

MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA DO RIO VERDE, REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Antonio Carlos Vitte*

Juliano Pereira de Mello**

Resumo: Este trabalho apresenta um ensaio cartográfico para a determinação da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP), localizada numa área de contato entre as rochas cristalinas da Serra da Mantiqueira e os terrenos sedimentares da Depressão Periférica Paulista. Procedemos à 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), marcada por práticas agropecuárias, sobretudo as ligadas ao plantio de cana-de-açúcar, batata e cebola, além da criação de gado bovino. Mapeamos e analisamos dados sobre geologia, pedologia, drenagem, hipsometria, declividades e de uso e ocupação da terra, 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. O mapa síntese revela que, da área total, 13,23% estão classificados como de muito baixa fragilidade, 42,13% como de baixa fragilidade, 22,17% como de média fragilidade, 14,15% como de alta fragilidade e 8,31% como de muito alta fragilidade ambiental. Concluímos que a maior parte da área formada pela junção das classes de média a muito alta fragilidade estão na porção da Bacia que corresponde aos domínios da Serra da Mantiqueira – processos de morfogênese mais intensos.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, uso da terra, fragilidade ambiental, Geomorfologia, Metodologia, Brasil.

MAPPING OF THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY RIO VERDE BASIN, NORTHEAST REGION OF THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL.

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.

Keywords: rainage basin, environmental fragility, land use, Geomorfology, Metodology, Brazil.

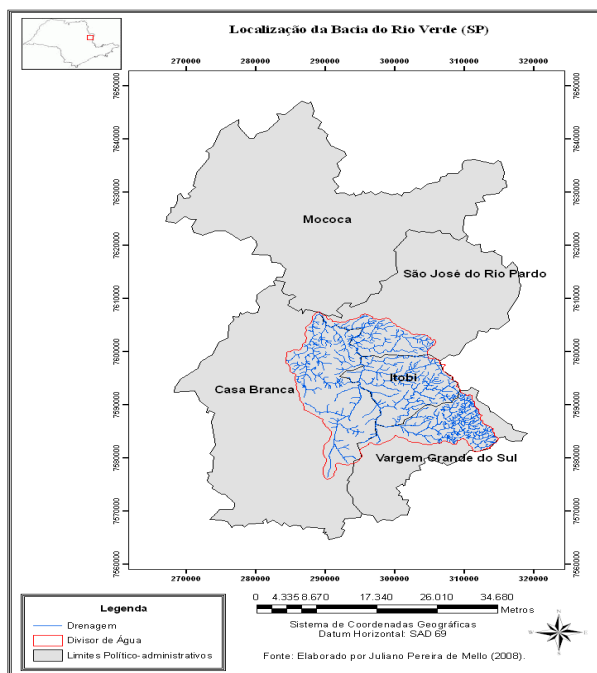
* Professor do Departamento de Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas. Pesquisador CNPq. E-mail: vitte@uol.com.br.

* Graduado e mestre em Geografia pelo Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas. Professor da rede particular de ensino do estado de São Paulo. E-mail: juliano.mello@hotmail.com.

Introdução

O objetivo desse artigo é apresentar uma metodologia para o cálculo e consequente mapeamento da fragilidade ambiental, na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, que apresenta área de 525,30 km² e está situada na região nordeste do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). Inicialmente partiu-se do conceito de fragilidade ambiental proposto por Ross (1990; 1996) onde acrescentamos índices morfométricos advindos do mapeamento de temas relacionados à geomorfologia fluvial. Posteriormente, os dados quantitativos foram integrados em uma equação, donde foi gerado um mapa de fragilidade ambiental para a bacia estudada.

Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Verde



Assim, esperamos contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias de mapeamento da fragilidade dos ambientes antropizados e ao mesmo tempo 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.

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde em estado de criticidade

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde, foi escolhida para o desenvolvimento desta metodologia, pois a mesma encontra-se em estado de criticidade, advindo de longo processo histórico de ocupação e organização territorial, que nas últimas décadas tem se agravado com o uso indiscriminado de pivôs centrais na agricultura, o que tem comprometido o abastecimento público de água para os municípios que são drenados pelo rio Verde.

Segundo a deliberação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo – CBH-PARDO 004/04¹ – 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% 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 sete dias consecutivos e dez anos de período de retorno (Q7,10) e nas vazões regularizadas por reservatórios, descontadas as perdas por infiltração,

¹ Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/DELIBERACAO/CRH/CBH-PARDO/1718>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

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 pela

crescente demanda de água em função do uso, principalmente para irrigação, e porque sua reposição sem tratamento de esgoto sanitário e com resíduos químicos provenientes das práticas agrícolas vem concorrendo para tal situação. Quanto ao uso da água, um levantamento preliminar mostra que o do Rio Verde é 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 ideia precisa da quantidade de agricultores que se utilizam da retirada de água.

Quanto ao tratamento do esgoto sanitário, segundo dados da Fundação Seade (Tabela 6), ele se mostra precário nos municípios por onde passa o Rio Verde, especialmente Vargem Grande do Sul e Itobi, onde não existe tratamento, o que contrasta com 100% do esgoto sanitário tratado no município de São João da Boa Vista (SP), sede daquela Região de Governo – que pertence à Região Administrativa de Campinas (SP) – e fica na Bacia do Mogi e por onde passa o Rio Jaguari Mirim.

Tabela 6 – Tratamento do esgoto sanitário (%) (1992-2003)

Localidade	Ano				
	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 (2008). 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 (> 3.000 kg de DBO₅²/dia), São José do Rio Pardo e Vargem Grande do Sul (> 1.500 kg de DBO₅/dia).

A fragilidade ambiental

Conforme Spörl e Ross (2004, p. 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 e Ross (2004, p. 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.

De acordo com Ross (2000, p. 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 setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que na natureza a funcionalidade é intrínseca entre as componentes físicas, bióticas e socioeconômicas.

Assim sendo, Ross (1994) propõe como análise da fragilidade de determinado ambiente o estudo do relevo, da litostutura, 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

² 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. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#dbo>>. Acesso em: 8 fev. 2008.

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: 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
6 a 12	3 a 7	• medidas de conservação ligeiras
12 a 20	7 a 12	• agricultura com práticas moderadas conservacionistas
20 a 45	12 a 24	• agricultura com rotação
> 45	> 24	• limite do trator
		• conservação intensiva
		• culturas permanentes com restrições
		• 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 solo

Classes de fragilidade	Tipos de solo
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 cambissolo
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/matias 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).

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, sendo um sistema aberto, essa categoria permite analisar os processos sociais e naturais que se inter-relacionam.

Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

A Bacia Hidrográfica do Rio Verde localiza-se na região nordeste do estado de

São Paulo, Brasil e, possui suas nascentes na Serra da Mantiqueira, mais especificamente, no Município de Vargem Grande do Sul (SP), drenando 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). O Rio Verde constitui-se no único manancial superficial para os municípios de Vargem Grande do Sul (SP) e Itobi (SP), e, 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.

Caracterização geológica

Segundo o Projeto Sapucaí (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 assembleia de termos petrográficos representada, basicamente por granitos e granitoides porfiroblásticos, migmatitos diversos (incluindo espécimes de médio e alto grau de metamórfico), granulitos, micaxistos, "gnaisses", rochas cataclásticas e, subordinadamente, dolomitos, quartzitos, metabasitos, metaconglomerados, metaultrabasitos e rochas calcossilicáticas (DNPM/CPRM, 1979, p. 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 (550-720 m), se bem que o

relevo mais movimentado e dissecado por vales vigorosos mascara esta superfície (DNPM/CPRM, 1979, p. 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 consequência, 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, p. 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 depreender 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, p. 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 Paleozoico depositaram-se sobre este embasamento, definindo a Bacia Sedimentar do Paraná.

Abreu (1972) ressalta que os estudos dos contatos entre os maciços antigos e os sedimentos que os recobrem, têm 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 paleozoicos pertencentes à Bacia do Paraná e os terrenos constituintes do núcleo sul-

-oriental do Escudo Brasileiro, chamados por Almeida (apud ABREU, 1972, p. 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.

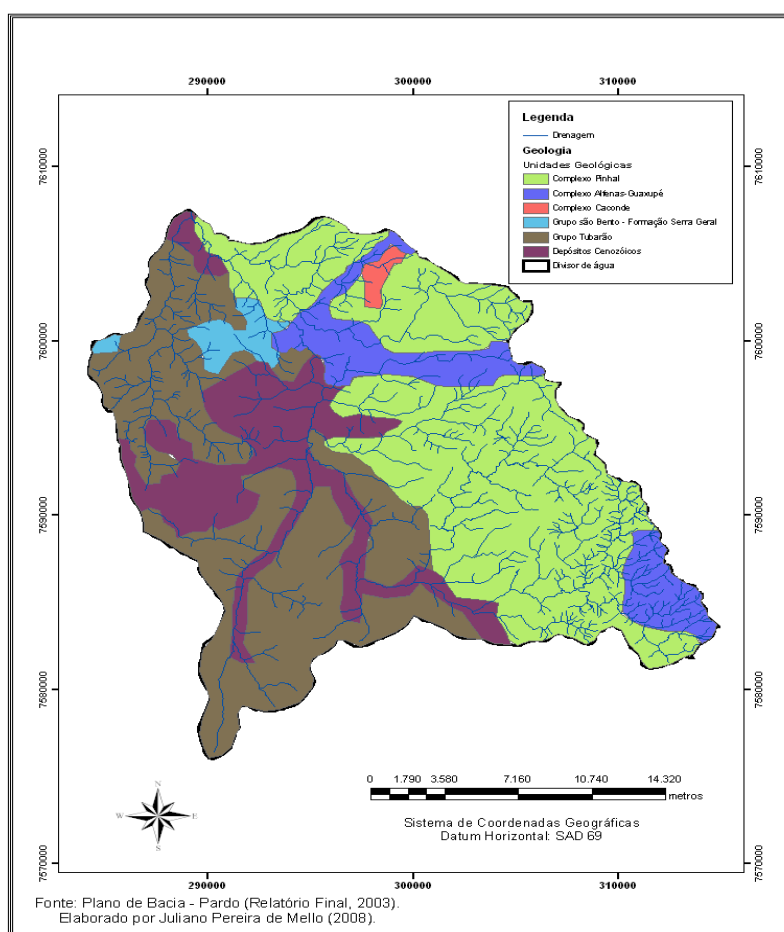
Ressalta-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Verde registra uma grande diversidade litológica, estrutural e geomorfológica resultantes da combinação geológica com eventos paleoclimáticos, sendo que, sua evolução e povoamento ocorreram numa zona de contato entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto 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 (Figura 2) e a Tabela 1 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 1 – 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 cenozoicos	87,48	16,65
TOTAL	525,30	100

Fonte: Plano de Bacia – Pardo (RELATÓRIO FINAL, 2003). Elaborado por Juliano Pereira de Mello.

Figura 2 – 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 morfoclimáticos brasileiros (ABREU, 1972) encontrando-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 bioclimáticos 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, p. 12).

5.4 Caracterização climática e pluviométrica

5.4.1 Caracterização climática

Segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri),³ a área da Bacia

Hidrográfica do Rio Verde é caracterizada pelo clima temperado úmido, com Inverno seco e Verão (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.

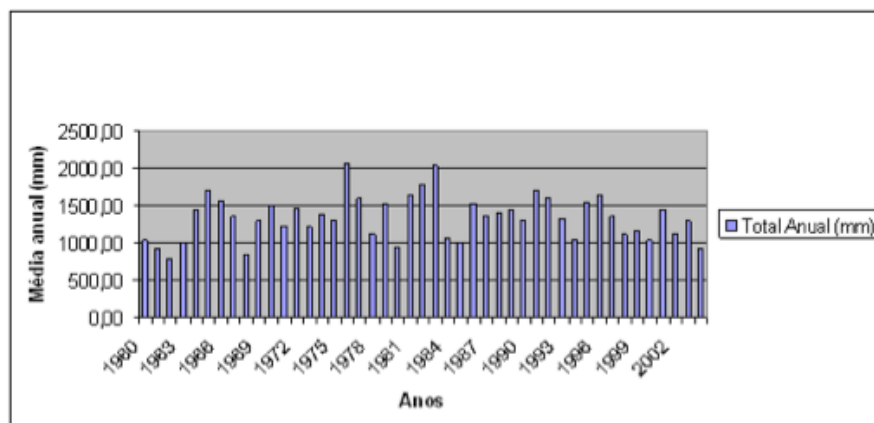
A estação seca nessa região ocorre nos meses de abril a setembro, sendo agosto o mês em que atinge a máxima intensidade. O mês mais chuvoso oscila entre dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média do mês mais quente oscila entre 23°C e 24°C.

5.4.2 Caracterização pluviométrica

Para a caracterização pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP), usaram-se 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'. 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 (Gráfico 1).

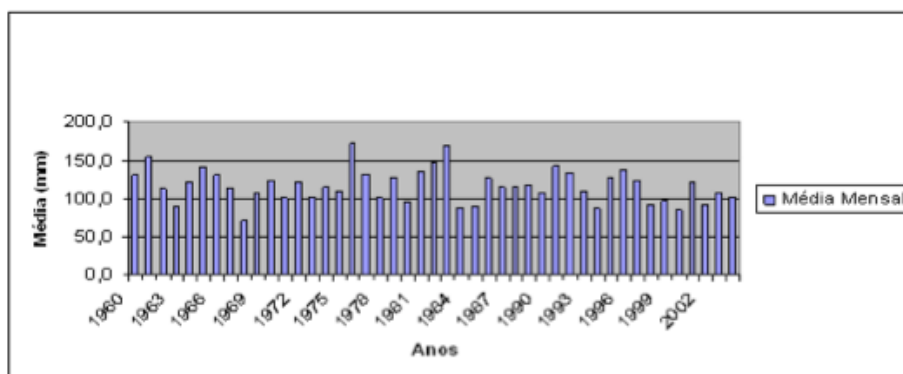
³ Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_635.html>. Acesso em: 15 dez. 2007.

Gráfico 1 – Totais pluviométricos anuais para a Bacia do Rio Verde (SP) – 1960 a 2004

Fonte: Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

Assim, como mostra o Gráfico 1, os anos de maior fenômeno pluviométrico total foram 1976, com 2.058,30 mm, e 1983, com 2.034,30 mm.

E, pelo Gráfico 2, os anos de maior fenômeno pluviométrico foram 1961, com valor médio de cerca de 155,4 mm/mês, 1976, com valor médio de 171,5 mm/mês, e 1983, com valor médio de 169,5 mm/mês.

Gráfico 2 – Precipitação média mensal (mm) (1960-2004)

5.5 Relações entre o processo de povoamento, o uso da terra e a compartimentação geomorfológica na Bacia do Rio Verde

Como ressalta 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, p. 88-89) enfatiza a organização do povoamento, sua densidade e dinamismo, o que melhor revela as atitudes tomadas pela população local face aos compartimentos morfoestruturais da área do município de Vargem Grande do Sul. Sendo que o povoamento rural concentrou-se primeiramente 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, p. 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.

Segundo Abreu (1972, p. 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. Nos dois vales citados, pode-se igualmente perceber a posição das construções, predominantemente na baixa encosta, em plano ligeiramente superior ao da várzea, correspondendo de 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, p. 89).

Além do povoamento linear disperso ao longo dos vales, encontramos ainda outro tipo de dispersão, que Abreu (1972, p. 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 cafeeicultora 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, 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 matações que ocorrem com grande frequência na região (ABREU, 1972, p. 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 a 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 semidecíduo, inicialmente substituída pela cafeicultura, o que, é confirmado pelas estatísticas agrícolas do início do século XX (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, p. 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* em 24 de julho de 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 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 3, são apresentadas as áreas em hectares das dez classes de uso e ocupação da terra mapeadas segundo trabalho de 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%, mas chamando atenção para um aumento total da vegetação ripária de 1.283 ha, ou seja, em 4,45%.

Tabela 3 – Uso e ocupação da terra (1998 a 2002/2003)

Município	Área urbana		Fruticultura		Café		Cana-de-açúcar		Cultura anual* (sem irrigação)	
	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (ha)	-1988 (ha)	(2002/2003) (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) (ha)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (ha)	(1988) (ha)	(2002/2003) (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).


6 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 delimitar o divisor de águas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde e construir os

mapas da hierarquia fluvial, das classes de declividade, da compartimentação hipsométrica e do modelo digital do terreno, usamos quatro folhas topográficas do IBGE, 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 as quadrículas abaixo, que recobrem a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde.

Articulação das Folhas Topográficas

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

Essas cartas foram obtidas no *site* do IBGE, em formato Tag Image File Format (TIFF) e Portable Document Format (PDF), sendo que estas também foram convertidas em formato TIFF.

Depois, as cartas foram inseridas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Arc Map 9.1, georreferenciadas 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, georreferenciados e digitalizados conforme as estruturas geológicas e pedológicas presentes na área da Bacia Hidrográfica.

Proseguimos com a digitalização do mapeamento do uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Verde em ambiente SIG (sistema de informação geográfica) no período de 1988 a 2002 conforme trabalho de Quartaroli et al. (2006).

6.1 Drenagem e hierarquia fluvial

Segundo Abreu (1972, p. 27-28), a rede de drenagem do Rio Verde é 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, p. 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 frequentemente ocupados, nas cartas topográficas, com símbolos de vegetação de brejo.

Por meio de uma caracterização global dos padrões de drenagem, Abreu (1972, p. 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 Christofolletti (1980, p. 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 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 à classificação da hierarquia fluvial na Bacia Hidrográfica do Rio Verde da seguinte maneira:

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

(2) Na medida em que os canais iam sendo digitalizados procedemos às suas respectivas classificações conforme Christofolletti (1980), 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.

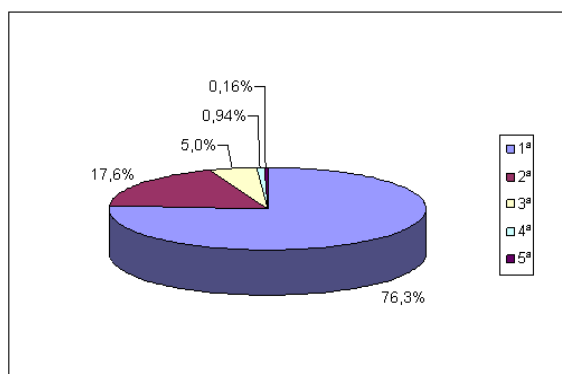
Conforme a Tabela 7 e o respectivo mapa da hierarquia fluvial (Figura 3), chamamos atenção para a predominância dos canais de primeira ordem – 76,30 %, os quais, foram colocados em vermelho para melhor visualizarmos a distribuição espacial dos mesmos.

Ressaltamos a concentração espacial dos canais de primeira ordem (Figura 3) 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 morfogênicos.

Tabela 4 – Classificação da ordem dos canais de drenagem Bacia Hidrográfica do Rio Verde (CHRISTOFOLETTI, 1980)

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 6 – Distribuição percentual da hierarquia fluvial – Bacia Hidrográfica do Rio Verde



Ao analisar a drenagem em relação ao mapa geológico (Figura 3), percebemos, assim como Abreu (1972) ao estudar a Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari, que a drenagem (Figura 3) densa sobre os terrenos do embasamento cristalino, a qual é marcada

pela maior presença dos canais de primeira ordem, acaba por se reduzir nas áreas sedimentares, sugerindo uma permeabilidade maior dessas rochas.

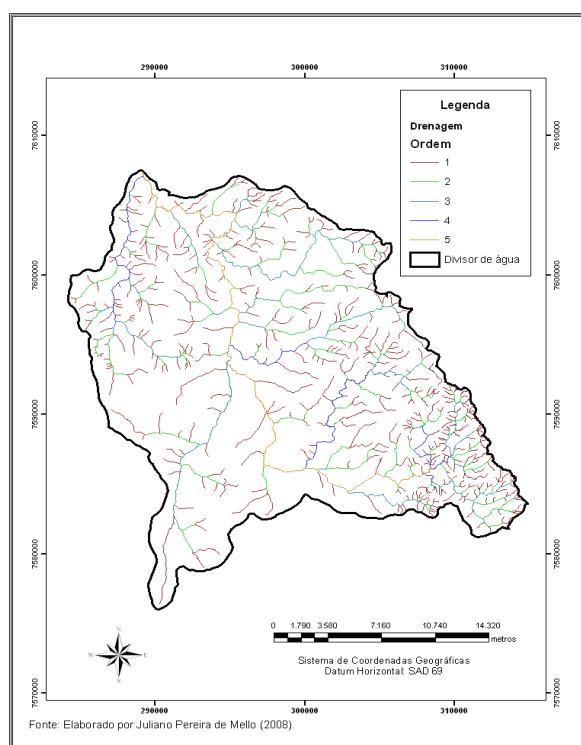
Abreu (1972) enfatiza que a disposição dos rios e seus formadores revelam alguns fatos característicos de um setor de *old land*, com uma longa história fisiográfica. Assim é que as direções de fraqueza, representadas por diaclasamentos, ou mesmo direções estruturais de outra natureza, estão claramente 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 frequentes 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 (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 morfoestruturais em questão: Planalto Atlântico e Depressão Periférica.

O setor cristalino apresenta-se bastante dissecado, com vales em V fechados e vertentes frequentemente coalhadas de matacões. No setor 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, p. 93).

Figura 3 – Mapa da hierarquia fluvial Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)



6.2 Compartimentação hipsométrica

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

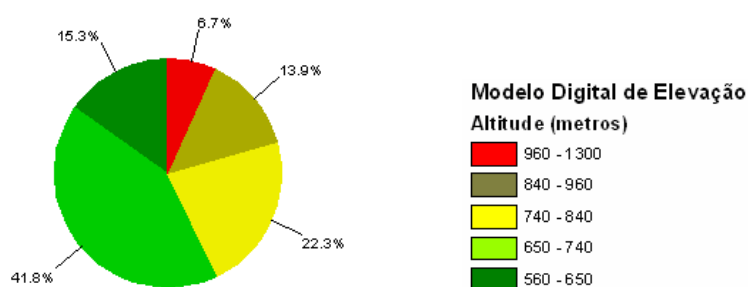
determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.

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.

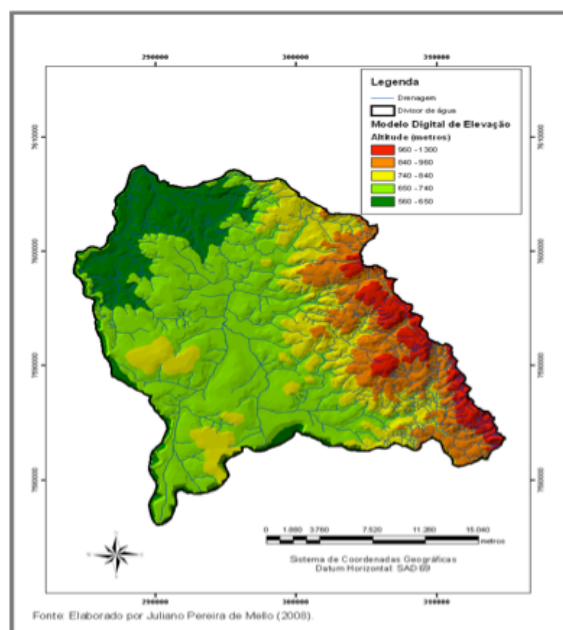
A produção do mapa hipsométrico (Figura 4) ocorreu a partir da digitalização das curvas altimétricas das quatro cartas topográficas que compõem a área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde as quais, estão na escala 1:50.000 e são equidistantes das curvas de nível de 20 metros.

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 1.300 metros em alguns picos da Serra da Mantiqueira (cristalino).

O Gráfico 7 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 7 – Compartimentação hipsométrica – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

As cotas altimétricas de 560 e 740 m estão diretamente relacionadas aos terrenos sedimentares, ao passo que as cotas acima de 740 m de altitude caracterizam os terrenos do embasamento cristalino, bem como as intrusões de diabásios em meio a Depósitos Cenozoicos e a sedimentos dos Grupos Tubarão e São Bento. Além disso, ressaltamos outra vez que na área da Serra da Mantiqueira há maior concentração de canais de primeira ordem, diretamente associados às maiores cotas altimétricas.

Figura 4 – Mapa de compartimentação hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

6.3 Declividade

O mapa de declividade (Figura 5) 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 (ROSS, 1994).

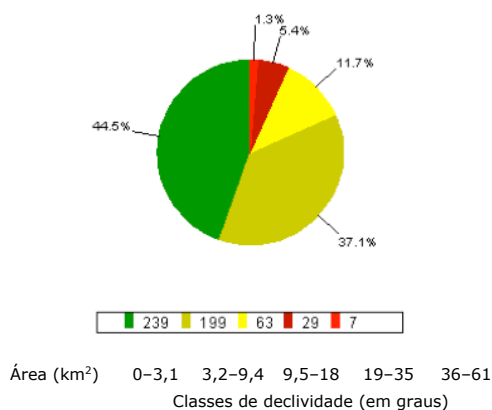
A declividade de um terreno tem interferência direta no volume e na velocidade das águas pluviais que escoam pelas vertentes (BERTONI; LOMBARDI, 1990). Sendo assim, o grau de declividade é fator fundamental na análise da dinâmica dos elementos que compõem a bacia hidrográfica e sua fragilidade.

Quanto ao relevo, a maior influência está no comprimento e na declividade das vertentes. As mais íngremes 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 (Figura 5) e o Gráfico 8, onde estão as áreas de cada classe de declividade, revelam 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)



Para Ross (1994), declividades de até 6% caracterizam ambientes com baixa fragilidade (Tabela 5). A Bacia Hidrográfica do Rio Verde está classificada como de muito baixa a 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 199 km² (37,1% do total), pois 3,2° a 9,4° equivalem a declividades de 6% a 20%. Assim, os restantes 99 km² (18,4% da área total), com 9,5° a 61°, são de alta a muito alta fragilidade, com declividades acima de 20%.

Tabela 5 – Fragilidade das classes de declividade

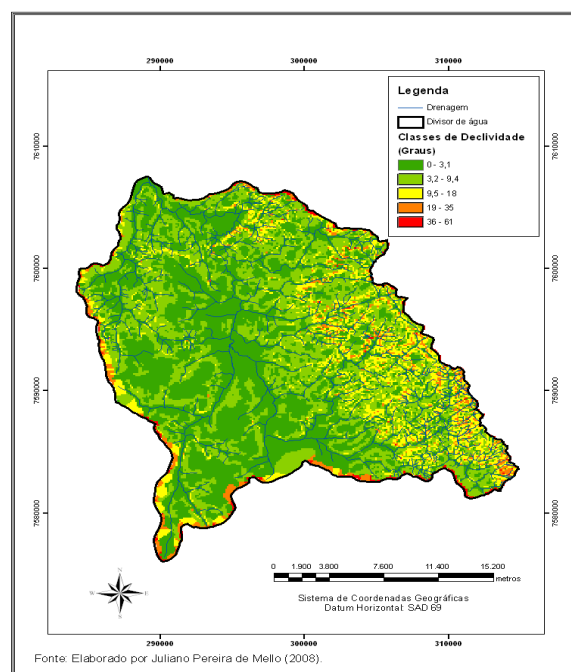
Classes de fragilidade	Classes de declividade
muito baixa	Até 6%
baixa	De 6% a 12%
média	De 12% a 20%
alta	De 20% a 30%
muito alta	Acima de 30%

Fonte: Ross (1994).

Observando os mapas da hierarquia fluvial (Figura 3), de compartimentação hipsométrica (Figura 4) e a carta clinográfica (Figura 5 – 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 vertente 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, p. 55), quanto maior o comprimento das rampas (vertentes), maior a perda de solo por hectare.

Figura 5 – Carta clinográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)



6.4 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 sua distribuição espacial, como mostra o mapa pedológico (Figura 6) elaborado a partir do mapa pedológico do estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999 apud QUARTAROLI et al., 2006).

Enfatizamos aqui os possíveis problemas a serem encontrados no esboço pedológico apresentado (Figura 6), 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 e Botelho (in CUNHA; GUERRA, 2001, p. 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, nesse 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, p. 184), conseqüentemente, confirmando este tipo de solo na classe de fragilidade muito baixa, segundo a classificação de Ross (1994) (Tabela 7).

Tabela 7 – Fragilidade dos tipos de solo

Classes de fragilidade	Tipos de solo
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 lítólico e neossolo arênico

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

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 petroplintossolos. 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 e Botelho (in CUNHA; GUERRA, 2001, p. 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 e Botelho (in CUNHA; GUERRA, 2001, p. 187) têm 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 (Tabela 7) 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, p. 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 sobrejacente.

Guerra e Botelho (in CUNHA; GUERRA, 2001, p. 188) ressaltam que no caso de aumento acentuado no teor de argila dos horizontes superficiais para o horizonte plíntico 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 e Botelho (in CUNHA; GUERRA, 2001, p. 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 subsuperficial

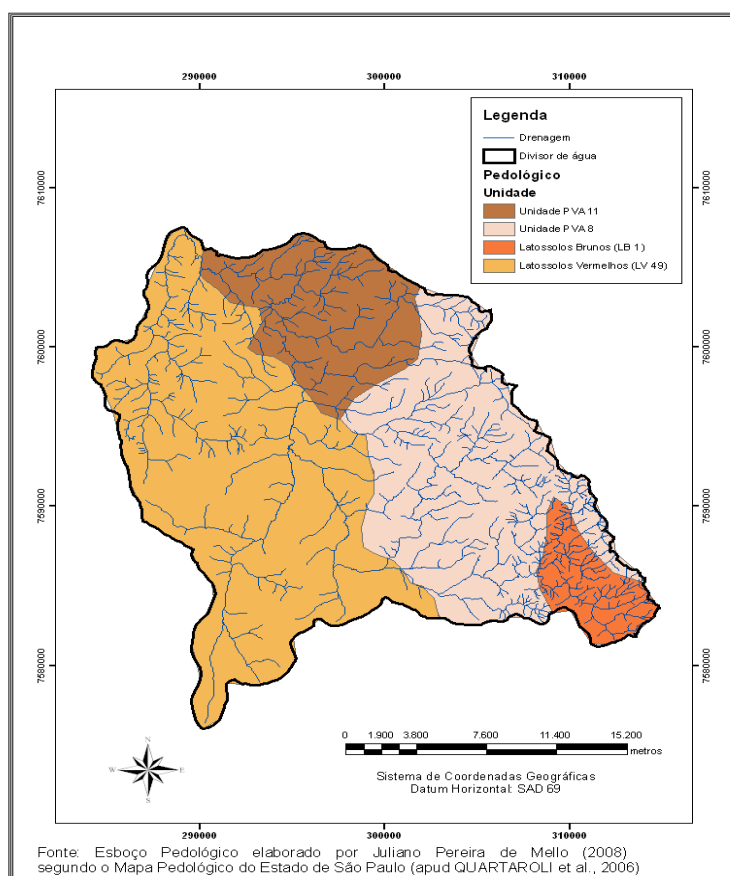
mais argiloso. Tal fato pode representar um obstáculo à infiltração de água ao longo do perfil, diminuindo sua permeabilidade e favorecendo o escoamento superficial e sub-superficial na zona de contato entre os diferentes materiais.

Sendo assim, ainda conforme Guerra e Botelho (in CUNHA; GUERRA, 2001, p. 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 discontinuidades texturais estruturais ao longo do perfil. Consequentemente, segundo Ross (1994) (Tabela 7), 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 6 – Classes de Solo – Bacia Hidrográfica do Rio Verde

Unidade pedológica	Área (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).

Figura 6 – Esboço pedológico – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

6.5 Uso e ocupação da terra

O mapa de uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (Figura 7) foi produzido pela 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 Satélite em formato PDF, salvo em formato TIFF e inserido no *software* Arc Map 9.1, onde foi georreferenciado e, posteriormente, digitalizadas todas as respectivas áreas de uso e ocupação da terra contidas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde.

A Tabela 8 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 às áreas da Serra da Mantiqueira em função do desmatamento que lá ocorreu para introdução do café que, atualmente, por conta das crises que enfrentou na década de 1930, teve suas áreas de plantio reduzidas.

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).

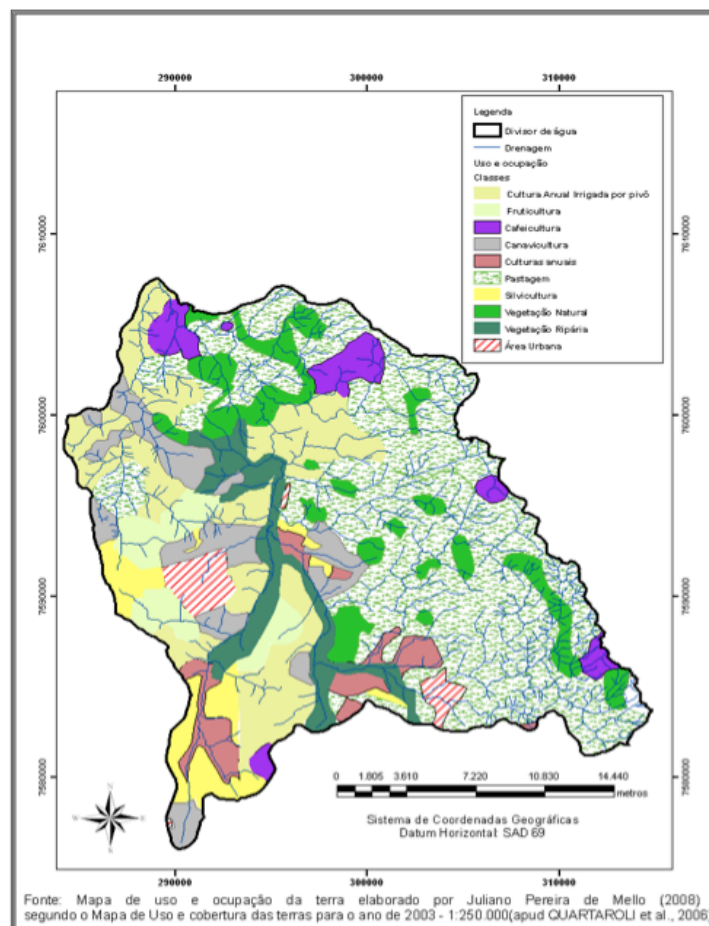
A vegetação natural ocupa 53,1 km² (10,10%), preferencialmente sendo preservadas nas áreas da Serra da Mantiqueira em função das maiores altitudes e declividades que ali ocorrem. A canavicultura ocupa 35,01 km² (6,66%) e se difunde pelos terrenos sedimentares de menor declividade, ou seja, onde há condições de seu manejo mecanizado. 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. Por fim, 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%).

Tabela 8 – Uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

Classes	Área (km ²)	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

Figura 7 – Mapa de uso e ocupação da terra – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)



6.6 Fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

Na análise proposta aqui, 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 socioeconômicas, ou seja, confirmando o conceito de fragilidade ambiental como análise integrada do ambiente sob seus componentes naturais e antrópicos.

O mapa síntese da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP) foi construído pela 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) conforme os seguintes processos:

(1) As tabelas de atributos de cada mapa supracitado foram formatadas e seguindo os valores apresentados na Tabela 9, sendo assim, cada ID (identificador) (Figura 8) das respectivas classes mapeadas

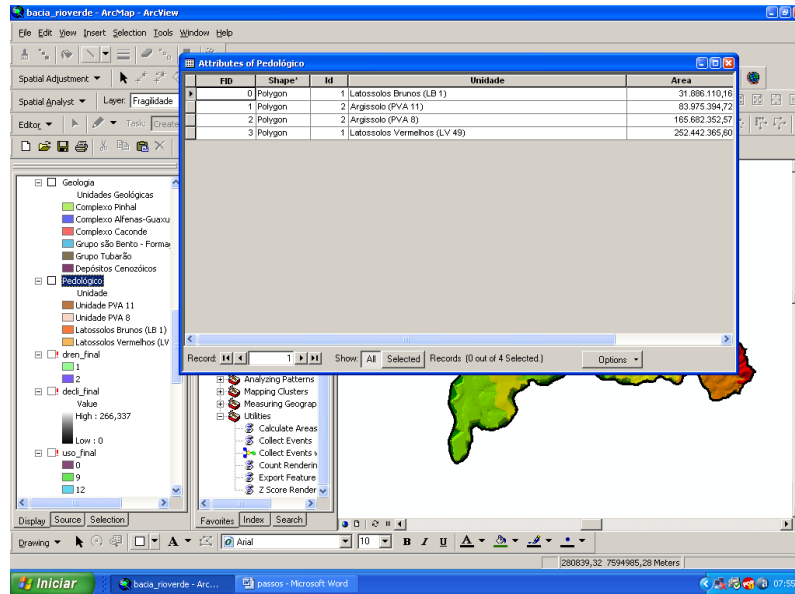
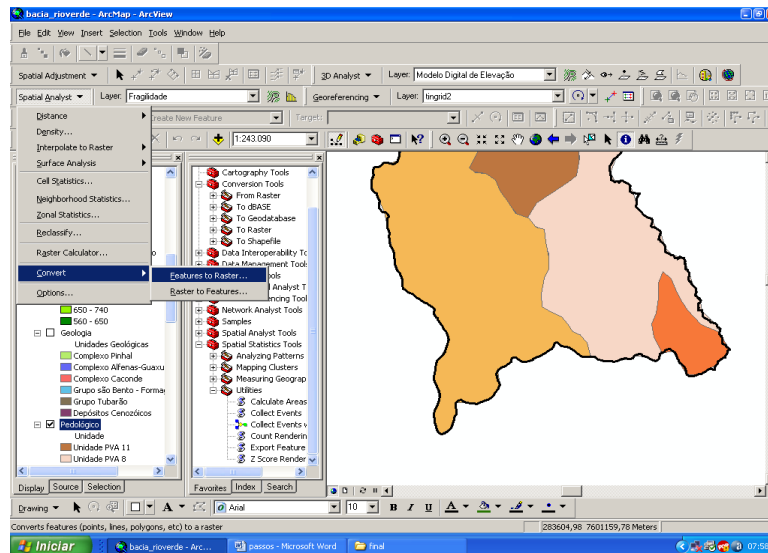
receberem um peso que variou de 1 a 4, conforme os dados contidos nas Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8, que indicam, respectivamente, tipos de uso indicados para os diversos intervalos de classe de declive, fragilidade das classes de declive, fragilidade dos tipos de solo e graus de proteção dos tipos de cobertura vegetal, além do que, da análise morfométrica e de sua implicação na determinação dos processos de morfogênese e pedogênese.

(2) Por meio da função Spatial Analyst os mapas temáticos (polígonos e linhas) foram convertidos em imagens TIFF (Figura 9). 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.

(3) Por fim, usamos a função Raster Calculator para construir o algoritmo de geração do mapa síntese da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

Tabela 9 – 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; Canavieira – 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 a 5ª ordem – 1
Esboço pedológico	Solos	Argissolos – 2 Latosolos – 1

Figura 8 – Formatação das tabelas de atributos dos mapas temáticos em ambiente SIG (Arc Map 9.1)**Figura 9** – Conversão dos mapas temáticos em imagens TIFF (Arc Map 9.1)

O algoritmo foi construído da seguinte maneira:

$$\text{Fragilidade} = \{H_f + H_{pso} + [3 \times Dec] + [3 \times \text{Uso}] + [2 \times Ped]\} / 10$$

onde:

H_f – hierarquia fluvial

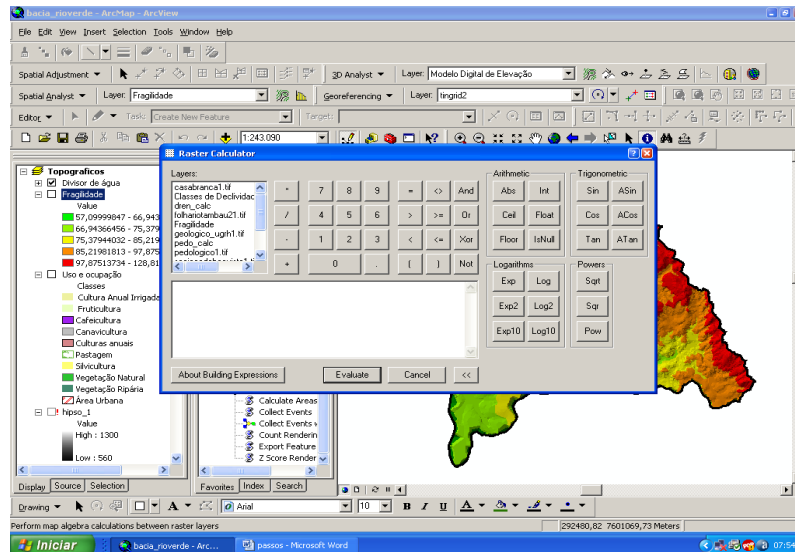
H_{pso} – compartimentação hipsométrica

Dec – declividade

Uso – uso e ocupação da terra

Ped – solos

Os elementos desse algoritmo foram escolhidos por estar diretamente associados aos processos morfogenéticos e por corresponder 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 socioeconômica).

Figura 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 (Figura 11), conforme algoritmo supracitado, foram divididos em cinco classes: 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 8, onde se observa que 221,32 km² (42,13%) da área da Bacia Hidrográfica do Rio Verde estão classificadas 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.

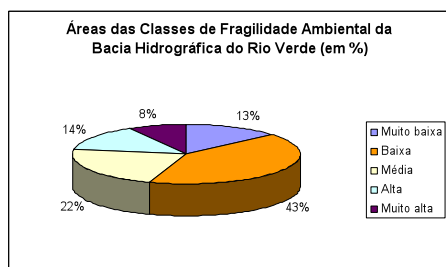
Por fim, temos nos topos da Serra da Mantiqueira 43,67 km² (8,31%) classificados como sendo de muito alta fragilidade.

Sendo assim, percebemos que a partir dos parâmetros analisados o condicionamento das características morfométricas do relevo prepondera sobre os 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)

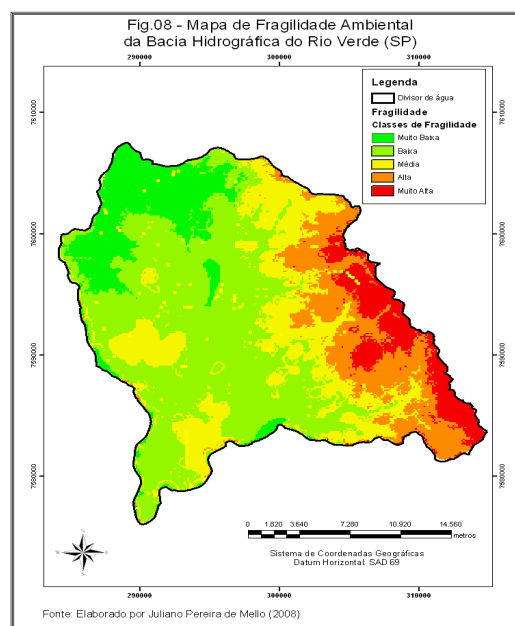
Classes de fragilidade ambiental	Área (km ²)	Porcentagem (%)
muito baixa	69,5	13,23
baixa	221,32	42,13
média	116,47	22,17
alta	74,34	14,15
muito alta	43,67	8,31
Total	525,3	100,00

Gráfico 8 – Áreas das classes de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (em %)



Para melhor analisar 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 9, na qual reunimos as classes de muito baixa à baixa fragilidade numa categoria e as classes de média a muito alta fragilidade em outra.

Figura 11 – Mapa de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)

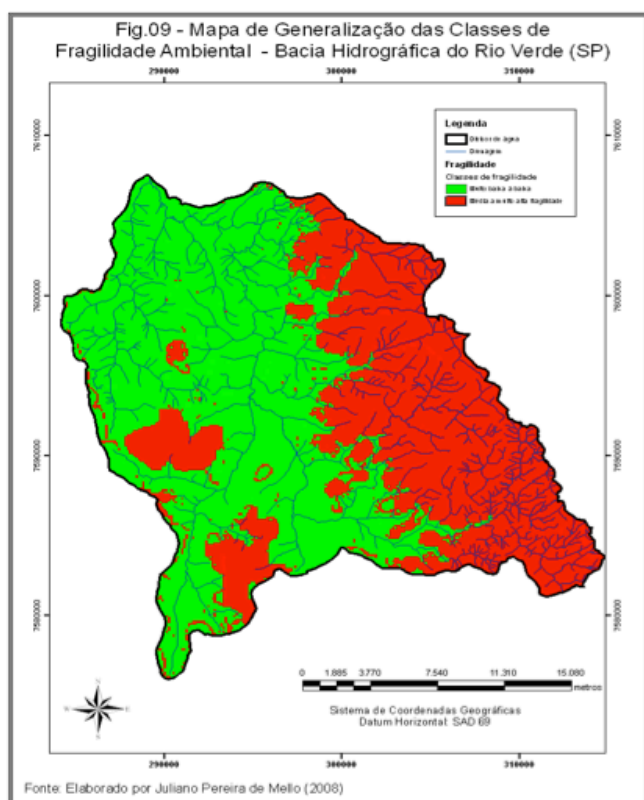


Assim, os 44,63% da área representada pela categoria de média a muito alta fragilidade (em vermelho na Figura 9) estão quase que totalmente relacionados à Serra da Mantiqueira, onde a forte dissecação, o alto gradiente altimétrico, o desmatamento em função da implantação dos pastos, a maior quantidade de 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.

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, canavieira e áreas urbanas – com destaque para a expansão do perímetro urbano do município de Casa Branca.

Sendo assim, a Figura 12 ajuda-nos a distinguir melhor as áreas de maior susceptibilidade e fragilidade ambientais segundo os processos naturais e socioeconômicos que nelas ocorrem, os quais estão diretamente associados à situação de criticidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP).

Figura 12 – Mapa de generalização das classes de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Verde (SP)



Considerações finais

Mesmo a metodologia desenvolvida nesse trabalho apresentando algumas 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.

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. 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).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Verde a fragilidade ambiental está fortemente relacionada às características naturais (solo, declividade, drenagem, altimetria e geologia) e histórico-socioeconômicas 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.

Referências bibliográficas

- ABREU, A. A. **Estruturação de paisagens geográficas no médio vale do Jaguari Mirim**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Icone, 1990.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- _____. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- 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.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Disponível em: <www.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 7 jan. 2008.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Rio de Janeiro, 1999.
- FUNDAÇÃO SEADE. **Informações demográficas**. Disponível em: <www.seade.gov.br>. Acesso em: 7 jul. 2005.
- GAZETA DE VARGEM GRANDE DO SUL, 27 jul. 1994.
- GWP.TAC. **Parceria global para água**. Disponível em: <http://www.genderandwateralliance.org/portuguese/faqs.asp>. Acesso em: 3 abr. 2005.
- IBGE. **Informações demográficas**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8 jul. 2005.
- 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, C. F.; MIRANDA, E. E.; VALLADARES, G. S.; HOTT, M. C.; CRISCUOLO, C.; GUIMARÃES, M. **Uso e cobertura das terras na região nordeste do estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAS-RIMAS. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 291-336.
- _____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.
- _____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. (Série Repensando a Geografia.)
- SIGRH. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo: Relatório Zero**, 1999.
- SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Geosp – 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 Aprazível (SP). **Geografia**, v. 18, n. 1, p. 51-95, 1993.
- TORNATORE, N. Rio da bacia do Pardo pode desaparecer. **Consema**, 2004. Disponível em: <www.uniagua.org.br>. Acesso em: 3 abr. 2005.