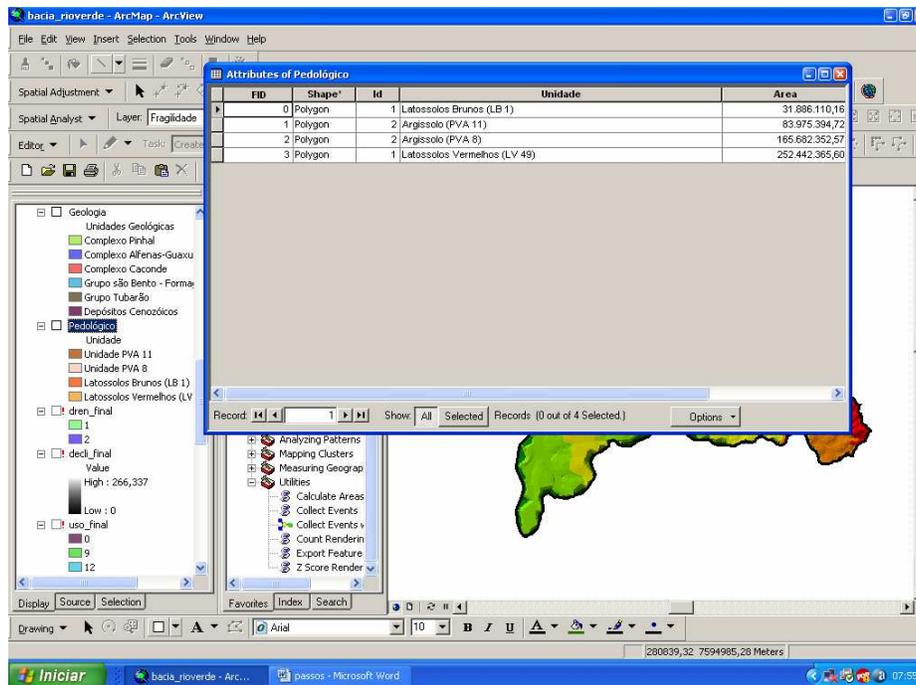
- 1º - As tabelas de atributos de cada mapa supracitado foram formatadas (conforme ilustração (fig. 8) abaixo e seguindo os valores apresentados no quadro 07, sendo assim, cada ID (identificador) das respectivas classes mapeadas receberem um peso que variou de 1 a 4 conforme os dados contidos nos quadros 1, 2, 3 e 4 (p. 33 - 34) que indicam, respectivamente, tipos de usos indicados para os diversos intervalos de classe de declive, fragilidade das classes de declive, fragilidade dos tipos de solos e graus de proteção dos tipos de cobertura vegetal, além do que, da análise morfométrica e de sua implicação na determinação dos processos de morfogênese e pedogênese:

Quadro 07 – Pesos segundo classes mapeadas para confecção do mapa síntese de fragilidade ambiental

Mapa	Classes	Pesos - ID
Clinográfico	Declividades	3
Uso e ocupação da terra	Uso e ocupação	Culturas anuais irrigadas por pivô – 4; Canavieultura – 4; Culturas anuais – 4; Área Urbana – 4; Pastagens – 3; Vegetação natural e ripária – 1 Fruticultura – 3 Silvicultura – 3
Compartimentação Hipsométrica	Cotas altimétricas	1
Hierarquia Fluvial	Ordens	1ª ordem – 2 De 2ª à 5ª ordem – 1
Esboço Pedológico	Solos	Argissolos – 2
		Latossolos – 1

Fig. 08 – Formatação das tabelas de atributos dos mapas temáticos em ambiente SIG

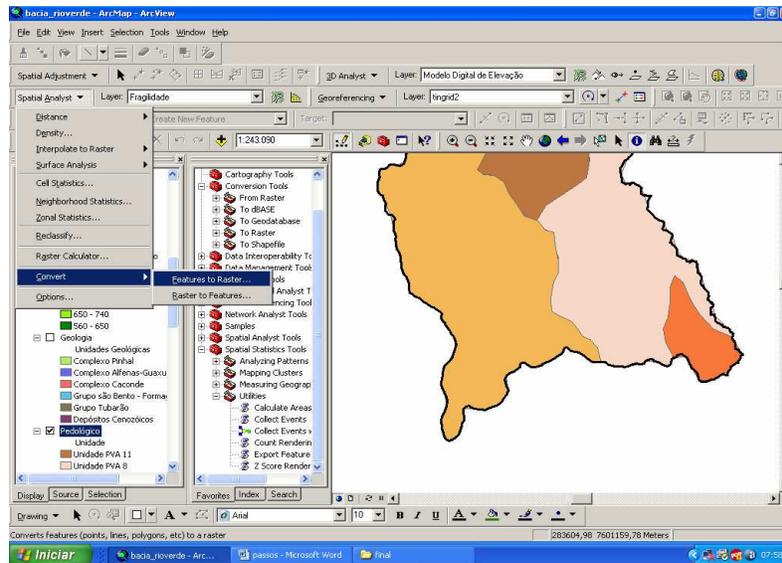
(Arc Map 9.1)



- 2º - Por meio da função *Spatial Analyst* os mapas temáticos (polígonos e linhas) foram convertidos em imagens TIFF conforme figura 09 abaixo. As imagens foram geradas com tamanhos de *pixel* de 15.129 m², assim, evitando a

deformação das informações (pixels) e garantindo a relação de informações com o mínimo de distorção/generalização.

Fig. 09 – Conversão dos mapas temáticos em imagens TIFF. (Arc Map 9.1)



- 3º - Por fim, utilizamos da função *Raster Calculator* para construirmos o algoritmo de geração do mapa síntese da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

O algoritmo utilizado foi construído da seguinte maneira:

$$\text{Fragilidade} = \{Hf + Hpso + [3 \times Dec] + [3 \times Uso] + [2 \times Ped]\} / 10$$

Onde:

Hf – Hierarquia Fluvial;

Hpso – Compartimentação Hipsométrica;

Dec – Declividade;

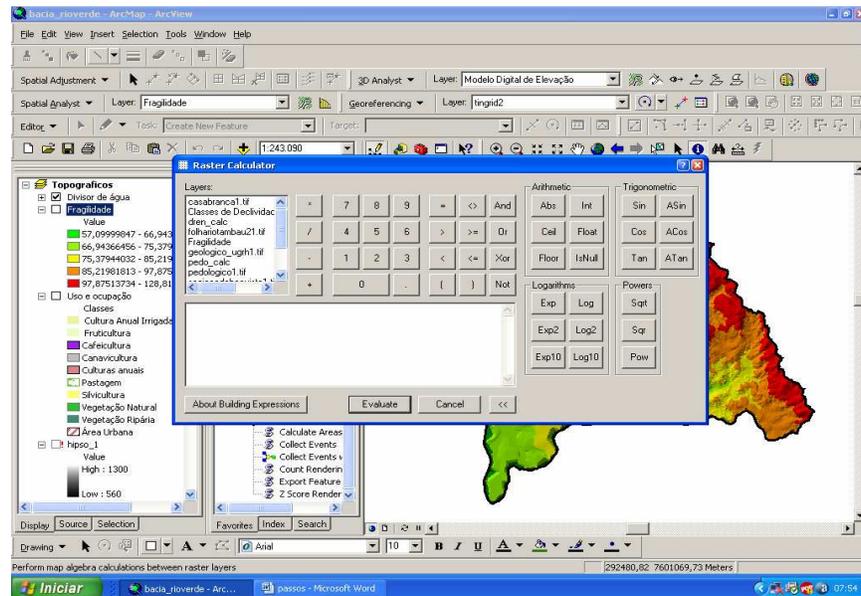
Uso – Uso e ocupação da terra;

Ped - Solos.

Os elementos explicitados no algoritmo acima foram escolhidos por estarem diretamente associados aos processos morfogenéticos, bem como, correspondendo aos conceitos de “fragilidade ambiental potencial” (elementos da dinâmica natural) e “fragilidade ambiental emergente” (elementos da dinâmica natural em interação com os elementos da dinâmica sócio-econômica).

Fig. 10 – Geração de algoritmo para cruzamento de dados e geração do mapa síntese.

(Arc Map 9.1)



Como explicado anteriormente, na equação acima, foi dado peso “3” para os valores de declividade e de uso e ocupação da terra, peso “2” para os valores de solo e peso “1” para os valores da compartimentação hipsométrica e hierarquia fluvial.

Em seguida, os valores gerados para cada *pixel* da imagem do mapa de fragilidade ambiental (fig. 11), conforme algoritmo supracitado, foram divididos em 5 classes, a saber “muito baixa fragilidade”; “baixa fragilidade”, “média fragilidade”, “alta fragilidade” e “muito alta fragilidade”.

Os valores em área e porcentagem referentes às classes de fragilidade ambiental estão representados na tabela 10 e no gráfico 09, onde, observa-se que 221,32 km² (42,13%) da área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde estão classificados como de “baixa fragilidade ambiental”. Tais áreas estão localizadas sobre os terrenos sedimentares da Depressão Periférica caracterizados pelas baixas declividades, presença de Latossolos, menores cotas altimétricas e menor presença de canais de primeira ordem.

Temos que 116,47 km² (22,17%) estão classificados como sendo de “média fragilidade ambiental” em função de serem áreas caracterizadas pela transição entre os terrenos sedimentares e os terrenos cristalinos e/ou nas intrusões de diabásios nos terrenos sedimentares, onde também se dá a presença de Argissolos. Além disso, também ocorre a presença de áreas urbanas e de culturas perenes irrigadas por pivô.

Uma área de, aproximadamente, 74,34 km² (14,15%) está classificada como sendo de “alta fragilidade ambiental”, a qual, localiza-se na Serra da Mantiqueira.

Nas proximidades da região onde o Rio Verde deságua no Rio Pardo temos uma área de 69,5 km² classificada como de “muito baixa fragilidade”, pois, temos aí os menores valores altimétricos e de declividades, Latossolos e uma considerável área de vegetação natural preservada.

Por fim, temos nos topos da Serra da Mantiqueira 43,67 km² (8,31%) classificados como sendo de “muito alta fragilidade”.

Sendo assim, percebemos que a partir dos parâmetros analisados o condicionamento das características morfométricas/de relevo são preponderantes no que diz respeito aos processos morfogenéticos diretamente relacionados à vulnerabilidade ambiental e/ou fragilidade potencial, as quais, em conjunto com as formas de uso configuram os cinco níveis de fragilidade emergente apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Classes de Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

Classes de fragilidade ambiental	Área (Km ²)	Porcentagem (%)
Muito baixa	69,5	13,23
Baixa	221,32	42,13
Média	116,47	22,17
Alta	74,34	14,15
Muito alta	43,67	8,31
Total	525,3	100,00

Gráfico 09 – Áreas das Classes de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (em %)

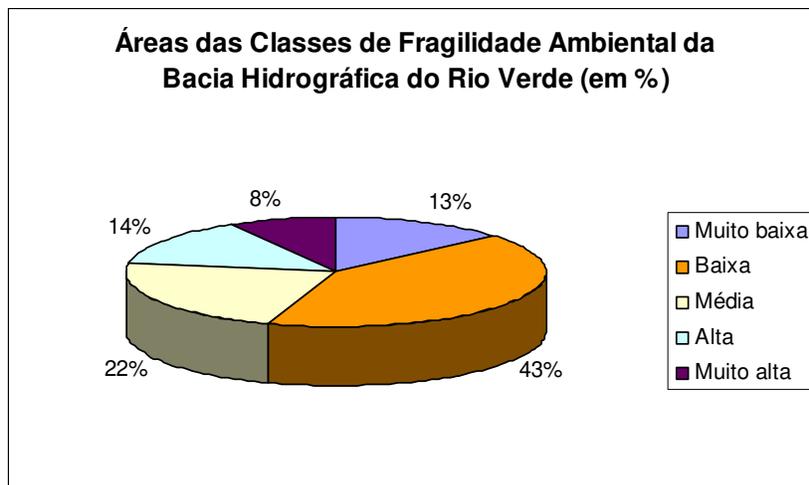
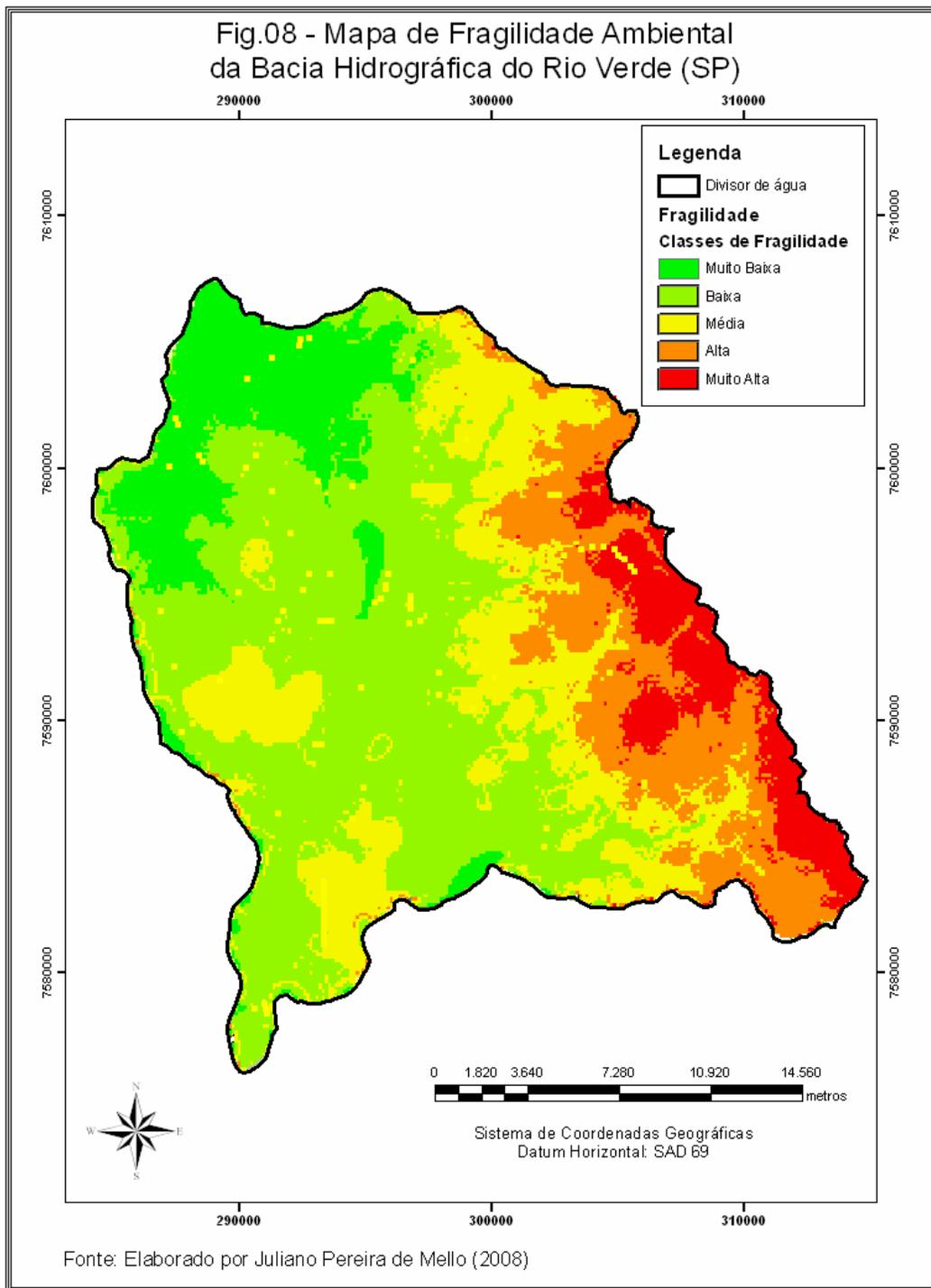


Fig. 08 – Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).



Para melhor analisarmos os dados da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde procedemos a generalização e/ou aglutinação das classes de fragilidade como apresentado na figura 09, na qual, unimos as classes de muito baixa à

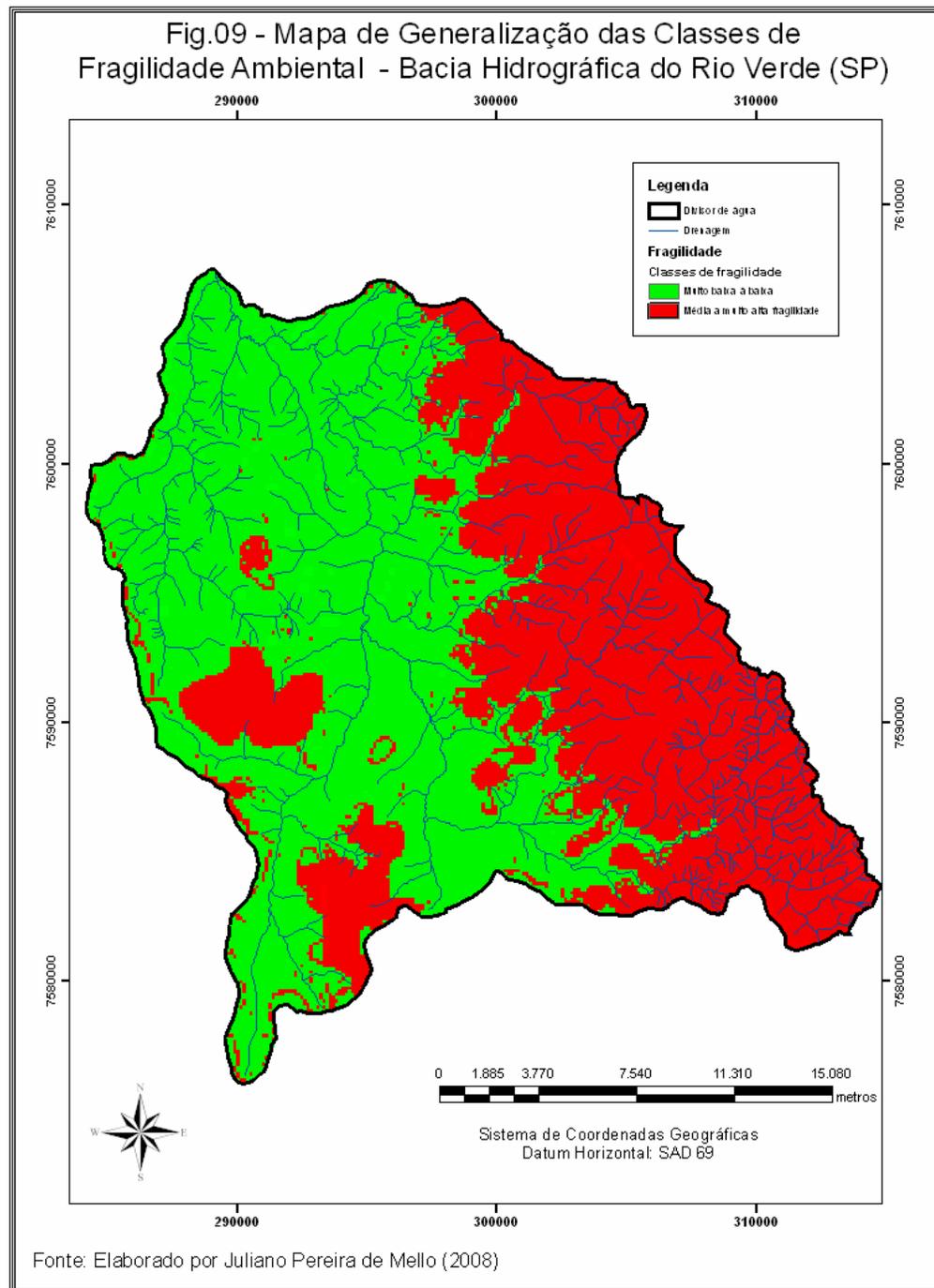
baixa fragilidade em uma categoria e as classes de média a muito alta fragilidade em outra categoria,

Temos que, os 44,63% da área representada pela categoria de média a muito alta fragilidade (representados em vermelho na figura 09) estão quase que totalmente relacionados à Serra da Mantiqueira, onde, a forte dissecação, o alto gradiente altimétrico, o desmatamento em função da implantação dos pastos, a maior quantidade dos canais de primeira ordem e as declividades acentuadas intensificam os processos erosivos e, conseqüentemente, o assoreamento dos canais que levam à diminuição da vazão dos rios, a qual, também é prejudicada por represamentos particulares irregulares que causam forte impacto na hidrologia dos canais.

As áreas de média a muito alta fragilidade ambiental nos terrenos sedimentares da Depressão Periférica Paulista estão associadas a cotas altimétricas mais elevadas diretamente relacionadas às intrusões de diabásio (sills e diques) e usos agrícolas ligados a culturais anuais irrigadas por pivô, canavicultura e áreas urbanas – com destaque para a expansão do perímetro urbano do município de Casa Branca.

Sendo assim, a figura 09 ajuda-nos a distinguirmos melhor as áreas de maior susceptibilidade e fragilidade ambientais segundo os processos naturais e sócio-econômicos que nelas ocorrem, os quais estão diretamente associados à situação de criticidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

Fig. 09 – Mapa de Generalização das Classes de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).



6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como ressaltado na introdução, o objetivo desta dissertação é realizar o mapeamento da fragilidade ambiental (ROSS, 1990/1996) por meio de um ensaio cartográfico em ambiente SIG visando contribuir para o zoneamento sócio-ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

Além disso, com os dados e a metodologia aqui adotados, apesar das limitações em termos das escalas das informações e mapas concatenados, buscamos contribuir para projetos e programas de planejamento ambiental, enquanto o pensar contínuo e integrado nas ações de intervenção (gestão), mais especificamente abordando os usos da água dentro de uma concepção sistêmica de bacia hidrográfica e de arranjo geográfico sob uma maneira capaz de sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbios nos processos físicos, ecológicos, sociais e econômicos.

Mais uma vez enfatizamos a necessidade de tratarmos os termos susceptibilidade, fragilidade, sensibilidade e vulnerabilidade ambientais no intuito de definirmos com rigor e precisão a que se destinam e/ou referem-se tais conceitos, conseqüentemente, evitando confusões semânticas e operacionais.

Sendo assim, neste trabalho justificamos nossa opção pelo termo fragilidade ambiental, pois este conceito procura relacionar homem e natureza sem direcionar a análise aos estudos sociais ou aos estudos naturais, além do que, está ligado à susceptibilidade de algo sofrer intervenções, ou de ser alterado. Então, a fragilidade do meio ambiente está ligada a fatores de desequilíbrio, tanto de ordem natural (alto grau de declividade, alto grau de erodibilidade, variações climáticas) quanto social (uso indevido do solo, intervenções em regimes fluviais, técnicas de cultivo, etc.).

Por fim, mais uma vez ressaltamos que os dados sobre a fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) estão fortemente relacionados às características naturais (solo, declividade, drenagem, altimetria e geologia) e histórico-sócio-econômicas da área da Serra da Mantiqueira, onde, a morfogênese sobrepõe-se à pedogênese e é potencializada pelas práticas de uso e ocupação das terras.

Já com relação às áreas da Depressão Periférica Paulista há que se atentar para a diversidade dos tipos de uso e ocupação agrícolas das terras enquanto potencializadores de processos de degradação ambiental em função das práticas de irrigação, manejo inadequado do solo e uso de agroquímicos em geral.

7 - BIBLIOGRAFIA

ABREU, Adilson A. de. **Estruturação de paisagens geográficas no médio vale do Jaguarí-Mirim**. 1972. Tese de doutorado. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo.

AL-ADAMAT, R.A.N., FOSTER , I.D.L., BABAN, S.M.J.(2003). **Groundwater vulnerability and risk mapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, Remote sensing and DRASTIC**. Applied Geography 23, p. 303-324, 2003.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: MMASAE, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JR, R. **Equação de perdas de solo**. Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 1975.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: CERES, 1985.

_____. (1990). **Conservação do Solo**. 3 ed. São Paulo: Icone, 1990.

BOTELHO, Garrido M. & SILVA, Antônio S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: VITTE, Antônio Carlos & GUERRA, A. J. T. (organizadores). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, p. 153 – 191, 2004.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Trad. Antonio B. Neiva Figueiredo. 7ª Ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1989.

CANO, W.; BRANDÃO, Carlos A.; MACIEL, Cláudio S.; MACEDO, Fernando C. **Economia Paulista: dinâmica socioeconômica entre 1980 e 2005**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2007.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. SP, Edgard Blucher, 1980.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. SP, Edgard Blucher, 1999.

CONSELHO DA BACIA DO PARDO. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Pardo – UGRHI 4: Relatório Final**. São Paulo, 2003.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. São Paulo, IMESP (Imprensa Oficial do Estado de São Paulo), 1988.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e**

geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico. Relatório INPE, São José dos Campos (SP), 1998.

CUNHA, Cenira M. L. da. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária.** Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP, Rio Claro, 1997.

CUNHA, S. B. da, GUERRA, A. J. T.. **Degradação Ambiental.** In: Guerra, Antônio T. & Cunha, Sandra B.da (1996). Geomorfologia e Meio Ambiente. RJ, Bertrand Brasil, 2000.

DELIBERAÇÃO CBH-PARDO 004/04. Declara crítica a Bacia Hidrográfica do Rio Verde. Ribeirão Preto, 25 de junho de 2004.

DIXON, B. **Groundwater vulnerability mapping: A GIS and fuzzy rule based integrated tool.** Applied Geography 25, p.327–347, 2005.

ELIAS, D. **Globalização e Agricultura: A região de Ribeirão Preto/SP.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA. Rio de Janeiro, 1999.

FEEMA. **Vocabulário Básico de Meio Ambiente.** 4ª ed. Rio de Janeiro, Petrobrás, Serviço de Comunicação Social,1991.

FRAISOLI, Camila. **Valorização do Espaço e fragilidade ambiental: o caso da construção do meio ambiente urbano da Bacia do Córrego Santo Antônio, Mogi Mirim (SP).** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, 2005.

GAZETA DE VARGEM GRANDE DO SUL (27/07/1994).

GUERRA, A. J. T. & BOTELHO, R. G. M. **Erosão dos Solos.** In: CUNHA, S. B. da & GUERRA, A. J. T. (organizadores). Geomorfologia do Brasil. 2ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001.

GLASER, G. **Unstable and vulnerable ecosystems: A comment based on mab research in island ecosystems.** Mountain Research and Development, Vol. 3, n° 2, p.121-123, 1983.

LONGMAN DICTIONARY OF GEOGRAPHY: HUMAN AND PHYSICAL. Longman House, UK, 1985.

MELLO, Juliano Pereira de. **Utilização de técnicas morfométricas no estudo de voçorocamento: O caso da voçoroca da Bacia do Ribeirão Santo Antônio, Município de Mogi Mirim (SP).** Monografia. Campinas (SP), Instituto de Geociências, UNICAMP, 2003.

MENCK, João Carlos. **A inserção da variável ambiental nos usos dos recursos hídricos**. A gestão das águas, Ano 1, n° 2, julho/2001. Associação Brasileira da Batata, 2001.

MENDONÇA, Izaque Francisco Candeia de. **Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do riacho Una, Sapé-PB**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, SP, 2005.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.

NAVEH, Z. **Landscape Ecology: Theory and Application**. Springer-Verlag, New York, 1994.

NEWSON, M. **Land, Water and development: sustainable management of river basin systems**. New York, Routledge, 1997.

NILSON, C. & GRELSON G. **The Fragility of ecosystems: a review**. Journal of Applied Ecology, 32, p 677-692, 1995.

NUCCI, J. C. & CAVALHEIRO, F. **Adensamento Urbano e Qualidade Ambiental**. VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, CD-ROOM, Curitiba, 1997.

NÚÑES, J.E.V.; SOBRINHO, N. M. B. Amaral; PALMIERI, F.; MESQUITA, A. A. **Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23:981-990, 1999.

PEREIRA, L. CHARLET. **Aptidão Agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas (SP), 2002.

PROJETO SAPUCAÍ. **Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais: Relatório final de Geologia**. DNPM/CPRM, Superintendência Regional de São Paulo, 1979.

QUARTAROLI, Carlos F.; MIRANDA, Evaristo E. de; VALLADARES, Gustavo S.; HOTT, Marcos C.; CRISCUOLO, Cristina; GUIMARÃES, Marcelo. **Uso e Cobertura das Terras na Região Nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006.

RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. Amaral; VELLOSO, A. C. X. **Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23: 971-979, 1999.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto (Série Repensando a Geografia), 1990.

_____. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n° 08, p.63-74, 1994.

_____. **Geomorfologia Aplicada aos EIAS e RIMAS.** In: Guerra, Antonio T. & Cunha, Sandra B.da (1996). Geomorfologia e Meio Ambiente. RJ, Bertrand Brasil, pp. 291-336, 1996.

_____. **Geomorfologia Aplicada aos EIAS-RIMAS.** In. GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. da (organizadores). Geomorfologia e Meio Ambiente. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

ROSS, J. L. S. & DEL PRETTE, Marcos E. **Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental.** Revista do Departamento de Geografia, n. 12, USP, p.88-121, 1988.

SANTOS, I. **Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba.** Monografia de conclusão de curso de Geografia. Universidade Federal do Paraná, 1997.

SANTOS, I. dos. & VITTE, A. C. **Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba.** I Forum de Geo-Bio-Hidrologia, Curitiba, Anais, p.123-135, 1998.

SIGRH. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo: “Relatório Zero”,** 1999.

SILVA, João dos Santos Vila da. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental; estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT.** Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, 2003.

SOTCHAVA, V.B. **O Estudo de Geossistemas.** Revista IG-USP, Série Métodos em Questão, SP, n° 16, 1977.

SOUZA, George Taylor; BRICALLI, Luiza Leonardi; MORETO, Marcelo Almeida; LIMA, Silma; CALENTE, Sueli. **Água: Geopolítica Internacional e Propostas para um Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Geografares, Vitória, n° 3, p.69-77, 2002.

SPIRIDINOV, A. I. **Principios de la Metodología de las Investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico.** Habana, Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, 1981.

SPÖRL, C. & ROSS, J.L.S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** Geousp – Espaço e Tempo, São Paulo, n°15,p.39-49, 2004.

TAVARES, A. C., VITTE, A. C. **Erosão dos solos e assoreamento de represas: o caso de Monte Aprasível (SP).** Geografia, 18 (1), p.51 – 95, 1993.

THOMAS, D.S.G. & ALLISON, R. J. **Landscape Sensitivity**. Chichester. John Wiley & Sons, 1993.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. RJ, IBGE/SUPREN, 1977.

VITTE, A. C. **Metodologia para Cálculo de Perdas de Solo em Bacias de Drenagem**. Bol. Par. de Geociências, nº 45. Ed. da UFPR, p. 59-65, 1997.

VITTE, A. C. & SANTOS, I. dos. **Proposta Metodológica para Determinação de Unidades de Conservação a partir do Conceito de Fragilidade Ambiental**. Revista Paranaense de Geografia, nº 4, p. 60-69, 1999.

7.1 – Sites consultados:

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Disponível em: www.cnpm.embrapa.br – Consultado em 07 de janeiro de 2008.

FUNDAÇÃO SEADE – Informações demográficas. Disponível em: www.seade.gov.br>. Consultado em 7 de julho de 2005.

IBGE – Informações demográficas. Disponível em: www.ibge.gov.br. Consultado em 8 de julho de 2005.

GWP/TAC – Parceria Global para Água. Disponível em <<http://www.genderandwateralliance.org/portuguese/faqs.asp>>. Consultado em 3 de abril de 2005.

Tornatore, Nicola (2004). “Rio da bacia do Pardo pode desaparecer”. Consema. Disponível em: <www.uniagua.org.br>. Consultado em 03 de abril de 2005.