



7^{mo}
Congreso de
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

**AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO
MECANISMO DE GERENCIAMENTO DE BACIAS
HIDROGRÁFICAS – CASO DA BACIA DO CORUMBATAÍ, BRASIL**

**Assessment of environmental fragility as a mechanism for drainage basin
management – case study of the Corumbatai Basin - Brazil**

José Augusto de Lollo*, Jean Pereira de Azevedo do Carmo**

*Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira / UNESP, lolloja@dec.feis.unesp.br

** Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana/UFSCar

Autor para correspondencia: José Augusto de Lollo

Palavras chave: cartografia digital

Keywords: digital cartography

Título abreviado: Fragilidade ambiental de bacias hidrográficas

RESUMO

O termo fragilidade ambiental foi proposto para descrever uma combinação entre constituintes naturais e atividades humanas que favorecem o desenvolvimento de processos de degradação, em particular a erosão. A vantagem da proposta é permitir uma caracterização expedita das limitações do ambiente, permitindo a avaliação preliminar de grandes áreas com custos reduzidos, pois a análise pode se basear em informações anteriores do meio físico e avaliações atualizadas de uso do solo. No zoneamento da fragilidade da Bacia do Rio Corumbataí usou-se os atributos relevo, solos, e grau de proteção do solo para gerar a Carta de Fragilidade Ambiental. O documento obtido permite identificar as áreas com maior potencial de ocorrência de processos de degradação do solo, criando as condições para a proposição de estratégias de gestão dos recursos naturais na bacia.

ABSTRACT

Environmental fragility was proposed to describe the association of natural and man-made environmental attributes whose foments environmental degradation, especially erosion. The main advantage of this purpose is to allow quickly environmental evaluation in terms of constrains with low costs, whereas the analysis can be done based on natural environment previous information associated with present land use survey. We use the attributes relief, soils, and soil protection degree for Environmental Fragility Chart for Corumbatai Basin. The obtained document allows the identification of major soil degradation occurrence areas, creating the conditions for natural resources management strategies.

INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais têm se intensificado no mundo em função das atividades humanas. O crescimento populacional, comum nas regiões menos desenvolvidas, gera grandes pressões nos recursos naturais, intensificando os processos de degradação ambiental.

O termo fragilidade ambiental foi proposto para descrever uma combinação entre constituintes naturais do meio e atividades humanas que favorecem o desenvolvimento de processos de degradação, em particular a erosão (Tricart, 1971).

Ross (1990, 1994) distingue duas categorias de fragilidade ambiental: a fragilidade natural, resultante da combinação de condições de relevo, rochas, solos, vegetação e clima; e a fragilidade emergente, resultante da combinação destes atributos naturais com o uso do solo decorrente das atividades humanas.

Nesta visão, a contribuição de cada atributo para a fragilidade é avaliada numa escala que varia entre 1 e 5, na qual valores próximos a um indicam condições mais estáveis no equilíbrio natural e valores próximos a 5 indicam condições mais instáveis, isto é, mais sujeitas ao processo de degradação ambiental.

As propostas originais de Tricart (1971) e Ross (1990) consideravam os processos de dinâmica superficial responsáveis pela evolução do relevo em climas quentes e úmidos, em particular a erosão, propondo o uso da declividade dos terrenos como atributo fundamental para caracterizar a fragilidade ambiental. Neste caso, a fragilidade ambiental era definida com base na declividade dos terrenos e os outros atributos, como solos e vegetação, eram utilizados apenas para compor subclasses de fragilidade.

O conceito foi proposto para as condições de relevo, solos e clima típicos de ambiente tropical, tendo como base as condições Brasileiras. Sendo assim, a aplicação de tal proposta em condições de clima frio ou temperado ou em ambientes com baixos índices de precipitação (como desertos e regiões semiáridas) deve conduzir a erros, a menos que as classes de fragilidade para cada atributo sejam revistas.

Estudos posteriores verificaram ser comum no Brasil que terrenos definidos como classes de fragilidade fraca ou muito fraca por Ross (1994) (com declividades inferiores a 12%) apresentarem processos importantes de degradação, em particular erosão, devido suas condições de solos e uso do solo.

Com isso, novas propostas surgiram para avaliar a fragilidade, com menor ênfase na declividade dos terrenos e valorizando a combinação das condições do relevo com os outros atributos, como Spörl *et al.* (2004) e Cereda Júnior (2007, 2011).

A principal vantagem da proposta é permitir uma caracterização expedita do ambiente do ponto de vista de suas limitações quanto às atividades humanas, permitindo a avaliação preliminar de grandes áreas com custos reduzidos, uma vez que a análise pode se basear em informações anteriores (como mapas e cartas) e avaliações atualizadas de uso do solo, que podem ser obtidas com técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas.

A aplicação das geotecnologias permite avaliações ainda mais rápidas, com boa precisão espacial e passíveis de atualizações futuras com grande agilidade, bastando para isso a atualização da carta de uso do solo por meio de classificação de imagens orbitais.

METODOLÓGIA

Atributos considerados e sua classificação

A importância do relevo na avaliação da fragilidade ambiental é estabelecida a partir da declividade do terreno (Tabela 1). Os intervalos de classes de declividade propostos foram aqueles já consagrados no Brasil em estudos de capacidade de uso da terra, associados aos intervalos usados na área de geotecnia como condicionantes de processos erosivos, escorregamentos, análise de risco de inundações frequentes.

Tabela 1. Classes de Fragilidade segundo a Declividade do Terreno.

Table 1. Fragility classes in terms of steepness.

Fragilidade	Declividade	Peso
Muito baixa	< 6%	1
Baixa	6 - 12%	2
Média	12 - 20%	3
Alta	20 - 30%	4
Muito alta	> 30%	5

A definição de classes superiores de declividades limitadas por 20% e 30% é comum no Brasil por se tratar de um país cujo relevo é predominantemente composto por formas típicas de bacias sedimentares e planaltos dissecados com unidades de terreno constituídas essencialmente por encostas amplas, ondulada a suave ondulada.

Considerando que as atividades agrícolas compreendem o principal tipo de uso do solo nas áreas rurais no Brasil, e a disponibilidade de mapas pedológicos para quase todo o território brasileiro, a classificação da fragilidade ambiental em termos do solo se baseou nas classes de solo utilizadas nos mapas pedológicos disponíveis (Tabela 2).

Tabela 2. Classes de Fragilidade segundo o tipo de solo.

Table 2. Fragility classes in terms of soil type.

Fragilidade	Solo	Peso
Muito baixa	Latossolo roxo, Latossolo vermelho escuro	1
Baixa	Latossolo vermelho amarelo textura argilosa	2
Média	Latossolo vermelho amarelo textura arenosa	3
Alta	Podzólico vermelho amarelo, Cambissolo	4
Muito alta	Areias quartzosas, Solos litólicos	5

A classificação levou em consideração as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade e espessura dos perfis de solos, englobando assim os atributos condicionantes das limitações do solo em termos de sua erosão por escoamento superficial difuso e concentrado.

Considerando que a cobertura vegetal atua reduzindo a fragilidade do ambiente à degradação e que em grande parte do território brasileiro a vegetação original foi substituída por outras formas de ocupação, Ross (1994) propôs a substituição da vegetação por um atributo denominado grau de proteção do solo.

Tal grau de proteção é obtido da Carta de Cobertura Vegetal e Uso da Terra e os diferentes graus de proteção são definidos em função da capacidade de cada tipo de uso do solo em proteger o solo do processo erosivo (Tabela 3).

Tabela 3. Classes de Fragilidade segundo o grau de proteção do solo.

Table 3. Fragility classes in terms soil protection.

Fragilidade	Solo	Peso
Muito baixa	Florestas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade	1
Baixa	Florestas naturais e cultivadas com gramíneas	2
Média	Culturas permanentes e semipermanentes com proteção do solo	3
Alta	Culturas anuais com proteção do solo	4
Muito alta	Solo exposto, Culturas anuais sem proteção do solo	5

A ação das chuvas, principalmente quando concentradas em curtos espaços de tempo, é um importante fator modificador dos processos morfodinâmicos, uma vez que a intensidade e a distribuição das chuvas ao longo do ano são fatores importantes no intemperismo de rochas e solos, sendo de fundamental importância para a análise da vulnerabilidade ambiental. Na bacia do Corumbataí tal atributo não foi considerado visto não haver variações de índices de precipitação na área da bacia

Combinação dos atributos

O uso de algarismos arábicos para descrever a fragilidade segundo Ross (1994) apresenta facilidades para utilização de sistemas de informações geográficas para efetuar a classificação, uma vez que cada número representa um peso no processo de análise, conforme operacionalização de Spörl (2001).

Na proposta original de Ross (1994) tal abordagem privilegia a declividade na definição das classes de fragilidade, assim, uma área que apresente declividade superior a 30%, receberá a designação “fragilidade muito alta - 5” independentemente dos outros atributos considerados na análise apresentarem valores de fragilidade “muito baixa”.

Uma alternativa metodológica ao uso dos pesos atribuídos por algarismos arábicos é o uso da tabela bidimensional que combina os atributos considerados na análise, atribuindo classe de fragilidade de cada área em função do atributo que apresente o maior valor de fragilidade.

Nesse caso, áreas que apresentem valor de declividade que resulte seu enquadramento na classe “fragilidade muito alta” será assim definida, bem como áreas que apresentem “fragilidade baixa” para o atributo declividade e “fragilidade muito alta” para o atributo solo, por exemplo.

Tal iniciativa não favorece excessivamente a declividade no processo de análise, como nas propostas originais de Tricart (1971) e Ross (1994), porém ainda atribui grande importância para um atributo com “fragilidade muito alta”.

A maneira mais adequada de atribuir importância a todos os atributos considerados é combinar as classes de fragilidade obtidas para cada um deles por meio de um somatório, com posterior reclassificação da fragilidade em termos desta soma.

Na proposta original para definição da fragilidade emergente, isso significa usar quatro atributos, cada um deles classificados segundo uma escala que varia de 1 a 5, ou seja, o maior somatório possível seria 4 (todos os atributos apresentando fragilidade muito baixa) e o maior somatório é igual a 20 (todos os atributos apresentando fragilidade muito alta).

A proposta original de Ross (1994) considera os atributos declividade do terreno, tipo de solo e pluviosidade para avaliação da fragilidade do meio natural, e associa o uso do solo (avaliado com base em graus de proteção) a esta análise de forma a considerar os efeitos das atividades humanas no processo, resultando a avaliação da fragilidade emergente, combinação da fragilidade natural com a fragilidade induzida pela ação humana.

No presente trabalho, a variável pluviosidade não será considerada já que as condições climáticas são constantes na área e estudo. Dessa forma, a fragilidade ambiental decorrente da pluviosidade será a mesma para toda a área.

Assim, a fragilidade ambiental na Bacia do Corumbataí será avaliada com base nas condições de relevo (representado pela declividade dos terrenos), solo (com base nas diferentes classes pedológicas de solo identificadas), e grau de proteção do solo (avaliado com base na carta de uso do solo, obtida a partir de classificação de imagens de satélite).

Como cada um destes atributos tem a fragilidade ambiental variando entre 1 e 5. A somatória da fragilidade ambiental apresentará valores entre 3 e 15, que servirão para reclassificar a fragilidade resultante.

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CORUMBATAÍ

Características gerais

A Bacia Hidrográfica do rio Corumbataí localiza-se entre os Paralelos 22°15' e 22°30' S e os Meridianos 47°30' e 47°45' W, na região centro oeste do Estado de São Paulo, Brasil. Compreende uma área de 1,706 km², com um perímetro de 301.52 km, tendo 63.72 km de extensão na direção norte-sul e 26.8 km de extensão (maior largura) na direção Leste-Oeste. A área da bacia compreende sete municípios e treze cidades (Figura 1).

Apesar da boa disponibilidade hídrica na bacia e de parte expressiva de seus recursos hídricos serem utilizados para abastecimento público (68%), os mananciais da bacia apresentam dados que indicam o comprometimento da qualidade da água na bacia, em particular, coliformes fecais e totais, fosfato total nitrogênio amoniacal, e manganês acima dos padrões estabelecidos pela legislação.

Os problemas de qualidade de água são devidos ao uso de insumos e defensivos agrícolas no solo, poluição de mananciais em consequência de lançamentos em áreas urbanas (especialmente esgoto) e efluentes industriais, em especial do setor sucroalcooleiro.

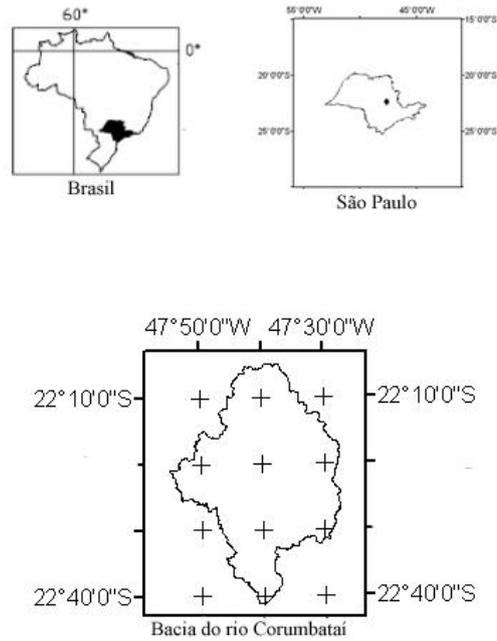


Figura 1. Localização da Bacia do Corumbataí.

Figure 1. Location of Corumbataí watershed.

O Clima da bacia do Corumbataí é subtropical com inverno seco (maio a agosto) e verão chuvoso (outubro a abril). As temperaturas médias anuais variam ente 18° e 21°. As concentrações de chuvas na região ocorrem no verão, em especial de dezembro a março. A precipitação média anual varia entre 1.450 mm (região serrana) e 1.250 mm (regiões de menores altitudes).

Geologia, geomorfologia e recursos minerais

Do ponto de vista geológico, a bacia hidrográfica do rio Corumbataí situa-se na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, na Depressão Periférica Paulista.

Predominam litologias sedimentares de idades paleozóicas (Grupo Itararé, Formação Tatuí e Grupo Passa Dois – formações Irati e Corumbataí) e mesozóicas (Formação Pirambóia, Grupo São Bento – formações Botucatu, e Formação Itaqueri).

Secundariamente ocorrem rochas magmáticas na forma de derrames da Formação Serra Geral e intrusivas associadas, e rochas sedimentares cenozóicas (Formação Rio Claro).

O Grupo Itararé (carbonífero): é constituído por ritmitos, arenitos de várias granulometrias, conglomerados e secundariamente siltitos, argilitos, diamictitos e tilitos.

A Formação Tatuí (Permiano): é dominada por rochas de granulação fina, como os siltitos e argilitos, com alguns níveis e lentes de arenitos e calcários.

A Formação Irati (Permiano): apresenta folhelhos cinza e intercalações de calcários dolomíticos e folhelhos pretos pirobetuminosos.

Formação Corumbataí (Neo-Permiano): siltitos e argilitos intercaladas a lentes e camadas de arenitos muito finos.

Formação Pirambóia (Triássico): arenitos finos e médios, com níveis conglomeráticos (principalmente na base), com estratificações cruzadas de porte variado, geradas por vento e correntes aquosas em ambientes continentais no início do Mesozóico.

Formação Botucatu (Neo-Jurássico/Eo-Cretáceo): arenitos bem selecionados, amarelados e avermelhados, com marcantes e características estratificações cruzadas, principalmente de grande porte. É uma importantíssima unidade do ponto de vista das águas subterrâneas, sendo a principal formadora do “Aquífero Guarani”, de ocorrência em todo o MERCOSUL e atualmente objeto de muita pesquisa.

Formação Serra Geral (Eo-Cretáceo): fruto de um dos maiores fenômenos de magmatismo de fissura da história do planeta Terra, sob essa denominação estão agrupadas as rochas magmáticas basálticas extrusivas que cobrem boa parte do sudeste do Brasil. Associadas ocorrem rochas magmáticas intrusivas sob a forma de diques e soleiras de diabásio.

Formação Itaqueri (Cretáceo/Terciário): é essencialmente composta por arenitos e conglomerados com marcante silicificação e estratificações cruzadas.

Formação Rio Claro (Cenozóico): composta de arenitos mal selecionados, por vezes com estratificações cruzadas e níveis conglomeráticos. Apresenta abundância de fragmentos limonitizados e níveis centimétricos a decimétricos de argilitos.

Como consequência do ambiente geológico citado, os recursos minerais atualmente explorados na bacia são: água mineral (Formação Rio Claro), calcário dolomítico (Formação Irati), argilas para cerâmica (Formação Corumbataí), rochas britadas para construção (diques e soleiras de diabásio) e areia (Formação Rio Claro).

Em termos geomorfológicos, a bacia do Corumbataí situa-se quase integralmente na Depressão Periférica da Bacia do Paraná, com um relevo característico de colinas aplainadas a onduladas, com declividades geralmente inferiores a 15% com encostas com extensões variadas (desde 300 m até 4 km). Parcela da área encontra-se no domínio das cuestas arenito-basálticas da Bacia do Paraná, com declividades maiores (chegando a escarpas verticais em alguns pontos) e amplitudes de relevo de até 300 m. A Figura 2 apresenta a carta de declividades na bacia.

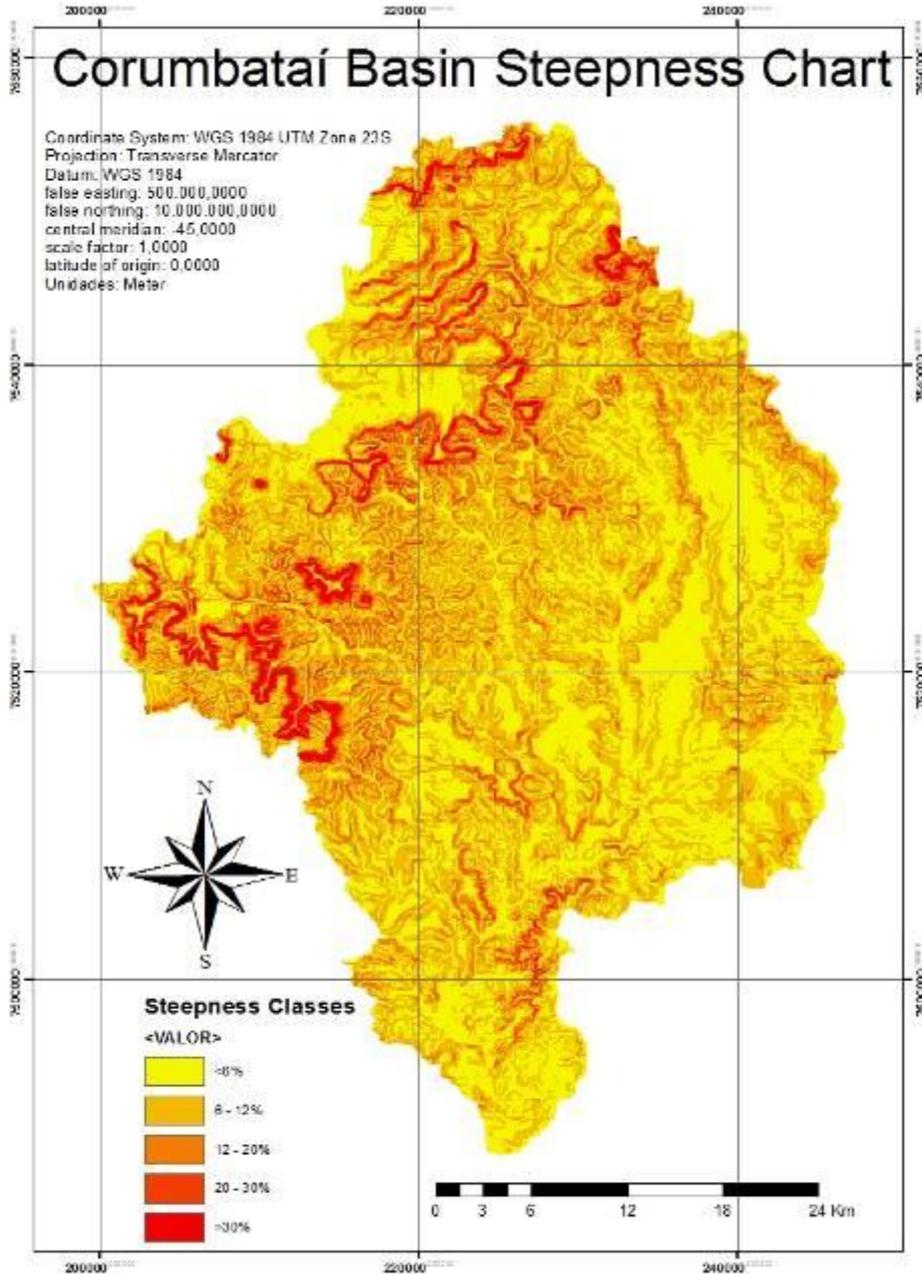


Figura 2. Carta de declividades para a Bacia do Corumbataí.

Figure 2. Slopes chart for Corumbataí watershed.

Solos

Na bacia do foram identificadas 54 unidades de solos pertencentes aos grupos: Latossolos (LR, LE e LV); Podzólicos (PV e PE); Terra Roxa Estruturada (TE); Areias Quartzosas (AQ); Brunizem Avermelhado (BV); Solos Litólicos (Li); e Solos

Hidromórficos-Gleissolos (Hi). As unidades que ocupam maior área na bacia são Podzólicos Vermelho-Amarelos (43.46%) e Latossolos Vermelho-Amarelos (21.58%). A distribuição dos solos na bacia pode ser observada na Figura 3.

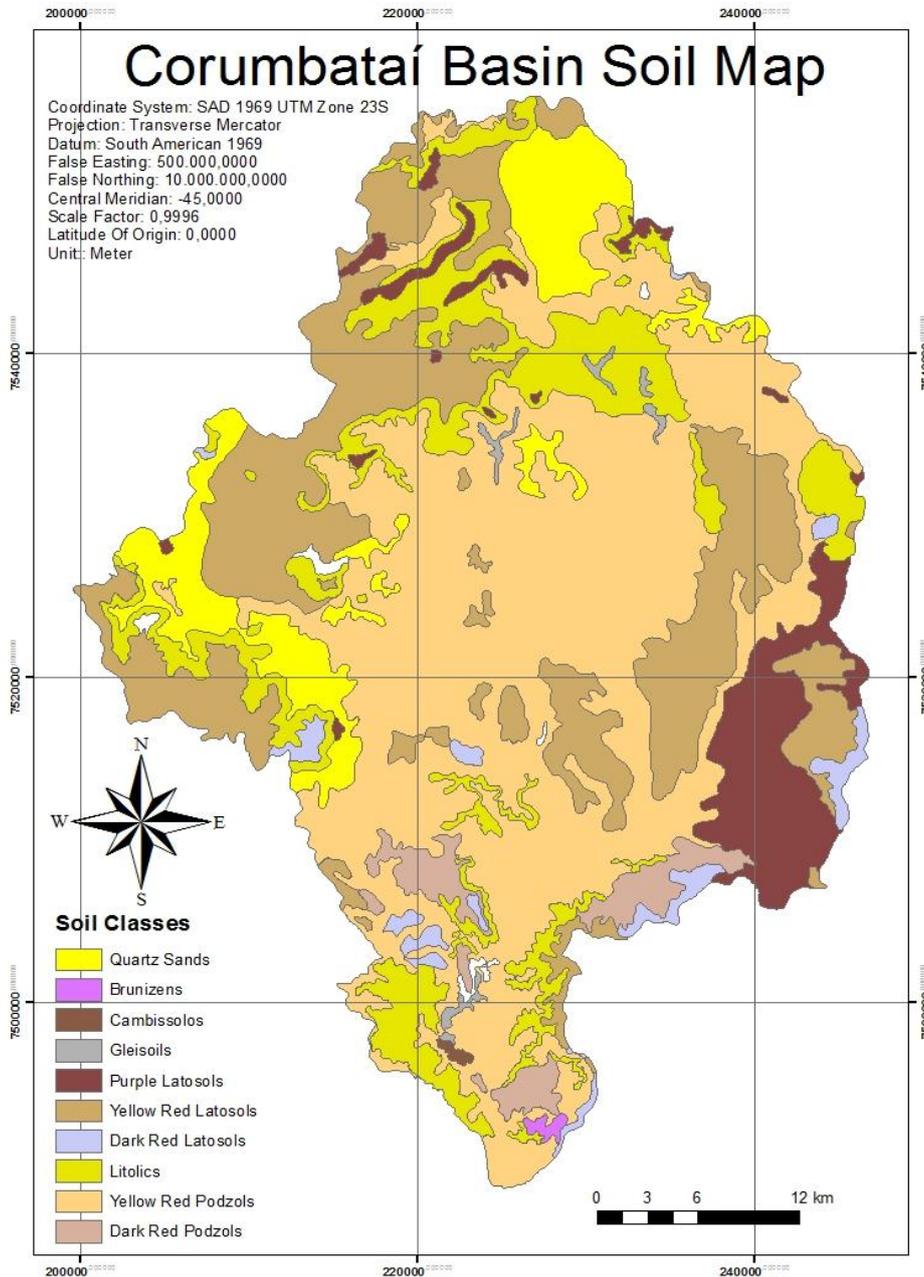


Figura 3. Mapa pedológico para a Bacia do Corumbataí.

Figure 3. Soil map for Corumbataí watershed.

Latossolos: altamente intemperizados, profundos e bem drenados, constituídos predominantemente por sesquióxidos, minerais de argila do tipo 1:1 (caulinita) e quartzo e textura arenosa a média.

Podzólicos: moderadamente profundos a profundos, textura variável desde média até argilosa ou muito argilosa.

Terra Roxa estruturada: compreendem também solos com horizonte B textural, derivados de rochas básicas, teores altos de Fe_2O_3 e TiO_2 ao longo do perfil ($\text{Fe}_2\text{O}_3 > 15\%$; $\text{TiO}_2 > 1,5\%$); textura argilosa.

Areias Quartzosas: são solos profundos, não hidromórficos, desenvolvidos sobre material de origem arenoso, fração areia composta essencialmente pelo quartzo é igual ou superior a 70% e a fração argila é inferior a 15%.

Brunizem Avermelhado: são solos eutróficos, moderadamente profundos, com argila de atividades alta e textura argilosa.

Cambissolos: horizonte B incipiente, perfis pouco espessos e mineralogia herdada da rocha matriz.

Litólicos: espessura muito pequena (inferior a 40 cm) assente diretamente sobre a rocha, textura variada, minerais de argila do grupo das esmectitas, alta plasticidade.

Hidromórficos: presença de horizonte glei a menos de 80 cm de profundidade, resultante de marcante processo de redução devido à proximidade do nível freático, ricos em matéria orgânica, solos eventualmente plásticos.

Aluviais: solos pouco desenvolvidos, resultantes de deposições fluviais recentes, características morfológicas variam muito, principalmente em função das naturezas dos sedimentos depositados, apresentando-se sob diferentes aspectos com relação à textura, coloração, estrutura e consistência.

Grau de proteção do solo

A composição da vegetação da bacia do Corumbataí sofreu alterações com a chegada da estrada de ferro e da cafeicultura. Esse quadro agravou-se com a substituição do café pela cultura da cana-de-açúcar e pela mineração. O que era antes classificado como

vegetação diversificada, onde predominavam florestas, cerrados, campos cerrados e cerradões, hoje se resume a fragmentos não conectivos de cerrados, áreas de mata concentradas basicamente nas cuestas e nos morros testemunhos, várzeas com gramíneas formando pastagens naturais.

O uso das águas do rio Corumbataí apresenta a seguinte configuração: 26% Agrícola, 20% Industrial e 54% Urbano. No âmbito urbano a bacia de drenagem e as cinco sub-bacias do rio Corumbataí (totalizando 170.776 ha.) é de suma importância para 8 municípios (Analândia, Charqueada, Corumbataí, Ipeúna, Itirapina, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes), abastecendo mais de 500 mil habitantes das cidades pelas quais passa, antes de desaguar no rio Piracicaba.

A Bacia do rio Corumbataí além de possuir importância no que diz respeito aos recursos hídricos possui importantes remanescentes de Cerrado e da Mata Atlântica. Nesse sentido, ao tratar do Código Florestal, Manfrinato (2005, p 38) afirma que:

Finalmente, a Medida Provisória 2166-67 de 24 de Agosto de 2001 explicita, pela primeira vez, qual a definição de áreas de preservação permanente (...):

a) Áreas de Preservação Permanente (APP): área protegida nos termos dos Arts. 2º e 3º desta Lei, (4771/65) coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Estabelece a largura mínima para diferentes tamanhos de rios e áreas declivosas, assim como topos de morros.

Dessa forma a Bacia do rio Corumbataí insere-se a uma Área de Preservação Permanente justamente para atender às exigências contidas na lei 4771/65 e melhor explicadas com a Medida Provisória 2166-67 de 24 de Agosto de 2001. Nesse sentido Analândia, município inserido na sub-bacia denominada Alto Corumbataí tem a responsabilidade na conservação e recuperação das florestas sob sua égide.

Segundo o IPEF (2002), a bacia do Corumbataí como um todo apresenta 21.100 ha de florestas nativas (12,4% da área total) e 12.500 ha de florestas plantadas (eucalipto e pinho) (7,3% da área total). Nessa região, apenas 1% da vegetação nativa remanescente é de Cerrado e o município de Analândia tem papel fundamental na preservação dos

pequenos fragmentos (de até 5 ha em média) presentes sob seus domínios territoriais em meio a uma configuração espacial do uso e ocupação dos solos onde predominam pastagens (43,7%) e cana-de-açúcar (25,6%). A reclassificação das unidades de vegetação e uso do solo em graus de proteção do solo é apresentada na Figura 4.

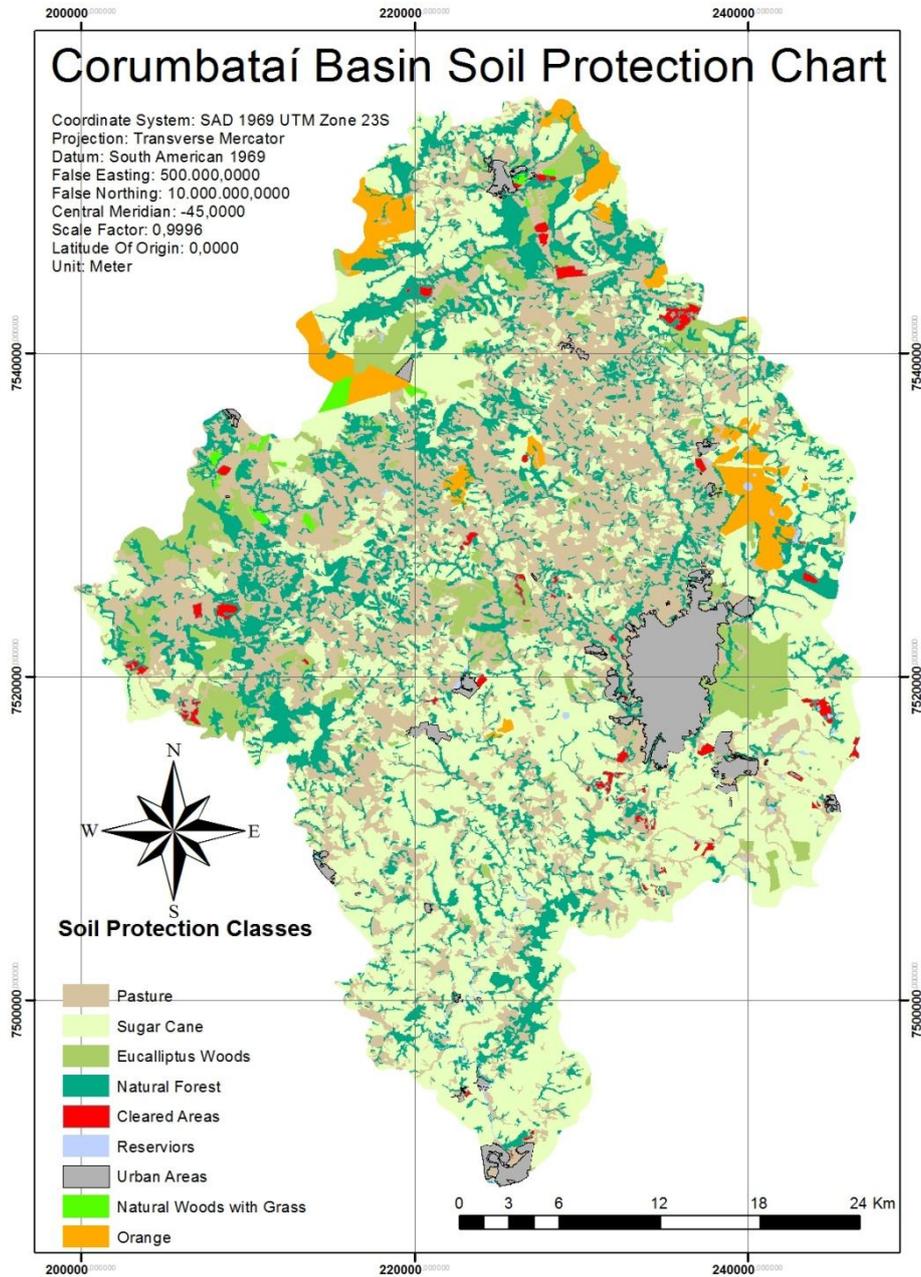


Figura 4. Unidades de graus de proteção do solo na Bacia do Corumbataí.

Figure 4. Soil protection map for Corumbataí watershed.

CARTA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

A combinação das fragilidades ambientais classificadas para cada atributo analisado segundo as classificações apresentadas nas tabelas 1 a 3 permitiu a geração da carta de fragilidade apresentada na Figura 5.

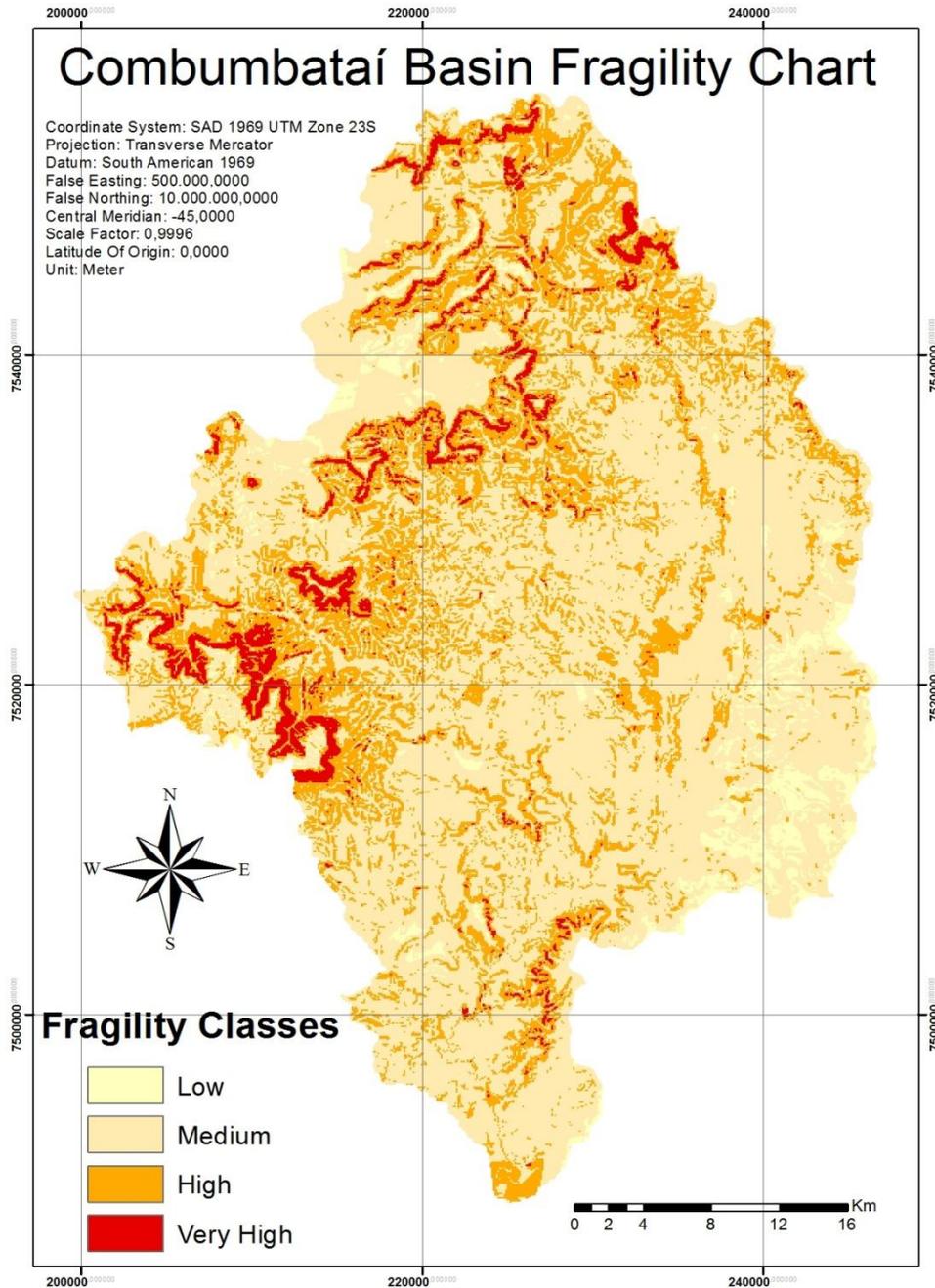


Figura 5. Carta de fragilidade ambiental para a Bacia do Corumbataí.

Figure 5. Environmental fragility chart for Corumbataí watershed.

CONCLUSÃO

A Carta de Fragilidade obtida indica estreita relação entre os atributos naturais e o uso do solo na bacia. Ela mostra também forte predominância da classe “fragilidade média” e secundariamente a importância das classes de fragilidade alta e muito alta.

Estes eram resultados esperados para a área uma vez que a definição da classe “fragilidade média” pela soma das fragilidades de cada atributo inicia com o valor “7”, um valor obtido desde que pelo menos um dos atributos pertença à classe “fragilidade muito alta” (valor 5).

Além disso, os atributos naturais (declividade dos terrenos e solo) e devidos à ação humana (uso do solo) considerados na análise mostram forte persistência de fragilidades de classes média a muito alta, por exemplo, solos podzólicos vermelho amarelo e latossolos vermelhos, declividades superiores a 12%, e cana-de-açúcar e pastagem como uso do solo em largas parcelas da área, classes de atributos que favorecem o surgimento de processos erosivos na região.

A Carta de Fragilidade Ambiental elaborada segundo a proposta de Ross (1994) usando as combinações de atributos propostas por Spöl e Ross (2004) e Cereda Júnior (2007) resultou uma representação eficiente das limitações do meio.

Este tipo de resultado permite a elaboração de zoneamentos ambientais rápidos e precisos para a prevenção de degradação do meio e proposição de instrumentos de gestão ambiental para grandes áreas, fornecendo dados de grande importância para o planejamento regional do território.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cereda Júnior A. 2007. *Análise da fragilidade ambiental na Bacia do Ribeirão do Monjolinho – São Carlos – SP - utilizando ferramentas de geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, UFSCar, 2 vol.
- Ross JLS. 1990. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. Contexto, 1 ed, São Paulo: 327p
- Ross JLS. 1994. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*: (8): 53-74
- Spörl C. 2001. *Análise da Fragilidade Ambiental Relevo–Solo com Aplicação de três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, USP: 137 p
- Tricart J. 1977. *Ecodinâmica*. IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro: 345 p