CHRISTIANE SPÖRL

**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 apresentada à Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Geografia
Física.

São Paulo
2001

CHRISTIANE SPÖRL

**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 apresentada à Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Geografia Física.

Área de Concentração:
Geografia Física

Orientador:
Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross

São Paulo
2001

AGRADECIMENTOS

É difícil mencionar todas as pessoas que de uma forma ou de outra colaboraram para a concretização desta Dissertação, às quais gostaria sinceramente de agradecer. Peço desculpas caso não consiga expressar, através deste agradecimento, uma homenagem adequada a vocês.

Várias pessoas e instituições estiveram envolvidas do começo ao fim nesta pesquisa, tornando-a possível. Agradeço a todos, especialmente:

Ao Professor Jurandyr Luciano Sanches Ross, pela orientação e pela amizade demonstradas ao longo deste trabalho. E principalmente, pelo apoio e acolhimento no momento mais difícil de desorientação.

À Professora Marisa Dantas Bittencourt do Departamento de Ecologia da USP, pelas sugestões, disponibilidade de dados da área de estudo, e principalmente, pela oportunidade de aprendizado e de uso dos equipamentos deste Departamento.

Aos amigos do Departamento de Ecologia: Marcelo, Alejandro, Paki, Jorge, Humberto e Luís, que estiveram sempre prontos a oferecer sua ajuda qualquer que fosse o momento.

Aos amigos do Instituto Oceanográfico: Professora Yara, Adriana, Helena, Aninha, Marília, Júlio, Fábio e Clemente pela amizade e sugestões.

À Ana e Jurema, da Secretaria de Pós-Graduação, pela paciência, prestatividade e apoio recebidos.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro.

À amiga Marisa de Souto Mattos pela amizade, colaboração e sugestões.

À minha irmã Andréa que enfrentou comigo os desafios e aventuras dos trabalhos de campo.

Ao meu namorado Emiliano que esteve presente ao longo de todo o desenvolvimento desta pesquisa, auxiliando-me com idéias, sugestões, e com discussões valiosas durante o trabalho.

Aos meus pais, pelos longos anos de investimento, incentivo e apoio, aos quais devo a minha formação, e a eles dedico esta Dissertação.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma comparação de três modelos metodológicos aplicados aos estudos da Fragilidade Ambiental. A aplicação destes modelos resultou na confecção de três mapeamentos diferenciados de Fragilidade, os quais foram analisados e comparados entre si.

Dos três modelos metodológicos aplicados, dois foram propostos por ROSS (1994), um com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo, e o outro nas Classes de Declividade. O terceiro modelo foi proposto pelo INPE (1996) baseado nas Unidades Territoriais Básicas - UTB's.

Os três modelos de análise da Fragilidade Ambiental propostos partem do mesmo princípio: as Unidades Ecodinâmicas preconizado por TRICART (1977) para delimitar áreas no contexto dos diagnósticos ambientais. As áreas são caracterizadas por diversos atributos: rochas, relevo, solo, cobertura vegetal/ uso da terra e pluviosidade. No entanto, estes modelos apresentam diferenças na operacionalização dos métodos, e também, nas variáveis analisadas. Destas divergências resultam três mapeamentos diferenciados.

Apesar dos diferentes resultados apresentados pelos três modelos de análise da Fragilidade, seus objetivos são os mesmos, servir como subsídio ao planejamento estratégico ambiental. Os mapeamentos das Fragilidades Ambientais identificam e analisam os ambientes em função de seus diferentes níveis de fragilidade. Através destes documentos torna-se possível apontar as áreas onde os graus de fragilidade são mais baixos favorecendo, então, determinados tipos de inserção; e áreas mais frágeis onde são necessárias ações tecnicamente mais adequadas a essas condições.

PALAVRAS CHAVES

Planejamento; Zoneamento Ecológico; Fragilidade Ambiental; Metodologias; Modelos.

ABSTRACT

This work presents a comparison between three methodological models which were applied to Environmental Fragility studies. The application of these models resulted in three different Environmental Fragility maps, which were analyzed e compared with each other.

Of the three methodological methods used, two were proposed by ROSS (1994), one of them based on the Relief's Dissection Index and the other on the Slope Classes. The third model was proposed by the INPE (1996), based on the Basic Territorial Units – BTU's.

The three models come from the same principle: The Ecodynamics Units, defended by TRICART (1977) to classify areas regard to its environmental diagnosis. The areas characterized by several information: rocks, topography, soil, vegetation/ use of the soil and pluviosity. However, these models present differences in the operationalization of the methods, and also in the variables analyzed. These divergences results three different mappings.

Although the different results presented by the three models, its purposes are the same: to gather information to the Environmental Strategic Planning. The environmental Fragility mappings identify and analyze the areas according to its different fragility levels. Through these documents it's possible to point out the lowest fragility rated areas, favoring then certain types of insertion; and the most fragile areas, where more adequate technical actions are required.

KEYWORDS

Planning; Ecological Zoning; Environmental Fragility; Methodologies; Models.

SUMÁRIO

<u>1 – PRESSUPOSTOS DA PESQUISA E SEUS</u>	
<u>OBJETIVOS</u>	<u>7</u>
<u>2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA</u>	<u>11</u>
<u>3- LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE</u>	
<u>ESTUDO</u>	<u>20</u>
3.1 - LOCALIZAÇÃO	20
3.2 - RELEVO REGIONAL E LOCAL	22
3.3 - O EMBASAMENTO GEOLÓGICO E OS SOLOS	26
3.4 - A COBERTURA VEGETAL E O USO DA TERRA	34
3.5 - CONDICIONANTES CLIMÁTICOS	35
<u>4 – PROCEDIMENTOS TÉCNICO - OPERACIONAIS</u>	<u>37</u>
4.1 - PRIMEIRO NÍVEL: COMPILATÓRIO	39
4.1.1 - CARTA BASE	39
4.1.2 - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	39
4.1.3 - PRODUÇÃO DOS DADOS PRIMÁRIOS	40
4.2 - SEGUNDO NÍVEL: CORRELATÓRIO	44
4.3 - TERCEIRO NÍVEL: SEMÂNTICO (INTERPRETATIVO)	44
4.4 - QUARTO NÍVEL: NORMATIVO	45
<u>5 – DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS GRÁFICOS E</u>	
<u>CARTOGRÁFICOS GERADOS</u>	<u>46</u>
5.1 - CARTA HIPSOMÉTRICA	46

5.2 - CARTA CLINOGRÁFICA	47
5.3 - MAPA GEOMORFOLÓGICO	48
5.4 - MAPA DE USO DA TERRA/ COBERTURA VEGETAL	55
5.4.1 - MATA	58
5.4.2 - REFLORESTAMENTO	59
5.4.3 - PASTAGEM CULTIVADA E PASTOS NATURAIS	60
5.4.4 - CANA- DE -AÇÚCAR	61
5.4.5 - AGRICULTURA DE CICLO CURTO	62
5.4.6 - CAFÉ	63
5.4.7 - ÁREA URBANA	64
5.5 - DADOS CLIMATOLÓGICOS	67
 <u>6 - APLICAÇÃO DOS TRÊS MODELOS DE ANÁLISE</u>	
 <u>AMBIENTAL DA FRAGILIDADE RELEVO - SOLO</u>	<u>78</u>
 6.1 - MODELO DE FRAGILIDADE POTENCIAL NATURAL COM APOIO	
NOS ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO	78
6.1.1 - SOLOS	79
6.1.2 - ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO	80
6.1.3 - USO DA TERRA / COBERTURA VEGETAL	82
6.1.4 - CLIMATOLOGIA	83
6.2 - MODELO DE FRAGILIDADE POTENCIAL NATURAL COM APOIO	
NAS CLASSES DE DECLIVIDADE	95
6.3 - MODELO DE FRAGILIDADE POTENCIAL NATURAL COM APOIO	
EM UTB'S - UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS	103
6.3.1 - GEOLOGIA	106
6.3.2 - PEDOLOGIA	107
6.3.3 - GEOMORFOLOGIA	110
6.3.4 - COBERTURA VEGETAL	114
6.3.5 - CLIMATOLOGIA	115

<u>7 – CORRELAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS TRÊS MODELOS DE ANÁLISE DA FRAGILIDADE RELEVO - SOLO</u>	<u>135</u>
<u>8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>147</u>
<u>9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS LEVANTADAS</u>	<u>152</u>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Unidades de Classificação do Relevo	17
Figura 2: Fluxograma.....	38
Figura 3 : Fisionomia da Formações Florestais	58
Figura 4: Fisionomia homogênea de áreas reflorestadas	59
Figura 5: Fisionomia de áreas destinadas as pastagens.....	60
Figura 6: Aspecto de uma área destinada a cana-de-açúcar	61
Figura 7: Colina com plantação de batata	62
Figura 8: Á frente área com cultivo de cebola.....	63
Figura 9: Parte inferior do morro e média encosta com cultivo de café.....	64
Figura 10: Padrões de Dissecação do Relevo (A) e exemplos de Padrões de Dissecação (B) aplicável para escala 1:50.000	81
Figura 11: Modelo esquemático do relevo ilustrando as sete classes morfométricas definidas na Tabela 15	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição do Uso da Terra na Área de Estudo / 1997	65
Gráfico 2 : Valores de chuva anual para os postos C3-031 e C3-043 entre 1977 e 1997	70
Gráfico 3: Valores de chuva anual para os postos C3-031 e C3-006 entre 1951 e 1971	71
Gráfico 4: Totais pluviométricos do posto C3-006, localizado no Planalto de Poços de Caldas, para o ano de 1966.....	73
Gráfico 5: Totais pluviométricos do posto C3-031, localizado no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata, para o ano de 1983	74
Gráfico 6: Totais pluviométricos do posto C3-043, localizado nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas, para o ano de 1983	75
Gráfico 7: Comparação entre a distribuição das classes de fragilidade segundo as três metodologias analisadas.....	137

ÍNDICE DOS MAPAS

Mapa 1: Localização Regional da Área de Estudo	21
Mapa 2: Mapa hipsométrico	23
Mapa 3: Mapa Clinográfico.....	Erro! Indicador não definido.
Mapa 4: Geologia da região nordeste do Estado de SP e sul de MG.....	27
Mapa 5: Mapa Geológico Regional.....	29
Mapa 6: Mapa Pedológico Regional	31
Mapa 7: Mapa Geomorfológico com Legenda Integrada	Erro! Indicador não definido.
Mapa 8: Mapa de Uso da Terra/ Cobertura Vegetal	Erro! Indicador não definido.
Mapa 9: Mapa de Fragilidade Ambiental com apoio nos Índices de Dissecação do Relevo	Erro! Indicador não definido.
Mapa 10: Mapa de Fragilidade Ambiental com apoio nas Classes de Declividade ..	Erro! Indicador não definido.
Mapa 11: Mapa com a delimitação das Unidades Territoriais Básicas – UTB’s... 	Erro! Indicador não definido.
Mapa 12: Mapa de Fragilidade Ambiental com Apoio nas UTB’s.....	Erro! Indicador não definido.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Padrões de Formas do Relevo.....	50
Tabela 2: Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo – Escala 1:50.000	51
Tabela 3 : Postos Pluviométricos operados pelo DAEE – Março/ 1997.....	68
Tabela 4: Classes de Fragilidade dos Solos	79
Tabela 5: Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo – Escala 1:50.000	80
Tabela 6: Classes de Dissecação do Relevo.....	82
Tabela 7: Graus de Proteção do Solo Segundo a Cobertura Vegetal	82
Tabela 8 : Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos (Definidos por ROSS 2000 – inédito)	84
Tabela 9: Descrição dos Níveis Crescentes de Potencial de Instabilidade e de Instabilidade Emergente	89

Tabela 10: Classes de Fragilidade distribuídas pelos compartimentos geomorfológicos	95
Tabela 11: Classes de Declividade.....	97
Tabela 12: Classes de Fragilidade distribuídas pelos compartimentos geomorfológicos.....	102
Tabela 13: Avaliação da Vulnerabilidade das Unidades de Paisagem Natural	105
Tabela 14: Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns	107
Tabela 15: Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos	109
Tabela 16: Classes dos Índices Morfométricos.....	111
Tabela 17: Matriz dos Índices de Dissecção do Relevo – Escala 1:50.000.....	112
Tabela 18 : Valores de Vulnerabilidade para as formas de relevo	114
Tabela 19: Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo	117
Tabela 20: Valores de Vulnerabilidade dos três Posto Pluviométricos analisados na área de estudo.	118
Tabela 21: Valores de Vulnerabilidade das Unidades de Paisagem Natural	128
Tabela 22: Representação da Vulnerabilidade e/ ou Estabilidade das Unidades de Paisagem Natural.....	129
Tabela 23: Classes de Vulnerabilidade	130
Tabela 24: Classes de Fragilidade distribuídas pelos compartimentos geomorfológicos.....	134
Tabela 25: Variáveis utilizadas em cada um dos procedimentos técnico-operacionais	135
Tabela 26: Porcentagens dos graus de fragilidade para as três metodologias analisadas	138
Tabela 27: Tabela Síntese com as áreas das diferentes fragilidades para os três métodos detectados por compartimento	139
Tabela 28: Exemplo de situações em que variáveis com valores contrastantes apresentam o mesmo grau de fragilidade.....	143

1 – PRESSUPOSTOS DA PESQUISA E SEUS OBJETIVOS

A princípio os ambientes naturais mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico, no entanto, as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez de forma mais intensa na apropriação dos recursos naturais.

Com o complexo avanço tecnológico, científico e econômico houve uma rápida modificação nos sistemas de produção com as novas tecnologias. Este novo cenário proporcionou uma pressão muito grande sobre os recursos naturais, muitas vezes, alterando de modo irreversível estes recursos.

Diante dessa revolução tecnológica e, conseqüentemente, das práticas econômicas predatórias, a atuação das sociedades humana tem causado progressivas alterações nos diferentes componentes da natureza, acarretando o comprometimento da funcionalidade do sistema e causando graves processos degenerativos no ambiente natural.

Dada a completa inter-relação dos componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos), qualquer interferência num destes elementos reflete-se sobre os demais componentes do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico.

Segundo ROSS (1990), “todas as modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelos homens”. Quando este equilíbrio é alterado, gera-se então, estados de desequilíbrios temporários ou permanentes.

Diante destes conhecimentos, não se pode propor um estudo sem inserir o homem neste cenário, pois este atua de forma intensa sobre os componentes da natureza. Assim, além do ambiente natural, o meio antrópico é parte

fundamental no entendimento do processo, sendo portanto imprescindível a necessidade de levar-se em conta de um lado, as potencialidades dos recursos naturais, as fragilidades dos ambientes, e por outro lado, os anseios e as necessidades da sociedade.

Sob este enfoque é que se baseia esta pesquisa. Foi escolhida uma área que se localiza na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais abrangendo terras dos Municípios de São João da Boa Vista (SP), Águas da Prata (SP) e Poços de Caldas (MG), envolvendo parcialmente as bacias hidrográficas do rio Jaguarim-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.

A fim de averiguar as fragilidades e as potencialidades da área de estudo, pretendeu-se analisar e correlacionar o uso da terra, o relevo, o solo e a pluviosidade desta área, propondo-se a confecção de um mapeamento síntese identificando as fragilidades e as potencialidades ambientais.

A escolha da localização da área de estudo para a aplicação destes modelos de análise justifica-se pela grande variabilidade do relevo e do uso da terra apresentados nesta região.

Estes estudos relativos às fragilidades dos ambientes são de extrema importância ao Planejamento Ambiental, tendo como principal preocupação o desenvolvimento sustentado, onde a conservação e a recuperação ambiental estão lado a lado com o desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

A análise das fragilidades ambiental serve como subsídio ao Zoneamento Sócio-Econômico Ambiental ou ao ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico e, conseqüentemente, ao planejamento. A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial.

O mapeamento das fragilidades ambientais identifica e analisa os ambientes em função de seus diferentes níveis de fragilidade. Com estas informações pode-se apontar as áreas onde os graus de fragilidade são mais baixos favorecendo, então, determinados tipos de inserção; e também, aquelas áreas mais frágeis onde são exigidas ações tecnicamente mais adequadas a essas condições.

Sendo assim, esta dissertação de Mestrado visa avaliar três modelos metodológicos desenvolvidos para a análise ambiental da fragilidade, dois deles propostos por ROSS (1994), e o outro pelo INPE (1996). Estes três modelos serão testados, avaliados e comparados entre si com intuito de identificar uma melhor proposta para representar nos diferentes ambientes naturais, as suas fragilidades potenciais e emergentes e as áreas de riscos (riscos de deslizamentos, erosões e inundações).

Este estudo também interessa aos processos erosivos mecânicos das águas pluviais de um lado, e de outro lado, à qualidade das águas de superfície em função da carga de sedimentos acumulados. Os processos erosivos colocam em risco a estabilidade dos terrenos e das águas propiciando o carreamento de materiais tóxicos até as drenagens contribuindo para a perda de qualidade das águas superficiais. E ainda estes sedimentos podem assorear rios e contribuir com o agravamento do problema de inundações.

Considerando-se todas estas informações, este estudo tem como objetivo principal aplicar e estabelecer uma comparação analítica de três modelos de análise da fragilidade ambiental na relação relevo-solo. A aplicação destes modelos resultou na confecção de três cartas de Fragilidade, através das quais foram confrontados seus resultados e avaliadas as diferenças apresentadas em cada um dos modelos. E para se atingir estes objetivos gerais foram necessários alcançar alguns objetivos específicos, tais como:

- ❑ Fazer um mapeamento geomorfológico na escala 1:50.000 para a área de estudo, com abordagem integrada do meio físico;
- ❑ Obter através de fotografias aéreas, imagens de satélite e trabalhos de campo, informações recentes sobre o uso da terra desta área, e assim, mapear estes dados;
- ❑ Correlacionar os mapeamentos citados acima (Mapas Geomorfológico e Uso da Terra), mais as informações referentes aos solos, rochas e pluviosidades e chegar a uma carta síntese contendo informações quanto às potencialidades e as fragilidades dos ambientes naturais da área de estudo;

- ❑ Gerar as cartas de Fragilidade Ambiental referentes as duas alternativas metodológico-operacionais propostas por ROSS (1994) e pela proposta do INPE (1996);
- ❑ Avaliar as limitações e as vantagens dos modelos aplicados aos estudos da Fragilidade Ambiental.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

Este estudo propõe realizar uma análise ambiental numa abordagem sistêmica visando a compreensão integrada do ambiente físico e dos processos antrópicos atuantes na área.

Seguindo os pressupostos geossistêmicos de SOTCHAVA (1976), acredita-se que a preocupação central dos estudos da Geografia Física, não é simplesmente estudar os componentes da natureza, mas sim, as conexões entre eles, o estudo não deve ficar restrito a morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas extrapolar para o estudo da sua dinâmica, não deixando de lado a conexão entre o homem e a natureza.

De acordo com as colocações de GRIGORIEV (1968), “o Estrato Geográfico da Terra” é composto pela crosta terrestre, hidrosfera, troposfera, cobertura vegetal e reino animal, que em conjunto, definem os ambientes onde vivem os homens. Este conjunto de fatores compõe o estrato geográfico e estão intensamente interligados. Sendo assim, nossa tarefa é estudar os componentes do estrato geográfico como partes de um todo, não isoladamente.

As diferentes associações e interações entre os componentes do estrato geográfico definem ambientes dotados de uma dinâmica própria, e devem ser estudados para que se possa, progressivamente, ter um melhor entendimento desta relação, propiciando uma melhor organização do espaço e minimizando a degradação ambiental.

Baseando-se nesta idéia, esta pesquisa investe no estudo das interações entre os componentes do estrato geográfico, destacando principalmente o relevo, o solo, a pluviosidade e o tipo de uso desenvolvido na área de estudo. A análise da interação destes componentes visa fornecer subsídios a um melhor entendimento da dinâmica local e, conseqüentemente, proporcionar melhores condições ao planejamento.

Além dos aspectos naturais, o meio antrópico é parte fundamental no entendimento da paisagem. Segundo BERTRAND (1971), a paisagem não é a

simples adição de elementos disparatados, é numa determinada porção do espaço o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e humanos que reagindo dialeticamente uns sobre os outros fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. É preciso deixar claro que não se trata apenas da paisagem “natural”, mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação humana.

De acordo com MONTEIRO (1978), “o Geossistema é um sistema singular, complexo, onde interagem elementos humanos, físicos, químicos e biológicos e onde os elementos sócio-econômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do próprio sistema”.

Segundo TROPPEMAIR (1988), a paisagem é um sistema espacial dinâmico de fenômenos naturais e sócio-econômicos. A paisagem é uma realidade independente da presença do homem. Se este estiver presente, introduz modificações, ou mesmo, desequilíbrio nesta realidade.

Seguindo essa concepção TRICART (1977) analisa o ambiente sob o prisma da Teoria dos Sistemas que parte do pressuposto de que na natureza as forças de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio dinâmico. Entretanto, este equilíbrio, é freqüentemente alterado pelas intervenções do homem nos diversos componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até permanentes. Sendo assim, TRICART (op cit) definiu que os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico são estáveis, e quando, em desequilíbrio são instáveis.

O homem ao fazer parte do ambiente como um elemento ativo é capaz de modificar a paisagem. Ele possui a capacidade de alterar solos, vegetação, condições hidrológicas, formas de erosão, introduzindo desta forma modificações no sistema, as quais, podem propiciar o desequilíbrio ou novos arranjos que atingem o estado de equilíbrio funcional e o colapso. A modificação da paisagem é atingida através das alterações nas relações de suas variáveis.

Estas mudanças que ocorrem na paisagem são resultantes da relação entre os condicionantes do meio físico e as atividades humanas. A intensidade dessas transformações inadvertidas depende primeiramente do esforço (ou tensão)

aplicado ao sistema pelo homem, e posteriormente, do grau de suscetibilidade à mudança (sensibilidade) do próprio sistema.

Qualquer alteração realizada em qualquer componente de um sistema em equilíbrio dinâmico reflete-se de uma forma ou de outra sobre os demais componentes deste sistema, modificando as interações entre energia e matéria e, portanto, o estado de equilíbrio dinâmico do sistema.

Estas interferências no ambiente ocorrem, pois, o homem reproduz e reordena o espaço, ou então, provoca alterações em função de um “aproveitamento” dos recursos naturais sem uma preocupação de conservação da natureza.

Sendo assim, uma visão global incluindo o natural e o social é fundamental quando se pretende trabalhar com diagnósticos ambientais. Segundo ROSS (1995), sem esta visão global, pode-se obter entendimentos parciais da realidade induzindo às decisões futuras erradas ou insatisfatórias.

As alterações causadas no ambiente pela ação humana afetam cada vez mais a funcionalidade do sistema causando graves processos degenerativos em primeira instância no ambiente natural, e depois, a prazos mais longos à própria sociedade. Nesse sentido, uma das variáveis a serem examinadas é o uso da terra, pois é onde melhor se reflete a relação do homem com a natureza, sobretudo em relação as características do relevo e dos solos.

ROCHA (1991) apud RODRIGUES (1997) ressalta que o reconhecimento das formas de utilização da terra é fundamental para o planejamento, podendo direcionar a uma política de ocupação do espaço com a intenção de manter e melhorar as condições de vida atual e futura. Os dados sobre o uso da terra são imprescindíveis na análise de processos e problemas ambientais.

Os diferentes tipos de uso acabam por provocar diferentes processos sobre o meio natural gerando desequilíbrios. O conhecimento das formas de uso da terra, o seu monitoramento e o registro das informações permitem a avaliação dos impactos produzidos, trazendo informações básicas para o manejo dos recursos naturais.

Dada a importância dos estudos do uso da terra para o conhecimento da dinâmica dos ambientes, torna-se imprescindível nesta pesquisa, um mapeamento do uso da terra visando fornecer subsídios à avaliação da vulnerabilidade dos vários tipos de uso adotados na área de estudo. Este mapeamento faz parte de um dos produtos intermediários propostos nesta pesquisa.

A Carta de Uso da Terra traz as informações sobre a situação atual da ocupação da área de estudo. Estas informações foram extraídas de imagens de satélite e atualizadas com informações obtidas em campo.

Para o mapeamento das classes de uso da terra é fundamental conhecer previamente as características espectrais dos alvos, a ocupação do espaço analisado e seu comportamento temporal.

Para auxiliar na identificação das informações presentes nas imagens orbitais, foram elaboradas chaves de interpretação. Estas chaves codificam as associações entre os padrões dos vários elementos (tonalidade, cor, textura, forma, etc.) presentes nas imagens, e levam à interpretação de dados em comum. Foram então agrupados os padrões com características semelhantes das imagens em chaves de interpretação.

Após a identificação das várias chaves de interpretação, elas foram comparadas com as características dos alvos identificados em campo. Reconhecendo-se então, os vários tipos de uso presentes na área de estudo.

Com estas informações foi então proposta uma legenda para o mapa de uso da terra, a qual é compatível com os interesses desta pesquisa.

Este mapeamento do Uso da Terra é de fundamental importância para o conhecimento da dinâmica dos ambientes, conseqüentemente, um valioso subsídio à avaliação da vulnerabilidade dos vários tipos de usos.

Diante deste quadro complexo da análise ambiental, a geomorfologia, assim como o uso da terra, tem um peso muito grande no tratamento destas questões. Isto é ressaltado no fato de que as formas de relevo e sua dinâmica sintetizam em

si o mecanismo das trocas de energia e matéria que se processam entre os componentes do estrato geográfico. Desta forma, segundo KLINK (1981), os estudos de geomorfologia assumem papel importante na classificação e entendimento da dinâmica geoecológica. Assim fica claro, que não se pode entender a dinâmica natural da paisagem sem se ter um conhecimento adequado dos mecanismos que regem a dinâmica do relevo e da natureza como um todo.

Considerando-se então, o forte relacionamento da dinâmica do ambiente com as características do relevo, torna-se imprescindível o estudo desta variável de modo que possa servir como um importante subsídio na avaliação da fragilidade do ambiente.

Desta forma, a produção do Mapa Geomorfológico da área de estudo constitui-se num dos produtos desta pesquisa, tendo como preocupação fornecer subsídios para uma melhor avaliação da fragilidade dos ambientes naturais ou antropizados.

O Mapa Geomorfológico é um importante instrumento na pesquisa do relevo, corresponde ao que TRICART (1963) apresenta como sendo o que “constitui a base da pesquisa e não a concretização gráfica da pesquisa já feita”. É um produto que ao mesmo tempo direciona a pesquisa e, quando concluído, representa uma síntese como produto desta. Sob este enfoque, o mapeamento Geomorfológico é indispensável na questão do inventário genético do relevo.

Para a concretização deste mapeamento Geomorfológico foi necessário um apoio bibliográfico voltado para as bases conceituais da geomorfologia. São de fundamental importância os trabalhos de PENCK (1953), GERASIMOV & MESCERJAKOV (1968), ABREU (1982), ROSS (1987), ROSS (1990) e ROSS (1992). Estes autores fornecem a base teórica-metodológica e alguns exemplos aplicados de estudo e cartografia geomorfológica.

PENCK (1953) definiu os princípios que estabeleceram os elementos fundamentais para a análise geomorfológica: os processos endógenos (atuam no interior da crosta terrestre produzindo as formas primárias do relevo), os processos exógenos (ações do clima, resultando na meteorização e remoção de materiais) e o resultado decorrente de ambos, ou seja, as atuais feições

morfológicas. Os dois processos atuam de forma constante, mas diferenciada no tempo e no espaço, face à dinâmica da crosta e a resistência da litologia aos processos erosivos.

A partir dos pressupostos de PENCK, GERASIMOV & MESCERJAKOV (1968), desenvolveram os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura para melhor aplicar a análise geomorfológica frente a grande diversidade das formas do relevo terrestre. Segundo estes autores a classificação do relevo decorre da interação das forças de oposição. Ou seja, a idéia fundamenta-se na interação das forças endógenas e exógenas, sendo o relevo formado a partir de suas combinações. A ação predominante das forças endógenas forma os elementos morfoestruturais que, para serem interpretados, devem ser analisados a partir dos condicionantes tectônicos; e as morfoesculturas correspondem ao modelado de formas geradas sobre diferentes estruturas e sob ação dos fatores exógenos. Segundo ROSS (1990) “o conceito de morfoescultura volta-se, portanto, às feições do relevo produzidas na terra, pela ação dos climas atuais e pretéritos e que deixam marcas na superfície do terreno, específicas de cada processo dominante. Deste modo, a concepção de morfoescultura refere-se às formas menores do relevo, enquanto as morfoestruturas referem-se às formas particularmente grandes”. Portanto, o relevo possui diferentes ordens de grandeza e sendo que cada arranjo depende da relação estrutura/ escultura.

As diretrizes para o desenvolvimento desta pesquisa geomorfológica foram calcadas nos procedimentos técnicos-operacionais propostos por ROSS (1992), baseando-se no uso de sensores como radar, satélite e fotografias aéreas. Esta metodologia baseia-se na identificação visual dos diversos padrões de formas semelhantes, que se definem pelo aspecto fisionômico da rugosidade topográfica ou das diferentes intensidades dos padrões de dissecação do relevo.

ROSS (op cit) apresenta um modelo de abordagem do relevo baseando-se na cartografia geomorfológica constituído por seis taxons que abrangem gradativamente desde as grandes unidades morfoestruturais até as pequenas formas geradas por processos atuais de esculturação do relevo. O primeiro taxon é caracterizado pela unidade morfoestrutural; o segundo taxon, pelas unidades morfoesculturais; o terceiro taxon, é referente às unidades morfológicas ou de padrões de formas semelhantes ou tipos de relevo; o quarto taxon, pelos tipos de

formas; o quinto taxon, pelos tipos de vertentes e o sexto taxon, pelas formas de processos atuais. Abaixo encontra-se representado graficamente este modelo (Figura 1).

Objetivando-se então, uma melhor sistematização do mapeamento geomorfológico desta pesquisa foram apenas utilizados os três primeiros taxons citados acima, os quais são coerentes com a escala de trabalho proposta.

Após o mapeamento geomorfológico seguiu-se a análise da fragilidade na relação relevo/ solo/ uso da terra/ pluviosidade. Segundo ROSS (1994) a análise da fragilidade exige um estudo integrado dos elementos componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem, os quais analisados e inter-relacionados geram um produto analítico-sintético que retrata a situação da área de estudo.

A análise integrada dos ambientes naturais, fundamentada na concepção de TRICART (1977) e aplicada ao planejamento ambiental foi ajustada operacionalmente à proposta de ROSS (1990 e 1994). Esta proposta enfatiza a importância de se considerar no planejamento “não somente as potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo as fragilidades dos ambientes naturais face as diferentes inserções dos homens na natureza”. Este autor cita a importância de se conhecer o papel de cada variável, uma vez que cada uma delas apresenta um certo grau de influência no ambiente, interferindo com maior ou menor intensidade. Estas variáveis são interdependentes e apresentam uma relação constante de troca de energia e matéria entre as partes.

Estas variáveis tratadas de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais. Dentro desta concepção ecológica, o ambiente é analisado sob o enfoque da Teoria dos Sistemas, a qual parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio dinâmico, que pode ser alterado pela intervenção do homem nos diversos componentes da natureza, gerando estados de desequilíbrios temporários ou permanentes.

Podem ser citados como produtos intermediários para confecção da carta de fragilidade as cartas geomorfológica/ clinográfica, os tipo de solos, os tipo de rochas, a cobertura vegetal e uso da terra segundo o grau de proteção ao solo e as características pluviométricas. Da inter-relação destas cartas origina-se um produto cartográfico síntese, que classifica e qualifica a área estudada em

Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou Instáveis com diferentes graus de instabilidade potencial e emergente.

As Unidades Ecodinâmicas Instáveis são definidas como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais, e as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, mas apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível face as suas características naturais e a sempre possível inserção antrópica.

Para que estes conceitos pudessem ser utilizados como subsídios ao planejamento ambiental ROSS (1990/1994) ampliou o uso destes conceitos, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, desde instabilidade muito fraca até muito forte. O mesmo critério foi aplicado às Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que apesar de estarem em equilíbrio dinâmico apresentam-se como áreas de instabilidade potencial em diferentes graus, desde muito fraca a muito forte.

Este modelo foi aplicado a área pesquisada para realizar a análise integrada da fragilidade natural utilizando-se três propostas metodológicas distintas.

Desta forma, foram testados três modelos diferenciados de análise ambiental da fragilidade. O primeiro e o segundo modelos aplicados foram propostos por ROSS (1990/1994) e o terceiro modelo é sugerido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1996). Estes três modelos foram comparados entre si e avaliados quanto aos resultados apresentados. A partir destas análises empíricas foi possível identificar as áreas consideradas como de maior criticidade do ponto de vista da fragilidade natural.

Numa pesquisa posterior este estudo poderá ser ampliado buscando-se avaliar uma melhor proposta, entre estes três modelos empíricos, para a avaliação das fragilidades e potencialidades. Através de um trabalho de campo mais detalhado com experimentos de campo e laboratório poderá ser definido qual destes modelos mais se ajusta a realidade.

3- LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 - Localização

A área de estudo, situa-se a nordeste do Estado de São Paulo e ao sul do Estado de Minas Gerais. Está delimitada por um quadrilátero entre as coordenadas geográficas 310.000 e 334.000 de longitude oeste e 7564.000 e 7584.000 de latitude sul. Este quadrilátero está extrapolando os limites das bacias hidrográficas dos Ribeirões do Quartel e da Prata e do Rio Jaguari-Mirim para uma melhor espacialização da geomorfologia além divisores d'água.

Do ponto de vista da superfície temos aqui um espaço ocupando aproximadamente 480 Km², abrangendo terras dos municípios de Águas da Prata (SP), São João da Boa Vista (SP), pequena faixa de Vargem Grande do Sul (SP) e parte do município de Poços de Caldas (MG) (Mapa 1).

3.2 – Relevo Regional e Local

Esta área situa-se próxima a zona de contato entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico. Geologicamente caracteriza-se pela extrema diversificação de suas estruturas. No entanto, o centro de interesse desta pesquisa é o Planalto de Poços de Caldas nas proximidades da Depressão Periférica, compartimento cujas escalas estão acima da proposta deste estudo.

A combinação de fatores estruturais e topográficos individualiza profundamente a área de estudo, fazendo com que além de um rebordo de maciço antigo, ela seja também uma área de transição geológica. Trata-se de uma área próxima ao contato dos terrenos cristalinos com os sedimentares.

As altitudes variam entre 680 e 1620 metros, registrando-se em certos locais desníveis abruptos, que definem verdadeiras escarpas, profundamente dissecadas, como na Serra da Fartura, a NNE de São João da Boa Vista.

O mapa hipsométrico da área deixa claro as diversidades morfométricas observadas de oeste para leste. É nítida a presença de uma topografia pouco dissecada no oeste, que progressivamente, vai alterando suas feições para leste da área de estudo. As altitudes aumentam consideravelmente para leste conforme ilustra o Mapa 2.

A área de estudo pode ser descrita da seguinte forma: nos terrenos localizados a leste do Ribeirão dos Porcos, até os contrafortes das serras da Fartura e da Cachoeira, a altimetria está situada em sua maior parte entre 680 e 900 metros. Os vales são predominantemente em V e, cada vez, mais fechados à medida que avança-se para montante até atingir o divisor d'água mais saliente que é a Serra da Fartura, superando a cota de 1.400 metros.

Este setor voltado mais à leste é constituído pelo reverso da Serra da Fartura e a porção ocidental do Planalto de Poços de Caldas, delimitados por vertentes abruptas, onde se encontram as Serras da Cachoeira e do Quartel. Transpostas estas escarpas encontram-se trechos menos dissecados, de topografia ondulada, com cotas acima de 1.000 metros.

As Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas apresentam vertentes bastante inclinadas com declividades, às vezes, superiores a 50%. Já no Planalto de Poços de Caldas e no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata as declividades variam entre 3 e 30%, conforme observado no mapa abaixo (Mapa 3).

3.3 – O Embasamento Geológico e os Solos

A área de estudo, na divisa dos estados de São Paulo e Minas Gerais, enquadra-se numa zona de transição entre as terras altas do sudoeste mineiro e a região rebaixada nas proximidades da Depressão Periférica.

Para avaliar melhor esta compartimentação é fundamental obter conhecimentos de sua gênese. Sendo assim, abaixo estão descritos alguns aspectos relevantes da geologia da área de estudo.

Basicamente, a área em questão está constituída pelas rochas do complexo cristalino representadas principalmente por granitos e gnaisses. Ainda nessa região, em Águas da Prata e parte do município de Poços de Caldas ocorrem rochas alcalinas e sedimentos identificados como arenitos de Botucatu.

Segundo WERNICK, E. (1978), as rochas pré-cambrianas das imediações do município de São João da Boa Vista são constituídas por um complexo migmatítico-granítico denominado Grupo Pinhal, resultante da profusa intrusão de granitos durante o ciclo Brasileiro, em rochas do Grupo Amparo de idade Transamazônica.

O Grupo Pinhal é representado por dois grandes complexos granítico-migmatíticos: Pinhal e Socorro. No entanto, é de interesse para área de estudo o Complexo Pinhal, o qual situa-se a N da Falha de Jacutinga, abrangendo os municípios de São João da Boa Vista, Pinhal, Andradadas entre outros, como pode ser observado no mapa abaixo (Mapa 4).

O Grupo Pinhal corresponde a uma associação litológica formada por granitóides plutônicos e hipó-abissais variados, magmáticos e diversos tipos de rochas metamórficas.

- LEGENDA -

- Sedimentos da Bacia de Taubaté
- Sedimentos e Vulcânicas da Bacia do Paraná
- Rochas alcalinas variadas do Maciço de Poços de Caldas
- Depósitos Molassóides das Formações Pouso Alegre e Eleutério
- Granitóides e Migmatitos do Grupo Pinhal
- Metasedimentos e Meta-Ígneas Variado do Grupo Amparo
- Áreas Maiores de Granulitos e Charnóquitos do Grupo Amparo
- Complexo Anatexitico-Diatexitico de Silvianópolis (Grupo Silvianópolis)

- PRINCIPAIS FALHAS -

- 1 - Jacutinga
- 2 - Inconfidentes
- 3 - Ipuíuna
- 4 - São João da Mata
- 5 - Espírito Santo do Dourado
- 6 - Divinolândia
- 7 - Santo Antônio do Pinhal
- 8 - Socorro
- 9 - São Pedro de Caldas

- PRINCIPAIS DIREÇÕES ESTRUTURAIS -

- (Transamazônicas ?)
- (Uruaçuanas ?)
- (Brasilianas ?)

Mapa 2: Geologia da região nordeste do Estado de SP e sul de MG

Fonte: Reproduzido de Wernick, E. & Penalva, F. In: Revista Brasileira de Geociências, Volume 10, 1980

Para WERNICK, E. & PENALVA, F. (1980) “os granitóides do Grupo Pinhal são diversificados, incluindo termos equigranulares, de cor, composição e granulação variável, ao lado de granitos porfiróides. As rochas são isotrópicas ou orientadas, e sua composição varia de quartzo diorítica a granítica. Localmente ocorrem termos sieníticos e quartzo sieníticos que gradacionam para granitos pelo aumento do seu teor em quartzo. Formam manchas irregulares, difusas, gradacionais, nos granitos equigranulares”.

Segundo WERNICK, E. (1978) “as intrusões são controladas por falhas e estruturas dobradas. Aos termos plutônicos e subplutônicos, associam-se diques de granitos pórfiros, pegmatitos e quartzo, cujo alojamento é controlado por fraturas e falhas”.

Ainda na área de interesse, seguindo em direção leste a caminho do Estado de Minas Gerais, encontra-se o Complexo Poços de Caldas, constituindo um dos maiores centros ígneos alcalinos ricos em rochas nefelínicas do mundo.

O Complexo Alcalino de Poços de Caldas, de idade mesozóica, é integrado por uma associação variada de rochas alcalinas plutônicas, hipo-abissais, efusivas e piroclásticas. Segundo RADAMBRASIL (1983), “este Complexo encontra-se encaixado entre granitos e gnaisses de idades pré-cambrianas, os quais nos bordos sudeste e noroeste foram afetados por processo de fenitização. Sedimentos argilosos e arenosos, de idade respectivamente permiana e triássica, pertencentes à Bacia do Paraná, acham-se ainda preservados nas bordas oeste e sul do Complexo” (Mapa 5).

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

LEGENDA

- pEv Complexo Varginha
- pEd1p Suíte Intrusiva Pinhal
- pEap Complexo Amparo
- KTλ Intrusivas Alcalinas
- Jb Grupo São Bento
- Formação Botucatu

Escala ≅ 1:1.000.000

Mapa 3: Mapa Geológico Regional
Fonte: RADAMBRASIL – Folhas SF. 23/24 – Rio de Janeiro/ Vitória - 1983
Organização: Christiane Spörl

Ainda segundo RADAMBRASIL (1983), “as lavas ankaratríticas, brechas e aglomerados vulcânicos, e tufos estão concentrados, principalmente, em uma faixa relativamente ampla, em forma decrescente, na borda oeste do complexo. Na parte sul desta faixa, no Vale do Quartel, rochas piroclásticas, alternadas com derrames de lavas ankaratríticas, formam um depósito de centenas de metros de espessura, sotoposto aos sedimentos. Este depósito encontra-se perturbado e atravessado por diques de tinguaitos. DERBY (1887) fez alusão à presença de leucitito nesta mesma região, na localidade de Cascata. Algumas destas rochas, segundo o mesmo autor, acham-se cortadas por diques de fonólitos”.

Com relação aos solos presentes na área de estudo, os limites de cada unidade foram traçados com auxílio de imagens TM/Landsat e com informações obtidas através do Projeto RADAMBRASIL, levando-se em consideração principalmente a intensidade de dissecação do relevo e o padrão de drenagem. As unidades pedológicas normalmente seguem as formas e a intensidade de dissecação do relevo. Portanto, a partir da delimitação das unidades geomorfológicas, tornou-se possível inferir o limite das unidades de solos.

Com relação à drenagem, pode-se observar que solos mais arenosos favorecem a infiltração em detrimento do escoamento superficial, resultando numa rede de drenagem menos densa, quando comparada com áreas de solos argilosos que apresentam uma menor permeabilidade. Conseqüentemente, favorecem o escoamento superficial, criando um padrão de drenagem mais denso. Com base nos procedimentos descritos conseguiu-se identificar na área de estudo as seguintes unidades de solos: Cambissolos alíco no Planalto de Poços de Caldas; Terra Bruna estruturada eutrófica associada aos solos Litólicos nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas; e Podzólico Vermelho-amarelo distrófico e eutrófico no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata (Mapa 6).

Abaixo segue uma caracterização geral dos solos predominantes encontrados na área de estudo:

□ **Terra Bruna Estruturada**

São predominantemente desenvolvidos de rochas alcalinas e intermediárias, ocorrem em área de relevo fortemente ondulado, nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas.

Compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural e argila de atividade baixa. São solos bem drenados, profundos, de textura muito argilosa. Sua fertilidade natural é baixa, sendo este um fator limitante à utilização agrícola, portanto, estes solos são ocupados principalmente por pastagem natural.

□ **Solos Litólicos**

São solos originados do produto da decomposição de diferentes tipos de rochas, assim como, quartzito, xistos, argilitos, charnockitos, migmatitos e rochas alcalinas.

Compreendem solos minerais, pouco desenvolvidos, com aproximadamente 20 a 40 cm de profundidade, abrangendo desde solos com horizonte A assentado diretamente sobre camada rochosa até solos com horizonte B relativamente desenvolvido, porém pouco espesso. Também são considerados litólicos aqueles solos que não estão assentados diretamente sobre rochas consolidadas próximas à superfície, no entanto, a quantidade de cascalhos e matacões pouco decompostos é maior do que a de terra.

Ocorrem em áreas de relevo muito dissecado, como nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas, associado à Terra Bruna Estruturada.

Com relação ao uso, são pouco cultivados, pois apresentam bastante pedregosidade na superfície ou na massa do solo, possuem uma grande

suscetibilidade à erosão e por ocuparem áreas de relevo muito dissecado torna-se difícil o acesso, conseqüentemente seu uso.

❑ **Cambissolos Álico e Distrófico**

Ocorrem em regiões serranas em relevo montanhoso e escarpado, no Planalto de Poços de Caldas.

Segundo RADAMBRASIL (1983), "compreendem solos minerais com horizonte B câmbico ou incipiente, não hidromórficos e com pouca diferenciação de textura do horizonte A para o B. Possuem textura média ou argilosa, com ocorrência de textura muito argilosa, são bem a moderadamente drenados e rasos a profundos. São álicos na grande maioria, com saturação de alumínio maior que 50%, seguido pelos distróficos". De modo geral, os cambissolos não são utilizados agricolamente por apresentarem como fator limitante ora o relevo acentuado ora o excesso de alumínio. É, portanto, recomendado como uso mais adequado à pecuária extensiva e ao reflorestamento.

❑ **Podzólico Vermelho-Amarelo**

Estes solos estão situados em áreas de relevo predominantemente ondulado e montanhoso, distribuindo-se pelos Planaltos de São João da Boa Vista - Águas da Prata.

Segundo o Projeto RADAMBRASIL "Compreende solos minerais com horizonte B textural, não hidromórfico, normalmente com argila de atividade baixa, usualmente profundos, com seqüência de horizontes A, B, e C, e são bem a moderadamente drenados". A textura do horizonte A é arenosa ou média, e em alguns casos argilosa, já o horizonte B textural é franco-arenoso ou mais fina, ocorrendo também solos com mudança textural abrupta.

3.4 - A Cobertura Vegetal e o Uso da Terra

Segundo ABREU (1972) o recobrimento fitogeográfico da área de estudo apresenta uma seqüência de formações vegetais que se alteram com caráter transicional de uma para outra, apresentando um nítido zoneamento vertical: matas tropicais decíduas que, paulatinamente, passam a perenifólias, e dando lugar a ocorrência de formações mistas com araucárias e, finalmente, as formações campestres de Poços de Caldas.

Ainda segundo ABREU (1972), as formações florestais recobrem os terrenos graníticos-gnáissicos do Planalto de Poços de Caldas, assim como, no Vale do Quartel. Apresentando uma zonação de altitude bastante nítida, diferenciada por uma formação tropical de altitude com araucárias, característica do reverso da Serra da Fartura.

Já as formações campestres de Poços de Caldas localizam-se no Planalto de Poços, de um modo geral, em torno da cota 1.200 m. É uma paisagem campestre constituída por gramíneas de pequeno porte.

No entanto, o panorama atual da cobertura vegetal desta região é bem diverso deste descrito por ABREU (1972). Esta vegetação descrita acima é a vegetação primitiva, da qual pouco resta. Sua fisionomia foi sendo alterada, conservando-se apenas poucos remanescentes, pois essa região foi intensamente ocupada pelo homem.

Esta mudança de panorama é consequência não só do desmatamento total da maior parte das matas da região com a consequente implantação da agricultura, seguida muitas vezes pela pecuária e mesmo reflorestamento, como também, com o desmatamento parcial condicionando o aparecimento de uma vegetação secundária.

As raras e esparsas manchas remanescentes da vegetal original, situam-se na maior parte das vezes em terrenos de baixa capacidade de utilização agro-pastorial, íngremes, rochosos, ou de baixa fertilidade.

As formações florestais só estão preservadas embora já alteradas, nas escarpas mais íngremes das regiões serranas, formando um arco em torno do Planalto de Poços de Caldas. Nos setores rebaixados dos terrenos cristalinos ela já foi praticamente toda destruída, restando alguns vestígios, apenas nas partes altas de morros mais salientes, onde o declive é muito acentuado.

As formações campestres apresentam-se menos alteradas pela ação antrópica, o que se justifica pela baixa fertilidade dos solos. No entanto, estes campos apresentam hoje aspecto bastante degradado, em relação a sua composição e fisionomia originais, pela utilização como pastagens.

A destruição das matas foi, como na maior parte do Estado de São Paulo, consequência do surto cafeeiro. Atualmente, grandes partes destes cafezais foram abandonados ou deram origem a pastos.

Hoje a área de estudo é dominada por pastagens, ocorrendo ainda um pouco de café, sendo também de certa expressão a batata e a cebola em São Roque da Fartura.

3.5 – Condicionantes Climáticos

Segundo ABREU (1972) “a região estudada localiza-se em uma faixa de transição entre o domínio tropical, característico do Brasil Central e os quadros subtropicais do Brasil Meridional”.

As condições climáticas refletem a existência de um clima tropical, progressivamente influenciado pelas altitudes. Localmente, porém, a influência do relevo cria verdadeiros mesoclimas, diferenciados não pelo comportamento dos seus regimes térmicos e pluviométricos, mas pela diversidade de valores que os mesmos apresentam de um local a outro.

Adotando-se a classificação de Köppen, podemos distinguir para a região dois subtipos originados pelas influências locais do relevo: Cwa e Cwb,

caracterizando-se como climas tropicais de altitude com concentração de chuvas no verão (dezembro a março) e períodos secos no inverno (junho a agosto). A precipitação média anual varia de 1.400 a 2.000 mm.

O subtipo climático Cwb diferencia-se do Cwa por apresentar maiores valores pluviométricos e menores valores térmicos, ou seja, ele é mais úmido e menos quente que o Cwa. O Cwb ocorre no Planalto de Poços de Caldas e nas partes mais elevadas das zonas das serras, já o subtipo Cwa, abrange o Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata e as zonas mais rebaixadas das serras.

4 – PROCEDIMENTOS TÉCNICO - OPERACIONAIS

Após a definição do tema, da linha de pesquisa e da abordagem metodológica, foram desenvolvidas uma seqüência de atividades operacionais que permitiram a execução do estudo.

Os passos adotados no desenvolvimento desta pesquisa estão representados graficamente através do fluxograma apresentado a seguir, no qual buscou-se proceder à caracterização e análise da paisagem de maneira integrada na área de estudo.

Este fluxograma segue o roteiro metodológico proposto por LIBAULT (1971), que subdivide a pesquisa geográfica em quatro níveis (Figura 2):

Figura 2: Fluxograma

4.1 - Primeiro Nível: Compilatório

Neste primeiro nível foram realizadas pesquisas bibliográficas, levantamentos de dados e informações sobre a existência de cartas topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e documentos básicos produzidos por sensores remotos (fotografias aéreas e imagens de satélite). Após o reconhecimento do material disponível foram elaborados vários documentos.

4.1.1 – Carta Base

A base cartográfica foi elaborada a partir da compilação de quatro cartas topográficas do IBGE (1972) na escala 1:50.000.

A área abrange os seguintes quadrantes: SE da carta São João da Boa Vista, SW da carta Poços de Caldas, NE da carta Aguaí e NW da carta Pinhal. Delimita-se pelos paralelos 7564.000 e 7584.000 latitude S e pelos meridianos 310.000 e 334.000 longitude W.

Além das curvas de nível e suas respectivas cotas altimétricas que variam de 680 a 1620 metros, nesta carta encontra-se também representada a rede de drenagem.

As informações de base obtidas das cartas do IBGE foram digitalizadas através do SIG – IDRISI e tratadas no ARCVIEW. Com a conversão destes dados em dados digitais foi possível obter as cartas hipsométrica, clinográfica e o modelo numérico do terreno.

4.1.2 - Pesquisa Bibliográfica

Este levantamento acompanhou as várias etapas desta pesquisa dividindo-se em:

- ❑ Bibliografia teórica-metodológica realizada para apoiar o embasamento teórico e os procedimentos técnicos-operacionais do trabalho;
- ❑ Bibliografia específica sobre a área de estudo.

4.1.3 - Produção dos Dados Primários

Nesta fase da pesquisa foram realizados levantamentos e geração de mapas e dados e levantamentos de campo. Para a confecção das diversas cartas temáticas foi necessário realizar a interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite.

❑ Carta Hipsométrica

Esta carta foi elaborada a partir da carta topográfica base (1:50.000), levando-se em consideração as seguintes classes altimétricas:

< que 680 metros
680 – 750 metros
750 – 850 metros
850 – 950 metros
950 – 1050 metros
1050 – 1250 metros
1250 – 1350 metros
1350 – 1450 metros
1450 – 1550 metros
1550 – 1600 metros
> que 1600 metros

❑ Carta Clinográfica

A carta clinográfica é fundamental na delimitação das unidades geomorfológicas da área pesquisada, assim como, no estabelecimento das correlações com a

geologia, com as formas de relevo, com os solos e, com uso da terra/cobertura vegetal, auxiliando em todos estes mapeamentos. Baseado em DE BIASI (1992) e ROSS (1994) foram estabelecidas sete classes de declividade para a área de estudo:

< que 3%;
de 3 a 6%;
de 6 a 12%;
de 12 a 20%;
de 20 a 30%;
de 30 a 50%;
> 50%.

□ **Carta de Drenagem**

A partir da digitalização da rede de drenagem extraída das folhas do IBGE (Aguai, Poços de Caldas, Pinhal e São João da Boa Vista), escala 1:50.000, executou-se a avaliação da densidade de drenagem.

Com o cálculo da densidade de drenagem foi possível identificar as diferentes rugosidades topográficas.

□ **Informações Geológicas**

As informações geológicas da área pesquisada foram extraídas do MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO produzido pelo IPT (1981) e pelo PROJETO RADAMBRASIL (1983) - Folha Rio de Janeiro/ Vitória (escala 1:1.000.000). Através destas informações foi confeccionado um esboço geológico referente aos grandes tipos de rochas que servem de base ao relevo na área de estudo, indicando as características básicas do substrato rochoso.

❑ **Informações de Solos**

Os dados referentes aos solos da área de estudo foram obtidos através das informações apresentadas na Folha Rio de Janeiro/ Vitória (escala 1:1.000.000) do PROJETO RADAMBRASIL (1983). Estas informações serviram de base para a confecção de um esboço contendo os principais tipos de solos presentes na área de estudo.

❑ **Dados Climatológicos**

Os dados climatológicos foram obtidos através de informações do DAEE (1997). Foram analisados 3 postos pluviométricos distribuídos pela área de estudo. Através da apreciação destes dados foram analisadas as precipitações pluviométricas anuais, e também, a média mensal para o período mais chuvoso.

Ainda neste primeiro nível da pesquisa, após a confecção dos documentos cartográficos base e, da aquisição das informações do meio físico, como descritos acima, foi dado início a uma nova etapa.

Com a assimilação das informações do meio físico, com a interpretação das fotografias aéreas e imagens de satélite, e ainda, com as observações de campo, foram confeccionados os Mapas Geomorfológico e de Uso da Terra/ Cobertura Vegetal. Estes documentos cartográficos intermediários deram suporte a carta síntese, ou seja, à Carta de Fragilidade Potencial Natural.

❑ **Carta Geomorfológica**

A elaboração desta carta foi baseada na metodologia e na técnica de trabalho propostas por ROSS (1987 e 1992), conforme foi descrito no Capítulo 2. Sendo utilizados como base de informação os padrões de formas com a rugosidade topográfica.

As Unidades Geomorfológicas foram identificadas visualmente na imagem de satélite através dos diversos padrões de formas semelhantes, que se definem pelo

aspecto fisionômico da rugosidade topográfica ou das várias intensidades dos padrões de dissecação do relevo. Sendo que a cartografia geomorfológica baseou-se na identificação de "manchas" de padrões de formas de relevo semelhantes entre si, obedecendo a níveis taxonômicos.

Foram utilizados três níveis taxonômicos adaptando-se a nossa escala de trabalho (1:50.000). Segundo ROSS (1992), o primeiro taxon a ser identificado são as Unidades Morfoestruturais, o segundo taxon refere-se às Unidades Morfoesculturais, e o terceiro taxon representa as Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes.

Os procedimentos técnico-operacionais para a confecção da Carta Geomorfológica encontram-se mais detalhados no Capítulo 5 (item 5.3), onde estão descritos os produtos gráficos e cartográficos gerados.

□ **Carta de Uso da Terra/ Cobertura Vegetal**

A confecção desta carta é decorrência da interpretação das imagens de satélite e das informações obtidas em campo.

Foram elaboradas chaves de interpretação para auxiliar na identificação das informações presentes nas imagens orbitais. Estas chaves codificam as associações entre os padrões dos vários elementos (tonalidade, cor, textura, forma, etc.) presentes nas imagens, e levam à interpretação de dados em comum. Reunindo então, os padrões com características semelhantes das imagens em chaves de interpretação.

Desta forma, através das imagens LANDSAT foram identificadas "áreas homogêneas", ou seja, áreas com as mesmas características espectrais. Estas informações foram comparadas com a realidade de campo, e então, definidas as categorias de uso.

Buscando atender aos objetivos deste trabalho foi sugerida a seguinte categorização de legenda para o mapa de Uso da Terra/ Cobertura Vegetal:

- ❑ Mata
- ❑ Reflorestamento
- ❑ Pastagem Cultivada e em Pastos Naturais
- ❑ Agricultura de Ciclo Curto (batata, feijão, milho)
- ❑ Cana-de-açúcar
- ❑ Café
- ❑ Área Urbana

Assim como o Mapa Geomorfológico, o Mapa de Uso da Terra também se constitui num dos produtos intermediários desta pesquisa. Os procedimentos técnico-operacionais para a confecção da Carta Uso da Terra/ Cobertura Vegetal encontram-se descritos com maiores detalhes no Capítulo 5 (item 5.4).

4.2 – Segundo Nível: Correlatório

Nesta fase da pesquisa foram correlacionadas as informações analíticas da fragilidade do meio físico, englobando: clima, relevo, litologia, solos, uso da terra/ cobertura vegetal utilizando-se as três propostas metodológicas para a confecção dos Mapas de Fragilidade Natural. A aplicação destes três modelos será explicada e demonstrada no Capítulo 6.

4.3 - Terceiro Nível: Semântico (Interpretativo)

Nesta fase da pesquisa foram interpretadas as informações obtidas, buscando-se atingir os objetivos propostos. Este nível de abordagem contempla a análise e comparação dos três modelos de fragilidade. Nesta etapa da pesquisa os três modelos de Mapa de Fragilidade Ambiental foram confrontados entre si. Ou seja, é nesta parte do trabalho que se atingem os objetivos gerais desta pesquisa. Estes resultados serão demonstrados e analisados no Capítulo 7 deste trabalho.

4.4 - Quarto Nível: Normativo

O quarto nível desta pesquisa envolve a normatização da aplicação dos resultados. Esta fase apresenta a consequência da seleção e correlação das variáveis estudadas, formulando uma síntese do trabalho e, onde serão apresentados os resultados finais e as proposições demonstradas no Capítulo 8 deste trabalho.

5 – DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS GRÁFICOS E CARTOGRÁFICOS GERADOS

No decorrer da pesquisa foi elaborada uma série de documentos cartográficos e gráficos enumerados e analisados a seguir:

5.1 – Carta Hipsométrica

Para a construção de cartas hipsométricas não há uma convenção internacional para o estabelecimento das curvas a serem agrupadas. Na determinação do intervalo das isoípsas é mais importante uma análise da topografia da área a ser mapeada do que seguir regras gerais existentes.

Desta forma, esta carta foi elaborada a partir da carta topográfica base (1:50.000), considerando as seguintes classes altimétricas:

< que 680 metros
680 – 750 metros
750 – 850 metros
850 – 950 metros
950 – 1050 metros
1050 – 1250 metros
1250 – 1350 metros
1350 – 1450 metros
1450 – 1550 metros
1550 – 1600 metros
> que 1600 metros

Seguindo estas classes altimétricas propostas, os intervalos da carta hipsométrica variam de 100 em 100 metros, mas em três intervalos este critério foi modificado, face as experimentações efetuadas.

- Na classe de 680 a 750 metros o intervalo é menor, apenas 70 metros. Isto se justifica, pois sendo um intervalo muito representativo, procurou-se detalhar melhor esta faixa, diminuindo assim, este intervalo.
- Na classe de 1050 a 1250 metros o intervalo é de 200 metros. Este intervalo maior justifica-se por ser uma classe pequena, e portanto, de difícil visualização. Ampliando-se o intervalo foi possível uma melhor visualização.
- A classe de 1550 a 1600 metros é o menor intervalo, correspondendo a 50 metros. A redução deste intervalo propicia uma melhor representação dos topos.

Este Mapa Hipsométrico já foi apresentado anteriormente no Capítulo 3, na página 23 (Mapa 2).

5.2 - Carta Clinográfica

A elaboração da carta clinográfica tem como objetivo identificar e correlacionar as declividades com as formas de relevo e com o uso da terra. A classificação e o mapeamento da declividade do terreno são indispensáveis nos levantamentos de uso da terra e do relevo, e constituem elementos importantes no levantamento de sua potencialidade de utilização. Sendo assim, a declividade deve ser considerada como uma variável reveladora de aptidões e limitações de uso da terra.

Foram calculadas para área sete classes de declividade:

- < que 3%;
- de 3 a 6%;
- de 6 a 12%;
- de 12 a 20%;
- de 20 a 30%;
- de 30 a 50%;
- > 50%.

Estas classes seguiram os intervalos descritos por ROSS (1994), as quais são usadas internacionalmente nos mapeamentos dos tipos de solos, normatizados e aplicados no Brasil pela EMBRAPA, IBGE, RADAMBRASIL e outros. Adotou-se estas classes, por serem compatíveis para análise dinâmica do relevo e, também, por possibilitarem a identificação das áreas de maior ou menor risco de erosão, de acordo com a característica de fragilidade potencial que são inerentes a cada classe de declividade.

Este Mapa Clinográfico também já foi apresentado no Capítulo 3 deste trabalho, na página 25 (Mapa 3).

5.3 – Mapa Geomorfológico

A Carta Geomorfológica constitui-se num dos produtos intermediários para a construção da carta de fragilidade. Esta carta é resultante da análise das cartas clinográfica, dos elementos do relevo, de drenagem, das informações geológica e topográfica, dos resultados da interpretação das fotografias aéreas, imagens de satélite, e ainda, das informações obtidas em campo. Tem como objetivo mapear os compartimentos morfoestruturais e morfoesculturais da Bacia do Ribeirão da Prata e seus arredores e suas respectivas formas de relevo.

A metodologia e a técnica de trabalho para a confecção desta carta tiveram como apoio às propostas de ABREU (1982) e ROSS (1987 e 1992), conforme foi descrito no Capítulo 2. Foram utilizados como base de informação os padrões de formas com a rugosidade topográfica.

Inicialmente foi realizada a identificação visual dos diversos padrões de formas semelhantes, que se definem pelo aspecto fisionômico da rugosidade topográfica ou das diferentes intensidades dos padrões de dissecação do relevo. Desta forma, a cartografia baseou-se na identificação de "manchas" de padrões de formas de relevo semelhantes entre si.

Em primeiro plano foram cartografadas estas formas de diferentes tamanhos e em planos secundários, foram representadas a morfometria, a morfogênese e a morfocronologia, que tem vínculo direto com a tipologia das formas.

A cartografia e análise geomorfológica seguiram os pressupostos da metodologia proposta por ROSS (1990 e 1992), obedecendo a níveis taxonômicos.

O primeiro taxon corresponde às Unidades Morfoestruturais, que representam a maior extensão em área, e foram identificadas através da imagem de satélite. Na representação cartográfica cada Unidade Morfoestrutural é identificada por uma família de cor. Nesta área de estudo, foram apontadas duas Unidades Morfoestruturais:

1. Estrutura Circular Intrusiva de Poços de Caldas representada pela família de cor marrom e;
2. Faixa de Dobramentos do Cinturão Orogênico do Atlântico representada pela família de cor amarelo.

O segundo taxon refere-se às Unidades Morfoesculturais, as quais estão contidas em cada Unidade Morfoestrutural. Foram também identificadas na imagem de satélite e controladas com investigação de campo.

Estas Unidades morfoesculturais foram representadas pelos tons da família de cor preestabelecidas pelas Unidades Morfoestruturais. Como pode ser observado no mapa as duas Unidades Morfoesculturais: Planalto de Poços de Caldas e Serras da Borda do Maciço de Poços de Caldas foram representadas por tons diferenciados de marrom, justamente por estarem contidas na Unidade Morfoestrutural 1.

O terceiro taxon representa as Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes, as quais estão contidas nas Unidades Morfoesculturais. Estas unidades são definidas por conjuntos de tipologias de formas que guardam entre si elevado grau de semelhança quanto ao tamanho de cada forma e ao aspecto fisionômico. Estes padrões são caracterizados por diferentes intensidades de

dissecação do relevo, influenciados pelos canais de drenagem tanto temporário quanto perenes.

Esses Padrões de Formas Semelhantes foram identificados por conjuntos de letras símbolos acompanhados de um conjunto de algarismos arábicos, por exemplo, Dc₂₃. O conjunto de letras identifica a natureza genética dos Padrões de Formas Semelhantes, que podem ser "A" formas de Acumulação, representadas por planícies de diferentes gêneses (marinha, fluvial...) e "D" formas de Denudação, ou seja, esculpidas pelo desgaste erosivo, como morros, serras, etc. Conforme pode ser visto com melhor detalhe na tabela abaixo (Tabela 1).

Padrões de Formas do Relevo

FORMAS DE DENUDAÇÃO	FORMAS DE ACUMULAÇÃO
D – Denudação (erosão)	A – Acumulação (deposição)
Da – Formas com topos aguçados	Apf- Formas de planície fluvial
Dc – Formas com topos convexos	Apm – Formas de planície marinha
Dt – Formas com topos tabulares	Apl – Formas de planície lacustre
Dp – Formas de superfícies planas	Api – Formas de planície intertidal (mangue)
De – Formas de escarpas	Ad – Formas de campos de dunas
Dv – Formas de vertentes	Atf – Formas de terraços fluviais
	Atm – Formas de terraços marinhos

Tabela 1: Padrões de Formas do Relevo

Fonte: Modificado a partir do tema Geomorfologia do Projeto Radambrasil – MME/DNPM - 1982

A estes conjuntos de letras foram acrescidos algarismos arábicos extraídos da matriz dos índices de dissecação do relevo. Estes números foram obtidos através de medições da dimensão interfluvial média e do entalhamento médio dos vales, de acordo com a tabela apresentada abaixo (Tabela 2).

Esta tabela abaixo foi adaptada a partir da tabela proposta por ROSS (1994), ajustando-se os intervalos de cada classe. Tanto as classes de Entalhamento Médio dos Vales quanto às de Dimensão Interfluvial Média tiveram os valores de seus intervalos recalculados em função das características específicas da área de estudo.

Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo

DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA (CLASSES)	MUITO GRANDE (1)	GRANDE (2)	MÉDIA (3)	PEQUENA (4)	MUITO PEQUENA (5)
ENTALHAMENTO MÉDIO DOS VALES (CLASSES)	> 900m	750 A 900m	600 A 750m	450 A 600m	300 A 450m
Muito Fraco (1) (< de 40m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (40 a 80m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (80 a 160m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (160 a 240m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> de 240m)	51	52	53	54	55

Tabela 2: Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo – Escala 1:50.000

Fonte: Modificado a partir do tema Geomorfologia do Projeto Radambrasil - 1982

Organização: Christiane Spörl

Como resultado desta adaptação, obtivemos na tabela acima, uma matriz a qual representa os Índices de Dissecação do Relevo, demonstrando que quanto maior for o valor numérico expresso pelo conjunto dos dois algarismos arábicos, maior é a dissecação e vice-versa. Por exemplo, o conjunto de algarismo 34 representa um menor índice de dissecação do relevo que o conjunto dos algarismos 44.

O resultado da aplicação desta proposta metodológica pode ser verificado no Mapa Geomorfológico com legenda integrada apresentado a seguir.

Legenda Integrada do Mapa Geomorfológico

MORFO-ESTRUTURA		MORFO-ESCULTURA	MORFOLOGIA		LITOLOGIA	SOLOS
1- ESTRUTURA CIRCULAR INTRUSIVA DE POÇOS DE CALDAS			MODELADO	MORFOMETRI A		
				ALT. (m)	DECLIV.	
		1.1.Pl. de Poços de Caldas				
		1.1.1.	-Dc ₃₁ - Colinas amplas de topos convexos e vales profundos	1250 a 1450	3 a 12% > 12%	Fonolitos, traquitos e tinguaítos
		1.1.2.	-Dc ₃₄ - Colinas de topos convexos e vales profundos	1250 a 1550	6 a 20% > 20%	Fonolitos, traquitos e tinguaítos
		1.2. Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas				
		1.2.1. Serra do Monte Belo	-Da ₅₄ - Morros com topos aguçados com vales muito entalhados e com vertentes com altas declividades	950 a 1450	20 a 50% > 50%	Tufos rochas e piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos
		1.2.2. Serra do Marinho	-Da ₅₅ - Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio	850 a 1600	12 a 30% > 30%	Tufos rochas e piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos
		1.2.3. Serra do Chapadão	-Da ₅₅ - Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades	950 a 1350	20 a 50%	Tufos rochas e piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos
		1.2.4. Serra do Gavião	-Da ₅₂ - Morros de topos aguçados com vales fortemente entalhados e com vertentes com altas declividades	950 a 1620	20 a 50% > 50%	Tufos rochas e piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos
		1.2.5. Serra do Mirante/ do Deus-Me-Livre/ da Fartura	-Da ₃₃ - Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades	850 a 1250	20 a 50%	Tufos rochas e piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos
		1.2.6. Serra Paulista	-Da ₅₂ - Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio	850 a 1600	12 a 30% > 30%	Tufos rochas e piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos

Cambissolo alíco-textura argilosa, argila de atividade baixa

Cambissolo alíco-textura argilosa, argila de atividade baixa

Associação de terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)

Associação de terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)

Associação de terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)

Associação de terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)

Associação de terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)

Associação de terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)

2. FAIXA DE DOBRAMENTOS DO CINTURÃO OROGÊNICO DO ATLÂNTICO		1.2.7. Serra do Rio Claro	-Dc ₄₄ - Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio	750 a 1450	12 a 30% > 30%	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	<u>Associação de terra bruna estruturada eutrófica</u> - muito argilosa com material litólico (pedregoso)
		2.1. Planalto de São João da Boa Vista e Águas da Prata 2.1.1.	-Dc ₂₁ - Colinas amplas de topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com baixas declividades	850 a 950	6 a 12%	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	<u>Podzólico vermelho amarelo distrófico</u> - textura médio-argiloso à muito argiloso
		2.1.2.	-Dc ₃₅ - Colinas baixas com topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com pouca declividade	680 a 950	12 a 30% > 30%	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	<u>Podzólico vermelho amarelo distrófico</u> - textura médio-argiloso à muito argiloso
		2.1.3.	-Dc ₂₃ - Colinas baixas com topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com pouca declividade	680 a 950	3 a 12% > 12%	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	<u>Podzólico vermelho amarelo distrófico</u> - textura médio-argiloso à muito argiloso
		2.1.4.	-Dc ₄₄ - Morros com topos convexos, com vales de entalhamento médio e vertentes com altas declividades	950 a 1350	6 a 20% > 20%	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	<u>Podzólico vermelho amarelo distrófico</u> - textura médio-argiloso à muito argiloso

5.4 – Mapa de Uso da terra/ Cobertura Vegetal

Por uso da terra compreendemos como a forma pela qual o homem está ocupando o espaço. A carta de uso da terra nos fornece um quadro da situação em um determinado momento, e a partir da mesma, podemos analisar e avaliar como está sendo processada a ocupação da área de estudo.

Esta carta é resultante da interpretação das imagens de satélite e das informações obtidas em campo. Para o mapeamento das classes de uso da terra é necessário ter conhecimento das características espectrais dos alvos, da ocupação do espaço a ser analisado, assim como o seu comportamento temporal.

Nos casos de dúvidas com relação à interpretação da imagem de satélite foram consultadas as fotografias aéreas na escala 1:35.000 de 1983/84; faixas 39B, 40A, 40B, 41 e 41A.

Para o mapeamento das classes de uso da terra, através da imagem LANDSAT, foi necessária a utilização de alguns critérios de classificação como: tamanho, forma, localização e textura, e ainda, complementado com intenso trabalho de campo.

Com a finalidade de auxiliar o trabalho de identificação das informações contidas nas imagens orbitais foram elaboradas chaves de interpretação mediante um processo de comparação entre as características dos alvos identificados no campo com as características contidas na imagem e as apresentadas na chave de interpretação.

Com base nestas informações foram definidas as categorias de uso as quais foram agrupadas quanto suas homogeneidades.

Não há uma classificação de uso da terra que seja única e ideal, pois existem diferentes perspectivas no processo de classificação, e cada classificação é feita de forma a atender às necessidades dos usuários. Abaixo estão descritos os critérios de identificação das classes de uso da terra desta pesquisa.

Estas classes determinadas foram definidas conforme o detalhamento obtido pela imagem de satélite utilizada e confirmações de campo. E procurando atender aos objetivos desta pesquisa foi proposta a seguinte classificação de legenda para o mapeamento de Uso da Terra:

- ❑ Mata
- ❑ Reflorestamento
- ❑ Pastagem Cultivada e Pastos Naturais
- ❑ Agricultura de Ciclo Curto (batata, cebola, feijão, milho)
- ❑ Cana-de-açúcar
- ❑ Café
- ❑ Área Urbana

Estas categorias de uso foram propostas com o objetivo de diferenciar o grau de proteção que cada uma destas categorias proporciona ao solo. Utilizou-se então, uma classificação qualitativa de acordo com o grau de proteção fornecido pelos tipos de cobertura vegetal. Como pode ser ilustrado abaixo no Mapa de Uso da Terra/ Cobertura Vegetal (Mapa 8).

As categorias de uso identificadas no presente estudo são apresentadas a seguir, acompanhadas da descrição de seus aspectos mais relevantes.

5.4.1 - Mata

Compreende a classe de cobertura vegetal natural de porte arbóreo representada por diversos tipos fitofisionômicos encontrados na região, tais como, matas tropicais decíduas ou semidecíduas, matas perenifólias e formações mistas com araucárias. Este tipo de cobertura vegetal proporciona um grau muito alto de proteção aos solos, pois além de apresentar um dossel contínuo, apresenta também, estratos arbustivos mais baixos dando uma proteção ainda maior aos solos. E ainda, protege o solo com as folhas mortas, galhos secos e matéria orgânica em vários estágios de decomposição, com abundância de microrganismos, mantém o solo poroso, com estrutura ideal para absorver grandes quantidades de água. Este tipo de cobertura vegetal ocupa aproximadamente 21% da área, estando, principalmente, presente nas escarpas mais íngremes da região serrana, e nos topos mais salientes nos setores rebaixados do Planalto Atlântico (Figura 3).

Figura 3 : Fisionomia da Formações Florestais

Fonte: "Fronteira: O Brasil Meridional", Rio de Janeiro, 1996.

5.4.2 - Reflorestamento

São consideradas nesta categoria as formações florestais artificiais, disciplinadas e homogêneas, constituídas de espécies exóticas tais como *Pinus Eliots* e *Eucalyptus sp.*, destacando-se na área de estudo a primeira espécie citada. Aparecem organizadas em grandes áreas contínuas, ou em talhões menores e isolados em propriedades agrícolas, não voltadas exclusivamente à silvicultura. Este tipo de uso fornece um alto grau de proteção aos solos, diferenciando-se das matas por apresentar um dossel mais homogêneo, e por não apresentar um estrato arbustivo inferior, diminuindo assim, o grau de proteção aos solos. Ocupa aproximadamente 5% da área de estudo (Figura 4).

Figura 4: Fisionomia homogênea de áreas reflorestadas

Fonte: “Fronteira: O Brasil Meridional”, Rio de Janeiro, 1996.

5.4.3 - Pastagem Cultivada e Pastos Naturais

Nesta categoria estão incluídas as terras na qual a vegetação natural é predominantemente de campos (Planalto de Poços de Caldas), e também, áreas que tiveram suas matas originais degradadas (por exemplo: São João da Boa Vista). Atualmente estas áreas se caracterizam por plantas graminóides, ervas, arbustos e árvores dispersas, nas quais o pastoreio é o uso que tem influência marcante. Estão incluídas as pastagens naturais e cultivadas. Esta última é constituída por plantios de forrageiras para o pastoreio, onde houve desmatamento ou onde a pastagem foi formada conservando árvores dispersas com o objetivo de proporcionar sombras ao gado. Este tipo de cobertura vegetal proporciona um grau médio de proteção aos solos, pois as gramíneas, com sua densidade de hastes e sistema radicular, e ainda, pela sua capacidade de diminuir a intensidade de enxurrada são bem adaptadas no controle da erosão. Além de apresentar um estrato arbóreo bastante disperso e um estrato arbustivo os quais fornecem uma certa proteção ao solo. As pastagens ocupam cerca de 62% da área de estudo (Figura 5).

Figura 5: Fisionomia de áreas destinadas as pastagens

Autora: Andréa Spörl

Data: Junho/1999

5.4.4 - Cana- de -Açúcar

É uma gramínea (*Saccharum officinarum* L.) originária da Ásia. Seu sistema de cultivo é contínuo, ou seja, o cultivo desta planta é realizado anos seguidos na mesma parcela de terra. De modo geral, planta-se de outubro a março e colhe-se de maio a outubro, deixando, portanto, nesse período o solo exposto. Desta forma, durante um grande período do ano este tipo de cultura proporciona uma baixa proteção aos solos. Também se caracteriza por apresentar um tipo de cobertura bastante homogêneo, ocupando as terras suavemente amorreadas ou onduladas (Figura 6). Quando cultivada em curvas de nível/ terraciamento, proporciona ao solo uma proteção um pouco maior. Na área de estudo este tipo de cultivo ocupa uma parcela muito pequena, sendo que, não chega a representar 1% da área total.

Figura 6: Aspecto de uma área destinada a cana-de-açúcar
Fonte: “Fronteira: O Brasil Meridional”, Rio de Janeiro, 1996.

5.4.5 - Agricultura de Ciclo Curto

Fazem parte desta categoria as áreas de culturas anuais, entendidas como sendo as terras preparadas para o plantio com culturas de ciclo curto, colhidas a cada ano, ocupando o terreno durante aproximadamente 5 meses do ano, normalmente no período chuvoso (outubro a março). Para a área de estudo são englobados nesta categoria os seguintes tipos de cultura: o milho, o feijão, a batata e a cebola. Na maioria das propriedades dessa região as terras dedicadas a cultivos temporários são cultivadas por um sistema de rotação – ora de cultivos, ora de campo – em que pelo menos de três em três anos, as terras são deixadas em descanso, sob forma de pastagens. Este tipo de uso fornece aos solos um baixo grau de proteção, principalmente, por estar com o solo exposto boa parte do ano. Na área de estudo há o predomínio da cebola e da batata, essa última é característica da zona de serras (São Roque da Fartura e Cascata), já a cebola ocupa as terras de baixadas e fundo de vales. Esta categoria de uso ocupa aproximadamente 5% da região (Figuras 6 e 7).

Figura 7: Colina com plantação de batata

Autora: Andréa Spörl

Data: Janeiro/1999

Figura 8: Á frente área com cultivo de cebola

Autora: Andréa Spörl

Data: Janeiro/1999

5.4.6 - Café

É classificado como cultura perene e constituído por árvores ou arbustos de vida produtiva longa, ou seja, ciclo longo entre o plantio e a remoção dos talhões, das quais são aproveitados normalmente os frutos. São cultivados preferencialmente nas encostas médias e altas e nos espigões e topos de morros. São nas superfícies bastante dissecadas, nos contrafortes da Serra da Fartura, que se encontram as maiores porcentagens de terras dedicadas ao cultivo do café. Esse apresenta um baixo grau de proteção aos solos, pois são culturas de baixa densidade e com solo exposto entre ruas. Ocupa aproximadamente 3% da área total (Figura 9).

Figura 9: Parte inferior do morro e média encosta com cultivo de café
Autora: Andréa Spörl
Data: Junho/1999

5.4.7 – Área Urbana

Fazem parte desta categoria as áreas edificadas com infra-estrutura, geralmente as sedes dos municípios. Nesta pesquisa não foram classificadas quanto ao grau de proteção aos solos, pois para classificar estas áreas seria necessário distinguir os padrões de urbanização quanto à impermeabilidade, as áreas verdes, a infra-estrutura como canalizações das águas pluviais, asfaltamentos, guias, etc, não fazendo parte da proposta deste trabalho. A área pesquisada apresenta duas áreas urbanas: São João da Boa Vista e Águas da Prata, ocupando 4% da área de estudo.

A distribuição do uso da terra desta região pode ser melhor visualizada no gráfico apresentado a seguir (Gráfico 1).

Gráfico 1: Distribuição do Uso da Terra na Área de Estudo / 1997

Fonte: Mapa de Uso da Terra/ Cobertura Vegetal

Organização: Christiane Spörl

Através dos dados apresentados no gráfico acima podemos definir a área de estudo como de economia agropastoril, sendo que há uma predominância muito forte da atividade pastoril. Este predomínio de terras destinadas às pastagens (62%) pode ser justificado em parte pela história, mas principalmente, pelas características geológica, pedológica, geomorfológica e climatológica da área em questão.

A Mata Tropical, vegetação original dominante da área, já foi praticamente devastada. A destruição da mata foi, como na maior parte do Estado de São Paulo, consequência do surto cafeeiro. Hoje, tem-se apenas vestígio destas matas nas serras e em encostas mais íngreme, ou em topos de morros.

Estas áreas ocupadas anteriormente com o café apresentam-se atualmente cansadas pela agricultura tradicional e vítimas da erosão, principalmente por causa da exaustão dos solos e dos acentuados declives. Sendo assim, hoje grande parte destes cafezais foram abandonados dando origem a pastos.

Além dos fatores históricos apresentados acima, as características naturais da área em questão também podem justificar este predomínio das pastagens na região.

A área de estudo caracteriza-se pela justaposição de três paisagens topográficas diferentes, oferecendo assim uma série de quadros naturais que apresentam possibilidades agrícolas diferenciadas. Sendo assim, podemos distinguir três compartimentos com relação as suas características naturais. Esta divisão segue aquela mesma diferenciação dos compartimentos geomorfológicos:

□ **Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata**

Área marcada pelo contato dos terrenos da Depressão Periférica e do Planalto Atlântico, representada por superfície de colinas suavizadas a oeste que paulatinamente tornam-se mais dissecadas à medida que avança-se para leste. Com altitudes que variam entre 680 e 950 metros, sendo caracterizado por rochas gnaisses. Nesta região o café ocupa as áreas de relevo mais dissecado, instalando-se nos topos ou encostas altas, pois são áreas menos sujeitas a geadas. Já as encostas baixas e os fundos de vales são sempre reservados às pastagens. No entanto, observando-se o Mapa de Uso da Terra verifica-se que nessa faixa atualmente há um predomínio das pastagens, pois como já foi dito anteriormente, o cultivo de café foi bastante expressivo em fins do século passado e princípios do atual, restando apenas poucos vestígios ultimamente. O café foi sendo substituído pelas pastagens

□ **Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas**

São caracterizadas por escarpas relativamente íngremes e espigões, os quais correspondem as chamadas serras (Serras da Fartura, do Quartel, do Mirante etc). Apresentam altitudes que oscilam entre 950 e 1600 metros. Área constituída por rochas piroclásticas e sienitos, onde o solo dominante é a Terra Bruna Estruturada associada aos Litólicos. Nesta área de serras, graças as fortes declividades, são encontradas boa parte dessas ainda preservadas, recobertas pela vegetação original. E também, em função destas características naturais de

zona serrana e de solos bem supridos de matéria orgânica e de água, em São Roque da Fartura e Cascata há o destaque do cultivo da batata, ocupando sempre as terras mais altas dessa região.

□ **Planalto de Poços de Caldas**

Área formada pelo maciço de rochas alcalinas, onde há o predomínio dos cambissolos altamente intemperizados e de baixa fertilidade. Situa-se entre as cotas de 1.000 a 1.400 metros, trechos menos dissecados, de topografia ondulada. Apresenta uma paisagem de formações campestres, com predomínio de gramíneas de pequeno porte. Devido à baixa fertilidade e ao excesso de alumínio dos seus solos é recomendado para esta área como uso mais adequado a pecuária e o reflorestamento. No entanto, atualmente a posição do homem frente a esses solos vem alterando-se, depois de utilizar os solos férteis da encosta do planalto, os bataticultores da região voltam-se para essas terras de campos, passíveis de recuperação pela adubação e correção química, e pela facilidade de mecanização face a sua topografia.

Desta forma, pode-se verificar que as características naturais e a história da área de estudo justificam seu uso voltado predominantemente para as pastagens.

5.5 – Dados Climatológicos

As informações climatológicas, principalmente a precipitação, são de fundamental importância para a análise da fragilidade, em função da sua ação direta na dinâmica do sistema ambiental. A distribuição da precipitação regula o regime hídrico e, por conseguinte, é um limitante ecológico para a fauna e flora de um ecossistema. Por outro lado, a precipitação participa diretamente na evolução das formas de relevo por meio do intemperismo e da erosão, principalmente, pluvial e fluvial.

Desta forma, os estudos de climatologia subsidiam os conhecimentos sobre os solos, a dinâmica do relevo, assim como, dão suporte ao entendimento da

distribuição da cobertura vegetal e, ao comportamento do regime hídrico dos rios.

Para subsidiar esta análise sobre as características das chuvas da região foram avaliados três postos pluviométricos distribuídos pela área de estudo. A tabela abaixo lista estes postos (Tabela 3):

Postos Pluviométricos

MUNICÍPIO	NOME E PREFIXO DOS POSTOS	BACIA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (M)	DATA DE INSTALAÇÃO
Águas da Prata	Cascata (CMEF)/ C3-006	Quartel	21° 51'	46° 39'	1220	Ago/ 1936
Águas da Prata	São Roque da Fartura / C3-043	Fartura	21° 50'	46° 45'	1310	Mar/ 1972
S. João da Boa Vista	S. João da Boa Vista/ C3-031	Jaguari -Mirim	21° 57'	46° 47'	740	Mai/ 1943

Tabela 3 : Postos Pluviométricos operados pelo DAEE – Março/ 1997

Fonte: CD-ROM DAEE/ 1997

Organização: Christiane Spörl

Na área de estudo a compartimentação do relevo, especialmente através do fator altitude, vai comandar as expressões quantitativas locais do ritmo pluviométrico regional. Já que a área em questão é marcada por três conjuntos morfoesculturais, dispostos subseqüentemente, justificando-se então, fazer a análise climatológica em função de um eixo perpendicular a esta compartimentação.

Sendo assim, estes três postos pluviométricos citados na tabela acima foram escolhidos para serem analisados por localizarem-se respectivamente cada um em um compartimento geomorfológico, ou seja, topografias, declividades, solos e densidade de drenagens diferenciadas. Sendo que, para o Planalto de São João da Boa Vista – Águas da Prata será avaliado o Posto C3-031; para as Serras da Borda Intrusiva do Planalto de Poços de Caldas, o Posto C3-043; e para o Planalto de Poços de Caldas, o Posto C3-006. Desta forma, serão individualizadas as características climatológicas de cada compartimento geomorfológico.

No entanto, não há dados disponíveis para o mesmo período de tempo para os três postos pluviométricos selecionados. O único posto localizado nas imediações do Planalto de Poços de Caldas, Posto C3-006, foi desativado em fevereiro de 1972. Assim, para cada um dos três postos pluviométricos estão disponíveis informações referentes aos seguintes períodos:

- C3-006 – De 1937 a 1972
- C3-031 – De 1944 a 1997
- C3-043 – De 1973 a 1997

Foram então avaliadas as características das precipitações da região para um período de 20 anos para cada um dos três postos pluviométricos. Foram analisadas e comparadas as precipitações pluviométricas médias anuais e totais mensais entre os anos de 1977 e 1997 para os Postos C3-031 e C3-043, localizados respectivamente, no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata, e na região serrana. E para o Posto C3-006, situado no Planalto de Poços de Caldas, por se tratar de um posto desativado com informações restritas (até 1971), seus dados só puderam ser comparados com dados do posto C3-031, para o período de 1951 à 1971.

Desta forma, foram realizadas duas comparações para avaliar as precipitações pluviométricas médias anuais, a primeira para o período de 1977 à 1997 para os postos C3-031 e C3-043 (Gráfico 2), e a segunda comparação para o período de 1951 à 1971 entre os postos C3-031 e C3-006 (Gráfico 3).

Gráfico 2 : Valores de chuva anual para os postos C3-031 e C3-043 entre 1977 e 1997

Fonte: CD-ROM DAEE/1997

Organização: Christiane Spörl

Através da comparação apresentada no gráfico 2 acima, observa-se que a precipitação pluviométrica anual do posto C3-031, localizado no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata a 740 m de altitude, varia entre 894 mm para o ano mais seco, e 1.919,2 mm para o ano mais chuvoso. Já para o posto C3-043, situado nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas a 1.310 m de altitude, a precipitação anual varia entre 1.268,4 mm para o ano mais seco, e 2.558,9 mm para o ano mais chuvoso. Os dois postos pluviométricos apresentam diferenças marcantes entre o ano com maior precipitação e o de menor. Para o posto C3-031 esta diferença chega a 1.025,2mm, e para o C3-043 é de 1.290,5mm.

Para este período de 20 anos avaliado, o posto C3-031 apresenta uma precipitação média de 1.533,3 mm, já o posto C3-043 1.893,8 mm.

Estes dados apresentados acima identificam características diferenciadas com relação às chuvas anuais para os dois compartimentos geomorfológicos comparados. O Posto C3-043 apresenta totais pluviométricos maiores decorrente da sua localização, situado em uma área com maiores altitudes e relevo mais

dissecado, em forma de morros, propiciando então, uma pluviosidade maior. Já o Posto C3-031, situado em uma região de menores altitudes, relevo de baixas colinas, apresenta totais pluviométricos menores. A altitude é o principal fator responsável sobre esta distinção verificada das características pluviométricas.

Abaixo está representado o gráfico com a comparação entre os postos C3-031 e C3-006, situados respectivamente, no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata, e no Planalto de Poços de Caldas, que indicam as precipitações pluviométricas médias anuais para o período de 1951 a 1971 (Gráfico 3).

Gráfico 3: Valores de chuva anual para os postos C3-031 e C3-006 entre 1951 e 1971

Fonte: CD-ROM DAEE/1997

Organização: Christiane Spörl

O posto pluviométrico C3-006 é o único localizado no Planalto de Poços de Caldas, este posto além de apresentar dados apenas até 1971, suas medições não são confiáveis para os anos de 1952, 1953 e 1954. Os valores apresentados para estes três anos são muito contrastantes com os demais, portanto, para a comparação realizada entre os postos C3-031 e C3-006 foram apenas considerados os dados a partir de 1955 (período de 17 anos).

O gráfico 3 apresenta a comparação entre a precipitação pluviométrica anual do posto C3-031, localizado a 740 m de altitude, e o posto C3-006, situado no Planalto de Poços de Caldas a 1.220 m de altitude.

O posto C3-031 apresenta uma precipitação anual variando entre 984,4 mm, para o ano mais seco, e 1.853,1 mm para o ano mais chuvoso. Para o posto C3-006 a precipitação anual oscila entre 1.401,5 mm para o ano mais seco, e 3388,3 mm para o ano mais chuvoso.

A precipitação média, para o período de 17 anos analisados, é de 1489,9 mm para o posto C3-031, e de 2.081,2 mm para o C3-006.

Diferenças acentuadas são apresentadas para os dois postos pluviométricos entre o ano com maior precipitação e o de menor. Para o posto C3-031 a diferença é de 868,7 mm, e para o C3-006 é de 1.986,8 mm. Esta grande variação apresentada no posto C3-006 entre o ano com maior precipitação e o de menor é equivalente a quase a média de um ano todo de chuva que é 2.081,2 mm.

As informações apresentadas acima identificam características distintas com relação às precipitações anuais para os dois compartimentos geomorfológicos confrontados. No Posto C3-006 os totais das chuvas são maiores decorrentes das grandes altitudes da área, e o Posto C3-031, situado numa região de menores altitudes, apresenta totais pluviométricos menores.

A fim de compreender o comportamento sazonal das chuvas, abaixo estão apresentados gráficos com a avaliação da distribuição pluviométrica ao longo do ano para cada um dos três postos pluviométricos: C3-006, C3-031 e C3-043. Foram selecionados para serem avaliados o ano mais chuvoso de cada um destes postos pluviométrico.

Assim, abaixo está apresentado o gráfico de barras demonstrando a distribuição pluviométrica ao longo do ano de 1966 (ano mais chuvoso) para o Posto C3-006 (Gráfico 4).

Gráfico 4: Totais pluviométricos do posto C3-006, localizado no Planalto de Poços de Caldas, para o ano de 1966

Fonte: CD-ROM DAEE/1997

Organização: Christiane Spörl

O gráfico acima apresenta três períodos distintos para a distribuição das chuvas ao longo do ano. Um período bastante chuvoso, que se inicia em outubro e estende-se até janeiro, quando ocorre aproximadamente 65% do total anual das chuvas. Apresentando uma precipitação pluviométrica média entre 390 a 660 mm. Outro período menos chuvoso, entre fevereiro e abril, quando a precipitação média varia de 280 a 330 mm. E outro período bastante seco, entre os meses de maio a setembro, em que os índices pluviométricos variam entre 0 e 150 mm. Neste período marcadamente seco não houve ocorrência de chuvas entre os meses de junho a agosto.

Abaixo está representado o gráfico com a distribuição pluviométrica ao longo do ano de 1983 (ano mais chuvoso) para o Posto C3-031 (Gráfico 5).

Gráfico 5: Totais pluviométricos do posto C3-031, localizado no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata, para o ano de 1983

Fonte: CD-ROM DAEE/1997

Organização: Christiane Spörl

O gráfico acima caracteriza-se por apresentar dois períodos contrastantes com relação a distribuição das chuvas ao longo do ano. Um período chuvoso entre os meses de setembro a maio, quando as precipitações variam entre 100 e 353 mm. Sendo o mês de dezembro o mais chuvoso do ano, com índice pluviométrico de 352,5 mm. E outro período seco, entre os meses de junho a agosto, com índices pluviométricos variando entre 1 e 97 mm.

Abaixo verifica-se o gráfico do Posto C3-043 demonstrando a distribuição pluviométrica ao longo do ano de 1983, ano mais chuvoso (Gráfico 6).

Gráfico 6: Totais pluviométricos do posto C3-043, localizado nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas, para o ano de 1983

Fonte: CD-ROM DAEE/1997

Organização: Christiane Spörl

Através do gráfico 6 nota-se que a distribuição das chuvas no decorrer do ano acontece de forma heterogênea. Dividindo-se em dois períodos distintos: um chuvoso entre os meses de setembro a maio, quando as precipitações variam entre 140 e 485 mm. Sendo que os meses de dezembro e janeiro apresentam índices de chuva bastante elevados. E outro período seco, de junho a agosto, com a pluviosidade oscilando entre 8 e 114 mm.

Após esta análise sucinta das precipitações, constata-se que a compartimentação do relevo, especialmente, através do fator altitude, vai comandar as expressões quantitativas locais do ritmo regional. Sendo que a região do Planalto de Poços de Caldas e as áreas mais elevadas da zona serrana são bastante úmidas. E a região do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata apresentam índices pluviométricos menores. Com relação ao ritmo das chuvas a área é de caráter marcadamente tropical, com concentração de chuvas no verão e períodos de secas no inverno.

Sendo assim, as características climatológicas da área refletem a compartimentação topográfica da região e uma irregularidade expressiva em seu comportamento, especialmente em seu ritmo hidrológico. Há um período característico de carência de precipitações, correspondendo ao semestre de inverno e que diminui de intensidade com a altitude. Nesta época as chuvas apresentam-se escassas e mobilizam pouco volume de água, tendo um papel modesto na morfogênese. No entanto, nesta época de estiagem, algumas poucas vezes podem ocorrer precipitações maiores, como pode ser observado no Gráfico 6, em que o posto C3-043 apresenta um índice elevado de chuva para o mês de maio (233,6 mm). O solo nesta época do ano encontra-se menos protegido pela cobertura vegetal. Ao apresentar material detrítico mais solto pelo ressecamento, sofre processos expressivos de erosão, quando ocorrem chuvas ocasionais intensas em pleno período seco.

As chuvas são o principal fator climático que exerce influencia sobre a erosão mecânica dos solos. E a sua intensidade é o fator mais importante, quanto maior a intensidade de precipitações, maior a perda de solos por erosão. A intensidade das precipitações (volume) associada à sua frequência (concentração em alguns meses do ano) são fatores decisivos para os processos erosivos. Nas regiões com características climatológicas semelhantes às apresentadas acima, onde as chuvas são abundantes e mal distribuídas ao longo do ano, no período de estiagem a ação das chuvas fortes ocasionais, bem como, as primeiras chuvas da passagem da estação seca para a chuvosa (setembro), podem tornar-se desastrosas. Neste período de estiagem as áreas rurais têm seus solos apenas preparados para o cultivo e totalmente expostos a erosão. Sendo assim, a intensidade da erosão irá depender da quantidade/intensidade das chuvas que ocorrerem durante o período em que essas culturas e as práticas de manejo apresentarem uma proteção mínima ao solo.

Os índices pluviométricos variando entre 1.400 a 3.000 mm/ano revelam que a área de estudo está sujeita a um regime de alta pluviosidade, como observado por MONTEIRO (1973). Seguindo-se a classificação de Köppen, a região estudada é dividida em dois subtipos originados pelas influências locais do relevo: Cwa e Cwb, caracterizando-se como climas tropicais de altitude com concentração de chuvas no verão (dezembro a março) e períodos secos no inverno (junho a agosto). A precipitação média anual varia de 1.400 a 2.000 mm.

Sendo que o subtipo climático Cwb diferencia-se do Cwa por apresentar maiores valores pluviométricos e menores valores térmicos, ou seja, ele é mais úmido e menos quente que o Cwa. O Cwb ocorre no Planalto de Poços de Caldas e nas partes mais elevadas das zonas das serras, já o subtipo Cwa, abrange o Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata e as zonas mais rebaixadas das serras.

Neste contexto, pode-se considerar que o volume de chuvas anuais, associado ao comportamento de sua distribuição anual, apresenta marcadamente alto potencial de erosividade. Pode-se distinguir empiricamente pelo menos duas categorias climáticas frente aos processos morfodinâmicos atuais, sendo uma de menor intensidade erosiva, e outra de maior intensidade. Assim sendo, considera-se que o compartimento do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata o potencial de erosividade é menor que as dos compartimentos das Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas e do Planalto de Poços de Caldas, onde o potencial de erosividade é maior.

No contexto da análise da fragilidade aos processos morfodinâmicos atuais, segundo os modelos propostos por ROSS (1994) e pelo INPE (1996), a menor erosividade recebe pontuação 1, e a maior erosividade pontuação 3, no modelo do INPE (1996), e 5 no modelo de ROSS (1994). Ficando deste modo estabelecido para o Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata pontuação 1,5, segundo o modelo do INPE (1996) e pontuação 3, segundo modelo de ROSS (1994). Para as Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas ficou-se estabelecido pontuação 1,7 pelo modelo do INPE (1996) e 5, segundo o modelo proposto por ROSS (1994). E para o Planalto de Poços de Caldas pontuação 2,0, segundo o INPE (1996) e 5, segundo ROSS (1994).

6 – APLICAÇÃO DOS TRÊS MODELOS DE ANÁLISE AMBIENTAL DA FRAGILIDADE RELEVO - SOLO

Neste capítulo estão apresentados os procedimentos para a confecção do Mapa de Fragilidade dos Ambientes Naturais utilizando-se as três alternativas metodológico-operacionais, e conseqüentemente, a apresentação e a análise destes produtos cartográficos.

6.1 – Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nos Índices de Dissecação do Relevo

Para análise da fragilidade potencial natural é necessário que os conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, e sempre calcados no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas.

Segundo ROSS (1994) as unidades de fragilidade dos ambientes naturais devem ser resultantes dos levantamentos básicos de geomorfologia, geologia, solos, vegetação, uso da terra, fauna e clima. Esses elementos tratados de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Abaixo estão descritos os procedimentos operacionais indicados em ROSS (1994) para a execução do produto cartográfico síntese que identifique manchas de diferentes padrões de fragilidade potencial.

Após terem sido concluídos todos os levantamentos básicos de solos, índices de dissecação do relevo, cobertura vegetal e análise climatológica, ROSS (1994) propõe uma hierarquização em cinco classes de agrupamentos como descritos a seguir:

6.1.1 - Solos

Para os critérios de hierarquização da variável solo, foram considerados os tipos de solos encontrados na área de estudo, comparando-os com as classes de fragilidade dos solos apresentada na Tabela 4 proposta por ROSS (1994).

Nesta tabela é levada em consideração as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/ espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Assim, os vários tipos de solos são classificados conforme sua fragilidade, de acordo com estes itens citados acima, em cinco categorias hierárquicas. Estas categorias vão desde a classe de fragilidade muito baixa até a muito forte, conforme apresentado na tabela abaixo (Tabela 4).

Classes de Fragilidade dos Solos

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

Tabela 4: Classes de Fragilidade dos Solos

Fonte: Elaborado com base em ROSS (1994)

Organização: Christiane Spörl

OBS: Os tipos de solos em negrito acima são aqueles encontrados na área de estudo

Desta forma, estabeleceu-se uma relação entre os tipos de solos identificados na área de estudo com as características e com as classes de fragilidade apresentadas nesta tabela.

6.1.2 – Índices de Dissecação do Relevo

Foram tomados como referencial morfométrico a matriz dos Índices de Dissecação do Relevo desenvolvido por ROSS (1992), baseadas na relação da densidade de drenagem/ dimensão interfluvial média.

A partir desta matriz foram estabelecidas categorias de influência de Muito Fraca a Muito Forte, conforme pode ser observado na tabela abaixo (Tabela 5).

Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo

DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA (CLASSES)	MUITO GRANDE (1)	GRANDE (2)	MÉDIA (3)	PEQUENA (4)	MUITO PEQUENA (5)
ENTALHAMENTO MÉDIO DOS VALES (CLASSES)	> 900m	750 A 900m	600 A 750m	450 A 600m	300 A 450m
Muito Fraco (1) (< de 40m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (40 a 80m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (80 a 160m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (160 a 240m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> de 240m)	51	52	53	54	55

Tabela 5: Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo – Escala 1:50.000

Fonte: Modificado a partir do tema Geomorfologia do Projeto Radambrasil – MME/DNPM – 1982 e ROSS – 1992/1994

Organização: Christiane Spörl

Na página seguinte encontra-se representada graficamente esta Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo (Figura 10).

Figura 10: Padrões de Dissecação do Relevo (A) e exemplos de Padrões de Dissecação (B) aplicável para escala 1:50.000

Fonte: Adaptado de ROSS "Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs", in: GUERRA, A. T. CUNHA S.B. "Geomorfologia e Meio Ambiente". Rio de Janeiro, 1996.

Seguindo como referencial esta matriz as categorias morfométricas foram assim classificadas:

Classes de Dissecação do Relevo

1 - Muito Fraca	11
2 - Fraca	21, 22, 12
3 - Média	31, 32, 33, 13, 23
4 - Forte	41, 42, 43, 44, 14, 24, 34
5 - Muito Forte	51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45

Tabela 6: Classes de Dissecação do Relevo
Fonte: Elaborado com base em ROSS (1994)
Organização: Christiane Spörl

6.1.3 – Uso da Terra / Cobertura Vegetal

Para a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal a carta de Uso da Terra foi imprescindível. Através de "manchas" identificadas pelos diferentes tipos de usos, assim como, mata, pastagem, agricultura de ciclo curto, etc. foram estabelecidos graus de proteção aos solos.

Baseando-se em critérios propostos por ROSS (1994) estabeleceu-se uma hierarquização obedecendo à ordem decrescente quanto a capacidade de proteção aos solos, conforme verificado na tabela abaixo (Tabela 7).

Graus de Proteção do Solo Segundo a Cobertura Vegetal

GRAUS DE PROTEÇÃO	TIPOS DE COBERTURA VEGETAL
1 - Muito Alto	Mata
2 - Alto	Reflorestamento
3 - Médio	Pastagem cultivada e em pastos naturais
4 - Baixo	Agricultura temporária, Café e Cana-de-açúcar

Tabela 7: Graus de Proteção do Solo Segundo a Cobertura Vegetal
Fonte: Elaborado com base em ROSS (1994)
Organização: Christiane Spörl

As áreas recobertas por Mata oferecem proteção muita alta ao impacto das chuvas enquanto as áreas recobertas por Reflorestamento conferem um grau pouco menor (grau alto) de proteção aos solos. Estes dois tipos de cobertura vegetal protegem os solos da ação erosiva das chuvas mantendo-os em situação estável, sendo assim, estas áreas são classificadas como de Fragilidade Potencial, ou seja, apresentam potenciais à ocorrência de processos morfodinâmicos agressivos face a sempre probabilidade das intervenções humanas.

Já as áreas destinadas as Pastagens oferecem proteção média aos solos e as Culturas de Ciclo Curto, Cana-de-Açúcar e Café proteção baixa aos solos. Desta forma, as áreas com estes tipos de uso são classificadas como de Fragilidade Emergente, ou seja, estas características de uso da terra geram situações de desestabilização alterando o equilíbrio dinâmico.

6.1.4 – Climatologia

Os dados climatológicos, principalmente as chuvas, são de fundamental importância para a análise da fragilidade decorrente da sua ação direta na dinâmica do sistema ambiental. A ação das chuvas, principalmente quando concentradas em pequenos períodos, é um importante elemento modificador por regular e ativar todos os processos morfodinâmicos contribuindo diretamente para acelerar os processos erosivos.

Desta forma, a distribuição e a intensidade das chuvas ao longo do ano são fatores decisivos no processo de intemperismo de rochas e solos, ou seja, são fundamentais para a análise da fragilidade ambiental.

Face a grande variação pluviométrica apresentada na área de estudo pelos três compartimentos do relevo, levou-se então em consideração mais esta variável para análise da fragilidade ambiental.

Foram estabelecidos níveis hierárquicos às características climatológicas de acordo com a maior ou menor intensidade do efeito pluviométrico sobre os processos morfodinâmicos tendo como subsídio

os principais domínios climáticos que ocorrem no território brasileiro. Sendo assim, os comportamentos pluviométricos obedeceram a uma hierarquização de ordem crescente quanto a capacidade de interferência da estabilidade do ambiente. Estas categorias vão desde a classe de fragilidade muito baixa até a muito forte, conforme apresentado na tabela abaixo (Tabela 8):

Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos

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

Tabela 8 : Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos (Definidos por ROSS 2000 – inédito)

Organização: Christiane Spörl

OBS: Os comportamentos pluviométricos em negritos são aqueles característicos dos três compartimentos geomorfológicos da área de estudo

Desta forma, a partir da composição das relações das variáveis:

- Índices de Dissecação do Relevo - categorias hierárquicas muito fraca (1) a muito forte (5);
- Solos - classes de fragilidade muito baixa (1) a muito forte (5);
- Cobertura Vegetal - graus de proteção muito alto (1) a muito baixo/ nulo (5);
- Pluviosidade - categorias hierárquicas muito fraca (1) a muito forte (5).

Foi então estabelecida uma classificação da fragilidade através da correlação entre estes quatro planos de informação composta pelas categorias e dígitos acima mencionados. O primeiro relacionado ao relevo, o segundo ao solo, o terceiro à cobertura vegetal/uso da terra e o quarto a pluviosidade.

Da combinação desses conjuntos arábicos entre si do tipo 1111, 1213, 2345, 3423 até 5555, foi possível hierarquizar os graus de fragilidade natural. Por exemplo, o conjunto numérico 1111 representa uma área com relevo de dissecação muito fraca, solos de muito fraca erodibilidade, recoberto por mata e com uma situação pluviométrica regular com volumes próximos de 1.000mm/ano. Já o conjunto numérico 5555 apresenta todas as variáveis desfavoráveis, como por exemplo, uma área com um relevo fortemente dissecado, com solos muito frágeis aos processos erosivos, desprovida de cobertura vegetal, e ainda, com situações pluviométricas com distribuição irregular e volumes superiores a 2.500mm/ano.

Neste intervalo entre áreas que apresentam uma fragilidade muito fraca até uma fragilidade muito forte, encontram-se áreas intermediárias, como as citadas a seguir: Por exemplo, uma área com classificação 3343 apresenta um relevo medianamente dissecado (3), com solos podzólicos medianamente frágeis aos processos erosivos (3), destinada ao cultivo de café proporcionando uma baixa proteção aos solos (4), e pluviosidade média (3). Desta forma, esta área foi classificada como grau de fragilidade médio apresentando um índice 3343.

Já outra área com uma classificação 3535, corresponde a um relevo medianamente dissecado (3), com solos muito frágeis aos processos erosivos (5),

recobertos por pastagens oferecendo proteção média aos solos (3), e apresentando índices pluviométricos muito elevados (5). Esta área também foi classificada com um grau de fragilidade médio. Ao se comparar as duas, apesar de apresentarem o grau de fragilidade próximos, os seus índices 3343 e 3535 representam níveis sutis de graduação. Isto quer dizer que quanto maior a associação numérica (relevo/solos/vegetação/pluviosidade) maior o grau de fragilidade potencial na relação relevo-solo face aos processos erosivos de um lado, e a potencial perda de qualidade das águas de superfície de outro.

Estes índices apresentados acima identificam as áreas com diferentes graus de instabilidade, evidenciando aquelas que foram poupadas da ação humana e permanecem em estado de equilíbrio dinâmico; e aquelas áreas, que sofreram alteração deste equilíbrio, e conseqüentemente, são áreas de risco e de desequilíbrio morfodinâmico emergentes.

A partir da proposta de TRICART (1977), ROSS (1990) desenvolveu o conceito de Classes de Instabilidade, ou seja, estes índices (dígitos) que indicam o grau de fragilidade da área foram classificados em: Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Unidades Ecodinâmicas Instáveis.

□ **Unidades Ecodinâmicas Estáveis com diferentes graus de Instabilidade Potencial**

Estas classes estão relacionadas às áreas onde o equilíbrio dinâmico natural foi preservado das atividades humanas. Nestas áreas a morfodinâmica atua em estado natural, predominando os processos de intemperismo físico-químico sob vegetação densa, sendo que, o impacto das chuvas é atenuado pela cobertura vegetal. O escoamento das águas que atingem a superfície é lento, e parte desta água fica interceptada na serrapilheira, proporcionando uma infiltração lenta.

□ **Unidades Ecodinâmicas Instáveis com diferentes graus de Instabilidade Emergente**

As áreas de Fragilidade Emergente são aquelas onde as atividades humanas desestabilizaram o equilíbrio dinâmico, áreas onde, as condições naturais de cobertura vegetal foram substituídas por pastagens, plantações, etc. Sendo que a retirada da vegetação possibilitou a atuação dos agentes climáticos, principalmente as chuvas, a agir diretamente sobre os solos gerando processos

erosivos e perda de qualidade das águas de superfície em função da carga de sedimentos acumulados.

A tabela abaixo divide as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e as Unidades Ecodinâmicas Instáveis, caracterizando-as quanto aos graus de fragilidade e descrevendo as propriedades de cada um dos índices de instabilidade potencial ou emergente.

Descrição dos Níveis Crescentes de Potencial de Instabilidade e de Instabilidade Emergente

Ambientes de Fragilidade	Classes de Fragilidade	Índices de Instabilidade Potencial	Características do Relevo	Tipo de Solo	Vegetação /Uso da Terra	Características Pluviométricas
Unidades Ecodinâmicas Estáveis	Fraca	2313	Colinas amplas de topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com baixas declividades	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Mata	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
		2323			Reflorestamento	
	Média	3313	Colinas baixas com topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com pouca declividade	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Mata	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
		3323			Reflorestamento	
		3415	Colinas amplas de topos convexos, vales profundos e vertentes com altas declividades	Cambissolos alícos	Mata	Distribuição irregular ou não das chuvas ao longo do ano, com volumes superiores a 2500mm/a
		3425			Reflorestamento	
		3515	Morros com topos aguçados, vales com entalhamento médio e vertentes com altas declividades	Terra Bruna associada aos Litólicos	Mata	
		3525			Reflorestamento	
	Forte	4313	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio e vertentes com altas declividades	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Mata	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
		4323			Reflorestamento	
		4415	Colinas com topos convexos, vales	Cambissolos alícos	Mata	Distribuição irregular ou não das chuvas ao longo

Ambientes de Fragilidade	Classes de Fragilidade	Índices de Instabilidade Potencial	Características do Relevo	Tipo de Solo	Vegetação /Uso da Terra	Características Pluviométricas
		4515	profundos e vertentes com altas declividades	Terra Bruna associada aos Litólicos	Reflorestamento	do ano, com volumes superiores a 2500mm/a
	Muito Forte	5313	Colinas com topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com altas declividades	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Mata	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
		5515	Morros com topos aguçados, vales entalhados e vertentes com altas declividades	Terra Bruna associada aos Litólicos	Mata	Distribuição irregular ou não das chuvas ao longo do ano, com volumes superiores a 2500mm/a
		5525			Reflorestamento	
Unidades Ecodinâmicas Instáveis	Fraca	2333	Colinas amplas de topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com baixas declividades	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Pastagens	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
	Média	3333	Colinas baixas com topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com pouca declividade	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Pastagens	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
		3343			Café/Cana-de-açúcar	
		3435	Colinas amplas de topos convexos, vales profundos e vertentes com altas declividades	Cambissolos alícos	Pastagens	Distribuição irregular ou não das chuvas ao longo do ano, com volumes superiores a 2500mm/a
		3445			Agricultura	
		3535	Morros com topos aguçados, vales com entalhamento médio e vertentes com altas declividades	Terra Bruna associada aos Litólicos	Pastagens	
	Forte	4333	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio e vertentes com altas declividades	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Pastagens	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
		4435			Pastagens	

Ambientes de Fragilidade	Classes de Fragilidade	Índices de Instabilidade Potencial	Características do Relevo	Tipo de Solo	Vegetação /Uso da Terra	Características Pluviométricas
		4445	Colinas com topos convexos, vales profundos e vertentes com altas declividades	Cambissolos alícos	Agricultura	Distribuição irregular ou não das chuvas ao longo do ano, com volumes superiores a 2500mm/a
		4535	Morros com topos convexos e vales entalhamento médio	Terra Bruna associada aos Litólicos	Pastagens	
	Muito Forte	5333	Colinas com topos convexos, vales pouco entalhados e vertentes com altas declividades	Podzólico vermelho-amarelo distrófico	Pastagens	Distribuição anual das chuvas desigual, com períodos secos no inverno e muito chuvoso no verão, com índices variando entre 1000 e 1800mm/a
		5535	Morros com topos aguçados, vales entalhados e	Terra Bruna associada aos	Pastagens	Distribuição irregular ou não das chuvas ao longo do ano, com volumes superiores a 2500mm/a
		5545	vertentes com altas declividades	Litólicos	Agricultura	

Tabela 9: Descrição dos Níveis Crescentes de Potencial de Instabilidade e de Instabilidade Emergente

Fonte: Adaptado da proposta de ROSS (1990 e 1994)

Organização: Christiane Spörl

Através desta análise empírica proposta por ROSS (1994), foi possível estabelecer as áreas consideradas como de maior criticidade do ponto de vista da fragilidade potencial natural. Abaixo está representado o Mapa de Fragilidade Ambiental seguindo os procedimentos metodológicos propostos por ROSS (op cit) com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo (Mapa 9).

Através da utilização destes procedimentos técnico-operacionais foram obtidos como resultados para a área de estudo quatro (4) graus diferenciados de Fragilidade (Fraca, Média, Forte e Muito Forte), havendo um predomínio da classe Média. As classes de fragilidade foram distribuídas da seguinte forma, conforme ilustra o Mapa 9:

- ❑ **Fragilidade Potencial Fraca** – representado por uma pequena porção do noroeste do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata com uma área de 9,36 Km², ou 1,95% da área total. Apresentando os seguintes índices: 2313, 2323 e 2333;
- ❑ **Fragilidade Potencial Média** – representado basicamente pelo Planalto de Poços de Caldas, e pelo Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata perfazendo um total de 231,36 Km², ou 48,20% da área de estudo. Apresenta os seguintes índices: 3313, 3323, 3333, 3343, 3415, 3425, 3435, 3445, 3515, 3525 e 3535;
- ❑ **Fragilidade Potencial Forte** – representado por pequenas áreas do Planalto de Poços de Caldas, do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata e das Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas, perfazendo um total de 59,04 Km², ou 12,30% da área de estudo. Apresentando os seguintes índices: 4313, 4323, 4333, 4415, 4435, 4445, 4515 e 4535;
- ❑ **Fragilidade Potencial Muito Forte** – representado principalmente pelas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas, e pequena parte do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata correspondendo a uma área de 156,37 Km², ou 32,57% da área de estudo. Apresentando os seguintes índices: 5313, 5333, 5515, 5525, 5535 e 5545.

No Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata há uma variação dos graus de fragilidade, são encontradas áreas com graus de fragilidade Fraca, Média, Forte e até Muito Forte. Sendo que há um predomínio da fragilidade Média consequência da dominância do índice médio de dissecação do relevo e do tipo de solo (Podzólico). A variável solo é uma constante para todo este compartimento.

Verifica-se que o índice de dissecação do relevo é fundamental para determinar o grau de fragilidade potencial de cada área. De um lado, observa-se a noroeste deste compartimento índices baixos de dissecação do relevo (2), acarretando em coeficientes de fragilidade potencial 2313, 2323 e 2333. Por outro lado, uma área bem próxima a esta, apresenta índices de dissecação do relevo muito forte (5), ocasionando coeficientes de fragilidade potencial muito forte, como 5313 e 5333. E outra pequena porção deste compartimento situada a sudeste da área apresenta índice de dissecação do relevo forte (4), acarretando em coeficientes de fragilidade potencial 4313, 4323, 4333.

Esta variação na classificação observada acima é decorrente da variável relevo, que neste compartimento geomorfológico (Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata) apresenta seus índices de dissecação ora bastante elevados, ora baixos. Neste caso, o relevo sobrepõe-se as variáveis solos, cobertura vegetal e pluviosidade fixando graus de fragilidade distintos para a área.

Como verificado acima, o Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata é o único compartimento geomorfológico analisado que apresenta vários graus diferenciados de fragilidade, desde a fragilidade Fraca até a Muito Forte. Nesta área o nível de fragilidade vai ser comandado exclusivamente pela variável relevo, e o tipo de cobertura vegetal irá classificar estas áreas como estáveis ou instáveis, apontando os níveis crescentes de instabilidade. As demais variáveis (solos e pluviosidade) têm as mesmas características para todo o compartimento não acarretando na diferenciação dos coeficientes de instabilidade. Portanto neste caso, as variáveis relevo e cobertura vegetal/uso da terra são fundamentais para diferenciar as nuances desta fragilidade, ou seja, irá identificar as áreas com diferentes níveis de susceptibilidade a erosão e à perda de qualidade das águas de superfície.

Já a região do Planalto de Poços de Caldas foi classificada como grau de fragilidade Médio e Forte, apresentando áreas bastante susceptíveis à erosão. No entanto, há a dominância do grau de fragilidade Médio. Este predomínio é comandado principalmente pelos índices de dissecação do relevo dessa região. Neste caso, a variável relevo é que vai determinar o grau de fragilidade da área. A pluviosidade elevada e concentrada no verão é também um indicador de alta fragilidade potencial.

Como pode ser verificado através dos dígitos expressos no Mapa 9, no Planalto de Poços de Caldas o tipo de cobertura vegetal diferencia dentro do grau de fragilidade Médio nuances desta fragilidade. Para exemplificar podem ser citados os índices 3415, 3425, 3435 e 3445 todos classificados como fragilidade Média. No entanto, os índices de fragilidade potencial 3415 e 3425 são estáveis, pois o tipo de cobertura vegetal apresentado proporciona uma maior proteção aos solos. Já os índices 3435 e 3445 o tipo de cobertura vegetal proporciona uma proteção menor aos solos, estabelecendo áreas com níveis de instabilidade maior. Sendo assim, pode-se distinguir as áreas mais estáveis ou mais instáveis em função dos tipos de uso. Deste modo, as áreas ocupadas com agricultura ou com pastagens são mais instáveis face aos tipos de usos agro-pecuários (3435 e 3445) e as áreas ocupadas com coberturas florestais naturais ou recuperadas mais estáveis (3415 e 3425).

Ainda no Planalto de Poços de Caldas, pequena porção desta área apresenta seus índices de dissecação do relevo superiores aos encontrados no restante deste compartimento geomorfológico. Consequentemente esta área apresenta um grau de instabilidade maior, ou seja, fragilidade Forte. Seus índices de fragilidade potencial 4415, 4435 e 4445 apresentam nuances de instabilidade resultantes da variável cobertura vegetal, as demais variáveis são semelhantes para toda essa área: relevo bastante dissecado (4), coberto pelos cambissolos (4) e com pluviosidade elevada e concentrada no verão (5). Desta forma, a cobertura vegetal é a única variável que gradua os níveis de instabilidade e distingue as áreas estáveis (4415) das instáveis (4435 e 4445).

O predomínio do grau de fragilidade potencial Muito Forte (32,57%) ocorre principalmente na área das Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas, sendo portanto, muito susceptível à erosão. Este grau de fragilidade incide sobre esta área, pois os índices de dissecação do relevo são muito altos, os solos são muito frágeis por serem predominantemente rasos, e associados aos elevados índices de pluviosidade acabam proporcionando uma fragilidade Muito Forte à área.

Os índices representados nesta área de fragilidade Muito Forte são: 5313, 5333, 5515, 5525, 5535, 5545. Os menores índices 5313 e 5333 ocupam a parte noroeste do Planalto de São João da Boa Vista – Águas da Prata apresentando

índices de dissecação do relevo muito forte (5); solos de fragilidade média, Podzólico (3); recobertos, ora com mata (1) favorecendo uma alta proteção aos solos (5313), e ora com pastagens (3), proporcionando uma proteção média aos solos (5333); e pluviosidade média, concentrada no verão (3). Já os maiores índices 5515, 5525, 5535 e 5545 são encontrados nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas, sendo que estes índices apresentam três das quatro variáveis desfavoráveis (relevo, solos e pluviosidade), neste caso, as nuances de fragilidade também são determinadas pela cobertura vegetal.

Já o restante desta zona serrana apresenta um relevo bastante susceptível à erosão, com índices de dissecação altos (4), recobertos por solos muito rasos e frágeis (5), apresentando uma proteção ao solo variável, mata (1) e pastagens (3), e com elevados índices de chuvas, resultando nos coeficientes 45115 e 4535.

Como foi verificado acima, segundo estes procedimentos técnico-operacionais, a Carta de Fragilidade Ambiental decorre da correlação das variáveis relevo, solos, tipo de cobertura vegetal e pluviosidade. A variável índices de dissecação do relevo (1º dígito) é que vai determinar o grau de fragilidade de cada área analisada. E as demais variáveis irão definir uma hierarquização através de seus coeficientes de fragilidade. Sendo que a variável cobertura vegetal irá identificar através de seus índices as áreas onde o equilíbrio dinâmico foi rompido propiciando situações de riscos e as áreas onde a estabilidade continua reinando (até o momento).

Na tabela abaixo estão expressos os valores em Km² e porcentagem (%) de cada um dos compartimentos geomorfológicos e suas respectivas classes de fragilidade com Apoio no modelo proposto por ROSS (1994) - Índices de Dissecação do Relevo. Demonstrando numericamente as informações e análises apresentadas acima.

**CLASSES DE FRAGILIDADE DISTRIBUÍDAS PELOS COMPARTIMENTOS COM
APOIO NOS ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO**

GRAUS DE FRAGILIDADE	COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS					
	Pl. São João da Boa Vista – Águas da Prata		Pl. Poços de Caldas		Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Fraca	9.36	5.54	0	0	0	0
Média	135.26	79.86	88.18	82.93	7.97	4.41
Forte	12.62	7.45	18.14	17.07	28.32	15.69
Muito Forte	12.70	7.15	0	0	144.24	79.90

Tabela 10: Classes de Fragilidade distribuídas pelos compartimentos geomorfológicos

Organização: Christiane Spörl

6.2 – Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nas Classes de Declividade

Acima, no item anterior, foram demonstrados os procedimentos operacionais para a análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais seguindo o modelo proposto por ROSS (1994). Segundo este mesmo autor, como se está trabalhando com uma escala intermediária, 1:50.000, ao invés de utilizar os índices de dissecação do relevo como suporte para a confecção da carta síntese de fragilidade, usou-se as classes de declividade.

O procedimento técnico-operacional utilizado para a confecção deste produto cartográfico é uma derivação dos procedimentos apresentados no item 6.1. Aqui são correlacionadas as informações obtidas através da carta clinográfica, dos tipos de solos em função dos seus índices de erodibilidade, da carta de uso da terra e o grau de proteção ao solo de acordo com a cobertura vegetal e dos índices pluviométricos (valores de erosividade). Cada uma destas variáveis foi classificada em cinco graus diferenciados de fragilidade.

Sendo assim, os elementos que compõem a Carta de Fragilidade Ambiental foram hierarquizados em função das:

□ **Classes de Declividade (1º dígito)**

- 1 – Muito Fraco** – < 6%
- 2 – Fraco** – 6 a 12%
- 3 – Médio** – 12 a 20%
- 4 – Forte** – 20 a 30%
- 5 – Muito Forte** – > 30%

□ **Tipos de Solos (2º dígito)**

- 3 – Média** – Terra Bruna e Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
- 4 – Forte** – Cambissolos
- 5 – Muito Forte** – Litólicos

□ **Uso da Terra/ Vegetação (3º dígito)**

- 1 – Muita alta** – Mata
- 2 – Alta** – Reflorestamento
- 3 – Média** – Pastagens Naturais e em Pastos Cultivados
- 4 – Forte** – Agricultura de Ciclo Curto, Café e Cana-de-açúcar

□ **Pluviosidade (4º dígito)**

- 1 – Muito Fraco** – Distribuição regular ao longo do ano e com volumes anuais não muito superiores a 1000mm/a
- 2 – Fraco** – Distribuição regular ao longo do ano com volumes anuais superiores a 2000mm/a
- 3 – Médio** – Distribuição anual desigual, com períodos secos no inverno e chuvoso no verão
- 4 – Forte** – Distribuição anual desigual, com período seco de 3 a 6 meses e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril
- 5 – Muito Forte** – Distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com volumes superiores a 2500mm/a; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente inferiores a 900mm/a

Neste caso, segundo ROSS (1994) para se estabelecer os intervalos das classes de declividade devem ser utilizados os intervalos já consagrados nos estudos de Capacidade de Uso/Aptidão Agrícola associados aos valores já conhecidos de limites críticos de geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações freqüentes. Desta forma, as classes de declividade foram hierarquizadas em cinco categorias relacionadas na tabela abaixo (Tabela 11):

Classes de Declividade

CATEGORIAS HIERÁRQUICAS	DECLIVIDADES
Muito Fraca	até 6%
Fraca	de 6 a 12%
Média	de 12 a 20%
Forte	de 20 a 30%
Muito Forte	acima de 30%

Tabela 11: Classes de Declividade

Fonte: Elaborado com base em ROSS (1994)

Organização: Christiane Spörl

As outras variáveis como solos, cobertura vegetal/ uso da terra e pluviosidade mantêm-se com os mesmos parâmetros aplicados para o modelo que utiliza os índices de dissecação, e por isso, não estão sendo aqui repetidos.

Este procedimento operacional descrito acima já foi testado pelo autor, e também esta sendo aplicado e testado neste trabalho como outra alternativa operacional para a confecção da carta de Fragilidade dos Ambientes Naturais. Abaixo está representado o Mapa de Fragilidade Ambiental seguindo os procedimentos metodológicos propostos por ROSS (1994) com apoio nas Classes de Declividade (Mapa 10).

FRAGILIDADE AMBIENTAL COM APOIO NAS CLASSES DE DECLIVIDADE

Mapa 10: Mapa de Fragilidade Ambiental com Apoio nas Classes de Declividade (ROSS - 1994)
Organização: Christiane Spör

Como observado no Mapa 10, a Carta de Fragilidade Ambiental foi confeccionada a partir da correlação entre os quatro planos de informações (declividade/ solos/ cobertura vegetal/ pluviosidade). Cada uma destas variáveis foi classificada de acordo com sua fragilidade, compondo então uma associação numérica representada por quatro dígitos. O primeiro relacionado à declividade, o segundo ao solo, o terceiro à cobertura vegetal e o quarto a pluviosidade.

Assim como já foi visto no item 6.1, a correlação destes quatro (4) dígitos representa as características de cada variável presente numa determinada área. Por exemplo: uma área com classificação 4333 apresenta declividades entre 20 e 30% (4), com solos podzólicos medianamente frágeis aos processos erosivos (3), recobertos por pastagens oferecendo proteção média aos solos (3), e as chuvas apresentam uma distribuição desigual ao longo do ano (3). Desta forma, esta área foi classificada como grau de fragilidade Forte apresentando um índice 4333.

Já outra área com uma classificação 4545, corresponde a declividades entre 20 e 30% (4), com solos rasos e muito frágeis aos processos erosivos (5), destinados ao cultivo de café proporcionando uma baixa proteção aos solos (4), e apresentando índices pluviométricos muito elevados (5). Esta área também foi classificada com um grau de fragilidade Forte. No entanto, quando comparadas estas duas áreas, apesar de apresentarem o grau de fragilidade próximos, os seus índices 4333 e 4545 representam níveis sutis de graduação. Da mesma forma como apresentado no item anterior, pode-se dizer que quanto maior a associação numérica (declividade/ solos/ vegetação/ pluviosidade) maior o grau de fragilidade potencial na relação relevo-solo face aos processos erosivos de um lado, e a perda de qualidade das águas de superfície de outro.

Assim como no item 6.1, estes índices (associação numérica) que indicam o grau de fragilidade da área foram classificados em: Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Unidades Ecodinâmicas Instáveis (ver conceituação na página 86).

Com aplicação destes procedimentos técnico-operacionais o 1º dígito da correlação entre as variáveis irá sempre definir o grau de fragilidade para a área. Ou seja, neste caso, a variável declividade sobrepõe-se as variáveis solos, cobertura vegetal e pluviosidade, fixando graus de fragilidade distintos para a

área. E a variável cobertura vegetal/uso da terra irá classificar estas áreas como estáveis ou instáveis, apontando os níveis crescentes de instabilidade. E as demais variáveis (solos e pluviosidade) apresentarão nuances desta instabilidade.

Desta forma, com a aplicação destes procedimentos técnico-operacionais foram obtidos como resultados para a área de estudo cinco (5) graus diferenciados de Fragilidade (Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte), notando-se um nítido predomínio da classe Muito Forte. Sendo que, as classes de fragilidade foram distribuídas da seguinte forma, conforme ilustra o Mapa 10 já apresentado na página 98:

- ❑ **Fragilidade Potencial Muito Fraca** – apresentada em todos os compartimentos geomorfológicos, mas com um predomínio no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata e no Planalto de Poços de Caldas, com uma área de 97.20 Km², ou 20,25% da área total;
- ❑ **Fragilidade Potencial Fraca** – está também distribuída por todos os compartimentos geomorfológicos, mas sua presença é mais expressiva no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata, perfazendo um total de 36.82 Km², ou 7,67% da área de estudo;
- ❑ **Fragilidade Potencial Média** – está presente em todos os compartimentos geomorfológicos, mas ocupa uma área mais expressiva no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata. Correspondendo a uma área de 45.26 Km², ou 9,43% da área total.
- ❑ **Fragilidade Potencial Forte** – esta classe de fragilidade está distribuída homogeneamente por todos os compartimentos geomorfológicos, sem muito destaque para nenhum deles. Correspondendo a uma área de 40.90 Km², ou 8,52% da área de estudo.
- ❑ **Fragilidade Potencial Muito Forte** – também está presente em todos os compartimentos geomorfológicos, mas apresenta um grande destaque nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas. Correspondendo a uma área de 240.24 Km², ou 50,05% da área total.

Este significativo predomínio do grau de fragilidade muito forte, 50,05% do total da área de estudo, é decorrente das altas declividades apresentadas em certas áreas, principalmente nas Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas. Esta região, por se tratar de uma zona serrana com altas declividades, grandes extensões desta apresentam um grau de fragilidade muito forte. Sendo que estas áreas classificadas como grau de fragilidade muito forte são muito susceptíveis à erosão.

A variável declividade permite um melhor detalhamento das classes de fragilidade. Utilizando-se esta variável, ao invés dos índices de dissecação do relevo, a identificação do grau de fragilidade para a área de estudo torna-se mais fragmentada, ou seja, apresenta uma classificação mais minuciosa. A área tem uma variabilidade maior em relação a identificação dos seus graus de fragilidade. Face a esta característica, os índices de instabilidade (associação numérica) não puderam ser representados no Mapa 10 (já apresentado na página 98), pois o nível de detalhamento utilizando-se as classes de declividade é muito grande.

A grande diversificação entre os graus de fragilidade apresentados na área de estudo, desde muito Fraca até Muito Forte é decorrente da grande variação de classes de declividades presentes na área em questão, variando desde declividades inferiores a 6%, chegando a áreas onde ultrapassam os 50%.

Observando-se o Mapa 10 e as porcentagens (%) apresentadas na Tabela 12 (página 102) verifica-se que todos os graus de fragilidade, desde a Muito Fraca até a Muito Forte, estão dispersos pelos três (3) compartimentos geomorfológicos. Sendo que em todos estes compartimentos há o predomínio da fragilidade Muito Forte, e logo a seguir da fragilidade Muito Fraca. Os demais graus de fragilidade (Fraca, Média e Forte) apresentam-se distribuídos de forma menos expressiva e mais uniformemente entre os três compartimentos geomorfológicos.

Este nítido predomínio entre os graus de fragilidade Muito Forte e Muito Fraco, sendo que os demais graus apresentam uma distribuição pouco expressiva entre os compartimentos geomorfológicos é decorrente do erro presente nos mapas clinográficos trabalhados na escala 1:50.000. Estes mapas clinográficos são confeccionados a partir da digitalização de curvas de nível com a equidistância de 20 metros. Este intervalo entre as curvas de nível, em função da escala,

atenua a declividade, consequentemente o grau de fragilidade. Este erro gerado pelo mapa clinográfico trouxe como resultado graus de fragilidade mais brandos do que deveriam ser. Para resolver este problema deve-se trabalhar com escalas menores ou então interpolar mais curvas de nível.

Como apresentado acima, segundo estes procedimentos técnico-operacionais, a Carta de Fragilidade Ambiental é resultante da correlação das variáveis classes de declividade, solos, tipo de cobertura vegetal e pluviosidade. A variável declividade (1º dígito) é que vai determinar o grau de fragilidade de cada área analisada. E as demais variáveis irão definir uma hierarquização através de seus índices de fragilidade. Sendo que a variável cobertura vegetal irá identificar através de seus coeficientes as áreas onde o equilíbrio dinâmico foi rompido provocando situações de riscos e as áreas onde a estabilidade permanece inalterada.

Na tabela abaixo estão expressos os valores em Km² e porcentagem (%) de cada um dos compartimentos geomorfológicos e suas respectivas classes de fragilidade com apoio no modelo proposto por ROSS (1994) – Classes de Declividade. Demonstrando numericamente as informações e análises apresentadas acima.

CLASSES DE FRAGILIDADE DISTRIBUÍDAS PELOS COMPARTIMENTOS COM APOIO NAS CLASSES DE DECLIVIDADE

GRAUS DE FRAGILIDADE	COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS					
	Pl. São João da Boa Vista – Águas da Prata		Pl. Poços de Caldas		Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Muito Fraca	46.32	26.69	36.67	33.17	17.14	9.28
Fraca	17.81	10.26	10.85	9.81	8.88	4.81
Média	21.74	12.53	12.14	10.99	11.95	6.47
Forte	18.67	10.76	10.03	9.08	12.82	6.94
Muito Forte	69.02	39.77	40.85	36.95	133.92	72.51

Tabela 12: Classes de Fragilidade distribuídas pelos compartimentos geomorfológicos
Organização: Christiane Spörl

6.3 - Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio em UTB's – Unidades Territoriais Básicas

O INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, objetivando subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia desenvolveu uma metodologia para elaborar mapas de Vulnerabilidade Natural a Erosão. Apesar da nomenclatura diferenciada, Mapa de Vulnerabilidade Natural a Erosão e Mapa de Fragilidade Potencial Natural, ambos são mapeamentos que identificam o grau de resistência ao processo natural à erosão de uma determinada região geográfica.

Esta metodologia proposta pelo INPE, assim como aquelas propostas por ROSS (1994), foram desenvolvidas a partir do conceito de Ecodinâmica de TRICART (1977), baseada na relação morfogênese/ pedogênese, e da potencialidade para estudos integrados.

A metodologia do INPE consiste primeiramente na elaboração de um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas (UTB's), obtido através da análise e interpretação de imagem TM-LANDSAT.

As Unidades Territoriais Básicas são definidas, segundo CREPANI et al. (1996), como uma "entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos que a articulam a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais".

Estas Unidades Territoriais Básicas (UTB's) podem ser divididas em duas categorias, as "unidades de paisagem natural" e os "polígonos de ação antrópica". Estes últimos são decorrentes da intervenção humana na paisagem.

A delimitação destas unidades é definida sobre a imagem de satélite a partir da interpretação dos padrões fotográficos identificados pelas variações de cores, textura, forma, padrões de drenagem e relevo conforme ilustra o Mapa 11.

O segundo passo é associar este mapa preliminar de unidades homogêneas, obtido através das imagens, com as informações temáticas preexistentes (Mapas Geológicos, Geomorfológicos, Pedológicos, de Cobertura Vegetal e Dados da Intensidade Pluviométrica). Esta associação permite caracterizar tematicamente cada unidade de paisagem natural. Sendo que estas informações devem ser tratadas integradamente para que se possa conhecer e classificar sua capacidade de sustentação diante da ação humana, demonstrando um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente à sua ocupação.

Seguindo esta proposta metodológica cada tema recebe uma pontuação de fragilidade variando entre 1 e 3. O modelo é aplicado a cada tema individualmente, Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Vegetação e Climatologia dentro de cada uma das unidades de paisagem natural. Posteriormente, estes valores individuais são somados, e então, obtidos uma média resultando em um valor final. Este valor representa a posição desta unidade de paisagem natural dentro da escala de vulnerabilidade à erosão.

Esta atribuição de valores de estabilidade para cada unidade homogênea expressando sua vulnerabilidade a erosão baseia-se no conceito de análise ecodinâmica de Tricart (1977). Sendo que, as unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 2,0 e as unidades de paisagem mais vulneráveis estarão próximas de 3,0. Conforme pode ser verificado na Tabela 13.

Avaliação da Vulnerabilidade das Unidades de Paisagem Natural

UNIDADE	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/ MORFOGÊNESE	VALOR
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Tabela 13: Avaliação da Vulnerabilidade das Unidades de Paisagem Natural

Fonte: Elaborado com base em INPE (1996)

Organização: Christiane Spörl

A estabilidade ou vulnerabilidade, resistência ao processo natural à erosão, das unidades de paisagem natural é definida pela análise integrada do conjunto

rocha, solo, relevo, vegetação e clima. Abaixo estão descritos os critérios para atribuir os valores de vulnerabilidade a estes temas dentro de cada Unidade de Paisagem Natural. As informações que se seguem foram transcritas dos documentos produzidos pelos pesquisadores do INPE, como CREPANI et al. (1996), MEDEIROS (1999) entre outros.

6.3.1 - Geologia

Os elementos considerados para a atribuição de valores às classes de vulnerabilidade ligados a Geologia estão relacionados à história da evolução do ambiente geológico onde está inserida a unidade de paisagem natural. Permitindo assim, entender sua origem e sua tendência futura, e os elementos relativos ao grau de coesão das rochas que suportam esta unidade de paisagem.

A resistência à erosão das rochas que compõem uma unidade de paisagem natural é consequência do grau de coesão destas rochas. Segundo CREPANI et al. (1996), grau de coesão das rochas significa a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem. Sendo assim, foram atribuídos valores próximos à estabilidade (1,0) para as rochas que apresentam maior grau de coesão para as condições a que está submetida a unidade de paisagem natural, valores intermediários (ao redor de 2,0) para as rochas que apresentam valores intermediários no seu grau de coesão, e valores próximos à vulnerabilidade (3,0) para as rochas que apresentam os menores valores no seu grau de coesão.

Sendo assim, com o objetivo de se atribuir uma posição dentro de uma escala de vulnerabilidade à denudação (intemperismo + erosão), absolutamente relativa e empírica, as litologias mais comumente encontradas foram reunidas na Tabela abaixo onde, segundo Crepani et al (2000), foram considerados todos os aspectos com relação ao grau de coesão das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares.

Escala de vulnerabilidade das rochas mais comuns

Tipos de Rochas	Litologias	Grau de Vulnerabilidade
Metamórficas	Quartzitos ou metaquartzitos	1,0
Ígneas	Riólito, Granito, Dacito	1,1
Ígneas Intrusivas	Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2
Metamórficas	Migmatitos, Gnaisses	1,3
Ígneas Intrusivas	Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4
Ígneas	Andesito, Diorito, Basalto	1,5
Ígneas Intrusivas	Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6
Metamórficas	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7
Ígneas e Metamórficas	Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8
Ígneas	Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9
Metamórficas	Estauroлита xisto, Xistos granatíferos	2,0
Metamórficas	Filito, Metassiltito	2,1
Metamórficas	Ardósia, Metargilito	2,2
Metamórficas	Mármore	2,3
Sedimentares	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Sedimentares	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Sedimentares	Grauvacas, Arcózios	2,6
Sedimentares	Siltitos, Argilitos	2,7
Sedimentares	Folhelhos	2,8
Sedimentares	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Sedimentares	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Tabela 14: Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns

Fonte: Adaptado de Crepani et al. 2000

Organização: Christiane Spörl

OBS: Os tipos de rochas em negrito acima são aqueles encontrados na área de estudo

6.3.2 - Pedologia

A resistência dos solos aos processos erosivos é consequência do tipo de solo, e também, das suas características físicas, tais como, textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, profundidade e pedregosidade.

O grau de desenvolvimento do solo é um importante elemento para estabelecer valores as classes de vulnerabilidade. Uma unidade de paisagem é estável quando favorece o processo de pedogênese, ou seja, o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo. Nestes ambientes são encontrados solos bastante desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos. Já uma unidade de paisagem natural é instável quando prevalece a formação do relevo (morfogênese), e existe um processo de erosão do solo em detrimento ao processo de formação e desenvolvimento deste.

Sendo assim, foram atribuídos aos solos uma escala de valores para estabelecer sua vulnerabilidade à erosão. Portanto, unidades de paisagem onde ocorrem solos estáveis foram atribuídos valores próximos a 1,0. Esta classe de solos é representada pelos Latossolos, os quais, são solos maduros, bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade; possuem boas propriedades físicas: permeabilidade a água e ao ar, são porosos, friáveis, de baixa plasticidade. Apresentam horizontes A, B e C bem desenvolvidos, ocorrem geralmente em topografias suaves, sua principal limitação ao uso agrícola é a baixa fertilidade natural, e em geral, são solos pouco susceptíveis aos processos erosivos.

Já nas unidades de paisagem onde ocorrem solos intermediários com relação a sua vulnerabilidade, foram atribuídos valores de estabilidade 2,0. Estes solos são representados pela classe dos Podzólicos. Estes solos quando comparados com os Latossolos apresentam profundidade menor, são menos estáveis e menos intemperizados. Ocorrem em topografia um pouco mais dissecada, e a diferença de textura entre os horizontes A e B dificulta a infiltração de água no perfil destes solos, favorecendo o processo erosivo.

Nas unidades de paisagem onde ocorrem solos vulneráveis foram atribuídos valores próximos a 3,0. Estes tipos de solos podem ser representados pelos Litólicos, Aluviais, Regossolo, Orgânicos, Hidromórficos, etc. São solos jovens e pouco desenvolvidos; o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha mãe (não possuem horizonte B). Estes solos ainda estão em fase inicial de formação, ou porque ainda estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados, ou então, porque estão situados em lugares de alta declividade, nos quais a velocidade da erosão é igual ou maior que a velocidade de transformação da rocha em solo.

Através da tabela abaixo se observa o grau de vulnerabilidade estabelecido para cada tipo de solo, segundo Crepani et al (2000).

Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos

CLASSE DE SOLO	LEGENDA	VULNERABILIDADE
LATOSSOLOS:AMARELO LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO LATOSSOLO ROXO LATOSSOLO BRUNO LATOSSOLO HÚMICO LATOSSOLO BRUNO HÚMICO	LA LVA LE LR LB LH LBH	1,0
PODZÓLICO AMARELO PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO TERRA ROXA ESTRUTURADA BRUNO NÃO-CÁLCICO BRUNIZÉM BRUNIZÉM AVERMELHADO PLANOSSOLO	PA PVA PE TR NC BA PL	2,0
CAMBISSOLOS	C	2,5
SOLOS LITÓLICOS SOLOS ALUVIAIS REGOSSOLO AREIA QUARTZOSA VERTISSOLO SOLOS ORGÂNICOS SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEI HÚMICO GLEI POUCO HÚMICO PLINTOSSOLO LATERITA HIDROMÓRFICA SOLOS CONCRECIONÁRIOS LATERÍTICOS RENDZINAS AFLORAMENTO ROCHOSO	R A RE AQ V HO HI HGH HGP PT LH CL RZ	3,0 3,0

Tabela 15: Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos

Fonte: Crepani et al. 2000 (INPE)

Organização: Christiane Spörl

OBS: Os tipos de solos em negrito acima são aqueles encontrados na área de estudo

6.3.3 - Geomorfologia

A influência do relevo no processo de erosão é consequência da sua morfologia que se subdivide em morfografia, aspectos descritivos do terreno como sua aparência, e em morfometria, aspectos quantitativos do relevo como altitude, amplitude altimétrica, declividade e intensidade de dissecação pela drenagem.

Sendo assim, para estabelecer os valores de estabilidade das unidades de paisagem com relação a geomorfologia são consideradas as formas de relevo, e são analisados os índices morfométricos referentes a dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade.

A dissecação do relevo pela drenagem é obtida através de medições feitas nas cartas topográficas ou nas imagens de satélite, e também, através da amplitude dos interflúvios ou da densidade de drenagem. A amplitude altimétrica, que está relacionada com o aprofundamento da dissecação, é obtida nas cartas topográficas através do cálculo da diferença entre as cotas máximas e mínimas. A declividade também pode ser obtida através de medidas feitas nas cartas topográficas. Para cada um destes parâmetros deve-se obter três medidas e calcula-se então a média.

Seguindo-se esta metodologia foram definidas, para os três parâmetros considerados (dissecação, amplitude altimétrica, declividade), sete classes morfométricas como indica a Tabela 16. A Figura 11 ilustra de forma esquemática estas classes morfométricas. Estas classes devem ser adaptadas conforme cada realidade, dependendo do nível de detalhe dos dados disponíveis. Assim, por exemplo, podem ser utilizadas apenas as classes de dissecação mais facilmente inferidas nas imagens de satélite. Neste sentido, pode ser utilizada a matriz dos índices de dissecação, na qual 1- é a ordem de grandeza das formas de dissecação (dimensão ou amplitude interfluvial) e 2- é a intensidade de aprofundamento da drenagem (Tabela 17), a qual está relacionada com a amplitude altimétrica.

Classes dos Índices Morfométricos

CLASSES MORFOMÉTRICAS	ÍNDICES MORFOMÉTRICOS		
	Dissecação (Amplitude Interfluvial) (m)	Amplitude Altimétrica (m)	Declividade (%)
Muito Baixa	> 900	< 40	< 2
Baixa	800 a 900	40 - 80	2 - 5
Baixa a Média	700 a 800	80 - 120	5 - 10
Média	600 a 700	120 - 160	10 - 20
Média a Alta	500 a 600	160 - 200	20 - 30
Alta	400 a 500	200 - 240	30 - 50
Muito Alta	< 400	> 240	> 50

Tabela 16: Classes dos Índices Morfométricos

Fonte: Modificado a partir CREPANI et al. (1996)

Organização: Christiane Spörl

1- Ordem de Grandeza das Formas de
Dissecação

2 - Intensidade de Aprofundamento da Drenagem		< 400m	400 a 600m	600 a 750m	750 a 900m	> 900m
	Muito Fraca	11	21	31	41	51
	Fraca	12	22	32	42	52
	Mediana	13	23	33	43	53
	Forte	14	24	34	44	54
	Muito Forte	15	25	35	45	55

Tabela 17: Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo – Escala 1:50.000

Fonte: Modificado a partir do tema Geomorfologia do Projeto Radambrasil – MME/DNPM – 1982 por CREPANI et al. – 1996 - INPE

Organização: Christiane Spörl

Na Tabela 17, o primeiro dígito indica o nível de dissecação, no plano horizontal, e o segundo dígito indica a profundidade de dissecação, no plano vertical. Da forma como foi construída esta tabela, no primeiro dígito, a ordem de grandeza está invertida, ou seja, quanto menor o valor maior é o grau de dissecação de uma determinada unidade de relevo e vice-versa. Desta forma, uma unidade que apresenta os dígitos 51, significa que ela possui baixa dissecação, tanto no nível vertical quanto horizontal; já uma unidade que apresenta os dígitos 15, ao contrário, indica alto índice de dissecação nos dois planos, apesar do primeiro dígito ser o de valor mais baixo.

Desta maneira, baseado nas formas de relevo e nos índices morfométricos, esta metodologia propõe que os relevos planos a suavemente ondulados como as superfícies pediplanadas, os interflúvios tabulares e as colinas de topos aplainados, recebam valores de estabilidade que variam de 1,0 a 1,6. Estes valores são atribuídos dependendo das classes dos índices morfométricos, ou seja, quanto mais baixo esses índices, valores de estabilidade mais próximos de 1,0 e quanto mais altos, valores de estabilidade mais próximos de 1,6.

Para os relevos ondulados, dissecados em colinas, esta metodologia sugere valores de estabilidade que variam de 1,7 a 2,3, também dependendo da intensidade e grandeza destes índices morfométricos (dissecação, amplitude de relevo e declividade).

Já para os relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em cristas, ravinas e pontões, a metodologia propõe valores de estabilidade variando de 2,4 a 3,0, também dependendo da intensidade e grandeza dos índices morfométricos.

Com relação às formas de acumulação, como as planícies e terraços, sujeitas à inundação, são áreas de grande dinâmica. Portanto, estas áreas apesar do relevo plano são muito instáveis, sendo assim, também recebem valor de estabilidade 3,0. Ao contrário, as áreas de terraços fluviais, por se caracterizarem por relevo plano e, não sendo atingidas pelas cheias, são consideradas estáveis recebendo então valor de estabilidade 1,0. Resumidamente podemos dizer que:

Forma de relevo (*influência da forma de relevo na erosão*)

- não favorece = relevos planos a suavemente ondulados e terraços fluviais (1,0 a 1,6)
- moderado = relevos ondulados (1,7 a 2,3)
- favorece = relevos fortemente ondulados e formas de acumulação (2,4 a 3,0)

Para atribuir os valores de vulnerabilidade do relevo para a área de estudo seguimos a proposta de MEDEIROS (1999) conforme ilustra a tabela abaixo. Segundo MEDEIROS (op cit.) atribuímos valores entre 1 e 3 individualmente para a forma, para o grau de entalhamento e para a dimensão interfluvial. Somam-se os três valores e faz-se uma média ponderada, obtendo-se então, o grau de vulnerabilidade do relevo de cada unidade (Tabela 18).

Valores de Vulnerabilidade para as Formas de Relevo

UNI-DADES	DESCRIÇÃO	FORMA	DIMENSÃO INTERFLUVIAL	GRAU DE ENTALHAMENTO	VULNERABILIDADE
D _{a15}	Formas com topos aguçados	3,0	3,0	3,0	3,0
D _{a25}	Formas com topos aguçados	3,0	2,5	3,0	2,8
D _{a45}	Formas com topos aguçados	3,0	1,5	3,0	2,5
D _{c13}	Formas com topos convexos	2,0	3,0	2,0	2,3
D _{c23}	Formas com topos convexos	2,0	2,5	2,0	2,2
D _{c24}	Formas com topos convexos	2,0	2,5	2,5	2,3
D _{c32}	Formas com topos convexos	2,0	2,0	1,5	1,8
D _{c33}	Formas com topos convexos	2,0	2,0	2,0	2,0
D _{c52}	Formas com topos convexos	2,0	1,0	1,5	1,5
D _{c53}	Formas com topos convexos	2,0	1,0	2,0	1,7

Tabela 18 : Valores de Vulnerabilidade para as formas de relevo

Fonte: Modificado a partir de Medeiros (1999)

Organização: Christiane Spörl

6.3.4 - Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal representa a defesa da unidade de paisagem contra os efeitos dos processos modificadores das formas de relevo. A ação da cobertura vegetal na proteção da paisagem se dá de várias formas (Crepani et al., 1996):

- ❑ Evita o impacto direto contra o terreno das gotas de chuva que promovem a desagregação das partículas;
- ❑ Impede a compactação do solo que diminui a capacidade de absorção de água;

- Aumenta a capacidade de infiltração do solo pela difusão do fluxo de água.

A densidade de cobertura vegetal da unidade de paisagem determina a capacidade de proteção da unidade. Ou seja, determina se o valor se aproxima da estabilidade (1,0), se apresenta valores intermediários (ao redor de 2,0), ou se apresenta baixa densidade de cobertura vegetal, sendo então, vulneráveis e apresentando valores próximos a (3,0).

Abaixo estão descritos os tipos de formações vegetais e seus respectivos valores atribuídos com relação a sua vulnerabilidade:

Tipo de vegetação e densidade de cobertura (influência da vegetação)

- não favorece (ao redor de 1,0) = Mata e Reflorestamento;
- moderado (ao redor de 2,0) = Pastagens;
- favorece (ao redor de 3,0) = Agricultura de Ciclo Curto, Café e Cana-de-açúcar.

6.3.5 - Climatologia

O clima (temperatura, intensidade de precipitação e distribuição de precipitação durante o ano) é outro parâmetro também considerado pela metodologia. Segundo CREPANI et al. (1996), "as informações climatológicas necessárias à caracterização das unidades de paisagem natural representam o contraponto do papel de defesa da unidade de paisagem desempenhado pela cobertura vegetal".

O clima controla o intemperismo diretamente através da precipitação pluviométrica e da temperatura. A principal causa da denudação é a ação da chuva agindo sobre o solo. Sendo que, o produto final desta interação chuva/solo é uma resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir à erosão.

Sendo que as principais características físicas das chuvas envolvidas nos processos erosivos são: a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade ou

intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Dentre as três características a mais importante é a intensidade pluviométrica, pois representa uma relação entre as outras duas (quanto chove/ quando chove), resultando na quantidade de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética.

A maior importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição ao longo de todo período, tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida que se despeja torrencialmente num determinado período do ano.

A distribuição sazonal das chuvas é de grande importância na determinação das perdas de solo em áreas ocupadas pela agricultura, as quais podem permanecer sem cobertura vegetal durante um período do ano dependendo do tipo de manejo a que estejam submetidas.

Através destas informações referentes a pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, pode-se fazer uma quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem. O valor da intensidade pluviométrica para uma determinada área pode ser obtido dividindo-se o valor da pluviosidade média anual (em mm) pela duração do período chuvoso (em meses). Sendo que, os valores da intensidade pluviométrica podem ser considerados representantes de valores de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética responsável pela erosividade da chuva, logo se pode dizer que quanto maiores os valores da intensidade pluviométrica maior é a erosividade da chuva. Desta forma, é possível criar uma escala de erosividade da chuva a qual representa a influência do clima nos processos morfodinâmicos.

A Tabela abaixo apresenta esta escala de erosividade, a qual foi construída a partir da distribuição linear dos valores contidos entre os intervalos possíveis de intensidade pluviométrica para as diversas regiões do país.

Escala de erosividade da chuva

Intensidade Pluviométrica	Vulnera-	Intensidade Pluviométrica	Vulnera-	Intensidade Pluviométrica	Vulnera-
--------------------------------------	-----------------	--------------------------------------	-----------------	--------------------------------------	-----------------

(mm/mês)	bilidade	(mm/mês)	bilidade	(mm/mês)	bilidade
< 50	1,0	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2,0	450 - 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 - 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	> 525	3,0

Tabela 19: Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo

Fonte: Adaptado de CREPANI et al. 2000

Organização: Christiane Spörl

Assim, as unidades de paisagem localizadas em regiões que apresentam menores índices pluviométricos anuais e maior duração para o período chuvoso, receberão valores próximos à estabilidade (1,0), para os valores intermediários associam-se os valores de vulnerabilidade/estabilidade ao redor de (2,0), e para as unidades de paisagem natural localizadas em regiões de maiores índices de pluviosidade anual e menor duração do período chuvoso, são atribuídos valores próximos da vulnerabilidade (3,0).

A Tabela abaixo apresenta os valores da pluviosidade média, duração do período chuvoso e, conseqüentemente, a intensidade pluviométrica e o grau de vulnerabilidade de cada um dos postos pluviométricos avaliados para a área de estudo:

VALORES DE VULNERABILIDADE DOS POSTO PLUVIOMÉTRICOS DA ÁREA DE ESTUDO

		Duração do	Intensidade	
--	--	-------------------	--------------------	--

Postos Pluviométricos	Pluviosidade Média (mm)	Período Chuvoso (meses)	Pluviométrica (mm/mês)	Vulnera- bilidade
C3-031/Pl. São João da Boa Vista	1533,3	9	170,37	1,5
C3-006/Pl. Poços de Caldas	2081,2	7	297,31	2,0
C3-043/Serras da B. M. Intrusivo de Poços Caldas	1893,8	9	210,42	1,7

Tabela 20: Valores de Vulnerabilidade dos três Posto Pluviométricos analisados na área de estudo
Organização: Christiane Spörl

Como resultado final, esta metodologia apresenta a vulnerabilidade de cada unidade ambiental em função das informações provenientes de cada tema avaliado, geologia, geomorfologia, vegetação, solos e clima. Ou seja, cada unidade territorial básica recebe um valor final resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação empírica, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solo:

$$\text{VULNERABILIDADE} = \frac{(G + R + S + V + C)}{5}$$

Onde:

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema Solos

V = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima

Com a aplicação da equação acima proposta e com os valores estabelecidos para cada tema dentro de cada UTB – Unidade Territorial Básica, construiu-se a tabela de valoração da vulnerabilidade das UTB's conforme segue. Esta tabela

classifica as Unidades de Paisagem da área de estudo, avaliando cada tema individualmente quanto a sua fragilidade.

Valores de Vulnerabilidade das Unidades Territoriais Básicas

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
U01	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas amplas de topos convexos e vales profundos (53)	1,7	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica =297,31	2,0	1,92
U02	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas amplas de topos convexos e vales profundos (53)	1,7	Área Urbana	-	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica =297,31	2,0	-
U03	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas amplas de topos convexos e vales profundos (53)	1,7	Agricultura de Ciclo Curto	2,5	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica =297,31	2,0	2,02
U04	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas amplas de topos convexos e vales profundos (53)	1,7	Reflorestamento	1,5	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica =297,31	2,0	1,82
U05	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas amplas de topos convexos e vales profundos (53)	1,7	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica =297,31	2,0	1,72
U06	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas de topos convexos e vales profundos (23)	2,2	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica	2,0	1,82

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
									=297,31		
U07	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas de topos convexos e vales profundos (23)	2,2	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica = 297,31	2,0	2,02
U08	Fonolitos, traquitos e tinguaítos	1,4	Cambissolo álico- textura argilosa, argila de atividade baixa	2,5	Colinas de topos convexos e vales profundos (23)	2,2	Agricultura de Ciclo Curto	2,5	Pluviosidade Média = 2081,2 Duração Período Chuvoso = 7 Intensidade Pluviométrica = 297,31	2,0	2,12
U09	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades (25)	2,8	Café	2,5	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,28
U10	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades (25)	2,8	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	1,98
U11	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades (25)	2,8	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,18
U12	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas	3,0	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,22

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
			(pedregoso)		declividades (15)						
U13	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades (15)	3,0	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,02
U14	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (15)	3,0	Área Urbana	-	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	-
U15	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (15)	3,0	Refloresta- mento	1,5	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,12
U16	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (15)	3,0	Agricultura de Ciclo Curto	2,5	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,32
U17	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (15)	3,0	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,02
	Tufos e rochas piroclásticas,		Associação de Terra bruna estruturada		Morros com topos aguçados com vales de		Café		Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9		

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
U18	fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	entalhamento médio (15)	3,0		2,5	Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,32
U19	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (15)	3,0	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,22
U20	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (45)	2,5	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,12
U21	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (45)	2,5	Refloresta-mento	1,5	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,02
U22	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (45)	2,5	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	1,92
U23	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos aguçados com vales de entalhamento médio (45)	2,5	Agricultura de Ciclo Curto	2,5	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,22

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
U24	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio (24)	2,3	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	1,88
U25	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio (24)	2,3	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,08
U26	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros de topos aguçados com vales fortemente entalhados e com vertentes com altas declividades (45)	2,5	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	1,92
U27	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros de topos aguçados com vales fortemente entalhados e com vertentes com altas declividades (45))	2,5	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,12
U28	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades (33)	2,0	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	2,02
U29	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa	3,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio e	2,0	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica =	1,7	1,82

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
	pulaskitos		com material litólico (pedregoso)		com vertentes com altas declividades (33))				210,42		
U30	Tufos e rochas piroclásticas, fenitos, sienitos e pulaskitos	1,4	Associação de Terra bruna estruturada eutrófica- muito argilosa com material litólico (pedregoso)	3,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio e com vertentes com altas declividades (33))	2,0	Reflorestamento	1,5	Pluviosidade Média = 1893,8 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 210,42	1,7	1,92
U31	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio (24)	2,3	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,62
U32	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio (24)	2,3	Pastagem	2,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,82
U33	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Morros com topos convexos com vales de entalhamento médio (24)	2,3	Reflorestamento	1,5	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,96
U34	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados,		Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à		Colinas amplas de topos convexos (52)		Reflorestamento		Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica =	1,5	

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
	gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	muito argiloso	2,0		1,5		1,5	170,37		1,72
U35	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas amplas de topos convexos (52)	1,5	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,66
U36	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas amplas de topos convexos (52)	1,5	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,46
U37	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas com topos convexos e vales pouco entalhados (13)	2,3	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,82
U38	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas com topos convexos e vales pouco entalhados (13)	2,3	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,62
	Rochas gnaisses,		Podzólico vermelho		Colinas baixas com topos				Pluviosidade Média = 1533,3		

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
U39	gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	convexos e vertentes com pouca declividade (32)	1,8	Área Urbana	-	Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	-
U40	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas baixas com topos convexos e vertentes com pouca declividade (32)	1,8	Pastagens Cultivadas e Pastos Naturais	2,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,72
U41	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas baixas com topos convexos e vertentes com pouca declividade (32)	1,8	Mata	1,0	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,52
U42	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas baixas com topos convexos e vertentes com pouca declividade (32)	1,8	Refloresta-mento	1,5	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,62
U43	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico-textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas baixas com topos convexos e vertentes com pouca declividade (32)	1,8	Cana-de-açúcar	2,5	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,82

UTB	GEOLOGIA	VR	SOLOS	VR	RELEVO	VR	VEGETAÇÃO	VR	CLIMA	VR	MÉDIA
	metabásicas										
U44	Rochas gnaisses, gnaisses migmatizados, gnaisses facoidais, lentes de metabásicas	1,3	Podzólico vermelho amarelo distrófico- textura médio-argiloso à muito argiloso	2,0	Colinas baixas com topos convexos e vertentes com pouca declividade (32)	1,8	Café	2,5	Pluviosidade Média = 1533,3 Duração Período Chuvoso = 9 Intensidade Pluviométrica = 170,37	1,5	1,82

Tabela 21: Valores de Vulnerabilidade das Unidades de Paisagem Natural

Fonte: Elaborado com base em INPE (1996)

Organização: Christiane Spörl

VR=valor

Dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1,0, as unidades de estabilidade intermediária são representadas por valores ao redor de 2,0 enquanto que as unidades territoriais básicas mais vulneráveis apresentam valores mais próximos de 3,0.

A Tabela 22 resume as 21 classes de vulnerabilidade/estabilidade usadas pelo modelo para integrar os dados temáticos. A representação destas classes em um mapa temático é feita por meio de cores, também mostradas nesta Tabela.

Representação da Vulnerabilidade/Estabilidade das Unidades de Paisagem Natural ou UTB's - Unidades Territoriais Básicas

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0		VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4		2,7			255	153	0	
U5	V	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	U	2,5	E		255	255	0	
U7	L	2,4	S		204	255	0	
U8	N	2,3	T		153	255	0	
U9	E	2,2	A	MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	R	2,1	B		51	255	0	
U11	A	2,0	I		0	255	0	
U12	B	1,9	L		0	255	51	
U13	I	1,8	I	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	L	1,7	D		0	255	153	
U15	J	1,6	A		0	255	204	
U16	D	1,5	D		0	255	255	
U17	A	1,4	E	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19		1,2			0	102	255	
U20		1,1			0	51	255	
U21		1,0			0	0	255	

Tabela 22: Representação da Vulnerabilidade e/ ou Estabilidade das Unidades de Paisagem Natural

Fonte: Crepani et al (1996)

Organização: Christiane Spörl

Seguindo esta metodologia proposta, a legenda para o Mapa de Vulnerabilidade da área de estudo foi adaptada da tabela apresentada acima. As vinte e uma (21) classes de Vulnerabilidade/Estabilidade foram agrupadas em cinco classes de cores, sendo que cada uma recebeu uma cor, conforme a tabela abaixo (Tabela 23):

Graus de Vulnerabilidade/ Estabilidade

GRAU DE FRAGILIDADE	INTERVALO DE CLASSE	COR DA CLASSE
Muita Baixa	1,0 – 1,4	Verde
Baixa	1,4 – 1,8	Amarelo
Média	1,8 – 2,2	Laranja
Forte	2,2 – 2,6	Vermelho
Muito Forte	2,6 – 3,0	Marrom

Tabela 23: Classes de Vulnerabilidade
Fonte: Adaptado de Crepani et alii (1996)
Organização: Christiane Spörl

Abaixo está representado o Mapa de Vulnerabilidade/ Estabilidade seguindo os procedimentos metodológicos propostos pelo INPE (Mapa 12).

Segundo a aplicação destes procedimentos técnico-operacionais foram obtidos apenas três (3) graus diferenciados de fragilidade: Fragilidade Fraca, Média e Forte, segundo ilustra o Mapa 12. Havendo para área de estudo um predomínio marcante da Fragilidade Média. Sendo que as classes de fragilidade foram assim distribuídas:

- **Fragilidade Potencial Fraca** – ocorre em grandes extensões do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata e pequenas áreas esparsas no Planalto de Poços de Caldas com uma área de 147,12 Km², ou 30,65% da área total;
- **Fragilidade Potencial Média** – representado por grandes áreas do Planalto de Poços de Caldas, pequenas extensões do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata, e também, parte da zona serrana perfazendo um total de 259,06 Km², ou 53,97% da área de estudo;
- **Fragilidade Potencial Forte** – representado basicamente por parte das Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas correspondendo a uma área de 49,92 Km², ou 10,40% da área de estudo.

Este predomínio de Fragilidade Média (53,97%) para esta área ocorre na utilização destes procedimentos técnico-operacionais em decorrência da aplicação da média aritmética ponderada aplicada para a totalidade das variáveis analisadas. A média faz com que variáveis muito frágeis sejam atenuadas pelas variáveis de menor fragilidade.

No caso da área pesquisada, por exemplo, as unidades que apresentam rochas muito resistentes e, portanto, de baixa fragilidade, associada ao relevo serrano muito dissecado e de fragilidade muito forte sejam classificadas como áreas de fragilidade média. Ou seja, esta metodologia propõe que variáveis muito susceptíveis à erosão sejam amenizadas quando correlacionadas com variáveis mais estáveis. Neste caso apresentado, a variável rocha, pouco frágil atenua a variável relevo que é muito frágil.

Desta forma, a região estudada apresenta grau de fragilidade Forte apenas nas áreas que apresentam uma dissecação muito forte, mas que não tenham uma alta proteção decorrente da cobertura vegetal. Caso a cobertura vegetal apresente uma alta proteção, mesmo nestas áreas onde a dissecação é muito forte, a aplicação da média destas variáveis propõe um grau de fragilidade Médio. Como exemplo, pode-se citar duas Unidades Territoriais Básicas, as quais possuem características semelhantes quanto as informações geológicas, litológicas e de intensidade pluviométrica, mas diferindo quanto ao grau de proteção aos solos, e também com uma diferenciação menos expressiva com relação ao relevo. Neste caso, a variável cobertura vegetal define classes diferenciadas de fragilidade:

U10 - Geologia (1,4) + Solos (3,0) + Relevo (2,8) + Cobertura Vegetal (1,0) + Pluviosidade (1,7) = $9,9/5 = 1,98$, resultando num grau de fragilidade Média;

U16 - Geologia (1,4) + Solos (3,0) + Relevo (3,0) + Cobertura Vegetal (2,5) + Pluviosidade (1,7) = $11,6/5 = 2,32$, resultando num grau de fragilidade Forte.

Nestes exemplos citados acima, as características das rochas da zona serrana, as quais apresentam um forte grau de resistência, e a baixa a média intensidade pluviométrica, anulam as características do relevo que é fortemente dissecado e dos solos bastante vulneráveis. Neste caso, o grau de fragilidade da unidade foi determinado conforme a fragilidade da variável cobertura vegetal.

Já as áreas que apresentam uma fragilidade Baixa nesta região encontram-se no Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata e pequenas extensões do Planalto de Poços de Caldas. O baixo grau de fragilidade que ocorre nestas áreas é resultante da correlação de variáveis pouco frágeis, como rocha e cobertura vegetal, com variáveis de fragilidade Média, como relevo e intensidade pluviométrica. Exemplos:

U05 - Geologia (1,4) + Solos (2,7) + Relevo (1,7) + Cobertura Vegetal (1,0) + Intensidade Pluviométrica (2,0) = $8,8/5 = 1,76$, resultando num grau de fragilidade baixo;

U41 - Geologia (1,3) + Solos (2,0) + Relevo (1,8) + Cobertura Vegetal (1,0) + Intensidade Pluviométrica (1,5) = $7,6/5 = 1,52$, resultando num grau de fragilidade baixo.

Nestes exemplos acima, variáveis de grande estabilidade enfraquecem as mais vulneráveis, definindo para a Unidade Territorial Básica um baixo grau de fragilidade.

Como foi visto acima, seguindo a metodologia do INPE, a aplicação da média entre as variáveis atenua o grau de fragilidade de algumas Unidades Territoriais Básicas, as quais possuem variáveis com índices de vulnerabilidade contrastantes. Ou seja, variáveis potencialmente muito frágeis quando correlacionadas com variáveis menos frágeis, deixam de oferecer riscos à erosão, segundo o modelo de análise aplicado.

Na tabela abaixo estão expressos os valores em Km² e porcentagem (%) de cada um dos compartimentos geomorfológicos e suas respectivas classes de fragilidade com apoio no modelo das UTB's proposto pelo INPE (1996). Confirmando numericamente as informações e análises apresentadas acima.

CLASSES DE FRAGILIDADE DISTRIBUÍDAS PELOS COMPARTIMENTOS COM APOIO EM UTB's - UNIDADES TERRITORIAIS BÁSICAS

GRAUS DE FRAGILIDADE	COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS					
	Pl. São João da Boa Vista - Águas da Prata		Pl. Poços de Caldas		Serras da Borda do Maciço Intrusivo de Poços de Caldas	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Fraca	139,49	82,39	7,63	7,18	0	0
Média	29,81	17,61	98,68	92,82	130,61	72,35
Forte	0	0	0	0	49,92	27,65

Tabela 24: Classes de Fragilidade distribuídas pelos compartimentos geomorfológicos
Organização: Christiane Spörl

7 – CORRELAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS TRÊS MODELOS DE ANÁLISE DA FRAGILIDADE RELEVO - SOLO

No Capítulo anterior discutimos individualmente os três produtos analíticos Ambiental. Neste Capítulo, os resultados destes testes de modelos analíticos serão correlacionados.

As três metodologias com seus respectivos procedimentos técnico-operacionais avaliados levam em consideração basicamente as mesmas variáveis, mas com pequenas diferenciações, como pode ser verificado na tabela abaixo:

METODOLOGIAS	ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO (ROSS 1994)	CLASSES DE DECLIVIDADE (ROSS 1994)	UTB'S (INPE 1996)
Variáveis			
Índices de Dissecação do Relevo	X		X
Declividade		X	
Solos	X	X	X
Cobertura Vegetal	X	X	X
Rochas			X
Clima	X	X	X

Tabela 25: Variáveis utilizadas em cada um dos procedimentos técnico-operacionais
Organização: Christiane Spörl

Como observado na tabela 25, as três propostas metodológicas utilizam algumas variáveis em comum: solos, cobertura vegetal e clima. As demais variáveis diferem de acordo com cada uma das metodologias analisadas.

Por exemplo, as variáveis aplicadas nos procedimentos técnico-operacionais propostos pelo INPE (UTB's – Unidades Territoriais Básicas) diferenciam-se daquelas empregadas por ROSS (Índices de Dissecação do Relevo) apenas por

utilizar uma variável a mais, as rochas. As demais variáveis são as mesmas: índices de dissecação do relevo, solos, cobertura vegetal e clima.

Com relação aos dois procedimentos técnico-operacionais propostos por ROSS (1994), a única diversificação com relação as variáveis é a derivação entre a aplicação dos índices de dissecação do relevo e as classes de declividade. As outras variáveis, solos, cobertura vegetal e clima são aplicadas igualmente para estes dois procedimentos metodológicos.

As propostas metodológicas do INPE (1996) e de ROSS (1994), Classes de Declividade, são as duas que mais se diferenciam em termos de variáveis. A primeira leva em consideração uma variável a mais, as rochas. E ainda, utiliza para avaliar as características do relevo a variável, índices de dissecação do relevo, enquanto, a segunda avalia as declividades das formas do relevo.

Com relação as formas de calcular a fragilidade para cada área, o INPE trabalha com valores médios para o produto final o que acaba gerando grande diferença de resultados, e ROSS trabalha apenas com o agrupamento dos índices das variáveis e adota o relevo como variável principal. Além de apresentarem formas diferenciadas de cálculo da fragilidade, os modelos utilizam diferentes parâmetros para cada variável. O modelo do INPE classifica as variáveis com valores entre 1 e 3, com grandes subdivisões entre este intervalo (exemplo: 1,3; 2,1; 2,7...). Já no modelo proposto por ROSS os parâmetros utilizados para as variáveis oscilam entre 1 e 5 (utilizando apenas os números inteiros) para todas as variáveis.

As variáveis avaliadas pelas três propostas metodológicas apresentam pequenas diferenças, as quais decorrem em resultados divergentes no Mapa de Fragilidade Ambiental. A aplicação destas variáveis diferenciadas e formas distintas no cálculo da fragilidade para cada proposta metodológica, acarreta em variações no resultado final dos níveis de fragilidade potencial.

As diferenças apresentadas em cada um dos três modelos, resultaram na definição de diferentes graus de fragilidade potencial para a área pesquisada. O modelo proposto por ROSS (1994) utilizando-se os Índices de Dissecação do

Relevo classificou a área em quatro (4) diferentes graus de fragilidade (Fraca, Média, Forte e Muito Forte). O outro modelo proposto por ROSS (1994) utilizando-se as Classes de Declividade classificou a área em cinco (5) graus de fragilidade (Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte). Já com a aplicação do modelo das UTB's proposto pelo INPE (1996), a área foi classificada em apenas (3) diferentes graus de fragilidade (Fraca, Média e Forte).

Abaixo estão representados um gráfico e uma tabela onde estão expressos os valores em porcentagem (%) de cada uma das classes de fragilidade ambiental para as três propostas metodológicas avaliadas. Ou seja, o Gráfico apresenta uma comparação da distribuição das classes de fragilidade com relação as metodologias dos modelos propostos por ROSS (1994) e pelo INPE (1996), e a Tabela 26 apresenta os valores em porcentagens desta distribuição.

Gráfico 7: Comparação entre a distribuição das classes de fragilidade segundo as três metodologias analisadas

Organização: Christiane Spörl

GRAUS DE FRAGILIDADE	PROPOSTAS METODOLÓGICAS		
	ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO (ROSS 1994)	CLASSES DE DECLIVIDADE (ROSS 1994)	UTB'S (INPE 1996)
Muito Fraca	0%	20.25%	0%
Fraca	1.95%	7.67%	30.65%
Média	48.2%	9.43%	53.97%
Forte	12.3%	8.52%	10.4%
Muito Forte	32.57%	50.05%	0%

Tabela 26: Porcentagens dos graus de fragilidade para as três metodologias analisadas
Organização: Christiane Spörl

GRAUS DE FRAGILIDADE	MODELOS ANALISADOS																	
	Índices Dissecção do Relevo (ROSS-1994)						Classes de Declividade (ROSS -1994)						UTB's (INPE - 1996)					
	Pl. São João da Boa Vista -Águas da Prata		Pl. Poços de Caldas		Serras da Borda do M. Intrusivo de Poços de Caldas		Pl. São João da Boa Vista -Águas da Prata		Pl. Poços de Caldas		Serras da Borda do M. Intrusivo de Poço de Caldas		Pl. São João da Boa Vista -Águas da Prata		Pl. Poços de Caldas		Serras da Borda do M. Intrusivo de Poço de Caldas	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Muito Fraca	0	0	0	0	0	0	46.32	26.69	36.67	33.17	17.14	9.28	0	0	0	0	0	0
Fraca	9.36	5.54	0	0	0	0	17.81	10.26	10.85	9.81	8.88	4.81	139,49	82,39	7,63	7,18	0	0
Média	135.26	79.86	88.18	82.93	7.97	4.41	21.74	12.53	12.14	10.99	11.95	6.47	29,81	17,61	98,68	92,82	130,61	72,35
Forte	12.62	7.45	18.14	17.07	28.32	15.69	18.67	10.76	10.03	9.08	12.82	6.94	0	0	0	0	49,92	27,65
Muito Forte	12.70	7.15	0	0	144.24	79.90	69.02	39.77	40.85	36.95	133.92	72.51	0	0	0	0	0	0

Tabela 27: Tabela Síntese com as áreas das diferentes fragilidades para os três métodos detectados por compartimento
Organização: Christiane Spörl

A tabela acima apresenta uma síntese com as áreas das diferentes fragilidades detectadas por compartimento geomorfológico para cada um dos três modelos de análise.

Através do gráfico 7 e da tabela 26 apresentados acima, verifica-se que a categoria de fragilidade Muito Fraca é constatada em aproximadamente 20% da área de estudo, e somente quando, aplica-se os procedimentos técnico-operacionais propostos por ROSS (1994) utilizando-se as Classes de Declividade. As outras duas propostas metodológicas não classificam nenhuma área como de Muito Baixa fragilidade ou Muito Baixa susceptibilidade à erosão (vulnerabilidade).

Estas divergências apresentadas nestes resultados podem ser explicadas conforme já foi exposto no Capítulo anterior, pois as áreas classificadas como de fragilidade Muito Fraca, utilizando-se o modelo das Classes de Declividade proposto por ROSS (1994), não condizem com a realidade. Este fato é decorrente do erro presente nos mapas clinográficos trabalhados na escala 1:50.000, que quando confeccionados a partir da digitalização de curvas de nível com a eqüidistância de 20 metros, amenizam as declividades. Este intervalo entre as curvas, em função da escala, atenua a declividade, conseqüentemente o grau de fragilidade. Daí então resulta na maior expressividade do baixo grau de fragilidade apresentado por este modelo metodológico.

Segundo observações inferidas a partir do gráfico e da tabela, verifica-se que o grau de fragilidade Fraco é a categoria mais contrastante em termos de total de área classificada através das três propostas metodológicas. Esta classe de fragilidade Fraca é categorizada em aproximadamente 2% da área utilizando-se os Índices de Dissecção do Relevo; cerca de 7,5%, com a aplicação das Classes de Declividade; e aproximadamente, 30,5% quando aplicada a proposta do INPE.

Os modelos aplicados utilizando-se UTB's (INPE - 1996) e os Índices de Dissecção do Relevo (ROSS - 1994) classificam basicamente a mesma área com grau de fragilidade Fraco, a parte noroeste da área pesquisada. No entanto, a proposta metodológica sugerida pelo INPE engloba outras várias áreas, incorporando grandes extensões do Planalto de São João da Boa Vista - Águas da Prata e pequenas áreas do Planalto de Poços de Caldas. Através da aplicação

da variável Classes de Declividade, as áreas classificadas como de baixo grau de fragilidade não convergem com os resultados das outras duas propostas metodológicas. A aplicação desta variável (Classes de Declividade) classifica como de baixa fragilidade áreas extremamente fragmentadas e dispersas pelos três compartimentos geomorfológicos, o que resulta em um aumento da área com baixa fragilidade.

A aplicação da proposta metodológica do INPE resulta numa classificação em que, aproximadamente, 54% da área de estudo é considerada como grau de fragilidade Médio. As outras duas propostas metodológicas apresentam valores inferiores a este para o mesmo grau de fragilidade, para o modelo que se apóia nas Classes de Declividade o valor obtido é de 9,43% e para o modelo que utiliza os Índices de Dissecção do Relevo o valor é de 48,20%.

Através de observações inferidas a partir do gráfico e da tabela, observa-se que o grau de fragilidade Forte é a categoria menos contrastante em termos de total de área classificada através das três propostas metodológicas. Esta classe de fragilidade Forte é categorizada em aproximadamente 12,30% da área utilizando-se os Índices de Dissecção do Relevo; cerca de 8,52%, com a aplicação das Classes de Declividade; e aproximadamente, 10,40% quando aplicada a proposta do INPE.

No entanto, as áreas inseridas no território analisado classificadas como de forte susceptibilidade a erosão, ou seja, de fragilidade Forte não são exatamente as mesmas identificadas pelas três propostas metodológicas. Cada um dos modelos apresenta diferentes áreas com grau de fragilidade Forte, mesmo sendo a categoria menos contrastante em termos percentuais e de extensão de área.

A classe de fragilidade Muito Forte é uma outra categoria que apresenta valores muito contrastantes em termos de total de área classificada através das três propostas metodológicas. A tabela e o gráfico ainda permitem observar que a classe de fragilidade Muito Forte não é identificada para a área de estudo quando aplicado o modelo proposto pelo INPE. Já a proposta de ROSS utilizando-se as Classes de Declividade apresenta índices elevados de fragilidade Muito Forte, 50,05% da área, enquanto que com a aplicação dos Índices de Dissecção do Relevo, esta porcentagem reduz para cerca de 33%. Desta forma, a utilização

destes dois modelos classifica grandes extensões de área como muito susceptíveis à erosão, ou muito frágeis, enquanto no modelo do INPE nenhuma área é qualificada como muita frágil. Este fato é decorrente dos procedimentos utilizados pelo INPE em aplicar a média aritmética para os valores (parâmetros) de cada variável e que resulta na atenuação dos resultados, tendendo tudo para valores posicionados em intervalos medianos.

Ao se comparar a distribuição dos graus de fragilidade pelos compartimentos geomorfológicos através da aplicação de cada um dos três (3) modelos de análise, conforme se observa na Tabela 27, verifica-se que a aplicação dos modelos utilizando-se os Índices de Dissecção do Relevo e as Classes de Declividades classificam a zona serrana com grau de fragilidade Muito Forte, em mais de 70% deste compartimento, enquanto a utilização das UTB's não apresenta nenhuma área deste compartimento com este grau de fragilidade. Mas este último modelo (INPE) classifica este compartimento com grau de fragilidade Forte em cerca de 28%, enquanto que os outros dois modelos propostos por ROSS qualificam este compartimento com grau de fragilidade Forte em menos de 16% da área. No geral o modelo do INPE atenua os resultados da fragilidade.

Estas observações realizadas acima demonstram que os procedimentos técnico-operacionais sugeridos pelo modelo do INPE (1996) apresentam graus de fragilidade menores para a mesma área analisada quando comparados com os outros dois modelos propostos por ROSS (1994). Este fato ocorre em função da aplicação da média aritmética ponderada entre as variáveis avaliadas quando aplicado o modelo do INPE. Este procedimento matemático atenua os resultados finais, sobretudo quando as variáveis analisadas no contexto do modelo apresentam graus de fragilidades contrastantes entre si. Como exemplo, podem ser citados casos opostos, onde os parâmetros de cada variável são diferentes, no entanto, apresentam resultados semelhantes quando aplicado os procedimentos técnico-operacionais propostos pelo INPE (1996):

- **Situação A** - Áreas que apresentam rochas muito resistentes, ou seja, de baixa fragilidade, mas que estão associadas a um relevo serrano muito dissecado com altas declividades e de alta vulnerabilidade à erosão;

- **Situação B** - Áreas onde as rochas são muito frágeis, tipo sedimentos inconsolidados, mas o relevo é plano, com baixas declividades e, portanto bastante estável;

PARÂMETROS CONTRASTANTES ENTRE AS VARIÁVEIS RESULTANDO EM GRAUS DE FRAGILIDADE SEMELHANTES

PARÂMETROS	SITUAÇÃO A	SITUAÇÃO B
Geologia	1	3
Relevo	3	1
Solo	3	2
Vegetação	2	3
Clima	1	1
Total	10	10
Média	2,0	2,0

Tabela 28: Exemplo de situações em que variáveis com valores contrastantes apresentam o mesmo grau de fragilidade

Organização: Christiane Spörl

Estes exemplos acima apresentam variáveis e parâmetros contrastantes, ou seja, uma variável é muito frágil, e a outra, é muito estável e na média estas diferenças tendem a desaparecer. Nestes casos, a aplicação da média entre as variáveis, recomendada pelos procedimentos técnico-operacionais propostos pelo INPE, resulta que as variáveis estáveis ou pouco frágeis acabem amenizando o grau de fragilidade das variáveis mais potencialmente frágeis. Disto decorrem as diferenças obtidas para a área de estudo, entre os graus de fragilidades resultantes da aplicação dos modelos propostos por ROSS (1994) e pelo INPE (1996).

O mesmo ocorre quando analisado o Planalto de Poços de Caldas, este compartimento geomorfológico é classificado com graus de fragilidade Médio e Forte quando aplicado o modelo de ROSS (Índices de Dissecação do Relevo), e é classificado com graus de Fragilidade Fraca e Média quando utilizado os procedimentos propostos pelo INPE (UTB's). Sendo que as porcentagens apresentadas neste compartimento demonstram que a aplicação do modelo do

INPE classifica com grau de fragilidade Média cerca de 93% da área, e o modelo que se apóia nos Índices de Dissecação do Relevo (ROSS-1994) cerca de 83%. Com relação ao grau de fragilidade Forte este compartimento é classificado em cerca de 17% quando utilizado os Índices de Dissecação do Relevo, e em 0% quando aplicado o modelo baseado nas UTB's. Já com relação ao grau de fragilidade Fraca, o modelo do INPE classifica cerca de 7% da área do Planalto de Poços de Caldas, e o modelo que se apóia nos Índices de Dissecação do Relevo (ROSS) não classifica nenhuma área com este grau de fragilidade.

Grandes extensões do Planalto de Poços de Caldas são classificadas como grau de fragilidade Média tanto através da aplicação do modelo baseado nas UTB's quanto pelo modelo apoiado nos Índices de Dissecação do Relevo. Apenas em algumas áreas foram observadas divergências nos resultados. Estas divergências ocorrem basicamente nas áreas do Planalto de Poços de Caldas onde estão recobertas por mata, ou seja, esta variável (cobertura vegetal) de grande estabilidade quando realizada a média aritmética entre as demais variáveis (relevo, solos, rochas e clima) ameniza o grau de fragilidade da área, segundo a proposta do INPE, classificando-as como de baixa susceptibilidade a erosão. Segundo o modelo com apoio nos Índices de Dissecação do Relevo, estas mesmas áreas foram classificadas como grau de fragilidade Média, no entanto, são consideradas Unidades Ecodinâmicas Estáveis.

Outra divergência nos resultados da classificação dos graus de fragilidade do Planalto de Poços de Caldas ocorre numa área onde o relevo apresenta uma maior dissecação. Sendo que a variável relevo, segundo a aplicação do modelo com apoio nos Índices de Dissecação do Relevo, determina o grau de fragilidade da área. Desta forma, a aplicação deste modelo classifica a área como mais susceptível a erosão, ou seja, com grau de fragilidade Forte. E com a aplicação do modelo baseado nas UTB's esta variável (relevo) não é determinante é apenas mais uma variável a participar da soma, e consequentemente, da média aritmética para definir o grau de fragilidade de cada UTB, resultando num grau de fragilidade Médio para esta área. Ou seja, novamente estes resultados demonstram que a aplicação do modelo proposto pelo INPE (1996), ou seja, o emprego da média aritmética entre as variáveis atenua os resultados finais do grau de fragilidade da área.

Neste caso apresentado acima, a aplicação do modelo proposto por ROSS (1994) com apoio nas Classes de Declividade apresenta uma classificação dos graus de fragilidade para o Planalto de Poços de Caldas bastante diversificada daquela apresentada pelos outros dois (2) modelos avaliados. Este modelo qualifica este compartimento em cinco graus de fragilidade, desde a fragilidade Muito Fraca até a Muito Forte. Sendo que, quase 37% da área foi considerada como de fragilidade Muito Forte, e cerca de 33% como fragilidade Muito Fraca, os demais graus de fragilidade apresentam-se distribuídos homogeneamente dentro do compartimento com aproximadamente 10% para cada classe de fragilidade (Fraca, Média e Forte).

Estes resultados foram obtidos, pois as altas declividades apresentadas em grandes partes deste compartimento geomorfológico são responsáveis pela avaliação do potencial de instabilidade. Sendo assim, esta variável controla o grau de fragilidade Forte apresentado em grandes extensões desta área. Como já foi visto anteriormente, a elevada porcentagem apresentada para o grau de fragilidade Muito Fraco (cerca de 33%) e a homogeneidade e os baixos percentuais apresentados pelos demais graus de fragilidade é resultado da equidistância das curvas de nível dos mapas clinográficos trabalhados na escala 1:50.000, que amenizam as classes de fragilidade.

No entanto, a simples interpolação de mais curvas de nível pode resolver este problema apresentado acima. E ainda pode-se considerar que a aplicação da variável declividade é mais prática e menos trabalhosa do que fazer medições da densidade de drenagem e dos graus de entalhamento dos vales, sobre as cartas topográficas, para então se obter os índices de dissecação do relevo. Assim, esta variação nos procedimentos técnico-operacionais, a utilização das Classes de Declividade, pode facilitar o processo de geração dos Mapas de Fragilidade Potencial aos processos erosivos mecânicos das águas pluviais.

Ainda analisando a Tabela 27, verifica-se que os resultados apresentados para o Planalto de São João da Boa Vista – Águas da Prata através da aplicação dos três modelos de análise são bastante contrastantes. Segundo a proposta de ROSS com apoio nos Índices de Dissecação do Relevo cerca de 80% da área é classificada como grau de fragilidade Média; e aproximadamente 82% é considerada como de fragilidade Fraca segundo a aplicação do modelo com apoio

nas UTB's. Já com a utilização do modelo proposto por ROSS com apoio nas Classes de Declividade, cerca de 40% da área é classificada como de fragilidade Muito Forte.

Estes resultados apresentados acima demonstram grandes diferenças dos graus de fragilidade verificados nesta área com aplicação destes três modelos de análise. Para estabelecer o porque destas divergências é necessário analisar os Mapas resultantes destes modelos empíricos. Sendo assim, verifica-se que o modelo com apoio nas UTB's apresenta para esta área graus de fragilidade mais estáveis, apenas nas UTB's onde mais de duas variáveis apresentam graus de instabilidade médio a forte são classificadas com grau de fragilidade Médio, as demais áreas apresentam uma fragilidade Baixa.

Esta área (Planalto de São João da Boa Vista – Águas da Prata) apresenta através da aplicação do modelo com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo, cerca de 80% de sua extensão com grau de fragilidade Médio, o restante da área é classificada com graus de fragilidade Fraco (5,54%), Forte (7,45%) e Muito Forte (12,70%). Ou seja, a utilização deste modelo empírico estabelece que a variável relevo seja responsável por estabelecer o grau de fragilidade da área, como verificado no Mapa 9 (página 90). Já o modelo com apoio nas Classes de Declividade apresenta a área dividida desde o grau de fragilidade Muita Baixa até a Muito Forte, decorrente da grande variação das declividades apresentadas nesta área. Sendo também esta variável determinante para estabelecer o grau de fragilidade através deste modelo de análise.

Como foi analisado até o momento, tanto as ponderações das variáveis, quanto a forma de cálculo para obtenção dos graus de fragilidade, são responsáveis pelas diferenças manifestadas nos três mapeamentos examinados. A variável Classes de Declividades aplicada pelo modelo de ROSS (1994) proporciona os resultados mais diferentes entre os demais modelos avaliados. E o tipo de cálculo aplicado para a avaliação dos níveis de fragilidade ou vulnerabilidade, em cada um dos três procedimentos técnico-operacionais, também é o grande responsável pelas divergências de resultados apresentados entre os três produtos analítico-cartográficos gerados, no contexto da escala de trabalho, 1:50.000.

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande contribuição da metodologia baseada em estudos de fragilidade ambiental é servir de subsídio para gestão territorial de maneira planejada e sustentável evitando problemas de ocupação desordenada

O principal produto desta pesquisa é a Carta de Fragilidade Relevo – Solo, baseando-se na correlação dos graus de fragilidade atribuídos as variáveis relevo/ solos/ cobertura vegetal/ pluviosidade/ rochas. Estes produtos cartográficos intermediários foram considerados muito importantes na caracterização da fragilidade relevo – solo.

As cartas temáticas elaboradas na escala 1:50.000, tais como: hipsométrica, clinográfica, pedológica, geológica, geomorfológica e de uso da terra são produtos obtidos através das cartas topográficas, das imagens de satélite e das observações de campo. Estes produtos intermediários possibilitaram a análise e interpretação da fragilidade ambiental face aos processos erosivos e a potencial perda de qualidade das águas de superfície.

A carta de uso da terra demonstrou ser um instrumento de grande importância na análise dos impactos e da fragilidade dos ambientes naturais. Mesmo representando apenas um corte da realidade em um determinado momento histórico, já que a dinâmica dos tipos de cultivos ao longo do ano é muito intensa e as alterações nos padrões de uso da terra ocorrem continuamente. Mesmo assim, o produto gerado foi aproveitado integralmente servindo de base para a identificação das áreas estáveis, onde as características naturais continuam em equilíbrio dinâmico, e das áreas instáveis onde o equilíbrio foi rompido pela ação humana. Sendo assim, é possível através deste mapeamento identificar as áreas com maiores tendências aos processos erosivos e as mais propícias as alterações da qualidade das águas de superfície.

As informações climáticas, principalmente as chuvas, foram acrescidas no cálculo da fragilidade relevo-solo face a sua grande variação na distribuição apresentada nos diferentes compartimentos geomorfológicos da área de estudo. A ação das chuvas principalmente quando concentrada em pequeno período é um

importante elemento modificador por participar e ativar todos os processos morfodinâmicos, contribuindo para acelerar fortemente os processos erosivos. Desta forma, a variável pluviosidade foi classificada de acordo com sua maior ou menor intensidade e sua distribuição ao longo do ano. Assim sendo, esta variável foi aplicada nos cálculos dos três modelos de análise da fragilidade ambiental.

Este trabalho teve como objetivo principal a aplicação e a comparação de três modelos de análise para a avaliação da fragilidade ambiental e, a confecção de documentos cartográficos que sintetizassem os resultados finais. Foram utilizados para a análise da Fragilidade Ambiental dois modelos metodológicos propostos por ROSS (1994), um com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo e o outro nas Classes de Declividade; e o terceiro modelo avaliado refere-se a proposta do INPE (1996) baseando-se nas Unidades Territoriais Básicas – UTB's.

Os dois modelos propostos por ROSS (1994) e o modelo proposto pelo INPE (1996) partem do mesmo princípio, as Unidades Ecodinâmicas preconizado por TRICART (1977) para delimitar áreas no contexto dos diagnósticos ambientais. As áreas são caracterizadas por diversos atributos: rochas, relevo, solo, cobertura vegetal/ uso da terra e pluviosidade. No entanto, uma das diferenças apresentadas por estes modelos está na operacionalização dos métodos: ROSS (1994) utiliza um procedimento de classificação do espaço geográfico por divisão, quando parte da análise dos temas isoladamente até chegar nas unidades homogêneas complexas (a síntese); o modelo do INPE (1996) utiliza um processo de classificação por agrupamento, quando identifica inicialmente as unidades homogêneas complexas, a partir de suas delimitações nas imagens de satélite, e posteriormente agregam os atributos multitemáticos que caracterizam essas unidades.

Outra diferença apresentada entre os modelos sugeridos por ROSS (1994) e pelo INPE (1996) refere-se a forma de cálculo para obtenção dos graus de fragilidade. Através dos procedimentos técnico-operacionais propostos por ROSS (op cit.) a hierarquização dos graus de fragilidade é estabelecida através da combinação/ associação dos dígitos arábicos referentes as variáveis dissecção do relevo ou declividade/ solo/ cobertura vegetal/ pluviosidade. Pela proposta do INPE esta classificação dos graus de fragilidade é estabelecida através da aplicação da média aritmética entre as variáveis avaliadas.

As duas formas de cálculo apresentadas acima para obtenção dos graus de fragilidade refletem em diferentes maneiras de ponderar a importância das variáveis avaliadas. Por exemplo, no modelo de análise proposto pelo INPE, a utilização da média aritmética entre as variáveis pressupõe que todas elas têm a mesma importância (valor) para estabelecimento do grau de fragilidade de determinada UTB. No modelo de análise sugerido por ROSS a variável que representa o 1º dígito da associação numérica determina o grau de fragilidade, as demais variáveis apenas hierarquizam nuances desta fragilidade. Deste modo, a variável relevo ou declividade (1º dígito) é mais expressiva para a determinação do grau de fragilidade segundo a proposta de ROSS. Sendo assim, no modelo do INPE todas as variáveis tem o mesmo peso, já no modelo de ROSS o relevo ou a declividade tem uma importância maior para definir os graus de fragilidade.

Mas é preciso ressaltar que estes procedimentos operacionais analisados acima podem apresentar resultados de fragilidade que não refletem as características da área. Por exemplo, nem sempre o relevo mais dissecado é de fato mais frágil, ou ao contrário, nem sempre o relevo pouco dissecado é realmente mais estável. Pois a fragilidade depende também do tipo de rocha, dos solos, do uso da terra e do regime de chuvas. Isto quer dizer que a valorização do relevo/ declividade (1º dígito) no modelo sugerido por ROSS pode definir uma fragilidade muito forte para uma área muito dissecada, mas que na realidade as demais variáveis amenizam sua vulnerabilidade, ou ainda, pode determinar uma fragilidade muito fraca para uma área de relevo estável, mas que as outras variáveis acentuam sua vulnerabilidade.

Já no modelo proposto pelo INPE, a ponderação entre os diferentes valores dos atributos que resulta em valores médios para cada UTB pode acabar por “mascarar” ou atenuar o resultado final do índice de fragilidade da unidade identificada. Desta forma, pode-se dizer que a aplicação de modelos não corresponde à realidade de campo, embora possa fornecer resultado aproximativo com certo grau de subjetividade.

Quando comparados os resultados cartográficos da aplicação dos dois modelos de análise, um com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo (ROSS – 1994), e o outro com apoio nas UTB's (INPE – 1996), percebe-se que para toda a área o modelo do INPE ou manteve o mesmo resultado apresentado pelo modelo de

ROSS, ou então, na maioria dos casos, seus resultados apresentaram-se com graus de fragilidade mais fracos. Esta comparação não incluiu o modelo apoiado nas Classes de Declividade (ROSS – 1994), pois seu resultado é muito contrastante com os demais.

Os Mapas de Fragilidade Ambiental resultantes da aplicação dos três modelos de análise apresentaram resultados divergentes decorrentes destas diferenças técnico-operacionais apontadas acima. Não se pode afirmar qual o melhor modelo entre eles sem realizar uma comparação destes modelos empíricos com a realidade de campo. Para uma melhor avaliação sobre a eficácia destes três modelos de análise de fragilidade ambiental e, visando identificar o modelo que melhor se ajusta com o que ocorre na natureza, é necessário correlacionar os problemas de erosão, deslizamentos e perda de qualidade das águas de superfície encontrados em campo com os três modelos empíricos analisados. Só assim será possível apontar um modelo que melhor condiz com a realidade.

Para finalizar vale a pena lembrar que os resultados apresentados através da comparação destes três modelos de análise da fragilidade ambiental são abstrações da realidade, construídas a partir de modelos e baseados em conceitos. Pesquisas sistemáticas que correlacionam resultados da aplicação dos modelos e da investigação sistemática demonstram que nem sempre os resultados são convergentes, como exemplos podem ser citados os trabalhos de NAKASHIMA (1999) e de RODRIGUES (1998), que mostram que as respostas da natureza freqüentemente não condizem com os resultados dos modelos. Os modelos servem para fornecer um nível básico de diferenças entre os ambientes analisados e permitem estabelecer um certo grau de padronização, mas que não substituem a análise caso a caso dos problemas ambientais.

No entanto, quando utilizados os modelos, estes podem ser aplicados e extrapolados para extensas áreas regionais ligadas ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Planejamento e Gestão do Território. A aplicação destes modelos age como um mecanismo dinâmico de planejamento e de gerenciamento no uso e ocupação do espaço, permitindo a obtenção de resultados rápidos e proporcionando uma maior agilidade no processo de tomada de decisões. Como observado acima, nem só de desvantagens consiste a aplicação dos modelos. A

utilização destes apresenta suas limitações, mas também, podem ser apontadas grandes vantagens quando aplicados aos mapeamentos sistemáticos.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS LEVANTADAS

- ABREU, Adilson Avansi. “Estruturação de Paisagens Geográficas no Médio Vale do Jaguari-Mirim”. Tese de Doutorado FFLCH-USP, São Paulo, 1972.
- ABREU, Adilson Avansi. “Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação”. Tese de Livre Docência FFLCH-USP, São Paulo, 1982.
- AB’SABER, Aziz Nacib. “Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário”. In: Geomorfologia n° 18, IGEOG-USP, São Paulo, 1969.
- ALLAN, J., ERICKSON, D e FAY, J. “The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales”. In: Freshwater Biology, v.37, n° 1, February/1997.
- ANDERSON, J.; HARDY, E.; ROACH, J.; WITMER, R.. “Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos”. Rio de Janeiro, IBGE, 1979.
- BARBOSA, Cláudio. “Álgebra de Mapas e suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento”. Dissertação de Mestrado - INPE, São José dos Campos, SP, 1997.
- BERTONI, José & LOMBARDI NETO, Francisco. “Conservação do solo”. Editora Ícone. São Paulo, 1990.
- BERTRAND, G. “Paysage et Geographie Global: Esquisse Metodologique” Revue Geographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 1968.
- BOULDING, Russell. “Soil, Vadose Zone and Ground-water contamination: Assesment, Prevention and Remediation”. USA, 1995.
- BRANCO, Samuel Murgel. “Hidrologia Ambiental”, São Paulo, 1991.

- CASTRO, José Flávio Moraes. “Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na temática da morfodinâmica: o exemplo do estudo da Bacia do Mogi-Cubatão/SP”. Dissertação de Mestrado FFLCH, São Paulo, 1993.
- CIÊNCIA HOJE. “Águas no Brasil: Má utilização e falta de planejamento” Volume 19, nº 10, novembro/ 1995.
- CBH MOGI – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu. “Proposta – Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu Período: 1996 – 1999”.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. “Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG)”. Tese de Livre-Docência. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, 1970.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. “Características Fisiográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG Brasil)”. In: Geomorfologia 32, IGEO-USP, São Paulo, 1972.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. “Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico”. INPE, São José dos Campos, SP, 1996.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T; BARBOSA, C.. “Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial”. INPE, São José dos Campos, SP, 2000.
- CUSTÓDIO e IIMAS, “Hidrologia Subterrânea”. Espanha, 1996.
- DE BIASI, M. “A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção”. FFLCH-USP, Geografia (1992).
- DEMEK, J. “Generalization of Geomorphological Maps”. In: Progress Made in Geomorphological Mapping, 1967.
- DE PLOYE, J. “The Ambivalent Effects of Some Factors of Erosion”, 1981.

- FUJIMOTO, N. S. "Análise Geomorfológica de Itapuã -RS: Contribuição ao Conhecimento da Margem Norte da Lagoa dos Patos". Dissertação de Mestrado FFLCH - USP, São Paulo, 1994.
- FURIN, Adenezile de Fátima Reis. "Um Trecho do Vale do Ribeira e Litoral Sul e a Fragilidade de seus Ambientes". Trabalho de Graduação Individual, FFLCH, São Paulo, 1998.
- GARCEZ, L. e ALVAREZ, G. "Hidrologia". 1988.
- GERASIMOV, I. "Problemas Metodológicos de la Ecologizacion de la Ciência Contemporânea". In: La Sociedad y el Medio Natural. Editorial Progreso, Moscou, 1980.
- GONTIJO, A. "O Relevo da Serra do Cipó - MG Espinhaço Meridional". Dissertação de Mestrado FFLCH -USP, São Paulo, 1993.
- GRIGORIEV, A. A, "The Theoretical Fundaments of Modern Physical Geography". In: The Interaction of Sciences in the Earth, Moscou, 1968.
- GUERRA, Antônio Teixeira. "Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos". Rio de Janeiro, 1994.
- GUERRA, Antônio Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da. "Geomorfologia e Meio Ambiente". Rio de Janeiro, 1996.
- GRIGORIEV, A. A, "The Theoretical Fundaments of Modern Physical Geography". In: The Interaction of Sciences in the Earth, Moscou, 1968.
- KIRKBY, I. "Hillslope Hidrology". 1979.
- KLIMASZEWSKI, V. "Detailed Geomorphological Maps". In: ITC Journal, 1982.
- LEITE, Maria Angela Faggin "Análise Geossistêmica em Geografia como Subsídio ao Planejamento Ambiental". Dissertação de Mestrado, FFLCH - USP, São Paulo, 1983.

- LIBAULT, A. "Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica". In: Métodos em Questão, IGEOG/USP, São Paulo, 1971.
- MAGALHÃES, Luiz Edmundo. "A Questão Ambiental". São Paulo, 1994.
- MAIA, Nilson & MARTOS, Henry; coordenação de. "Indicadores Ambientais". Sorocaba, São Paulo, 1997.
- MATTOS, Dirceu Lino de. "A Região da Baixa Mogiana: Contribuição ao Estudo da Geografia Agrária do Ponto de Vista do Uso da Terra". Tese de Doutorado – FEA, São Paulo, 1959.
- MAXIMILIANO, Gracie Abad. "Bacia do Rio Pato Branco: Ensaio Cartográfico para análise da fragilidade do meio físico com uso de geoprocessamento". Dissertação de Mestrado – FFLCH, São Paulo, 1996.
- MEDEIROS, José Simeão. "Banco de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: Tecnologias de Apoio à Gestão do Território". Tese Doutorado – FFLCH, 1999.
- MESCERJAKOV, J. P. "Les Concepts de Morphoestructure et de Morphosculture: Un: Nouvel Instrument de l'analyse geomorphologique. Annales de Geographie". 77 année n° 423, Paris, 1968.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – RADAM BRASIL. "Levantamento de Recursos Naturais". Folhas SF. 23/24 – Rio de Janeiro/ Vitória. Rio de Janeiro, 1983.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. "Termo de Referência para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico do Sudeste do Estado do Amazonas Projeto Vale do Rio Madeira". 1997.
- MONTEIRO, Carlos Augusto. "A frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil". IGEOUSP, São Paulo, 1969.

- MONTEIRO, Carlos Augusto. "A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo". IGEOUSP, São Paulo, 1973.
- MONTEIRO, Carlos Augusto. "Derivações Antropogênicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e Alterações Climáticas: Perspectivas Urbanas e Agrárias". In: Anais Simpósio sobre a Comunidade Vegetal como Unidade Biológica, Turística e Econômica. São Paulo, 1978.
- MOTTA, M.; SASSAGAWA, H. S. Y.; MEDEIROS, J. S. "Integração de Dados Ambientais Através de Álgebra de Mapas Caso de Estudo: Geração da Vulnerabilidade Ambiental do Município de Assis Brasil – Acre". INPE, São José dos Campos,
- NAKASHIMA, Myriam. "Análise dos Processos Erosivos e da Fragilidade Ambiental na Bacia do Keller-PR". Tese de Doutorado, FFLCH, São Paulo, 1999.
- OLIVEIRA, Jaime. "Aplicação de Técnicas Cartográficas no Estudo de Uso da Terra: Bacia do Rio Claro – Londrina (PR)". Dissertação Mestrado FFLCH - USP, São Paulo, 1993.
- OLIVEIRA, João. "Aspectos Físicos da Área abrangida pela seção de extensão agrícola de São João da Boa Vista". Boletim Paulista de Geografia nº 40, 1964.
- PENCK, G. "Morphological Analysis of Landforms". Macmillan and Co., London, 1953.
- PENTEADO ORELHANA, M. M. "A Geomorfologia do Contexto Social". In: Geografia e Planejamento, 34, IGEOG-USP, São Paulo, 1981.
- RODRIGUES, Sandra Regina. "O uso da terra e a qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Sapucaí-Guaçú, no município de Campos do Jordão - SP". Dissertação de Mestrado FFLCH - USP, São Paulo, 1997.
- RODRIGUES, Silvio Carlos. "Análise Empírico-Experimental da Fragilidade Relevo-Solo no Cristalino do Planalto Paulistano: Sub-Bacia do Reservatório Billings". Tese de Doutorado FFLCH - USP, São Paulo, 1998.

- ROMEIRO, Ademar; REYDON, Bastiaan; LEONARDI, Maria Lúcia; org. "Economia do Meio Ambiente: Teoria, Políticas e a Gestão de Espaços Regionais". UNICAMP Campinas, São Paulo, 1996.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. "Geomorfologia, Ambiente e Planejamento". Editora Contexto, São Paulo, 1990.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches & MOROZ, Isabel Cristina. "Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo". Laboratório de Geomorfologia, FFLCH, 1997.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. "Estudo e Cartografia Geomorfológica da Província Serrana – MT". Tese de Doutorado FFLCH – SP, 1987.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. "O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo". In: Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP, nº 6, São Paulo, 1992.
- ROSS, J. L. S. "Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados". In: Revista do Departamento de Geografia nº8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. "O Relevo Brasileiro, as Superfícies de Aplanamento e os Níveis Morfológicos". In: Revista do Departamento de Geografia nº5, FFLCH-USP, São Paulo, 1991.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. "Análise e Síntese na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental" Revista do Departamento de Geografia nº9, FFLCH-USP, São Paulo, 1995.
- ROSS, J. & DEL PRETTE, M. "Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental". In: Revista do Departamento de Geografia nº12, p- 89-121, São Paulo, 1998.
- SALOMÉ, A. I & VAN DORSSER, H. G. "Examples of 1:50.000- Scales Geomorphological Maps of Geomorphology". Band 26 Heft- 4 Berlin Stuttgart, 1982.

- SANTOS, Maria Natalina. "Levantamento das Principais Características do Meio Físico do Município de Cerquillo-SP para Fins de Planejamento Territorial". Dissertação de Mestrado UNESP- Rio Claro, São Paulo, 1996.
- SCHNEIDER, Marilena de Oliveira. "Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente". Tese de Doutorado, FFLCH - USP, São Paulo, 1996.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE "Macrozoneamento das Bacias dos Rios Mogi-Pardo-Médio Grande".
- SETZER, R. J. "A Distribuição Normal das Chuvas no Estado de São Paulo". In: Revista Brasileira de Geografia. Ano VIII, nº 1, 1946.
- SIMIELLI, Maria Elena Ramos. "Variação Espacial da Capacidade de Uso da Terra". Séries Teses e Monografias nº 41, São Paulo: IGEO USP, 1981.
- SIMÕES, Silvio Jorge. "Variabilidade, Fragilidade e Dinâmica da Paisagem em Área de Transição Urbano-Rural". Tese Doutorado – FFLCH, 1996.
- SOTCHAVA, V.B. "O Estudo dos Geossistemas-Métodos em Questão". nº 16, IGEOG/USP, São Paulo, 1974.
- SOTCHAVA, V.B. "Por uma Teoria de Classificação de Geossistemas da Vida Terrestre". nº 14, IGEOG/USP, São Paulo, 1978.
- THOMAZ, Edivaldo Lopes. "Análise Empírica da Fragilidade Potencial da Bacia do Rio Iratim - Guarapuava-PR". Dissertação de Mestrado - FFLCH - USP, São Paulo, 2000.
- TOMINAGA, Lidia Keiko. "Geologia da Folha de São João da Boa Vista". In: Rvista do Instituto Geológico, 2 (1): 21-29, jan./ jun., 1981.
- TRICART, J. "Principes et Methodes de la Geomorphologie". Masson et Cie. Editeurs, Paris, 1965.

TRICART, J. "Ecodinâmica". FIBGE, Rio de Janeiro, 1977.

TROPPMAIR, Helmut. "Metodologia Simples para Pesquisar o Meio Ambiente". Rio Claro, 1988.

TUCCI, Carlos. "Alguns Desafios Brasileiros em Recursos Hídricos e Meio Ambiente". In: A Água em Revista. Revista Técnica e Informativa do CPRM - ano III - nº 6, novembro 1995.

TUCCI, Carlos. "Hidrologia: Ciência e Aplicação". Rio Grande do Sul, 1993.

VILLELA, Fernando. "Estudo Empírico da Fragilidade de um Ambiente Natural Antropizado: O Bairro Parque Novo Santo Amaro e seu Entorno Próximo". Trabalho de Graduação Individual - FFLCH, 2000.

VILLELA, Swami Marcondes. "Hidrologia Aplicada". São Paulo, 1975.

WARD, A. e ELLIOT, W. "Environmental Hidrology", USA, 1995.

WERLANG, Mauro Kumpfer. "Capacidade de Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do rio Arareau – Rondonópolis/MT". Dissertação de Mestrado FFLCH, São Paulo, 1997.

WERLE, Hugo José Scheuer. "Definição de Unidades de Fragilidade Natural: Uma Contribuição ao Planejamento Ambiental do Estado de Mato Grosso". Tese de Doutorado FFLCH, São Paulo, 1999.

WERNICK, Eberhard. "Contribuição à Estratigrafia do Pré-Cambriano do Leste do Estado de São Paulo e áreas Vizinhas". In: Revista Brasileira de Geociências. Volume 8: 206-215, 1978.

WERNICK, Eberhard & PENALVA, Faustino. "Contribuição à Geologia do Grupo Pinhal (SP e MG)". In: Revista Brasileira de Geociências. Volume 10: 43-62, 1980.