

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COM IMAGEM
DE SATÉLITE DO VALE DO PARAÍBA**

Antonio Pina Crisóstomo Neto

Orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

Dissertação de Mestrado elaborada junto o
Curso de Pós-Graduação em Geociências - Área
de Concentração em Geociências e Meio
Ambiente para obtenção do Título de Mestre
em Geociências

Rio Claro (SP)
2003

624.151 Crisóstomo Neto, Antonio Pina
F383t Mapeamento geoambiental com imagem de satélite do Vale do Paraíba / Antonio Pina Crisóstomo Neto. – Rio Claro : [s.n.], 2003
67 f. : il., fots., mapas

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Juércio Tavares de Mattos

1. Geologia de Engenharia. 2. Sensoriamento remoto. 3. Meio físico. 4. Geologia de Planejamento. I. Título

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

**MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL COM IMAGEM
DE SATÉLITE DO VALE DO PARAÍBA**

Antonio Pina Crisóstomo Neto

Orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

Dissertação de Mestrado elaborada junto o
Curso de Pós-Graduação em Geociências - Área
de Concentração em Geociências e Meio
Ambiente para obtenção do Título de Mestre
em Geociências.

Rio Claro (SP)
2003

Comissão Examinadora

- aluno – Antonio Pina Crisótomo Neto

Rio Claro, _____ de _____ de _____

Resultado:

DEDICATÓRIA

À minha mãe Teresa Pina, por todo apoio e incentivo durante esta fase, e ao meu pai Álvaro e irmãos Isabel, Álvaro, Anna e Jr. pelo estímulo e confiança depositados.

AGRADECIMENTOS

Durante esta jornada de trabalho, gostaria de expressar meus mais sinceros agradecimento as pessoas que nele acreditaram:

Ao Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos, pela orientação, incentivo e confiança demonstrada além da amizade conquistada durante esta fase.

Ao Prof. Dr. Jairo Roberto Jimenez Rueda pela atenção, ensinamentos e amizade.

Ao Prof. Dr. Tomoyuki Ohara pela ajuda e acompanhamento durante a fase de campo e pela amizade conquistada.

Aos Geólogos Klábin Almeida, Alan Kardec e Luciano pela ajuda durante a estadia em Belém-Pa.

Ao amigo Israel Xavier Batista pelas conversas e pelo apoio durante sua estadia em Rio Claro.

Ao professor e amigo Joaquim Queiroz pelos auxílios nos *softwares* e apoio solicitado aqui em Rio Claro.

Aos amigos da Pós-Graduação Luzia, Pepita e Eduardo pelo incentivo e ajuda.

Ao amigo Eng^o Norton Caetano, pós-graduando do INPE, pela grande ajuda e apoio na etapa de Campo em S. José dos Campos.

Ao Geólogo e amigo João Almiro Correa Soares, pós-graduando do INPE, pela ajuda e apoio recebidos.

À Geóloga Rejane Amaral pelo auxílio e incentivo.

Ao IGCE – UNESP Campus Rio Claro, pela oportunidade do curso e sua infraestrutura, pelo corpo docente e do seu corpo técnico.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de pesquisa.

Aos amigos Otto, Vareta, Tiago (Unhão), Sílvio (REPROGRAF), Fred e Dundum que me ajudaram nas horas mais difíceis.

À Minha tia Conceição Pina pelo apoio nas horas necessitadas.

À Laura Narciso, secretária da Pós-Graduação (IGCE), pela sua atenciosidade e seus préstimos serviços.

À todos que de alguma forma contribuíram de forma positiva para mais uma fase da vida alcançada.

SUMÁRIO

Índice	i
Índice de Figuras.....	vi
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
I – Introdução.....	01
II – Aspectos Fisiográficos.....	05
III – Materiais e Métodos.....	20
IV – Resultados Obtidos.....	33
V – Conclusões e Recomendações.....	61
VI – Referências Bibliográficas.....	63

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	01
1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	01
1.1 INTRODUÇÃO	01
1.2 LOCALIZAÇÃO e ACESSO	02
1.3 OBJETIVOS	03
1.4 JUSTIFICATIVA	04
CAPÍTULO 2	05
2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	05
2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	05
2.1.1 EMBASAMENTO CRISTALINO	06
2.1.1.1 Complexo Costeiro (Ac)	06
2.1.1.2 Grupo (Complexo) Paraíba do Sul (PI)	06
2.1.1.3 Grupo Açungui PSa (Complexo Embu – PSb)	06
2.1.1.4 Rochas Granitóides (PS γ)	07
2.1.2 BACIA SEDIMENTAR DE TAUBATÉ	07
2.1.2.1 Formação Tremembé	08
2.1.2.2 Formação Caçapava	08
2.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL	08
2.3 ASPECTOS PEDOLÓGICOS	09
2.3.1 Latossolo Amarelo Eutrófico (Latossolo Amarelo Álico – Lva)	09
2.3.2 Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (Latossolo Vermelho Amarelo Álico - LVA e Distrófico - LVd)	11
2.3.3 Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico (Podzólico Vermelho Amarelo Álico - PVa) e Distrófico – PVd	11
2.3.4 Cambissolo Háptico (Cambissolo Álico - Ca) e Cambissolo Húmico Alumínico (Cambissolo Húmico Álico - Cha)	11

2.3.5 Espodossolo (Podzol Hidromórficos - HP)	12
2.3.6 Organossolos (Solos Orgânicos - HOD)	12
2.3.7 Gleissolos Melânicos Eutróficos (Solos Glei Húmico Álico - HGHa)	12
2.4 GEOMORFOLOGIA	12
2.4.1 Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico	13
2.4.1.1 Planalto Atlântico	13
2.4.1.2 Planalto e Serra da Mantiqueira (1)	14
2.4.1.3 Planalto de Paraitinga/Paraibuna (3)	14
2.4.1.4 Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos (10)	15
2.4.1.5 Planalto do Médio Vale Paraíba do Sul (12)	15
2.4.2 Unidades Morfoestruturais Bacias Sedimentares Cenozóicas	15
2.4.2.1 Depressão do Médio Paraíba (23)	15
2.4.2.2 Planícies Fluviais	16
Planícies Fluviais Diversas (31)	16
2.4.2.3 Planícies Litorâneas ou Costeiras	16
Planícies do Litoral Norte (29)	16
2.5 CLIMA	17
2.6 VEGETAÇÃO	18
2.6.1 Savana	18
2.6.2 Floresta Ombrófila Densa	18
2.6.3 Floresta Ombrófila Densa Submontana	18
2.6.4 Floresta Estacional Semidecidual e Subperenifolia	18
2.6.5 Contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista	19
2.6.6 Contato Floresta Ombrófila Densa/Floresta Ombrófila Mista	19
2.6.7 Contato Savana/Floresta Estacional	19
2.6.8 Áreas de Formações Pioneiras	19
2.6.9 Campo Altimontano	19

CAPÍTULO 3	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS	20
3.2 MÉTODOS	21
3.2.1 Definição da pesquisa e área de mapeamento (1.0)	22
3.2.2 Aquisição de material bibliográfico e cartográfico (2.0)	24
3.2.3 Seleção de produtos de sensoriamento remoto (3.0)	24
3.2.4 Análise de Imagens TM – Landsat (4.0)	25
3.2.5 Extração de lineações de drenagem (5.0)	26
3.2.6 Extração de alinhamentos de drenagem e relevo (5.1)	26
3.2.7 Interpretação de feições estruturais (6.0)	27
3.2.8 Mapa de Lineamentos Estruturais e Isovalores (7.0)	27
3.2.9 Mapa de traços de zonas de juntas e máximos (7.1)	29
3.2.10 Mapa base preliminar de unidades geoambientais (7.2)	30
3.2.11 Mapa base + Isovalores de Frequência de lineamentos estruturais (8.0)	30
3.2.12 Mapa base + Isovalores de Cruzamentos de lineamentos estruturais (8.1)	30
3.2.13 Mapa base + Zonas de variação de máximos (8.2)	31
3.2.14 Trabalhos de Campo (9.0)	31
3.2.15 Interpretação estrutural das unidades geoambientais (9.1)	31
3.2.16 Avaliação dos resultados (10.0)	31
3.2.17 Mapa Geoambiental e Relatório de Pesquisa (11.0)	31
CAPÍTULO 4	33
4. RESULTADOS OBTIDOS	33
4.1 COMPARTIMENTAÇÃO GEOAMBIENTAL	33
4.1.1 Região Serra da Mantiqueira (RM)	37
4.1.1.1 Unidade Geoambiental MI	37
4.1.1.2 Unidade Geoambiental MII	37
4.1.1.3 Unidade Geoambiental MIII	38
4.1.1.4 Unidade Geoambiental MIV	39
4.1.1.5 Unidade Geoambiental MV	39

4.1.2 Região Vale do Paraíba (RP)	39
4.1.2.1 Unidade Geoambiental PI	39
4.1.2.2 Unidade Geoambiental PII	40
4.1.3 Região Serra do Mar (RMr)	40
4.1.3.1 Unidade Geoambiental MrI	40
4.1.3.2 Unidade Geoambiental MrII	40
4.1.3.3 Unidade Geoambiental MrIII	41
4.1.3.4 Unidade Geoambiental MrIV	42
4.1.3.5 Unidade Geoambiental MrV	42
4.1.4 Região Litorânea (RL)	43
4.1.4.1 Unidade Geoambiental LI	43
4.2 MAPA DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS E ISOVALORES DE FREQUÊNCIA E DE CRUZAMENTOS DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS	44
4.3 MAPA DE TRAÇOS DE ZONAS DE JUNTAS E DERIVADOS	49
4.4 MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS E ISOVALORES DE FREQUÊNCIA DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS	52
4.5 MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS E ISOVALORES DE CRUZAMENTOS DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS	54
4.6 MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS E REGIÕES DE VARIAÇÃO DE MÁXIMOS 1 E 2	56
4.7 MAPA GEOAMBIENTAL	58
CAPÍTULO 5	61
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	61

CAPÍTULO 6	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da área de estudo.	02
Figura 2.1 – Contexto geológico regional. (modificado de Schobbenhaus, 1984).	05
Figura 2.2 - Mapa de solos predominantes para a região do alto-médio Paraíba do Sul	10
Figura 2.3 – Mapa geomorfológico para a região de estudo (Ross e Moroz, 1997).	13
Figura 2.4 -Tipos climáticos predominantes para o estado de São Paulo, de acordo Setzer (1966).	17
Figura 3.1 – Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT)	21
Figura 3.2 - Modelo esquemático para contagem da frequência dos lineamentos estruturais.	28
Figura 3.3 - Modelo esquemático para contagem dos cruzamentos de lineamentos estruturais.	29
Figura 3.4 – Fases de conclusão do Mapa Geoambiental Integrado.	32
Figura 4.1 - Mapa de unidades litológicas predominantes da região do alto-médio Paraíba do Sul (Ohara, 1995)	34
Figura 4.2 – Regiões do Vale do Paraíba do Sul: Região Serra da Mantiqueira (RM), Região Vale do Paraíba (RP), Região Serra do Mar (RMr) e Região Litorânea (RL)	35
Figura 4.3 – Mapa de Unidades Geoambientais	36
Figura 4.4 – Visão Geral dos limites entre as regiões Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira (ao fundo), visada 40°az, estrada Taubaté-Campos do Jordão.	38
Figura 4.5 – Aspectos fisográficos da unidade MrII, serra do Quebra-Cangalha (visada para N75E).	41
Figura 4.6 – Afloramentos de rochas graníticas, notar ao fundo o desnível do relevo (estrada Taubaté-Ubatuba kw 52, visada N50°W).	42
Figura 4.7 – Mapa de Lineamentos Estruturais	45
Figura 4.8 – Mapa de Curvas de Isovalores de Frequência de Lineamentos Estruturais	46
Figura 4.9 – Mapa de Curvas de Isovalores de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais	48
Figura 4.10 – Mapa de Traços de Zonas de Juntas.	50
Figura 4.11 – Mapa de Máximos 1 e 2, e Regiões de Variação de Direção de Máximos.	51
Figura 4.12 – Mapa de Unidades Geoambientais e Isovalores de Frequência de Lineamentos Estruturais.	53
Figura 4.13 – Mapa de Unidades Geoambientais e Isovalores de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais.	55
Figura 4.14 – Mapa de Unidades Geoambientais e Regiões de Variação de Direção de Máximos 1 e 2.	57
Figura 4.15 – Mapa Geoambiental para a região do alto-médio Paraíba do Sul.	60

Resumo

O presente trabalho visa uma compartimentação geoambiental do Vale do Paraíba com a finalidade de caracterizar feições geológicas que individualizem áreas com elevado grau de ruptibilidade (fraturamento). Adotou-se como sistemática de mapeamento a análise de estruturas geológicas rúpteis (lineamentos estruturais e traços de zonas de juntas) através de técnicas de sensoriamento remoto orbital, utilizando imagens de satélite TM/Landsat-5, banda 4, escala 1:100.000. A partir de uma base geológica pré-existente compartimentou-se a região de estudo em Unidades Geoambientais, delimitadas por contatos de litologias semelhantes. Dos lineamentos estruturais fez-se um tratamento estatístico para visualizar a distribuição espacial da frequência e dos cruzamentos dos lineamentos estruturais, a fim de selecionar regiões com alto grau de deformação rúptil. Dos traços de zonas de juntas filtrou-se as duas direções principais (máximos 1 e 2) para selecionar áreas que ocorrem variação de direção de máximos (mais fraturadas). Como resultado dessa sistemática elaborou-se um Mapa Geoambiental Integrado, que devido as características estruturais obtidas pôde-se atribuir às Unidades Geoambientais, regiões com elevados processos de instabilidade, conseqüentemente, menor capacidade de suporte do meio físico. A aplicação relaciona-se ao Planejamento Geoambiental para fins de múltiplos usos, podendo auxiliar nas obras de engenharia, atividades agrícolas, recursos hídricos, gestão ambiental, dentre outros.

Palavras chaves: Mapeamento Geoambiental, Meio Físico, Sensoriamento Remoto, Geologia de Planejamento.

Abstract

The present work proposes a geoenvironmental sectioning of Vale do Paraíba in an attempt to characterize geological features that individualize areas with a high level of brittleness (fracturing). One adopted an analysis of the brittle geological structures (structural alignments and traces of joint zone) achieved through orbital remote sensing techniques using TM/Landsat Sattelite Imagery, band 4, scale 1:100.000. Based on pre-existing geological data, the region in focus was divided into Geoenvironmental Units delimited by contats of similar lithologies. A statistical treatment of the structural alignments was conducted to visualize the special distribution of the frequency and crossing of the structures in order to select regions with high level of brittle deformation. Based on the traces of the joint zones, two main directions were then filtered (maximus 1 and 2) to select areas in which variations of maximums directions occur. This systematic study resulted in an Integrated Geoenvironmental map where based on structural features one could define Geoenvironmental Units, regions of high instability process, therefore, less capable of supporting the physical medium. Its application is related to a multiple purpose Geoenvironmental Planning which can be help ful in engineering projects, agricultural activities, water resources, environmetal issues, among others.

CAPÍTULO 1

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1.1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento do uso e ocupação do espaço físico e da utilização dos recursos naturais vêm propiciando estudos integrados voltados a uma harmonização da interação entre o homem e o meio físico. Por isso, o planejamento não deve apenas limitar-se aos aspectos sócio-econômicos, mas, de fundamental importância, deve-se levar em consideração a análise das características dos elementos componentes do meio físico de uma dada região (Vedovello, 2000).

Nesse sentido, as características geoambientais representam os elementos naturais que compõem o meio físico, como a fisiografia, geologia, geomorfologia, pedologia e os aspectos climáticos, os quais são a base para o entendimento da estruturação e organização do espaço físico, e por isso, a elaboração de um estudo voltado ao planejamento geoambiental vem a contribuir na seleção de áreas naturais de acordo com suas potencialidades e fragilidades.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto orbital aplicado ao planejamento geoambiental permite um estudo integrado do meio físico, contribuindo como base fundamental para o procedimento metodológico que fornecerá subsídios a uma Compartimentação Geoambiental. Esse estudo visa caracterizar feições geológicas que possam individualizar áreas com elevado grau de ruptibilidade (fraturamento), portanto, com maior grau de permeabilidade (percolação de fluidos) e conseqüentemente maior alterabilidade de maciços rochosos, constituindo-se assim em regiões bastante instáveis frente aos processos erosivos, e acelerado com a ação antrópica.

A região do Vale do Paraíba está localizada no extremo leste do Estado de São Paulo. Abrange partes do Planalto Atlântico e da Província Costeira (Almeida, 1964), fazendo parte as serras do Mar e da Mantiqueira e a Bacia Sedimentar de Taubaté, inseridas na Região de Dobramentos do Sudeste (Schobbenhaus, 1984).

Esta pesquisa tem por finalidade aplicar um procedimento metodológico que possa auxiliar na compartimentação do meio físico voltado ao planejamento geoambiental, através da utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto orbital e dos aspectos geológicos (litológicos e estruturais), principalmente.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo localiza-se no extremo leste do Estado de São Paulo, próximo às divisas dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, cujos limites estão inseridos aproximadamente, entre as coordenadas 22° 35' a 23° 35' de latitude sul e 44° 50' a 45° 55' de longitude oeste de Greenwich (Fig. 1.1).

O principal acesso à área se faz pela rodovia federal BR-116 (Rodovia Presidente Dutra) que liga o eixo São Paulo - Rio de Janeiro, ligando as cidades de São José dos Campos e Guaratinguetá, no vale do rio Paraíba do Sul. As rodovias estaduais SP-099 (Rodovia dos Tamoios) e SP-125 (Rodovia Oswaldo Cruz) interligam o vale com o litoral norte do estado, atravessando a Serra do Mar, até as cidades de Caraguatatuba e Ubatuba, respectivamente, além da SP-044 que liga Taubaté a Campos do Jordão, entre a região do vale e a Serra da Mantiqueira.

Abrange as folhas topográficas (do IBGE, na escala 1:50.000) de Guaratinguetá, Lagoinha, Pindamonhangaba, São Luís do Paraitinga, Taubaté, Tremembé e Ubatuba, e parte das folhas de Campos da Cunha, Campos do Jordão, Cruzeiro, Cunha, Delfim Moreira, Jacareí, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Lorena, Paraibuna e São José dos Campos, na escala de 1:50.000, perfazendo uma área de aproximadamente 8.700 km².

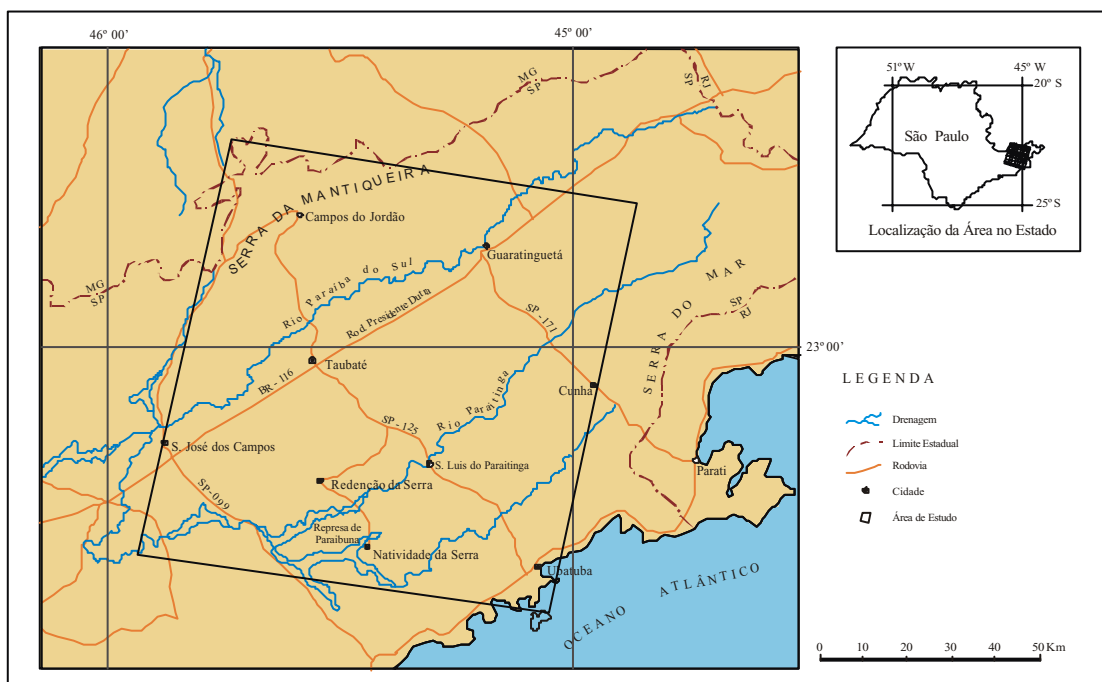


Figura 1.1 - Localização da área de estudo.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é aplicar um procedimento metodológico que auxilie na compartimentação do meio físico (compartimentação geoambiental), utilizando produtos e técnicas de sensoriamento remoto orbital e aspectos de geologia estrutural para fins ambientais. Através do estudo integrado de atributos do meio físico visando caracterizar feições geológicas que possam individualizar áreas com elevado grau de ruptibilidade (fraturamento) a nível regional, consistindo na elaboração de um Mapa Geoambiental Integrado aplicado ao planejamento geoambiental para fins de múltiplos usos.

Para alcançar o objetivo proposto, foi necessário estabelecer os seguintes objetivos específicos:

- aplicar técnicas de sensoriamento remoto orbital em imagens TM/Landsat -5 para a extração dos atributos do meio físico (lineações de drenagem, e alinhamentos de drenagem e relevo);
- confeccionar mapas de lineamentos estruturais e de traços de juntas, e produzir mapas derivados:
 - Lineamentos Estruturais: Mapa de Curvas de Isovalores de Frequência;
Mapa de Curvas de Isovalores de Cruzamentos.
 - Traços de Zonas de Juntas: Mapa de Máximos 1 e 2 e Regiões de Variação de Direção de Máximos;
- Compartimentar a área em Unidades Geoambientais, individualizadas através de um limite litológico pré-existente, acrescentando às unidades regiões de maior grau de ruptibilidade (fraturamentos), obtidas das curvas de isovalores de frequência e de cruzamentos das concentrações de lineamentos estruturais somado com regiões que apresentem variações na direção dos máximos 1 e 2.

1.4 JUSTIFICATIVA

O entendimento do meio físico para compartimentação fisiográfica do terreno é de extrema relevância. A compartimentação é feita através da análise dos elementos componentes do meio físico que podem ser de natureza geológica, geomorfológica, pedológica, vegetacional, etc., e da identificação de aspectos locais desses elementos (Vedovello, 2000).

A análise da forma de ocorrência dos elementos que compõem o meio físico vai depender do nível taxonômico e/ou hierárquico considerado, ou seja, para os elementos de natureza geológica, pode-se considerar o tipo litológico ou o “Grupo” geológico de acordo com o grau de detalhamento a ser utilizado (Vedovello, op cit.).

A compartimentação aqui adotada será delineada pelos elementos de natureza geológica, determinada através de um mapa de unidades litológicas pré-existente e das estruturas geológicas presentes (Lineamentos Estruturais e traços de zonas de Juntas) extraídas de imagens orbitais de satélite TM/Landsat-5 na escala de 1:100.000.

Os limites das unidades litológicas serão considerados como os limites das Unidades Geoambientais e o tratamento e a análise dos dados estruturais individualizarão áreas que apresentam elevado grau de ruptibilidade (fraturamento), ou seja, maior grau de permeabilidade (percolação de fluidos) e conseqüentemente maior alterabilidade de maciços rochosos.

A área selecionada para a aplicação deste procedimento metodológico foi à região do Vale do Paraíba do Sul, abrangendo partes das serras do Mar e da Mantiqueira, a qual apresenta características bastante diversificadas tanto de caráter fisiográfico como os de aspectos texturais de imagem.

A sua aplicação está relacionada ao Planejamento Geoambiental para múltiplos usos, podendo auxiliar nas obras de engenharia, atividades agrícolas, recursos hídricos, gestão ambiental, dentre outros. A metodologia utilizada apresentará resultados para a elaboração de uma Compartimentação Geoambiental voltada para o planejamento regional e os resultados obtidos em um Mapa Geoambiental Integrado para a região do alto-médio Paraíba do Sul.

A utilização destas informações implica no conhecimento de algumas potencialidades e limitações do meio, utilizadas para diversos fins, como nas obras de engenharia (traçado de estradas, construção de túneis, pontes, barragens, etc.), no uso e ocupação do solo (planejamento territorial, uso agrícola), recursos hídricos, gestão ambiental, dentre outros (Jiménez-Rueda et al, 1993; Ohara, 1995; Franzoni, 2000).

CAPÍTULO 2

2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Região do Vale do Paraíba encontra-se inserida na Região de Dobramentos Sudeste (Schobbenhaus et al., 1984), caracterizada por uma intensa mobilização tectônica brasileira. Engloba unidades litoestruturais que provavelmente foram acumuladas durante o Proterozóico Superior e posteriormente afetadas pelo Ciclo Brasileiro, e complexos litoestruturais consolidados no Arqueano e Proterozóico Inferior, retrabalhados em ciclos termotectônicos pré e sin-brasilianos. Evidências de transformações geodinâmicas e geoquímicas caracterizam para a região de dobramentos Sudeste uma evolução polifásica e policíclica (Hasui et al., 1984).

Na região de estudo o embasamento cristalino é representado pelo Complexo Costeiro, Grupo (Complexo) Paraíba do Sul e Grupo Açungui (Complexo Embu), além de rochas granitóides. Ocorrem ainda, sedimentos terciários relacionados à bacia sedimentar de Taubaté (Formações Tremembé e Caçapava) (Fig. 2.1).

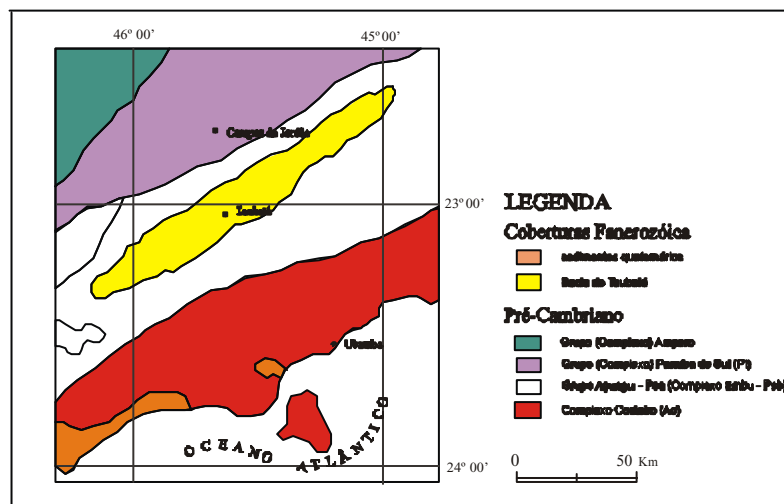


Fig. 2.1 – Contexto geológico regional. (modificado de Schobbenhaus, 1984).

2.1.1 Embasamento Cristalino

2.1.1.1 Complexo Costeiro (Ac)

Trata-se de um complexo que engloba diversas unidades e conjuntos heterogêneos, constituídos por rochas de fácies anfíbolito e granulito que sofreram migmatização e granitização em graus variáveis. Os tipos mais comuns são gnaisses e migmatitos de estruturas bandada e facoidal com intercalações em menor proporção de calcissilicáticas, calcários, metavulcânicas, formações ferríferas, quartzitos e magnetita quartzitos. Diversos corpos máficos e até com ultramáficos associados são descritos. Existem também xistos magnesianos, dioritos, monzonitos e sienitos. As rochas de fácies granulito aparecem em formas de faixa, bolsões e núcleos esparsos, incluindo charnoquitos, leptnitos e enderbitos. (Schobbenhaus et al., 1984).

No Complexo Costeiro, a superposição de diferentes eventos de metamorfismo, deformação, migmatização, granitogênese e blastomilonitização sugerem um quadro de rochas arqueanas retrabalhadas em eventos termo-tectônico policíclico (Almeida et al., 1981).

2.1.1.2 Grupo (Complexo) Paraíba do Sul (PI)

O Grupo Paraíba do Sul (Ebert, 1967), considerado Complexo Paraíba do Sul (Hasui et alii., 1982 in Schobbenhaus et al., 1984), se estende entre as falhas Jundiuvira (Hasui et al., 1978b) e Camanducaia (Cavalcante et al., 1977). Constitui-se de gnaisses e migmatitos diversos, predominantemente bandados, com granitóides e dioritos monzonitos gnáissicos associados. Mármore dolomíticos, rochas calcissilicáticas, xistos feldspáticos, calcixistos, talcoxisto e metabasitos aparecem intercalados. Rochas granulíticas ácidas a básicas constituem núcleos dispersos, mais ou menos migmatizados.

No conjunto, trata-se de rochas de fácies anfíbolito e muito subordinadamente granulito, que sofreram feldspatização, migmatização e intrusões ácidas. (Schobbenhaus et al., op. cit.).

2.1.1.3 Grupo Açungui PSa (Complexo Embu – PSb)

Representa a mais extensa unidade do Pré-Cambriano paulista e é delimitada ao sul pela falha Cubatão e lineamento Além-Paraíba, e ao norte pelas falhas Taxaquara, Monteiro Lobato e Jundiuvira. A sua separação estratigráfica é dificultada devido à passagem transicional com feldspatização progressiva dos ectinitos de fácies xisto-verde (Complexo Pilar) para rochas gnáissico-migmatíticas da fácies anfíbolito,

subordinadamente granulito (Complexo Embu). Reúne as seqüências que representam a faixa de dobramentos Apiaí (Hasui et al., 1975).

O Complexo Embu corresponde a níveis inferiores do Grupo Açungui que são constituídos predominantemente de migmatitos homogêneos oftálmicos, nebulíticos e facoidais. Corpos metabásicos irregulares com dimensões variadas ocorrem como núcleos paleossomáticos que por vezes apresentam natureza quartzítica e calcissilicática (Hasui et al., 1984).

2.1.1.4 Rochas Granitóides (PS γ)

As rochas granitóides, em boa parte, associam-se aos pacotes supracrustais do Proterozóico Superior (Hasui et alii., 1978) e constituem diques, stocks e batólitos numerosos. O tipo mais comum é o foliado de composição quartzo-dioríticas a granítica, exibindo porfiróides principalmente de microclíneo, de tamanhos, quantidades e grau de orientação variados. Apresentam constituição heterogênea e forma alongada, segundo a orientação geral das estruturas das encaixantes neoproterozóicas.

Outro tipo inclui rochas mais homogêneas, não foliadas, de composição granodiorítica e granítica, constituindo corpos de formas variáveis, discordantes e de dimensões reduzidas a batolíticas. Ocorrem também corpos alcalinos e subalcalino classificados como pós-tectônicos.

2.1.2 Bacia Sedimentar de Taubaté

A Bacia de Taubaté é uma unidade geotectônica embutida no complexo cristalino pré-cambriano do leste paulista, no bloco tectônico Paraíba do Sul. Com comprimento de 173 km e largura de até 20 km, cobre uma extensão de 2.400 km² (Hasui & Ponçano, 1978a).

Trata-se de uma bacia terciária formada em um gráben entre as serras do Mar e da Mantiqueira, marcando um tectonismo distensivo. Seus limites são dados pelas falhas do Buquira, a norte, e do Alto da Fartura, ao sul (Hasui et al., 1978). É formada pelo Grupo Taubaté (Mezzalira, 1962), composto pela Formação Tremembé (Almeida, 1952) e Formação Caçapava (Carneiro et al., 1976), o qual chega a ter 520m de espessura com suas camadas apresentando um mergulho de 2° - 4° para noroeste (Hasui et al., op. cit.).

2.1.2.1 Formação Tremembé

Constituída predominantemente de folhelhos e argilitos de cores normalmente acinzentadas, com pequenas intercalações de arenitos, siltitos e brechas intraformacionais, sendo que os folhelhos, por vezes, apresentam níveis pirobetuminosos. Os sedimentos indicam ser de depósitos pelíticos em ambiente lacustre fortemente redutor, com ocorrências de intercalações mais grosseiras de origem fluvial

2.1.2.2 Formação Caçapava

Apresentam sedimentos arenosos e siltosos, com intercalações pelíticas de cores cinza, amarela e vermelha, em camadas plano-paralela indicando depósito em ambiente fluvial. É caracterizada por certa maturidade textural e mineralógica.

2.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL

Segundo Hasui et al., (1977), a região do leste paulista, oeste fluminense e sul mineiro, é seccionada por várias falhas caracterizadas por grandes extensões, atitudes subverticais e espessas zonas cataclásticas. Ativas no fim do Ciclo Brasileiro, com caráter transcorrente, produziram uma estruturação em blocos, sendo que essas zonas de falhas durante a Reativação Wealdeniana da Plataforma Sulamericana, se sujeitaram a movimentos normais.

As grandes falhas do leste paulista apresentam direções NE denominadas de Jundiuvira (Hasui et al., 1969), Buquira (Carneiro, 1977), Taxaquara (Hennies et al., 1967), Natividade, Alto da Fartura (Cavalcante & Kaefer, 1974), dentre outras (Hasui et al., op. Cit.)

Borges et al., (1998), na compartimentação neotectônica do sudeste brasileiros, a região do leste paulista, inclui-se no Compartimento IV, que corresponde ao feixe 1, representando feixes regionais de lineamentos de direção E-W, ao longo do vale do Paranapanema se estendendo para o Rio de Janeiro. Caracteriza a área por meio de lineamentos E-W, WNW-ESSE e WSW-ENE, drenagens E-W com padrões retangular-angulado, subparalelo e paralelo, e falhas transcorrentes dextrais E-W, WNW-ESSE e WSW-ESSE formando sistemas de cordões sigmóides transtensivos e transpressivos, e estruturas transtensionais em cunha e romboédricas associadas.

O Planalto Atlântico, na área das serras do Mar e da Mantiqueira e nas regiões interserranas, apresenta estruturas compressivas que afetam as rochas pré-cambrianas,

seqüências sedimentares paleozóicas e do Terciário Inferior, e o perfil de alteração laterítica. Na região entre Ubatuba e Taubaté, ocorrem vários feixes de falhas inversas inclinadas SE ou NW, limitando blocos alongados segundo NE-SW e ENE-WSW. (Morales et al., 1998)

A evolução morfotectônica do sudeste brasileiro (Hasui et al., 1998) delineia que o Mesozóico-Paleogeno é caracterizado por um soerguimento regional ligado a reativação sul-atlantiana, relacionadas aos processos de abertura do Atlântico. Nessa etapa evolutiva, o Oligoceno marca-se pela atividade de falhas normais NE-SW inclinadas para SE, impondo desnivelamento de blocos, gerando grábens terciários e delineando as serras da Mantiqueira e do Mar.

O neogeno-quaternário é individualizado em vários compartimentos com dominância de estruturas transpressivas, transtensivas e direcionais. Sob transpressão, falhas inversas reativaram estruturas pré-existentes e soergueram blocos estreitos e alongados nas direções NE-SW e ENE-WSW, verificado na região entre Taubaté e Ubatuba. A evolução morfotectônica mesozóica-paleogênica vincula-se a um regime extensional relacionado com a fragmentação do Gondwana e a neogênica-quaternária reflete um regime tectônico intraplaca, com movimentação transcorrente. (Hasui et al., 1998).

2.3 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

As unidades de solos para a região de estudo foram resumidas de INPE/CODIVAP (1992), o qual foi baseado em Brasil (1960) e Oliveira et alii (1983), sendo que os grupos de solos predominantes foram citados de acordo com a nova classificação de solos desenvolvidos por EMBRAPA (2000) (Fig. 2.2).

2.3.1 Latossolo Amarelo Eutrófico – (Latossolo Amarelo Álico - LVa)

Solos minerais geralmente ácidos e álicos, profundos a muito profundos, bem acentuadamente drenados, com predominância de argila 1:1 do grupo da caulinita. Apresentam seqüência de horizontes A, B e C, sendo o horizonte A moderado ou proeminente, sobrejacente a um horizonte B latossólico de cores amareladas e textura argilosa. Ocorrem com grande expressão nos tabuleiros associados aos Podzólicos Vermelho Amarelo, na depressão do médio vale Paraíba do Sul, normalmente com relevo plano e suave ondulado. A baixa fertilidade natural torna-se um fator limitante ao seu uso,

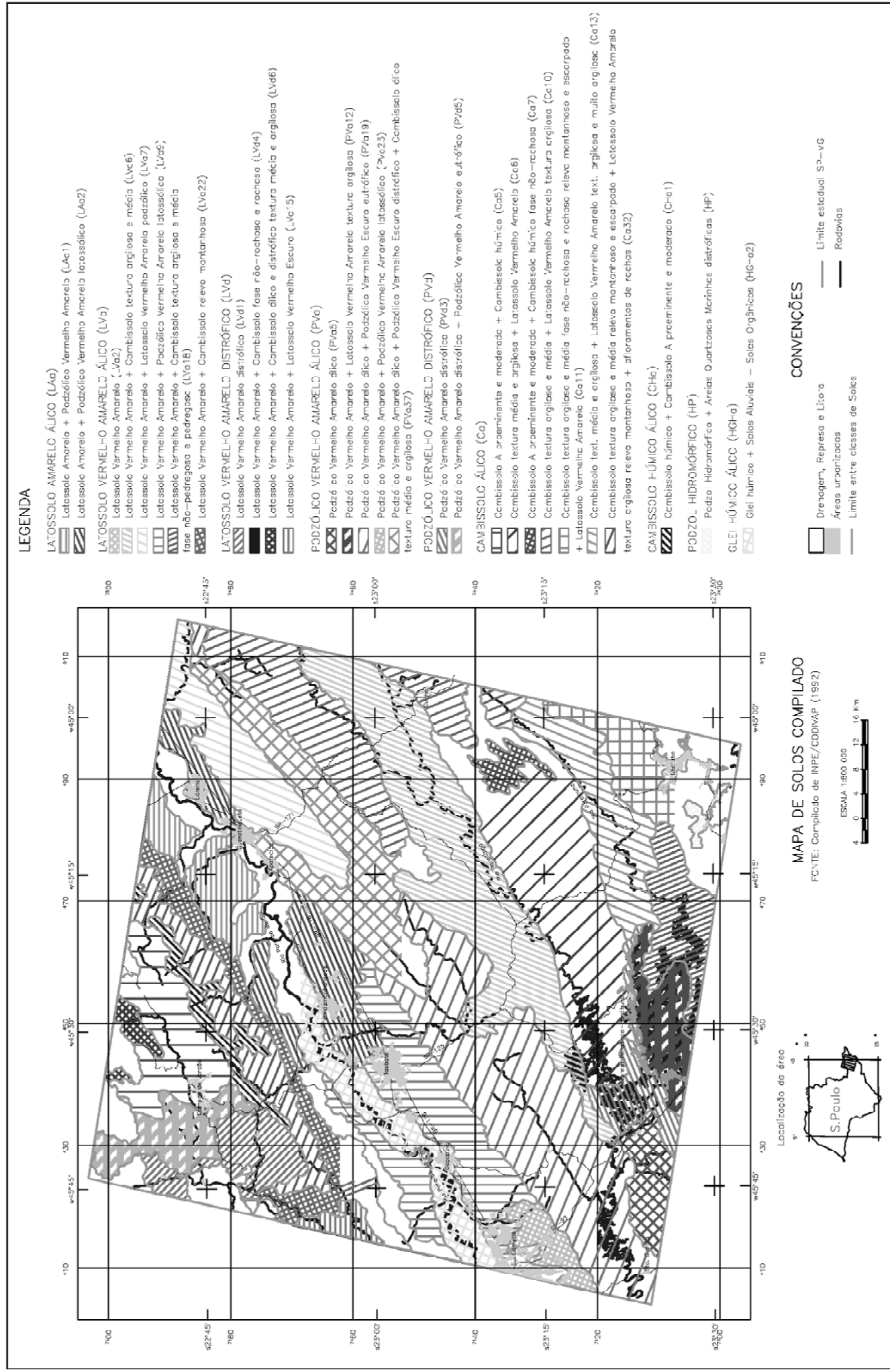


Fig. 2.2 - Mapa de solos predominantes para a região do alto-médio Paraíba do sul (adaptado de INPE/CODIVAP, 1992).

embora apresentarem condições físicas para o desenvolvimento de plantas e relevo favorável à mecanização.

2.3.2 Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (Latossolo Vermelho Amarelo Álico - LVA e Distrófico -LVd).

Solos minerais não hidromórficos com horizonte B latossólico e coloração que varia do vermelho ao amarelo. Normalmente são profundos a muito profundos, com seqüência de horizontes A, B e C e apresentam transições difusas e graduais entre seus sub-horizontes, sendo o horizonte A predominantemente moderado. Os solos distróficos apresentam predominância de minerais de argila do tipo 1:1, baixa qualidade de minerais primários e baixa reserva de elementos nutritivos para as plantas. A relação silte/argila é $<0,70$, com alto grau de floculação, tornando o solo muito poroso e resistente à erosão. Na maioria das vezes ocorrem em relevo fortemente ondulado e montanhoso, ocasionalmente em relevo ondulado e suave ondulado.

2.3.3 Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico (Podzólico Vermelho Amarelo Álico - PVa) e Distrófico - PVD

Solos minerais com horizonte B textural, normalmente profundos, com seqüência de horizontes A, B e C e são bem a moderadamente drenados. Apresentam horizonte A moderado, ocorrendo também o proeminente. A textura é arenosa ou média com mudança textural abrupta. Com relação à saturação de bases, têm-se solos álicos (saturação com $Al^{3+} > 50\%$) e distróficos ($V < 50\%$). Apresentam horizonte B de coloração vermelho amarelada, com teores de Fe_2O_3 baixos. Ocorrem em relevo predominantemente forte ondulado e montanhoso e em menor escala, em relevo ondulado.

2.3.4 Cambissolo Háplico (Cambissolo Álico - Ca) e Cambissolo Húmico Alumínico (Cambissolo Húmico Álico - Cha)

Solos minerais com horizonte B incipiente ou câmbico, não hidromórfico, e com pouca diferenciação de textura do horizonte A para o B. São solos com pequeno grau de evolução, não suficiente para meteorizar completamente os minerais primários de fácil intemperização como os feldspatos e micas. Não possuem acumulação significativa de óxido de ferro, húmus e argilas que permitam identificar um B textural. Apresentam

seqüências de horizontes A, B e C, sendo mais freqüente o horizonte A moderado seguido pelo proeminente e húmico. Possuem textura média ou argilosa, bem a moderadamente drenados, e rasos a profundos. Ocorrem na região serrana, em relevos montanhosos escarpados, com vegetação de floresta ombrófila.

2.3.5 Espodossolo (Podzol Hidromórficos - HP)

Ocorre ao longo das planícies litorâneas derivadas de sedimentos areno/quartzosos marinhos, referente ao holoceno. Desenvolveram-se em áreas mal ou muito mal drenadas, com excesso de água permanente ou temporária. São de fertilidade muito baixa e com vegetação natural.

2.3.6 Organossolos (Solos Orgânicos - HOd)

Solos de constituição orgânica, coloração escura, muito ácidos, com teores elevados de carbono, alta capacidade de troca de cátions e baixa saturação de bases. São constituídos basicamente por espessas camadas orgânicas sobre camadas minerais gleizadas. São solos mal ou muito mal drenados, com lençol freático elevado podendo atingir a superfície. Ocorrem principalmente em áreas de bacias, com acumulação orgânica sobre depósitos de sedimentos fluvio-lacustres.

2.3.7 Gleissolos Melânicos Eutróficos (Solos Glei Húmico Álico - HGHa)

Solos hidromórficos pouco profundos que apresentam horizonte A com alto teor de matéria orgânica, seguidos de horizontes gleizados, localizados em áreas mal a muito mal drenadas. O horizonte A é espesso, de coloração preta ou cinza escuro. Os horizontes subsuperficiais apresentam cores cinzentas e neutras, forte gleização, textura argilosa a muito argilosa, e estrutura maciça. São provenientes de deposições orgânicas e sedimentos aluviais argilo-siltosos. Ocorrem nas várzeas, associados aos solos orgânicos e aluviais.

2.4 GEOMORFOLOGIA

Neste trabalho adotou-se a divisão geomorfológica proposta por Ross e Moroz (1997), através do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000.

Dentro dessa proposta a região de estudo insere-se nas Unidades Morfoestruturais Cinturão Orogênico do Atlântico e Bacias Sedimentares Cenozóicas. O Cinturão Orogênico do Atlântico apresenta como Unidade Morfoescultural o Planalto Atlântico, e

dentro das Bacias Sedimentares Cenozóicas ocorrem a Depressão do Médio Paraíba e Planícies Litorâneas e Fluviais (Fig. 2.3)

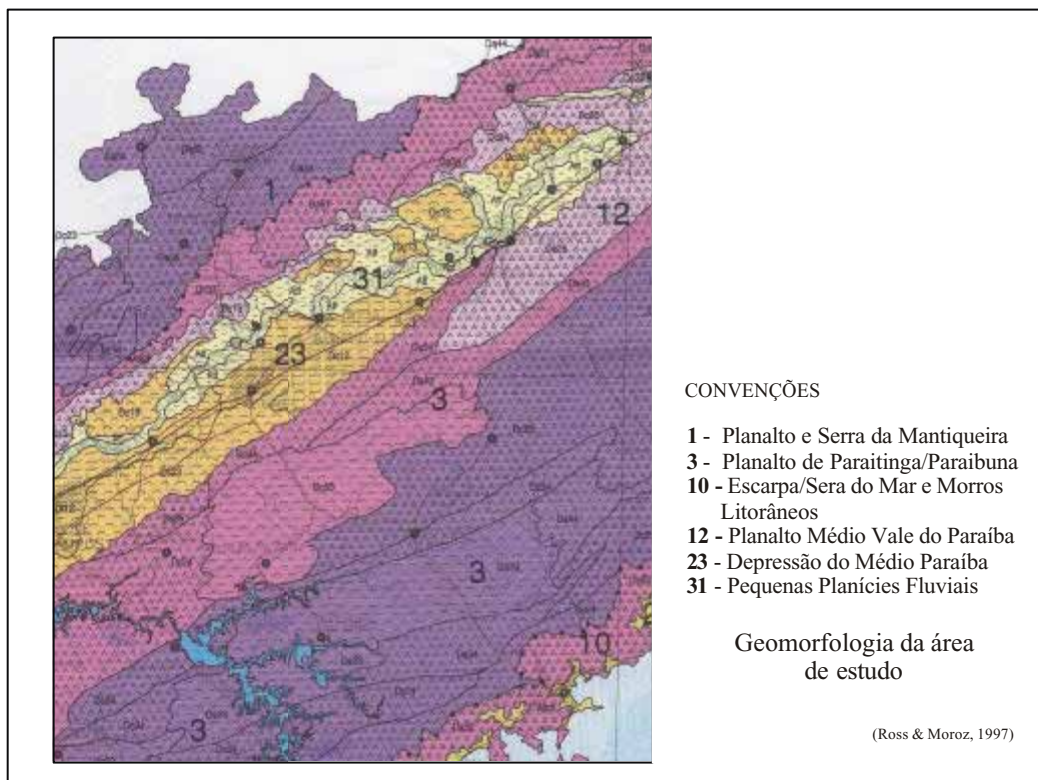


Figura 2.3 – Mapa geomorfológico para a região de estudo (Ross e Moroz, 1997).

2.4.1 Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico

2.4.1.1 Planalto Atlântico

O Planalto atlântico, por ocorrer em faixa de orogenia antiga, corresponde a relevos sustentados por litologias diversas, quase sempre metamórficas associadas com intrusivas. Por apresentarem variações fisionômicas regionais, estes foram divididos em unidades de relevo regional, a qual fazem parte: Planalto e Serra da Mantiqueira (1), Planalto de Paraitinga/Paraibuna (3), Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos (10), e Planalto do Médio Vale do Paraíba (12).

2.4.1.2 Planalto e Serra da Mantiqueira (1)

Localiza-se na porção nordeste do Estado, limitando-se ao norte com o Estado de Minas Gerais, a leste com o Estado do Rio de Janeiro e a sul com o Médio Vale do Paraíba. Está representado por dois níveis, nível alto (acima de 900m) e nível médio (800-900m). Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em escarpas e morros altos com topos aguçados (Da) e topos convexos (Dc). Dentre as Unidades de Padrões de Formas Semelhantes, ocorrem os tipos Da₂₄, Da₂₅, Da₃₄, Da₅₁, e Dc₃₄, Dc₃₃ e Dc₂₄, com entalhamento dos vales variando entre menos de 20m até mais de 160m e dimensão interfluvial entre menos de 250m até 3.750m.

No nível alto do Planalto Mantiqueira predominam altimetrias entre 1.000 e 2.000m e as declividades predominantes são superiores a 30%. No nível médio, as altimetrias variam de 700 a 1.000m e as declividades entre 20 e 30%.

A drenagem, nesta unidade de relevo bastante dissecado, imprime uma fortíssima rugosidade topográfica, apresentando padrão dendrítico, e quando adaptado às direções das estruturas regionais, como falhas, dobras e contatos litológicos, apresentam padrão de drenagem em treliça com trechos com traçado retilíneo e incisões em ângulos agudos, mostrando a forte influência de direções estruturais importantes.

Por ser uma unidade de relevo onde as formas são muito dissecadas, com vales muito entalhados e com alta densidade de drenagem e vertente muito inclinadas, está área foi identificada com um nível de fragilidade potencial muito alto, estando, sujeita aos processos erosivos intensos e grande probabilidade de ocorrência de movimentos de massa.

2.4.1.3 Planalto de Paraitinga/Paraibuna (3)

Localiza-se entre o Médio Vale do Paraíba (ao norte) e o Planalto e Serra da Bocaina (a leste) e é representada por dois níveis, nível alto (acima de 900m) e nível médio (800-900m).

Predominam formas de relevo muito dissecadas cujo modelado constitui-se por morros altos e alongados com topos convexos (Dc). Os Padrões de Formas Semelhantes são do tipo Da₂₅, Da₃₄, Da₃₃, Da₄₃, e Dc₂₄, Dc₃₄, Dc₃₃, Dc₂₄, Dc₂₅.

As altimetrias predominantes estão entre 700 a 1.000m e as declividades são de 20 a 30%, chegando com frequência acima de 40%. A drenagem apresenta um padrão dendrítico à treliça, face ao condicionamento estrutural regional.

Por ser uma unidade de formas de dissecação média a alta, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial médio a alto, estando sujeita a fortes atividades erosivas.

2.4.1.4 Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos (10)

Consiste numa faixa de encostas com vertentes abruptas que margeiam o Planalto Atlântico desde a região do Planalto da Bocaina até a região do Vale do Ribeira de Iguape. Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se em escarpas e cristas com topos aguçados (Da) e topos convexos (Dc). Na área ocorre como Padrões de Formas Semelhantes o tipo Da₅₂, com entalhamentos dos vales variando entre 80m a mais de 160 e dimensões interfluvial entre menos de 250m e até 3.750m.

As altimetrias variam desde 20 até 1.000m e as declividades predominantes são superiores a 40%, chegando a 60% em setores localizados das vertentes. O relevo é bastante dissecado e a drenagem apresenta um padrão dendrítico, adaptado às direções das estruturas relacionadas a falhas, fraturas e contatos litológicos.

Devido ser uma unidade com formas de dissecação muito intensas, com vales de grande entalhamento, com alta densidade de drenagem e vertentes muito inclinadas, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial muito alto, estando sujeita a processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

2.4.1.5 Planalto do Médio Vale Paraíba do Sul (12)

Localiza-se entre o Planalto e Serra da Mantiqueira (ao norte) e O Planalto de Paraitinga/Paraibuna (ao sul). Predominam formas de relevos denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em morros baixos com topos convexos (Dc) e também formas agradacionais (Apf) associadas ao Rio Paraíba do Sul. Ocorre como Padrões de Formas Semelhantes os tipos Dc₁₅, Dc₂₅ e Dc₂₄, com entalhamentos dos vales variando entre 20 a 40m e dimensão interfluvial entre 250m a 750m.

Predominam altimetrias entre 600 e 800m e as declividades predominantes são de 20 a 30%. A drenagem apresenta um padrão dendrítico, adaptado às direções das estruturas geológicas da área. Apresenta formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica em um nível de fragilidade potencial médio, o que torna a área susceptível a fortes atividades erosivas.

2.4.2 Unidades Morfoestruturais Bacias Sedimentares Cenozóicas

2.4.2.1 Depressão do Médio Paraíba (23)

A morfoescultura Depressão do Médio Paraíba pertence a morfoestrutura Bacia Sedimentar de Tubaté (Ross e Moroz, 1997). Localiza-se na porção leste do Estado de São

Paulo, entre o Planalto e Serra Mantiqueira (a norte) e o Planalto de Paraitinga/Paraibuna (a sul).

Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se por colinas de topos convexos (Dc), cujos tipos de Padrões de Formas Semelhantes são Dc12, Dc13, Dc14, com vales de entalhamento até 20m e dimensão interfluvial variando de 250 a 3.750m; e Dc22, Dc34 com vales de entalhamento variando de 20 a 80m e dimensão interfluvial oscilando de 250 a 3.750m. Na área de estudo ocorrem os tipos Dc₁₂, Dc₁₃, Dc₁₅, Dc₂₃.

As altimetrias predominantes são de 600 e 700m e as vertentes apresentam declividades entre 5 e 20%. A drenagem apresenta um padrão dendrítico, com o vale principal adaptado às direções das estruturas geológicas regionais.

Nesta unidade encontra-se ainda a Planície Fluvial do Rio Paraíba do Sul, formadas por depósitos alúvio-fluviais recentes.

2.4.2.2 Planícies Fluviais

Planícies Fluviais Diversas (31)

São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial quaternária, geradas por processos de agradação. Na região de estudo, encontra-se às margens do Rio Paraíba do Sul. As Planícies Fluviais apresentam declividades inferiores a 2% e posicionam-se em diferentes níveis altimétricos. Possuem potencial de fragilidade muito alto por serem áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos à acomodações constantes.

2.4.2.3 Planícies Litorâneas ou Costeiras

Planícies do Litoral Norte (29)

São terrenos planos, de natureza sedimentar marinha e fluvial quaternária, onde ocorrem processos de agradação, ocupando pequenas áreas. As Planícies Litorâneas apresentam altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Possuem potencial de fragilidade muito alto por serem áreas sujeitas as inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e sedimentos inconsolidados sujeitos às acomodações constantes.

2.5 CLIMA

Segundo a classificação do clima pelo sistema de Koeppen (Setzer, 1966), a região de estudo apresenta cinco tipos predominantes (Fig. 2.4), que devido aos grandes desníveis topográficos, gradua desde a baixada litorânea até os pontos mais elevados das serras do Mar e da Mantiqueira, diferenciados em:

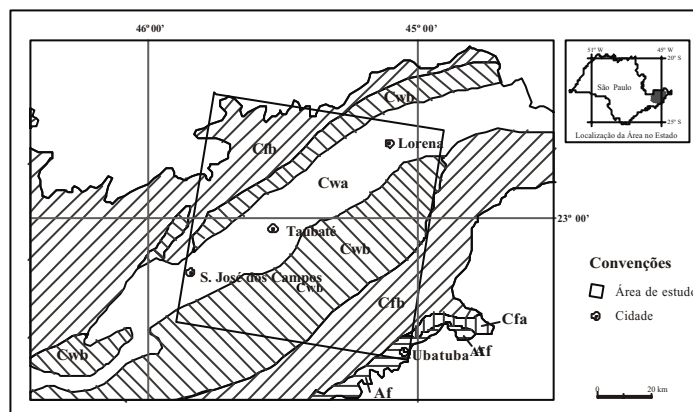


Figura 2.4 -Tipos climáticos predominantes para o estado de São Paulo, de acordo Setzer (1966).

Af – clima tropical úmido sem estiagem, com temperatura média do mês mais frio (julho) superior a 18 °C e precipitação superior a 60 mm para o mês mais seco. Ocorre na planície litorânea até os limites do sopé da Serra do Mar, na região de Ubatuba.

Cwa - clima subtropical com estiagem no inverno, caracterizado pela temperatura do mês mais frio (julho) inferior a 18 °C e temperatura média do mês mais quente (janeiro) superior a 22 °C. Apresenta precipitações anuais entre 1.100 mm e 1.700 mm, sendo os meses de abril a setembro a estação mais seca. Ocorre na região do vale do rio Paraíba do Sul, entre as cidades de São José dos Campos e Lorena.

Cwb – clima temperado com estiagem no inverno, caracterizado pela temperatura do mês mais quente (janeiro) inferior a 22 °C e precipitações anuais variando entre 1.300mm e 1.700 mm. Este tipo climático ocorre ao longo das regiões mais elevadas do vale do rio Paraíba do sul.

Cfa - Clima subtropical sem estiagem, com temperatura do mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. Este clima ocorre entre as encostas da Serra do Mar e a planície costeira.

Cfb - clima temperado sem estiagem, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e precipitações anuais variando entre 1.100 mm e 1.200 mm. Este clima ocorre nos pontos mais elevados da serras do Mar e da Mantiqueira.

2.6 VEGETAÇÃO

Neste contexto, far-se-á descrição sucinta da vegetação considerando a vegetação primária regional, de acordo com (INPE/CODIVAP, 1992) baseados em Ururahy et al., (1983).

2.6.1 Savana

Plantas lenhosas arbóreas, de pequeno a médio porte. Desenvolvem-se em solos provenientes de decomposição de rochas pobres em bases, que produzem solos álicos e distróficos. Predomina na região de terraços do vale do rio Paraíba do Sul.

2.6.2 Floresta Ombrófila Densa

Caracterizada pela presença de fanerófitas perenifoliada, com brotos foliares, geralmente desprovidos de proteção contra a seca. Ocupa áreas mais úmidas e predominam nas regiões das Serras do Mar e da Mantiqueira.

2.6.3 Floresta Ombrófila Densa Submontana

Caracterizada por possuir estrutura fanerofítica e pela presença de um estrato de 25– 30 metros de altura. Predomina na Serra do Mar.

2.6.4 Floresta Estacional Semidecidual e Subperenifolia

Característica de climas de duas estações, uma chuvosa e outra seca, que condicionam uma estacionalidade foliar de elementos arbóreos dominantes, possuindo adaptação fisiológica à deficiência hídrica ou à baixa temperatura. Predominam no vale do rio Paraíba do Sul.

2.6.5 Contato Floresta Estacional/Floresta Ombrófila Mista

Encontra-se alguns indivíduos de araucária, acompanhados de espécies latifoliadas apresentando a ocorrência de floresta mista. Nos solos distróficos encontra-se Floresta Estacional Semidecidual Montana. Predomina na Serra da Mantiqueira.

2.6.6 Contato Floresta Ombrófila Densa/Floresta Ombrófila Mista

Ocorre diretamente relacionada com o clima de altitude que atua sobre as superfícies interiorizadas nas faixas altimétricas superiores a 1.200m, onde as chuvas são bem distribuídas o ano inteiro. Predomina no planalto de Campos do Jordão.

2.6.7 Contato Savana/Floresta Estacional

Devido à ação antrópica, sua cobertura vegetal natural foi praticamente substituída pela agricultura e áreas de pastagens, onde a Savana era representada por vegetação arbórea densa revestindo os interflúvios de solos álicos, e a Floresta Estacional revestindo áreas de solos mais férteis. Ocorre em uma pequena área às margens do rio Parateí, no município de São José dos Campos.

2.6.8 Áreas de Formações Pioneiras

São instáveis devido às constantes deposições marinhas e fluviomarinhas. Abrigam vegetação de primeira ocupação que se instala juntamente sobre as áreas sazonais. Apresentam vegetação com fisionomia herbácea, arbustiva ou arbórea, de acordo com o estágio de sucessão em que se encontram. Predominam nos sedimentos quaternários recentes encontrados no litoral.

2.6.9 Campo Altimontano

Restringe-se a pequenas áreas de altitudes superiores a 1.200m nos altos da Serra da Mantiqueira.

CAPÍTULO 3

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados nesta pesquisa constituíram essencialmente de:

- Produtos de sensoriamento remoto orbital: Imagem multiespectral de satélite TM/Landsat-5, banda 4, na escala de 1:100.000, em papel fotográfico preto e branco, referente a região do Vale do Paraíba do Sul, classificada pela órbita/ponto-quadrante 218/076-W, passagem de 17 de julho de 1987;

- Documentação cartográfica: Mapa de Unidades Litológicas predominates da região do alto-médio Paraíba do Sul, na escala 1:100.000, elaborado por Ohara (1995);

- Cartas topográficas editadas pela Fundação IBGE na escala 1:50.000:
 - Campos da Cunha / 1974 / SF.23-Z-A-IV-3
 - Cunha / 1974 / SF.23-Z-C-I-1
 - Delfim Moreira / 1988 / SF.23-Y-B-VI-1
 - Guaratinguetá / 1982 / SF.23-Y-B-VI-4
 - Jacareí / 1974 / SF.23-Y-D-II-3
 - Lagoinha / 1973 / SF.23-Y-D-III-2
 - Monteiro Lobato / 1973 / SF.23-Y-B-V-3
 - Paraibuna / 1973 / SF.23-Y-D-II-4
 - Pindamonhangaba / 1988 / SF.23-Y-B-VI-3
 - São José dos Campos / 1973 / SF.23-Y-D-II-1
 - São Luís do Paraitinga / 1974 / SF.23-Y-D-III-1
 - Taubaté / 1973 / SF.23-Y-D-II-2
 - Tremembé / 1986 / SF.23-Y-B-V-4
 - Ubatuba / 1973 / SF.23-Y-D-III-4

- Software e equipamentos de informática: AutoCad 2000, Corel Draw 9.0, Surfer 6.0, GEOrient 4.2, além de mesa digitalizadora, scanner A0 e um PC Pentium III; e

- Materiais de escritório

3.2 Métodos

A metodologia aqui aplicada segue uma sistemática conforme o diagrama de fluxo de trabalho (Fig. 3.1), o qual será detalhado a seguir.

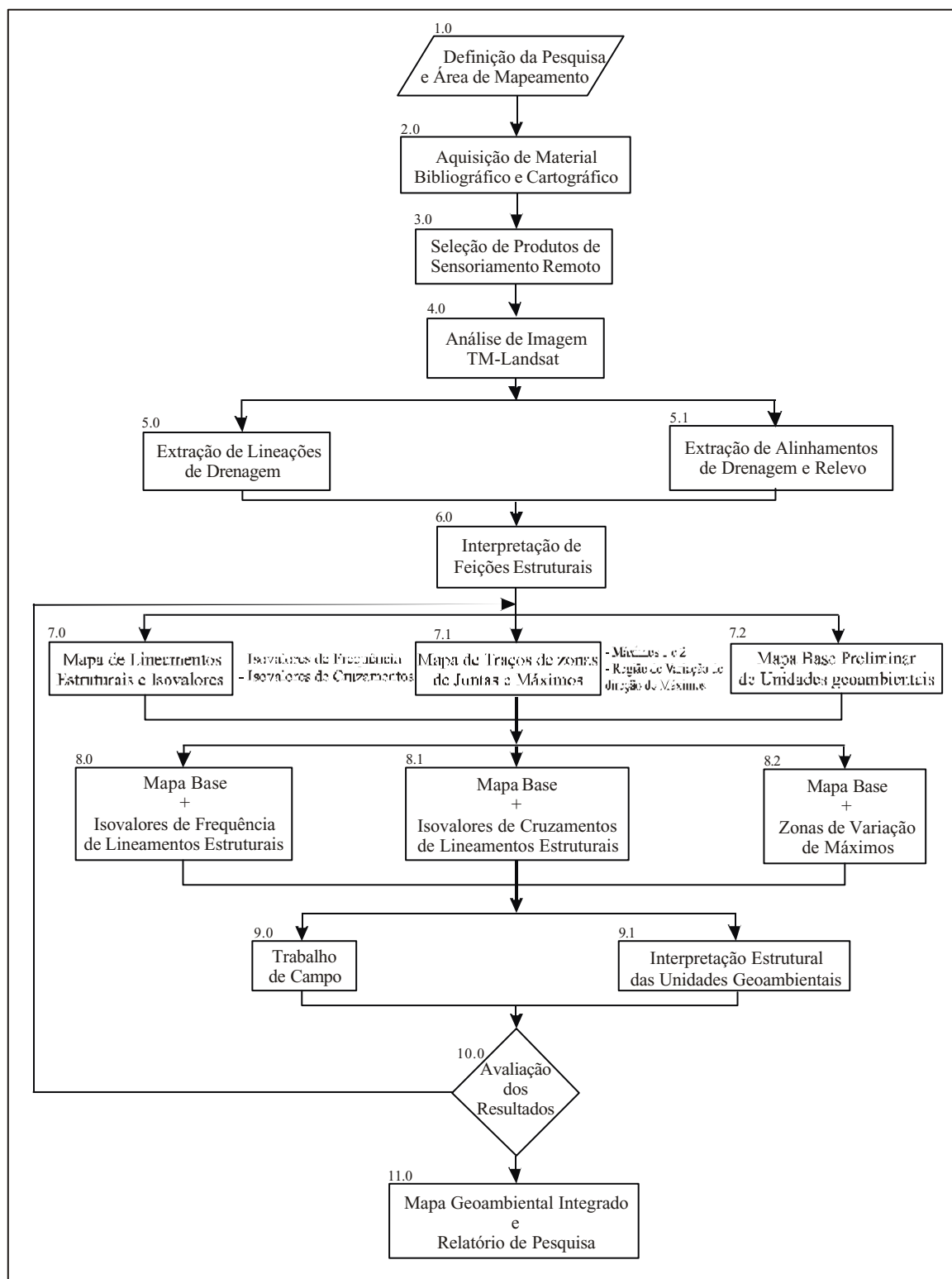


Figura 3.1 – Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT)

3.2.1 Definição da pesquisa e área de mapeamento (1.0)

Previamente às considerações sobre a definição da pesquisa e área de mapeamento, serão discutidos alguns termos utilizados neste trabalho, assim como um breve estado da arte sobre procedimentos envolvendo técnicas de sensoriamento remoto e sua aplicação na compartimentação do meio físico visando planejamento geoambiental.

Uma definição de planejamento que atualmente condiz com o estado de desenvolvimento deste conceito é encontrado em Ackoff (1972), que diz, “Planejamento é um processo destinado a produzir um ou mais estados futuros desejados, que não deverão ocorrer a menos que alguma coisa seja feita. O planejamento, portanto, se preocupa tanto em evitar ações incorretas quanto em reduzir a frequência dos fracassos ao se tomar decisões. É óbvio que acreditando-se que o curso natural dos acontecimentos vá produzir o estado futuro desejado, então não há necessidade de se planejar”

Batista & Matricardi (2001) mostram o zoneamento como instrumento de planejamento, de grande importância para orientar o poder público e a sociedade quanto ao planejamento da ocupação racional do espaço territorial e uso sustentável dos recursos naturais. Isto se dá, devido seu processo de elaboração, o qual classifica os elementos dos meios físico, biológico e socioeconômico segundo suas potencialidades e vulnerabilidades.

O levantamento geoambiental consiste no exame sistemático de uma região com a finalidade de obter informação das variáveis litológicas, fisiográficas, climáticas, morfoestrutural e coberturas/unidades de alteração intempéricas, definindo com isto, zonas geoambientais, as quais apresentam as potencialidades e suporte do meio físico, de acordo aos condicionadores naturais, em função dos modificadores sócio-econômicos (Jiménez-Rueda, 1991).

Através de uma sistemática metodológica, Jiménez-Rueda, (1991) mostra que o zoneamento geoambiental permite estabelecer uma compartimentação do meio físico em zonas geoambientais, condicionadas/modificadas em consonância com seus potenciais e diversos interesses sócio-econômicos por região. Podendo classificar áreas para desenvolvimento de atividades agrícolas (cultivos, florestais, cítricos, etc.), de engenharia (expansão urbana, obras viárias, escavações superficiais), recursos hídricos subterrâneos, recursos minerais (metálicos/não metálicos), proteção ambiental (aterros sanitários, industriais, lagoas de tratamento de esgotos/efluentes agroindustriais/industriais, etc.), sendo possível através dos conhecimentos sobre litologia, fisiografia, clima, morfoestrutura e das coberturas e unidades de alteração intempérica.

Nos últimos anos vários trabalhos estão sendo elaborados com a finalidade de fornecer informações do meio físico, através de zoneamento geoambiental, utilizando técnicas de sensoriamento remoto orbital como por exemplo em Ohara, 1995; Rodrigues, 2000; Franzoni 2000; etc, e várias outras pesquisas utilizando técnicas de sensoriamento remoto para compartimentação do meio físico vem sido também elaborados (Vedovello, 1993; Vedovello & Mattos, 1991).

Ohara (1995) definiu para a região do alto-médio Paraíba do Sul um zoneamento geoambiental elaborado através da integração de informações sobre litologia, solos, fisiografia e unidades e coberturas de alteração intempéricas, correlacionados com zonas fotogeológicas homogêneas e somados com informações de determinações laboratoriais de análises físicas e químicas de materiais coletados ao longo de perfis de alteração intempérica, resultando na cartografia de diversas zonas e subzonas geoambientais.

Franzoni (2000) faz uma avaliação do meio físico para fins de planejamento geoambiental, no traçado e manutenção de rede viária. Aplica técnicas de sensoriamento remoto para compartimentação em domínios e zonas geoambientais, e analisa e interpreta estruturas geológicas elaborando mapas temáticos, com o intuito de definir unidades geoambientais para estudos de traçado de estradas.

Rodrigues (2000) caracteriza o meio físico da bacia do rio Camboriú visando zoneamento geoambiental para múltiplos usos por meio de técnicas de sensoriamento remoto orbital, compartimentando a bacia em regiões, sub-regiões, setores e zonas geoambientais a partir da tectônica formacional e deformacional.

Vedovello (1993, apud Franzoni, 2000) utiliza dados de sensoriamento remoto, através da análise de elementos texturais e estruturais da imagem, para compartimentação do meio físico. Conclui que através das análises dos resultados obtidos, a compartimentação fisiográfica mostra ser um grande potencial para a realização de zoneamentos geotécnicos, assim como, para pesquisas relacionadas à avaliação de terrenos.

Sensoriamento Remoto é a utilização de modernos sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles, sendo que os sensores são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e poder apresentá-lo em forma adequada à extração de informações, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias do meio em suas mais diversas manifestações. (Novo, 1992).

Esta pesquisa procura integrar dados obtidos na análise de produtos e técnicas de sensoriamento remoto orbital para a compartimentação do meio físico. Busca informações sobre aspectos estruturais relacionados à disposições de relevo e drenagem, e sobre a litologia relacionados com seus respectivos aspectos texturais de imagem.

A área de mapeamento está localizada na região do Vale do Paraíba, a qual apresenta boas condições para a integração desses dados, pois há a ocorrência de litologias e relevos variados, assim como, apresenta uma forte estruturação na drenagem e relevo, bastante evidenciados na imagem, o que facilita o reconhecimento e interpretação das estruturas presentes.

3.2.2 Aquisição de material bibliográfico e cartográfico (2.0)

Após a definição da pesquisa e da área de mapeamento, procurou-se pesquisar na literatura existente, dados sobre os aspectos gerais da área de estudo e sobre informações que possam dar apoio a esta pesquisa, além da cartografia existente para a área de estudo.

Foram consultados assuntos referentes aos aspectos fisiográficos (geologia, geomorfologia, solos, clima, etc.), aspectos mais específicos (sensoriamento remoto, geologia estrutural, etc.), e assuntos tratando a correlação e aplicação destas teorias, na utilização de técnicas de sensoriamento remoto para compartimentação do meio físico para fins de Planejamento Geoambiental.

Quanto a documentação cartográfica, foi selecionado o “Mapa de Unidades Litológicas predominantes da região do alto-médio Paraíba do Sul” elaborado por OHARA (1995), para servir de base geológica a área de estudo, além de consultas a cartas topográficas, editadas pela Fundação IBGE, na escala de 1:50.000.

3.2.3 Seleção de produtos de sensoriamento remoto (3.0)

Os produtos utilizados nesta pesquisa constaram de imagens de satélite orbital do sensor *Thematic Mapper* (TM) Landsat/5, sendo que a seleção levou em consideração as características texturais da imagem e as particularidades da área, além de fatores que podem auxiliar na interpretação das imagens, como recobrimento de nuvens, ângulo e azimute da elevação solar para realce das estruturas geológicas, bandas correspondentes com o objetivo de estudo, dentre outros.

Quando os aspectos a serem observados na análise da imagem forem relacionados a observação de elementos texturais de relevo e drenagem, a banda 4 (0,76 - 0,90 μm , faixa do infravermelho), em geral, é a melhor que oferece condições para as análises, pois as

condições de sombreamento ficam favorecidas pela maior reflectância da vegetação nessa faixa espectral, o que implica em uma imagem com níveis de cinza mais claros. Vedovello (2000) (Anexo I).

Deste modo, os produtos de sensoriamento remoto orbital aqui escolhido, foram imagens multiespectrais de satélite, TM/Landsat - 5, escala 1:100.000, banda 4, classificada pela órbita/ponto-quadrante 218/076-W, passagem 17 de julho de 1987, apresentando elevação solar 30° e azimute 45°, e resolução de 30m.

Trata-se de uma imagem que recobre parte das serras da Mantiqueira e do Mar, parte da Bacia de Taubaté e uma porção da região litorânea, dentro do estado de São Paulo, sem presença de nuvens, e que de acordo com Rodrigues & Liu (1988), o realce dos lineamentos estruturais são considerados não só pelas técnicas digitais, mas também pelo ângulo e azimute solar, os quais mostram que para a região de estudo, o ângulo e azimute solar do mês de julho são os mais adequados para que haja um maior realce das estruturas geológicas presentes.

3.2.4 Análise de Imagens TM – Landsat (4.0)

A utilização de imagens Landsat na interpretação de feições geomórficas, estruturais e litológicas, dos padrões e das texturas do relevo é um importante aspecto da aplicação prática de sensoriamento remoto orbital.

Os atributos incluem as características multiespectrais, que enfatizam contrastes na reflectância e auxilia na detecção e discriminação dos materiais da superfície terrestre, as características espaciais em escala sinóptica, que torna possível a observação integrada das feições de caráter regional, e as características de imageamento temporal e repetitivo, que fornecem realces sazonais dos alvos, facilitando sua identificação e interpretação.

Com este enfoque, foi possível confeccionar mapas temáticos (traços de juntas e lineamentos estruturais). que auxiliaram na elaboração de mapas derivados (Máximos 1 e 2 e regiões de variação de máximos, frequência de lineamentos estruturais e cruzamentos de lineamentos estruturais)

As análises feitas sobre a imagem, referem-se na observação de elementos texturais de relevo e drenagem para a identificação das estruturas geológicas presentes (lineações de drenagem e alinhamentos de drenagem e relevo).

3.2.5 Extração de lineações de drenagem (5.0)

As lineações de drenagem correspondem a feições fortemente estruturadas e retilíneas representando drenagens de 1º e 2º ordem, normalmente representam traços de juntas e/ou diáclases, que segundo Loczy & Ladeira (1980) definem como planos ou superfícies de fratura que dividem as rochas, sendo que ao longo dos quais não ocorreu deslocamento das paredes rochosas paralelamente aos planos de fratura, ou se houve deslocamento, este foi mínimo, não possível de visualização.

Em imagens multiespectrais de satélite, as lineações de drenagem correspondem a feições retilíneas (feições negativas) que apresentam como característica principal repetitividade e dimensões contínuas. Apesar das imagens não possuírem uma visão estereoscópica, o par conjugado luz-sombra permite a visualização do relevo, o que realça pseudo estereoscopia das estruturas geológicas.

As lineações de drenagem foram obtidas através da extração das formas retilíneas de drenagem, em imagem de satélite orbital TM-Landsat/5, banda 4, mapeadas na escala de 1:100.000. Limitou-se como elemento textural de drenagem as lineações que apresentavam dimensões entre 2-7 mm, extraídas em um overlay sobreposto a imagem, constituindo por fim no Mapa de Traços de Zonas de Juntas.

3.2.6 Extração de alinhamentos de drenagem e relevo (5.1)

Para o reconhecimento e extração dos alinhamentos, os critérios são as expressões dos elementos topográficos retilíneos de relevo e drenagem. Em produtos de sensoriamento remoto, os alinhamentos de drenagem e relevo são representados na natureza por uma forte estruturação, podendo ser retilíneos ou curvilíneos.

Os alinhamentos de drenagem correspondem à disposição em linha reta das lineações de drenagem e os alinhamentos de relevo são definidos pela forte estruturação proporcionada pela disposição paralela das lineações de relevo, formando uma faixa cuja extensão é maior que a largura (Veneziane & Anjos, 1982).

Quando estes alinhamentos apresentam um significado geológico são denominados de lineamentos estruturais, os quais serão detalhados no ítem (7.0) correspondente ao Diagrama de Fluxo de Trabalho.

Os alinhamentos de drenagem e relevo foram extraídos em um *overlay* sobreposto a imagem fotográfica de satélite TM-Landsat/5, banda 4, na escala de 1:100.000, constituindo como base para a confecção do Mapa de Lineamentos Estruturais.

3.2.7 Interpretação de feições estruturais (6.0)

As estruturas geológicas principais estão associadas à presença de lineações de drenagem (traços de zonas de juntas) e alinhamentos de drenagem e relevo (lineamentos estruturais).

São estruturas que refletem o grau de ruptibilidade de uma dada região, ou seja, o grau de cisalhamento de uma região. O estudo dessas estruturas pode caracterizar regiões que apresentem maior ou menor grau de fraturamento, e com isso relacioná-las com propriedades físicas de maciços rochosos, como a permeabilidade por exemplo.

3.2.8 Mapa de Lineamentos Estruturais e Isovalores (7.0)

A introdução do termo lineamento deve-se a Hobbs (1904), posteriormente definida por O'Leary (1976) *apud* IBGE (1995), com significado similar de “feição linear, simples ou composta, contínua ou descontínua da superfície terrestre, cujas partes são alinhadas em um arranjo retilíneo ou suavemente curvo e que difere substancialmente dos padrões de feições que lhe são adjacentes, presumivelmente refletem um fenômeno de subsuperfície”. Os lineamentos estruturais são considerados como estruturas penetrativas na superfície terrestre, com deslocamento ou não, podendo representar falhamentos, discordâncias estruturais e/ou descontinuidades geológicas.

O mapa de lineamentos estruturais foi elaborado a partir das informações de fotointerpretação, extraindo-se os alinhamentos de relevo e drenagem que apresentavam conotações geológicas, mapeados na escala de 1:100.000, explicado no item (3.2.6).

Devido os lineamentos estruturais apresentarem grandes extensões e continuidades na superfície terrestre, bastante evidenciados nas imagens orbitais, estes foram analisados e interpretados em termos regionais.

Sobreposto ao Mapa de Lineamentos Estruturais, fez-se uma malha (X,Y) com celas de 3x3cm, considerado como unidade de área. Para a visualização espacial da frequência e dos cruzamentos dos lineamentos estruturais na área de estudo, fez-se um tratamento estatístico utilizando o *software* SURFER 6.0, gerando um mapa com curvas de isovalores para a frequência de lineamentos estruturais e um mapa com curvas de isovalores para os cruzamento de lineamentos estruturais.

O Mapa de Isovalores de Frequência de Lineamentos Estruturais foi elaborado a partir da contagem dos respectivos lineamentos por cela da malha, onde admitiu-se cada comprimento de 1 cm como unidade de referência (Fig. 3.2).

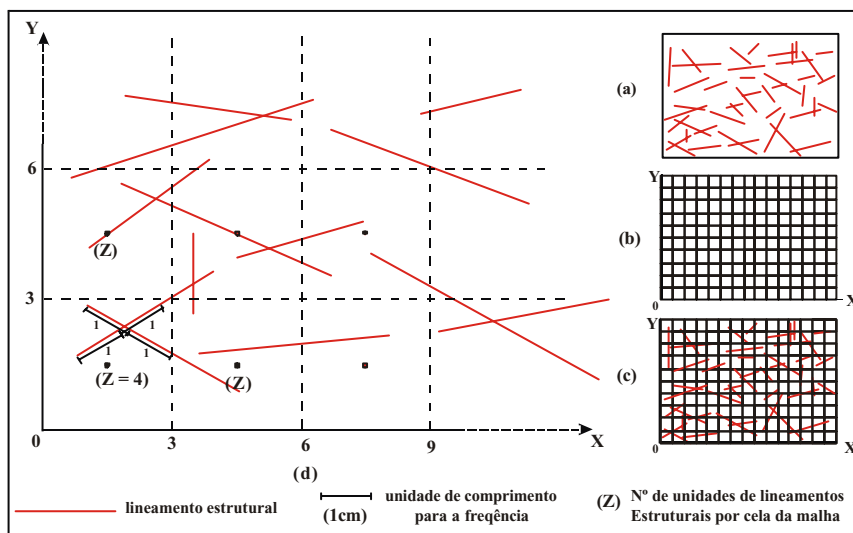


Figura 3.2 - Modelo esquemático para contagem da frequência dos lineamentos estruturais.

Após a contagem de cada unidade dos lineamentos estruturais por célula da malha, fez-se a somatória para cada célula, determinando um valor numérico (Z), variando entre 0 e 53, sendo que cada valor obtido foi representado no ponto central de cada célula. A partir dos valores obtidos, foi elaborado um banco de dados (X, Y, Z) e, com auxílio do *software Surfer 6.0*, aplicou-se o método de interpolação da krigagem para gerar os mapas de isovalores. Essa técnica de interpolação utiliza nas estimativas dos valores em localizações não amostradas, informações sobre a correlação espacial entre as observações. As descrições da estrutura (ou padrão ou correlação) espacial, em geral, são feitas utilizando-se um semivariograma experimental que mede a dissimilaridade média entre dados separados por uma determinada distância e é definido como a metade da diferença ao quadrado da média entre os pares observados (Goovaerts, 1999).

O Mapa de Isovalores de Frequência de Cruzamentos Lineamentos Estruturais foi elaborado a partir da contagem dos cruzamentos (interseção) dos respectivos lineamentos, utilizando a mesma malha do parágrafo anterior (Fig. 3.3).

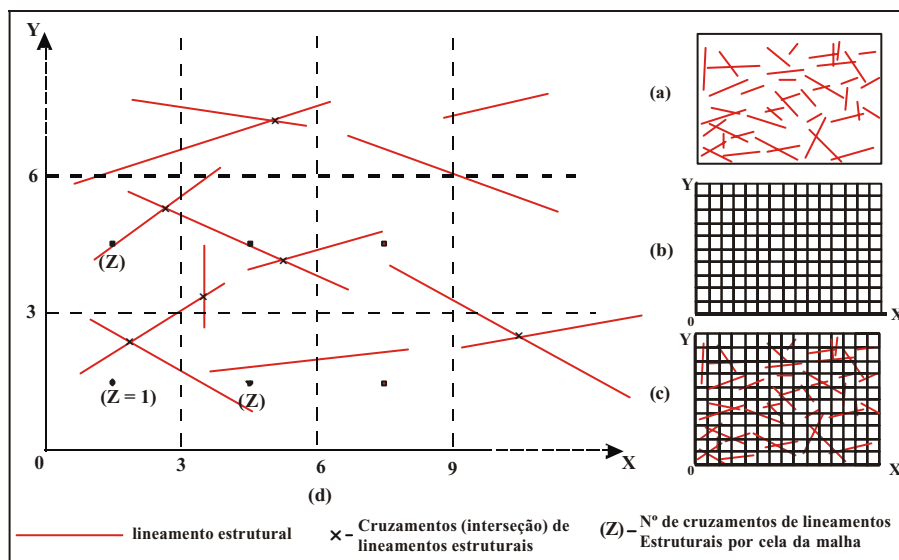


Figura 3.3 - Modelo esquemático para contagem dos cruzamentos de lineamentos estruturais.

Após a contagem de cada cruzamento dos lineamentos estruturais por cela da malha, fez-se a somatória para cada cela, determinando um valor numérico (Z), variando entre 0 e 71, sendo que cada valor obtido foi também representado no ponto central de cada cela. A partir dos valores obtidos, montou-se uma coluna de dados (X, Y, Z) e utilizou-se o *software* Surfer 6.0 para visualizar sua distribuição espacial pela aplicação do método de interpolação da krigagem. Nas estimativas obtidas pela krigagem foram utilizados parâmetros determinados pelo ajuste de um modelo linear no semivariograma experimental.

3.2.9 Mapa de traços de zonas de juntas e máximos (7.1)

As juntas ou diáclases são definidas como planos ou superfícies de fraturas que dividem as rochas, ao longo dos quais não ocorreu deslocamento das paredes rochosas paralelas aos planos de fraturas, ou se ocorreu, este foi mínimo, não possível sua visualização (Loczy e Ladeira, 1980).

As fraturas nas imagens de satélite são refletidas através dos traços de fraturas, interpretadas a partir das feições lineares de drenagem (negativas) retilíneas, sendo que os traços de fratura correspondem a zonas de concentração de juntas

O Mapa de traços de zonas de juntas foi elaborado a partir da extração das lineações de drenagem, limitadas com tamanho padrão entre 2 - 7 mm, mapeados na escala de 1:100.000. A partir do Mapa de traços de Juntas fez-se uma filtragem dos traços de

juntas para extrair as duas direções principais de fraturamento, consistindo em um mapa temático de máximos 1 e 2.

O procedimento empregado para a extração dos máximos 1 e 2 consiste na sobreposição de um *overlay* sobre o mapa de traços de juntas, e, através de uma área com formato circular em torno de 10cm de diâmetro, extraiu-se as duas direções principais das juntas. A direção preferencial e mais abundante foi classificada como máximo 1 (extraída em tons de vermelho) e a segunda direção preferencial, classificada como máximo 2 (em tons de azul). Após a extração dos máximos 1 e 2 na área circular, prossegue-se o procedimento até o fechamento total do mapa.

3.2.10 Mapa base preliminar de unidades geoambientais (7.2)

Para a definição das unidades geoambientais utilizou-se como mapa base, o Mapa de unidades litológicas predominantes para a região do alto-médio Paraíba do Sul, elaborado por Ohara (1995), o qual resultou da correlação das informações de propriedades fotolitológicas em imagens TM/Landsat com as zonas fotogeológicas homogêneas, associadas com informações de campo.

Na delimitação das unidades geoambientais, considerou-se os limites entre as unidades litológicas predominantes como base para definir os limites entre as unidades geoambientais, onde fez-se a correlação entre os litotipos que apresentavam as mesmas características litológicas, não se levando em conta a idade e/ou grupo litológico, ou seja, rochas com características similares foram agrupadas em uma única unidade geoambiental

3.2.11 Mapa base + Isovalores de Frequência de lineamentos estruturais (8.0)

A partir do mapa base (unidades geoambientais), fez-se à integração com o mapa de isovalores de frequência de lineamentos estruturais, através da sobreposição dos mapas. A integração dos mapas permitiu a visualização da distribuição da frequência dos lineamentos estruturais ao longo das unidades geoambientais.

3.2.12 Mapa base + Isovalores de Cruzamentos de lineamentos estruturais (8.1)

Do mesmo modo que o item anterior, fez-se correlação do mapa base com o mapa de isovalores de cruzamentos de lineamentos estruturais, sendo que a integração destes mapas permitiu a visualização espacial das concentrações de cruzamentos dos lineamentos estruturais nas unidades geoambientais.

3.2.13 Mapa base + Zonas de variação de máximos (8.2)

Nesta etapa integrou-se o mapa base com o mapa de zonas de variação de máximos, possibilitando a visualização regional das unidades geoambientais com áreas que apresentam variações das direções de máximos.

3.2.14 Trabalhos de Campo (9.0)

No trabalho de campo fez-se um mapeamento de reconhecimento das estruturas geológicas mapeadas nas imagens de satélite, dando ênfase nas regiões que apresentam altas concentrações de cruzamentos e de frequência de lineamentos estruturais, e nas regiões de variação de direção de máximos 1 e 2. Fez-se a coleta de atitudes estruturais de fraturas (falhas e juntas) para observar o comportamento direcional das mesmas. Essa fase também permitiu documentar a área quanto aos aspectos regionais das formas de relevo verificando os limites entre as unidades.

3.2.15 Interpretação estrutural das unidades geoambientais (9.1)

As estruturas mapeadas nas imagens de satélite permitiram interpretar as Unidades Geoambientais de acordo com o grau de fraturamento. Para os dados de fraturas coletados, fez-se o tratamento das mesmas, utilizando o software GeoOrient 4.2, afim de destacar as variações principais de fraturamentos, estes resultados estão apresentados no AnexoII.

3.2.16 Avaliação dos resultados (10.0)

Os dados obtidos a partir dos lineamentos estruturais e dos traços de juntas, permitiram selecionar áreas de acordo com o grau de fraturamento da região do vale do Paraíba, selecionando áreas mais susceptíveis aos processos de instabilidade. O cruzamento dos dados, associados com as informações litológicas, contribuiram para adjetivar as Unidades Geoambientais. Nesta fase poderão ser redefinidos e reavaliados os dados estabelecidos assim como a documentação cartográfica.

3.2.17 Mapa Geoambiental e Relatório de Pesquisa (11.0)

A compartimentação geoambiental para a região do vale do Paraíba constará na associação dos mapas temáticos elaborados (frequência de lineamentos estruturais, cruzamentos de lineamentos estruturais e regiões de variação de máximos 1 e 2) com a

premissa de adjetivar unidades litológicas semelhantes, caracterizadas como Unidades Geoambientais, quanto aos aspectos de fraturamento.

A integração dos dados obtidos resultarão em um Mapa Geoambiental Integrado para o vale do Paraíba (Fig. 3.4), e os resultados serão apresentados neste relatório de pesquisa, constituindo uma dissertação de mestrado.

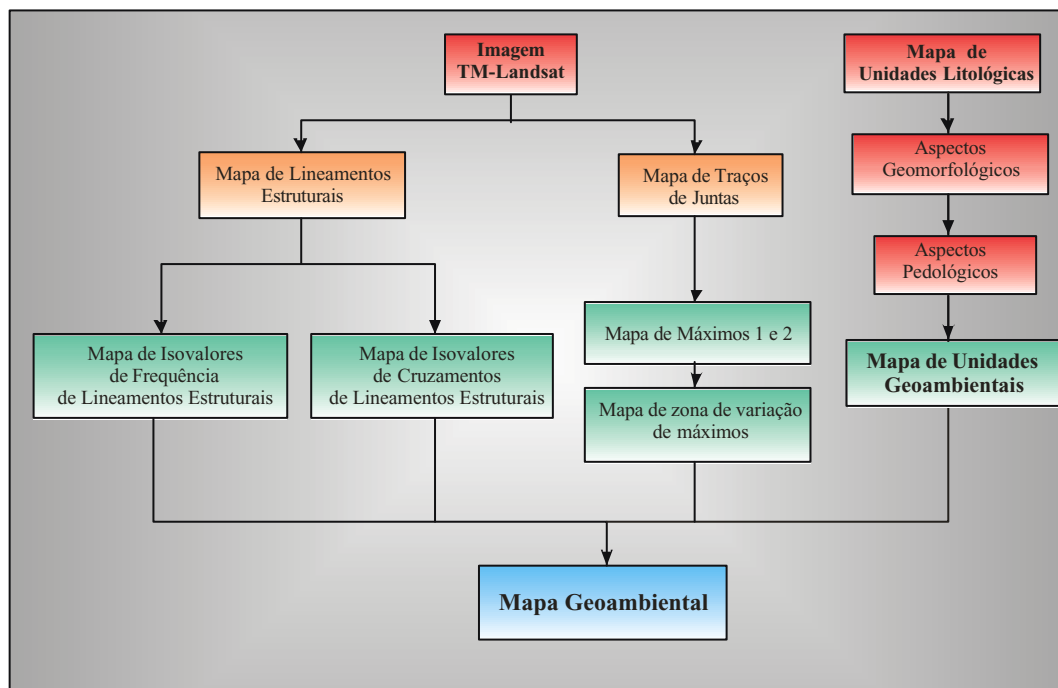


Figura 3.4 – Fases de conclusão do Mapa Geoambiental.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COMPARTIMENTAÇÃO GEOAMBIENTAL

Jimenez-Rueda et al (1993) estabelece algumas características mínimas necessárias para a compartimentação do terreno em zonas geoambientais, onde mostra que as zonas geoambientais são regiões delimitadas por ruptura de declive (geralmente associados a limites geológicos, e eventualmente, limites erosivos) e descontinuidades estruturais (discordância e falhamentos), e devem estar sempre associadas a unidades geológicas e/ou unidades litológicas predominantes.

Na presente pesquisa, não se preocupou em hierarquizar a compartimentação geoambiental em regiões, zonas e subzonas geoambientais, e sim delimitar compartimentos geoambientais, classificando-os de Unidades Geoambientais.

As Unidades Geoambientais representam os elementos componentes do meio físico. São constituídas, principalmente, pelas litologias predominantes, associadas com informações de relevo e solos, de acordo com a literatura presente.

A compartimentação do meio físico para a definição das Unidades Geoambientais, levou em consideração, essencialmente, os limites entre as unidades litológicas predominantes para a região de estudo, onde a base geológica utilizada foi o Mapa de Unidades Litológicas predominantes da região do alto-médio Paraíba do Sul (Fig 4.1), elaborado por Ohara (1995) na escala 1:100.000.

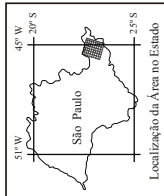
A definição dos limites entre as Unidades Geoambientais foi realizada através do agrupamento de litologias semelhantes da região de estudo, não levando em consideração a qual Grupo ou Complexo a unidade litológica pertença, somente importando suas características litológicas.

Devido à região de estudo apresentar características geomorfológicas bem evidentes na imagem, e para uma melhor descrição e entendimento das Unidades Geoambientais, fez-se uma divisão da área em 4 regiões distintas: Região Serra da Mantiqueira (RM), Região Vale do Paraíba (RP), Região Serra do Mar (RMr) e Região Litorânea (RL) (Fig 4.2).

Mapa de Unidades Litológicas predominantes para a região do alto-médio Paraíba do Sul

CONVENÇÕES

- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade
- Contato das Unidades Litológicas



LEGENDA

- qm** — sedimentos atuais e subatuais marinhos, flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue; areias quartzosas, siltes e argilas.
- agar** — argilitos e arenitos do sistema fluvial meandrante da seqüência Vale do Paraíba.
- sfl** — sedimentos flúvio lacustres; argilitos, folhelhos, arenitos, conglomerados, localmente calcários.
- met + gre** — migmatitos estromatíticos, localmente hornblenda gnaisses, anfibolitos, quartzitos, biotita-xistos; e biotita granitos.
- grf** — biotita granitos foliados.
- ymp** — rochas granitóides migmatíticas grosseiras.
- ydm** — granitóide Natividade da Serra, granito Santa Branca: granito gnaissico a duas micas.
- ygp** — granitóides gnaissicos heterogêneos com textura porfiróide.
- bgx** — biotita gnaisses granitóides.
- meg + bx** — migmatitos estromatíticos; e biotita gnaisses.
- bgf** — biotita gnaisses finos.
- hgb** — biotita gnaisses com granada.
- mex** — migmatitos estromatíticos heterogêneos.
- re + ymp** — rochas ecritônicas sílico-argilosas; e rochas granitóides migmatíticas grosseiras.
- xgn** — mica-quartzo xisto.
- bgn** — biotita gnaisses graníticos e granodioríticos.
- bgm** — biotita gnaisses bandados e migmatizados.
- gnq** — rochas gnaissicas de feições texturais e composicionais variados, intercalando níveis de quartzitos, mica-xistos-quartzitos feldspáticos, calcossilicadas e metabasitos.
- gmb** — gnaisses e migmatitos blastomiloníticos.
- mch** — migmatitos policíclicos homogêneos.
- ygf** — biotita granitos gnaissicos de granulação fina a média.
- ch** — charnoquitos.
- mgb** — migmatitos estromatíticos ou gnaisses bandados.

O Mapa de unidades litológicas predominantes da região do alto-médio Paraíba do sul foi elaborado a partir do trabalho de Othmar (1995), elaborado na escala 1:100.000.

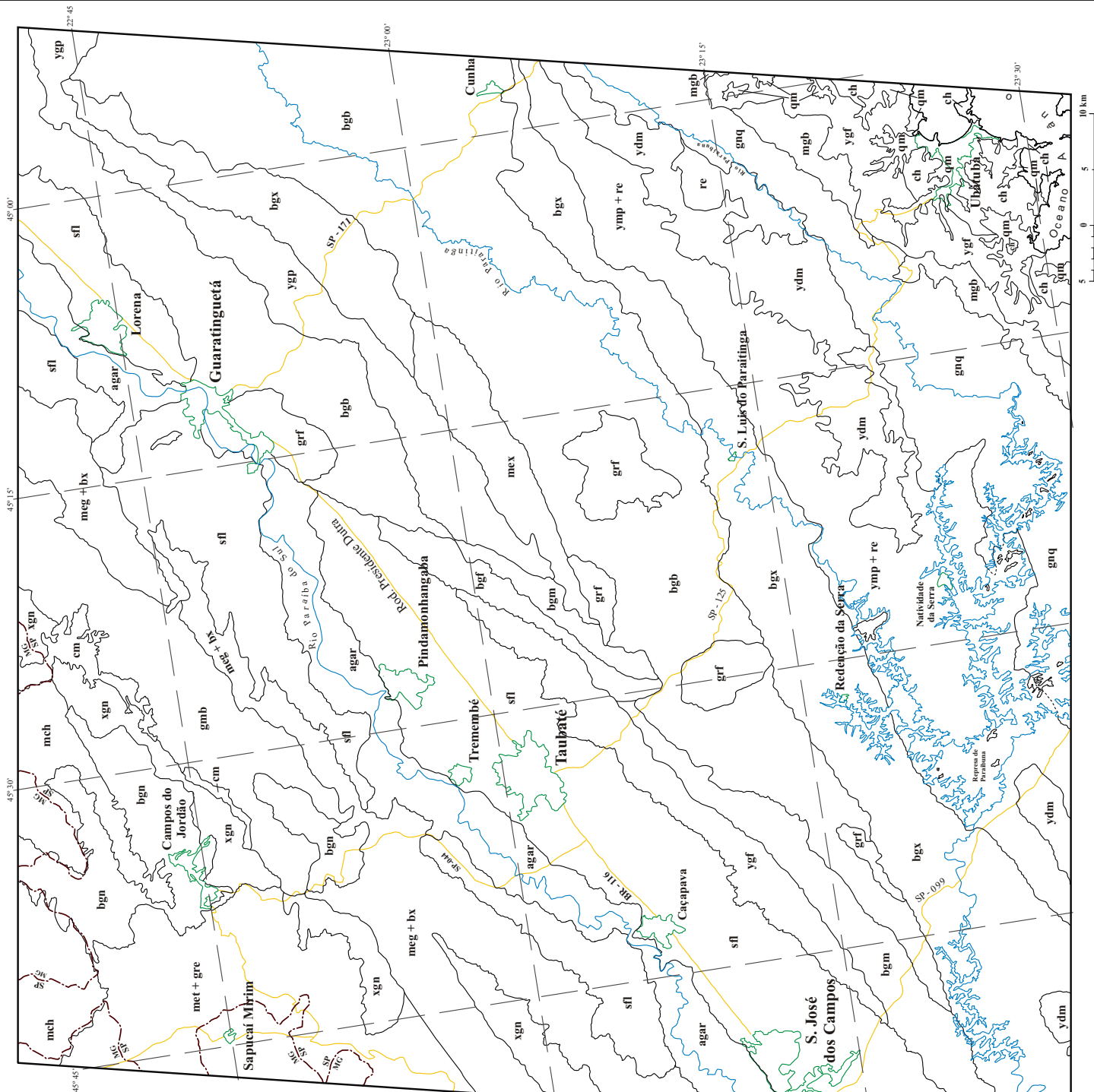


Fig.4.1 - Mapa de Unidades Litológicas Predominante para a região do alto-médio Paraíba do Sul.

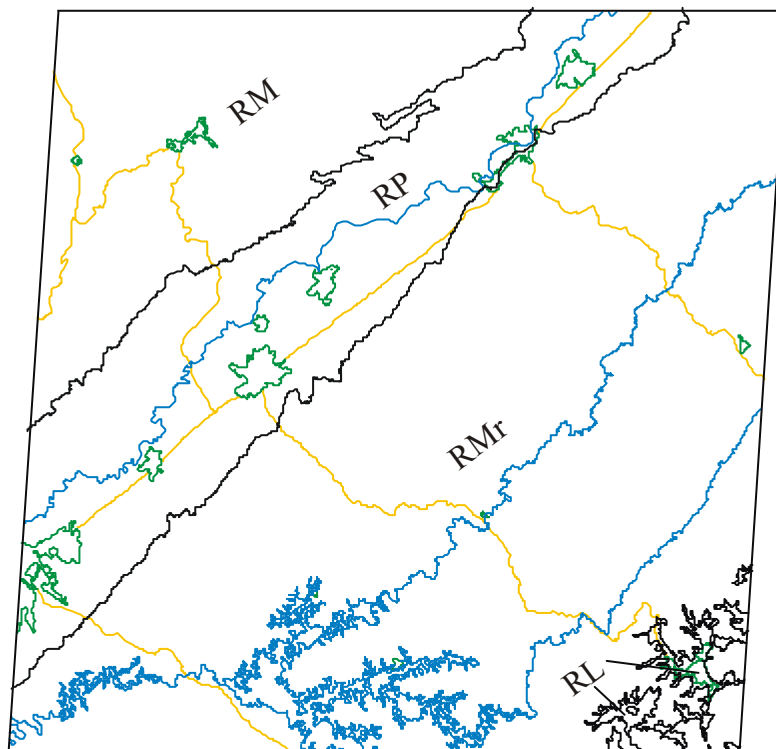


Figura 4.2 – Regiões do Vale do rio Paraíba do Sul: Região Serra da Mantiqueira (RM), Região Vale do Paraíba (RP), Região Serra do Mar (RMr) e Região Litorânea (RL).

A estruturação da legenda do Mapa de Unidades Geoambientais (Fig. 4.3) foi elaborada para facilitar a leitura das informações presentes. Foram codificadas primeiramente por uma letra maiúscula, representando a região que está inserida à unidade, e a segunda por algarismos romanos, especificando a unidade geoambiental. Assim sendo, a região da Serra da Mantiqueira é representada pela letra (M), a região Vale do Paraíba (P), a região Serra do Mar (Mr) e a região Litorânea pela letra (L). Por exemplo, a unidade geoambiental MIV, representa uma quarta unidade geoambiental, localizada na região da Serra da Mantiqueira.

Para a descrição das Unidades Geoambientais, as características litológicas foram baseadas em Ohara (1995). Quanto a geomorfologia, utilizou-se a descrição adotada por Ross e Moroz (1997), do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000, e os aspectos pedológicos, foram compilados do trabalho de “macrozoneamento

Mapa de Unidades Geoambientais da região do alto-médio Paraíba do Sul

LEGENDA

Região Serra da Mantiqueira (M)

- migmatitos homogêneos com granitóides e charcoquitos subordinados; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (< 80m)
- migmatitos e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (< 20m)
- xistos e gnaisses; latossolos, argissolos e cambissolos entalhamento dos vales (< 160m)
- migmatitos; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)
- metaconglomerados, metarenitos e metassiltitos; cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)

Região Vale do Paraíba (P)

- sedimentos flúvio-lacustre, argilitos, folhelhos, arenitos e conglomerados; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (< 40m)
- argilitos e arenitos; espodossolos e latossolos; entalhamento dos vales (< 20m)

Região Serra do Mar (Mr)

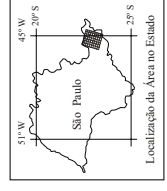
- biotita gnaisses e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (20-80m)
- biotita granitos gnaissicos, latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-160m)
- granitóides migmatíticos e rochas ectínicas sílico-argilosas; argissolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-160m)
- rochas gnaissicas; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-80m)
- migmatitos, biotita granitos gnaissicos e charcoquitos; espodossolos; entalhamento dos vales (> 160m)

Região Litorânea (L)

- sedimentos flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue

CONVENÇÕES

- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade



O Mapa de Unidades Geoambientais foi elaborado a partir da associação das unidades litológicas predominantes da região do alto-médio Paraíba do Sul, utilizando os softwares AutoCAD 2000 e Corel Draw 9.0

Autor: Antonio Pina Crisóstomo Neto

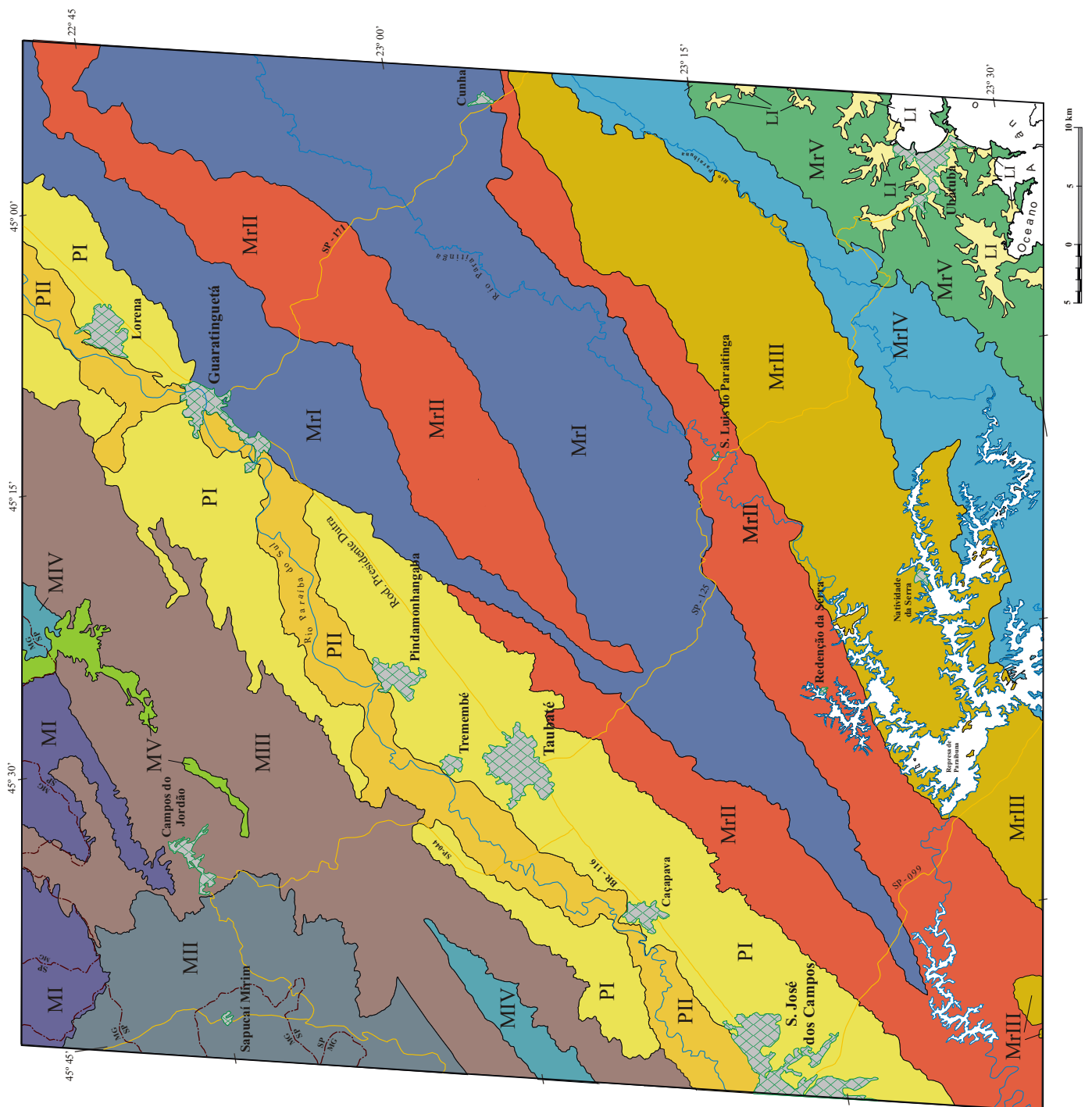


Fig. 4.3 - Mapa de Unidades Geoambientais.

da região do Vale do Paraíba e litoral norte do estado de São Paulo” (INPE/CODIVAP, 1992), sendo que os grupos de solos predominantes foram redefinidos de acordo com “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos” (EMBRAPA, 1999).

4.1.1 Região Serra da Mantiqueira (RM)

A região Serra da Mantiqueira localiza-se na porção N e NW da região de estudo, é limitada a sul pela região Vale do Paraíba e a norte faz fronteira com o Estado de Minas Gerais. É representada geologicamente por maciços cristalinos, onde as litologias principais são migmatitos, gnaisses e granitos, ocorrem ainda xistos, quartzitos, charnoquitos, e metaconglomerados.

É caracterizada como uma região de planaltos com altitudes superior a 800m sendo que, no nível mais alto, predominam altimetrias entre 1.000 e 2.000m. O Planalto de Campos do Jordão (Almeida, 1964) apresenta estrutura cristalina complexa e uma superfície de aplainamento que nivela o topo de seus interflúvios a aproximadamente 1.800m de altitude.

Nesta região foram definidas 5 Unidades Geoambientais, representadas pela letra (M), as quais serão descritas a seguir.

4.1.1.1 Unidade Geoambiental MI

Esta unidade ocorre em duas porções localizadas a norte e a noroeste da região, no limite com o estado de Minas Gerais. Apresenta como litologias predominantes migmatitos homogêneos com granitóides e charnoquitos subordinados. Apresenta forma denudacionais de relevo com topos aguçados e grau de entalhamento dos vales variando de fraco a médio (< 80m), alcançam altitudes superiores a 900m. Os solos predominates constituem de latossolo vermelho amarelo distróficos, argissolo vermelho amarelo alumínico e distrófico.

4.1.1.2 Unidade Geoambiental MII

Localizada na porção oeste da região, é constituída essencialmente por migmatitos e biotita granitos, ocorrendo localmente hornblenda gnaisses, anfíbolitos, quartzitos e biotita xistos. Seu relevo apresenta formas denudacionais com topos aguçados e convexos, e grau

de entalhamento dos vales fraco ($< 20\text{m}$) com altitudes superiores a 900m . Os solos são representados por latossolo vermelho amarelo eutrófico e distrófico, e argissolo vermelho amarelo distrófico.

4.1.1.3 Unidade Geoambiental MIII

Esta unidade é a mais representativa da região, pois ocupa a maior parte da serra da Mantiqueira, é representada litologicamente por mica-quartzo xistos, xistos feldspáticos, gnaisses, gnaisses migmatizados e milonitizados e gnaisses bandados. O relevo apresenta formas denudacionais com topos aguçados e convexos, e grau de entalhamento que varia desde fraco até muito forte ($> 160\text{m}$). Os solos são representados por latossolo vermelho amarelo eutrófico e distrófico, argissolo vermelho amarelo aluminico, cambissolo háplico e aluminico. A figura 4.4 mostra uma visão geral entre os limites das regiões Serra da Mantiqueira e do Vale do Paraíba.



Figura 4.4 – Visão Geral dos limites entre as regiões Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira (ao fundo), visada 40°az , estrada Taubaté-Campos do Jordão.

4.1.1.4 Unidade Geoambiental MIV

Ocorre em duas áreas, uma a norte e outra a sudoeste, são representada essencialmente por migmatitos. O relevo apresenta forma denudacionais com grau de entalhamento médio (40-80m) e topos aguçados. Os solos são representados por latossolos vermelho amarelo eutrófico e distrófico, e por cambissolos háplicos.

4.1.1.5 Unidade Geoambiental MV

Localizada em duas pequenas regiões a norte da área, é caracterizada por metaconglomerados, metarenitos e metassiltitos. As formas de relevo são denudacionais, com grau de entalhamento variando de fraco a médio (20-80m) e topos aguçados. Os solos correspondentes a essa unidade são Cambissolo háplico e cambissolo háplico e alumínico.

4.1.2 Região Vale do Paraíba (RP)

A região Vale do Paraíba localiza-se na parte central da área de estudo, em uma faixa estreita e alongada na direção NE. Trata-se de uma bacia terciária em meio a regiões cristalinas. Limitada a sul pela região da Serra do Mar e a norte pela região Serra da Mantiqueira, é constituída por rochas sedimentares de origem lacustre e fluvial (Mezzalira, 1962) e sedimentos relacionados a Planície Fluvial do Rio Paraíba do Sul, formada por depósitos alúvio-fluviais recentes.

Nesta região ocorrem duas Unidades Geoambientais, representadas pela letra P, descritas a seguir.

4.1.2.1 Unidade Geoambiental PI

Representa a maior parte desta região. Limita-se com a unidade MIII, a oeste, e MrI e MrII a leste. Predominam sedimentos flúvio-lacustre, argilitos, folhelhos arenitos e conglomerados. Apresenta relevos com formas denudacionais com topos aguçados e tabulares, e formas de acumulação de origem fluvial. O grau de entalhamento dos vales varia de fraco a muito fraco (< 40m). Ocorrem os solos do tipo latossolo amarelo eutrófico e álico, latossolo vermelho amarelo distrófico e alumínico, e cambissolo háplico.

4.1.2.2 Unidade Geoambiental PII

Ocorre bordejando o rio Paraíba do Sul, sendo caracterizado por argilitos e arenitos. Ocorrem como formas de relevo de acumulação e denudacional, sendo o relevo de acumulação ligado a deposição de sedimentos do rio Paraíba do Sul. Quanto ao grau de entalhamento dos vales, este apresenta-se muito fraco (< 20m). Os solos característicos são representados por espodossolos e latossolos amarelo eutrófico.

4.1.3 Região Serra do Mar (RMr)

A região Serra do Mar é representada pela maior parte da área estudada, ocupa quase a metade da área, na porção sul-sudeste e centro-leste da imagem. É constituída por litologias variadas, representadas principalmente por migmatitos, gnaisses, granitos gnaisses, charnoquitos, ectinitos, xistos e rochas granitóides. Predominam as altimetrias entre 700 e 1.000m.

Nesta região foram identificadas 5 Unidades Geoambientais, representadas pela letra Mr, descritas a seguir.

4.1.3.1 Unidade Geoambiental MrI

Esta unidade ocorre em uma faixa de direção NE, sendo seus limites, a noroeste, com as Unidades Geoambientais PI e PII, e ao restante da área com a Unidade Geoambiental Mr II, onde na porção norte engloba totalmente a unidade MrII. Litologicamente, predominam biotita gnaisses com granada e biotita granitos, ocorrendo localmente quartzo xistos, calcossilicatadas e anfíbolitos. As formas de relevo são denudacionais com grau de entalhamento fraco a médio (20-80m) e topos aguçados e convexos. Os solos constituintes dessa região são latossolo vermelho amarelo eutrófico, argissolo vermelho amarelo alumínico e distróficos.

4.1.3.2 Unidade Geoambiental MrII

A unidade MrII ocorre em duas áreas, sendo que a norte é totalmente englobada pela unidade MrI, e a sul seus limites se dão com as unidades PI, a oeste, MrIII a leste e

MrI a nordeste. Constituem-se, litologicamente, de biotita granitos gnáísicos, biotita gnaisses e biotita gnaisses granitóides. As formas de relevo são denudacionais com topos aguçados e convexos, e apresentam grau de entalhamento do relevo variando de fraco a forte (20-160m). Os solos são representados por latossolo vermelho amarelo eutrófico, argissolo vermelho amarelo alumínico e distrófico. A figura 4.5 visualiza parte da fisiografia desta unidade.



Figura 4.5 – Aspectos fisográficos da unidade MrII, serra do Quebra-Cangalha (visada para N75°E).

4.1.3.3 Unidade Geoambiental MrIII

Localizado na parte central da região, apresenta-se sob forma alongada e direção NE. Faz limites com as unidades MrII e MrIV. São constituídas de rochas granitóides migmatíticas, rochas ectiníticas siltico-argilosa e granitóides. Suas formas de relevo são denudacionais com topos aguçados e convexos e apresenta grau de entalhamento dos vales variando de fraco a forte (20-160m). Os solos predominantes são argissolo vermelho amarelo alumínico e distrófico, e cambissolos háplicos. A figura 4.6 mostra parte da fisiografia desta unidade.



Foto 4.6 – Afloramentos de rochas graníticas, notar ao fundo o desnível do relevo (estrada Taubaté-Ubatuba km 52, visada N50W).

4.1.3.4 Unidade Geoambiental MrIV

Esta unidade é delimitada a leste pela unidade MrV e a oeste pela unidade MrIII. Predominam rochas gnáissicas com intercalação de quartzitos, micaxistos, quartzitos feldspáticos, calcossilicatadas e matabasitos. Seu relevo apresenta formas denudacionais com topos aguçados e convexos, e grau de entalhamento dos vales variando de fraco a médio (20-80m). os solos são representados por latossolo vermelho amarelo eutrófico e por cambissolo háplicos.

4.1.3.5 Unidade Geoambiental MrV

Ocorre na extremidade SE, limitando-se a oeste com a unidade MrIV e a leste pela região litorânea. Seus tipos litológicos predominantes são migmatitos, biotita granitos gnáissicos e charnoquitos. Apresenta formas de relevo de denudacionais com topos

convexos e grau de entalhamento dos vales, variando desde fraco até muito forte (> 160m). Os solos desta unidade são representados por espodossolos.

4.1.4 Região Litorânea (RL)

A região Litorânea ocorre em uma pequena porção a sudeste da área de estudo nas proximidades da cidade de Ubatuba. É representada por apenas uma Unidade Geoambiental.

4.1.4.1 Unidade Geoambiental LI

Ocorre em uma pequena porção da área, no extremo sudeste, ao pé da serra do Mar. É representada por sedimentos fluvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue. A sua geomorfologia é representada por forma de acumulação marinha.

4.2 MAPA DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS E CURVAS DE ISOVALORES DE FREQUÊNCIA E DE CRUZAMENTOS DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS

Os lineamentos estruturais, como definidos no item 3.2.8, podem representar falhamentos, discordâncias estruturais e/ou descontinuidade geológicas. São feições da superfície terrestre que refletem superfícies descontínuas de subsuperfície e evidenciam, de certa forma, o grau de deformação de uma certa região.

A região Vale do Paraíba, pertence a uma área da plataforma sulamericana que registra uma intensa deformação ao longo do tempo geológico, a qual remonta desde o Arqueano, e que posteriormente foram reativadas. Esta intensa deformação é observada nas regiões das Serras da Mantiqueira e do Mar, o que difere das regiões Vale do Paraíba e Litorânea. (mais jovens).

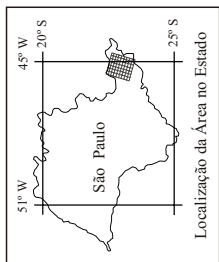
O mapa de lineamentos estruturais (Fig. 4.7) para a região de estudo, mostra uma grande quantidade de lineamentos em direções variadas, predominando na Serra da Mantiqueira e na Região Serra do Mar, onde fez-se um estudo estatístico para definir sua distribuição espacial através de curvas de isovalores para frequência e para os cruzamentos dos lineamentos estruturais.

As curvas de isovalores de frequência de lineamentos estruturais, elaborada com o auxílio do *software* Surfer 6.0, método de interpolação *krigeagem*, estão representadas na Figura 4.8, onde aparecem interpoladas em intervalos de 5 em 5, sendo que o valor máximo obtido (53) foi observado somente na região da Serra da Mantiqueira.

A análise das curvas de isovalores de frequência de lineamentos estruturais permitiu visualizar a regionalização da frequência dos lineamentos e estabelecer limites que possam caracterizar regiões com alta frequência de lineamentos Estruturais. Isso implica em anomalias regionais evidenciando um alto grau de deformação, ou seja, áreas intensamente fraturadas, com grande susceptibilidade a meteorização.

A seleção dos limites das curvas de isovalores para caracterizar alta frequência de lineamentos estruturais, levou em consideração sua distribuição regional, permitindo minimizar os valores das curvas, para que possam representar as áreas de alta frequência. Devido à região Serra da Mantiqueira apresentar valores superiores, comparados com a região da Serra do Mar, foi estabelecido para a mesma o valor 40, e para a região da Serra do Mar limitou-se a curva de valor 35.

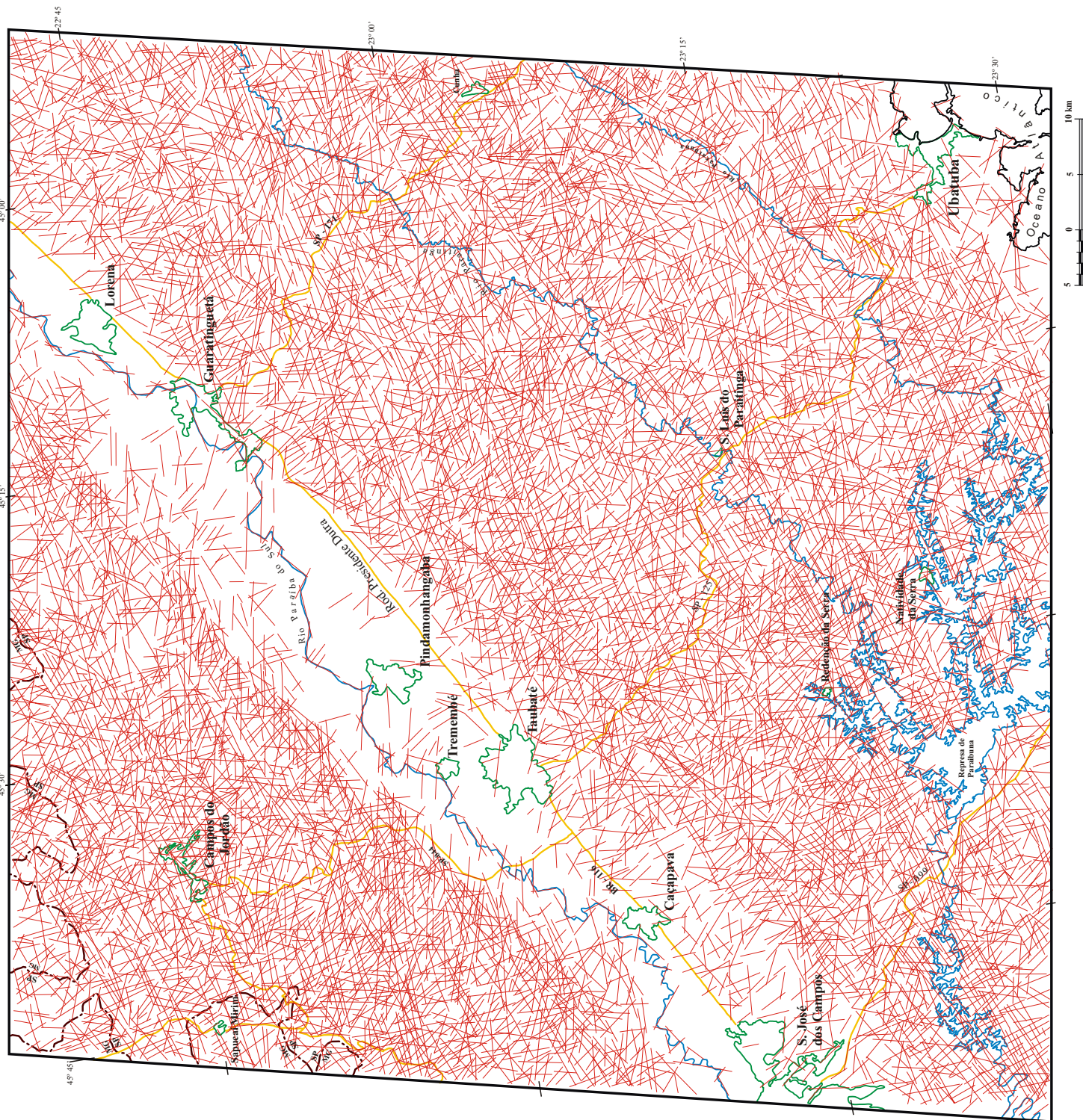
Mapa de Lineamentos Estruturais



CONVENÇÕES

-  Lineamentos Estruturais
-  Drenagem
-  Represa
-  Limite Estadual
-  Rodovia
-  Cidade

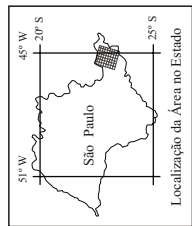
O Mapa de Lineamentos Estruturais foi elaborado a partir da interpretação em imagem de satélite TM/Landsat - 5, banda 4 na escala de 1:100.000, reprodução fotográfica orbita-ponto-quadrante 218.076-W, passagem 17 de julho de 1987.



Autor: Antonio Pina Crisóstomo Neto

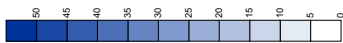
Fig. 4.7 - Mapa de Lineamentos Estruturais.

Mapa de Curvas de Isovalores de Freqüências de Lineamentos Estruturais

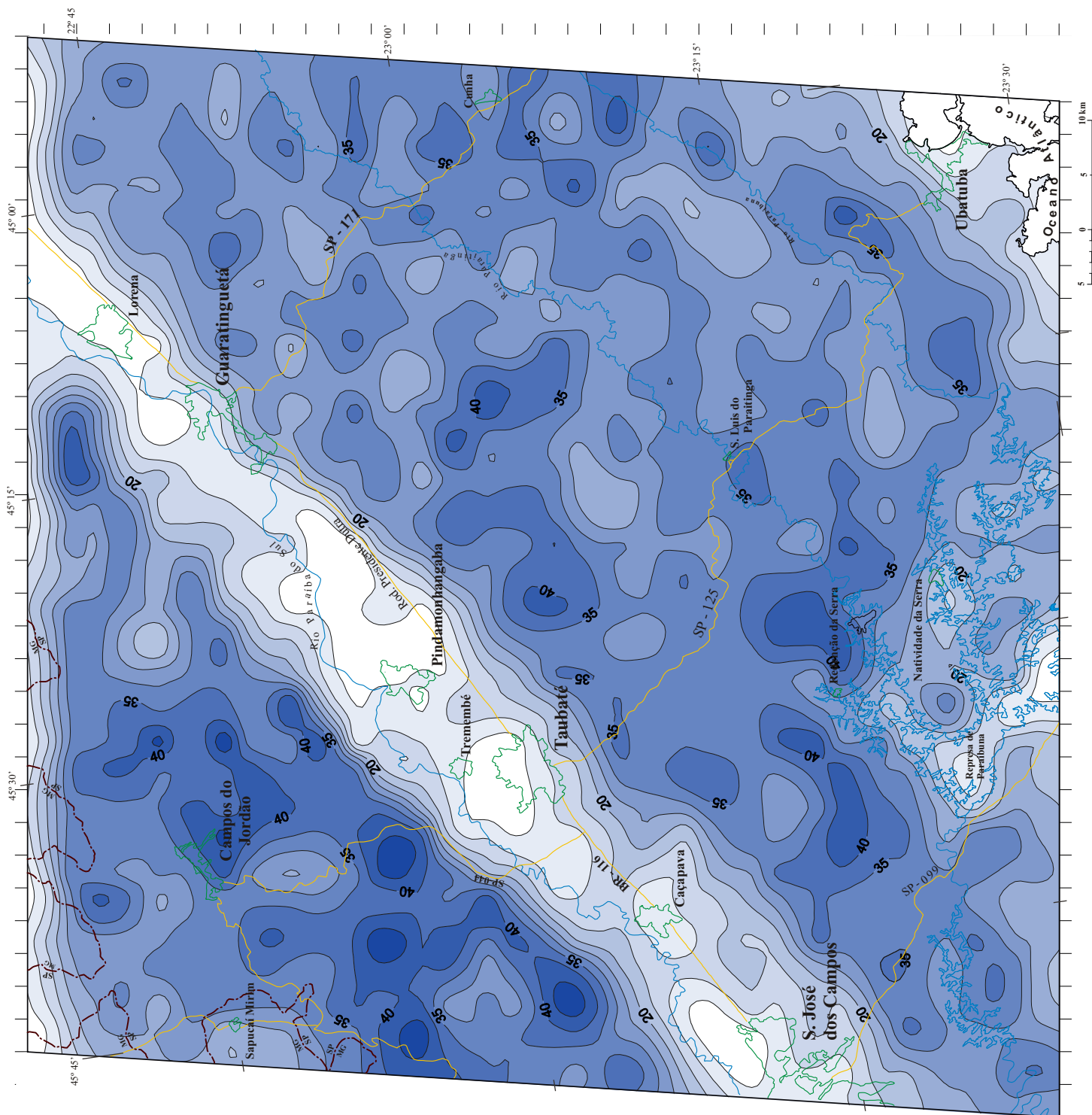


CONVENÇÕES

- Curvas de isovalores de cruzamentos de lineamentos estruturais
- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade



Escala de cores dos valores de cruzamentos de lineamentos estruturais



O Mapa de curvas de isovalores de freqüência de Lineamentos Estruturais foi elaborado utilizando o software Surfer 6.0, a partir dos dados de lineamentos estruturais interpretados em imagem de satélite TM Landsat-5, banda 4, na escala 1:100.000. Reprodução fotográfica orbital-ponto-quadrante 218/076-W, passagem 17 de julho de 1987.

Autor: Antonio Pina Crisóstomo Neto

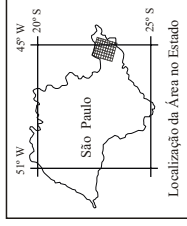
Fig. 4.8 - Mapa de Curvas de Isovalores de Freqüência de Lineamentos Estruturais.

As curvas de isovalores de cruzamentos de lineamentos estruturais, elaborada também com o auxílio do *software* Surfer 6.0, método de interpolação *krigeagem*, estão representadas na Figura 4.9, interpoladas em intervalos de 5 em 5, sendo que o valor máximo obtido (71), observado na região da Serra da Mantiqueira.

As concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais, mostram para a região da Serra da Mantiqueira valores superiores em relação à região Serra do Mar. Os valores definidos nas curvas de isovalores para caracterizar altas concentrações de lineamentos estruturais, foram 45 para a Serra da Mantiqueira e 35 para a região Serra do Mar (Fig. 4.9).

A análise das curvas de isovalores dos cruzamentos de lineamentos estruturais permite visualizar áreas que ocorrem altas concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais, ou seja, implica em regiões altamente tectonizadas, e sob o ponto de vista de estabilidade, representam áreas fragilizadas frente aos processos meteóricos.

Mapa de Curvas de Isovalores de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais

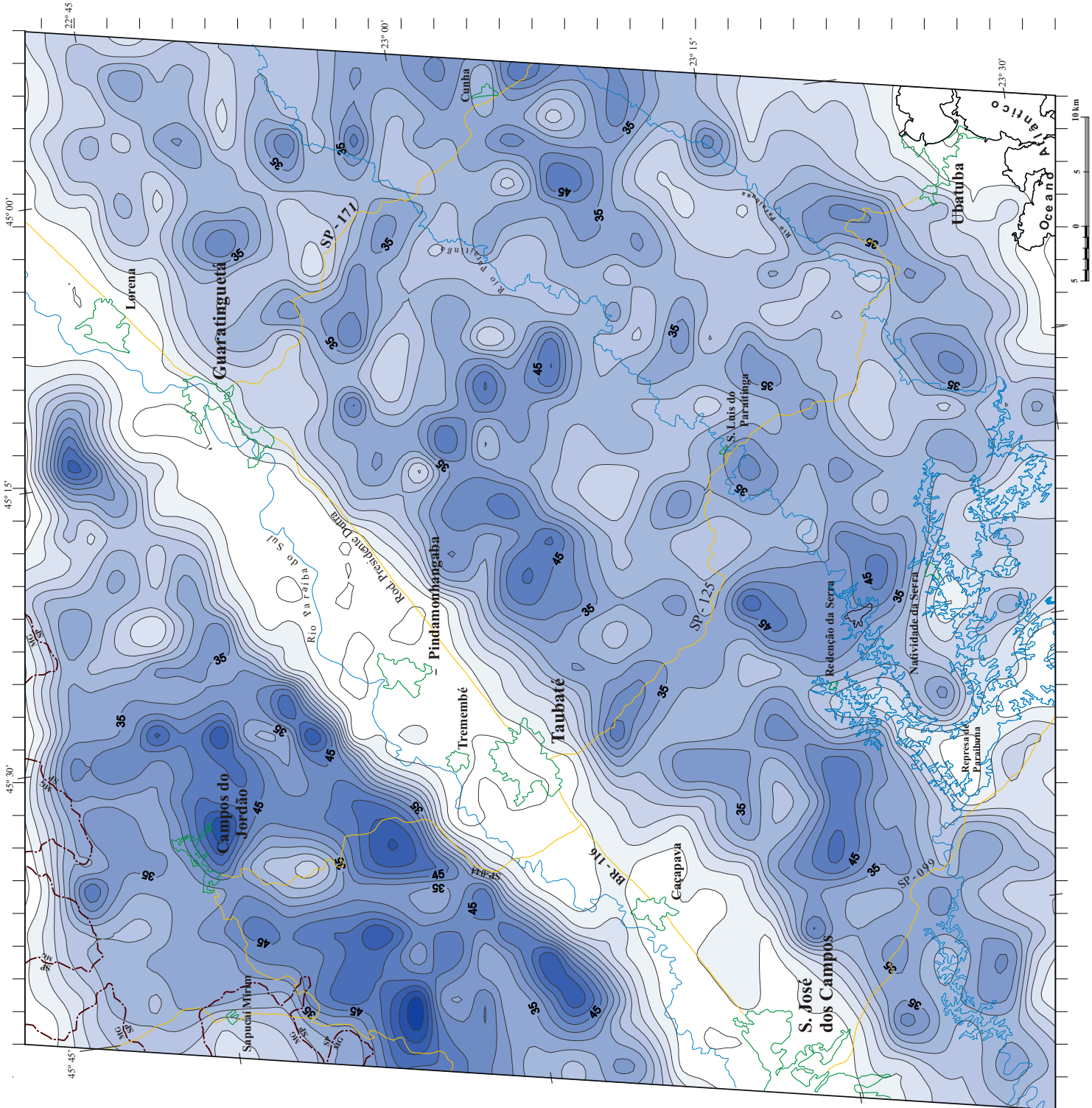


CONVENÇÕES

- Curvas de isovalores de cruzamentos de lineamentos estruturais
- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade



Escala de cores das concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais



O Mapa de curvas de isovalores de cruzamentos de Lineamentos Estruturais foi elaborado utilizando o software Surfer 6.0, a partir dos dados de lineamentos estruturais interpretados em imagem de satélite TM/Landsat-5, banda 4, na escala 1:100.000. Reprodução do gráfico na orientação quadrante 218/076-W, passagem 17 de julho de 1987.

Autor: Antonio Pina Crisóstomo Neto

Fig. 4 - Mapa de Curvas de Isovalores de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais.

4.3 Mapa de traços de zonas de Juntas e Derivados

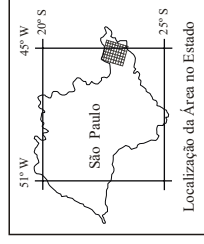
Do resultado da fotointerpretação das lineações de drenagem em imagem TM/Landsat-5, foram extraídas as feições lineares que apresentavam tamanhos entre 2 e 7mm, interpretadas como traços de zonas de juntas (Fig. 4.10). Sobre os traços de zonas de juntas foi feita uma filtragem das duas direções predominantes, correspondendo ao máximo 1 (direção preferencial) e o máximo 2 (segunda direção preferencial) das zonas de juntas (Fig. 4.11).

A filtragem dos traços de zonas de juntas em máximos 1 e 2, servem para verificar áreas onde o comportamento das direções principais variam, caracterizando regiões de variação de direção de máximos 1 e 2 (Fig. 4.11).

A região de estudo mostra uma tendência regional de direção de máximos 1 e 2, tanto na região da Serra da Mantiqueira, quanto na região Serra do Mar, sendo que o máximo 1, apresenta uma forte estruturação na direção NW, e o máximo 2 predominando na direção E-NE.

As regiões de variação de direção de máximos 1 e 2 evidenciam uma variação no campo de tensão da deformação, através da mudança direcional no eixo de maior tensão (σ_1), indicando ser potencialmente uma região intensamente fraturada e possivelmente com maior probabilidade de percolação de fluidos, e conseqüentemente é caracterizada por um elevado grau de instabilidade.

Mapa de Traços de Zonas de Juntas



CONVENÇÕES

- Traços de Juntas
- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade

O Mapa de traços de Juntas foi elaborado a partir da interpretação em imagem de satélite TM/Landsat - 5, banda 4 na escala de 1:100.000, reprodução fotográfica orbital-ponto-quadrante 218/076-W, passagem 17 de julho de 1987.

Autor: Antonio Pina Crisóstomo Neto

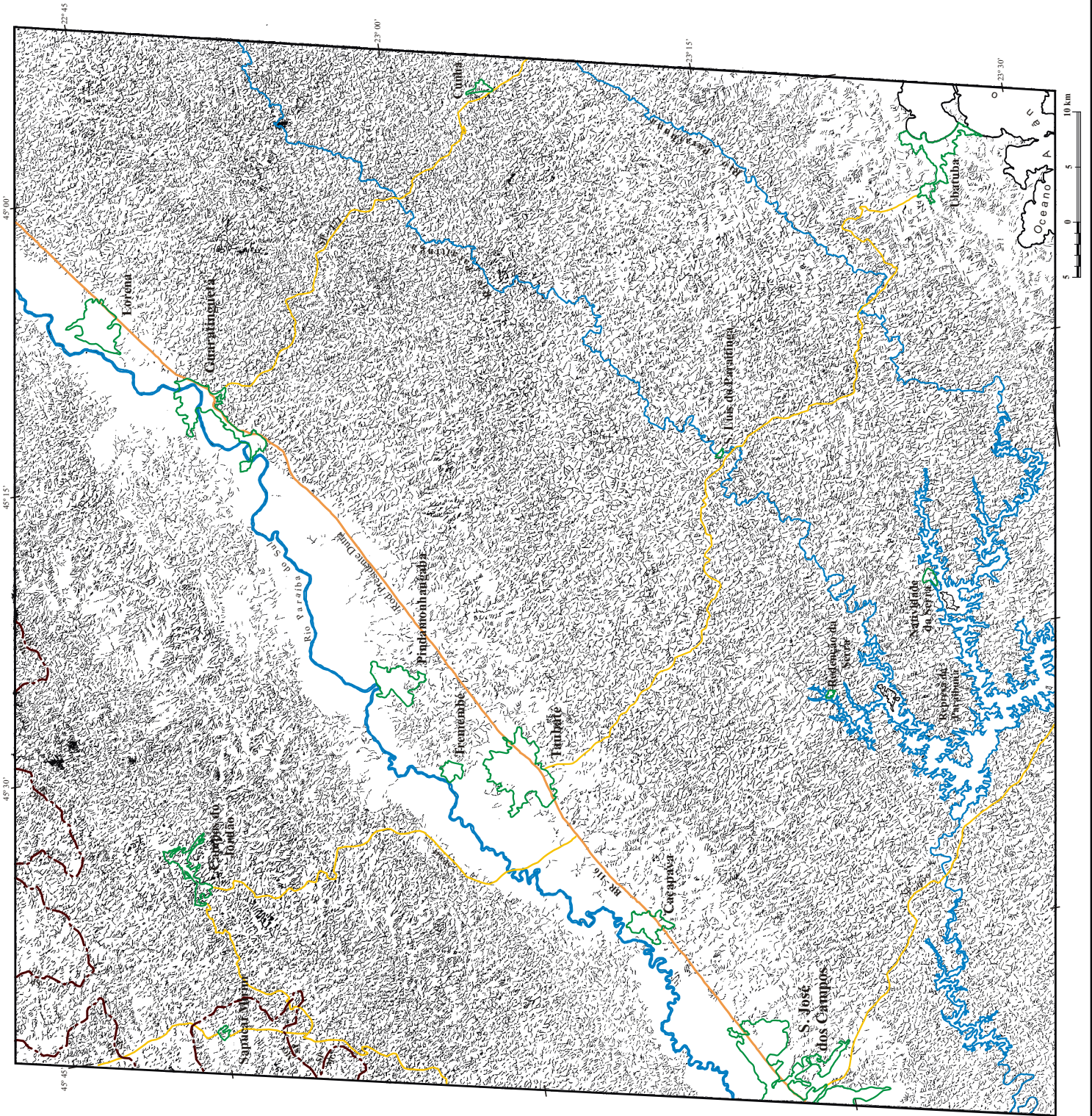
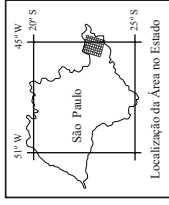


Fig. 4.10 - Mapa de Traços de Zonas de Juntas.

Mapa de Máximos 1 e 2 e Regiões de Variação de Direção de Máximos



CONVENÇÕES

- Máximo 1
- Máximo 2
- Região de variação de direção de máximos
- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade

Mapa elaborado a partir da filtragem dos traços de direção para a escala de 1:100.000, a partir do mapa de máximos de direção, produzido fotograficamente em quadante 218076-W, passagem 17 de julho de 1987.

Autor: Antônio Pina Crisóstomo Neto

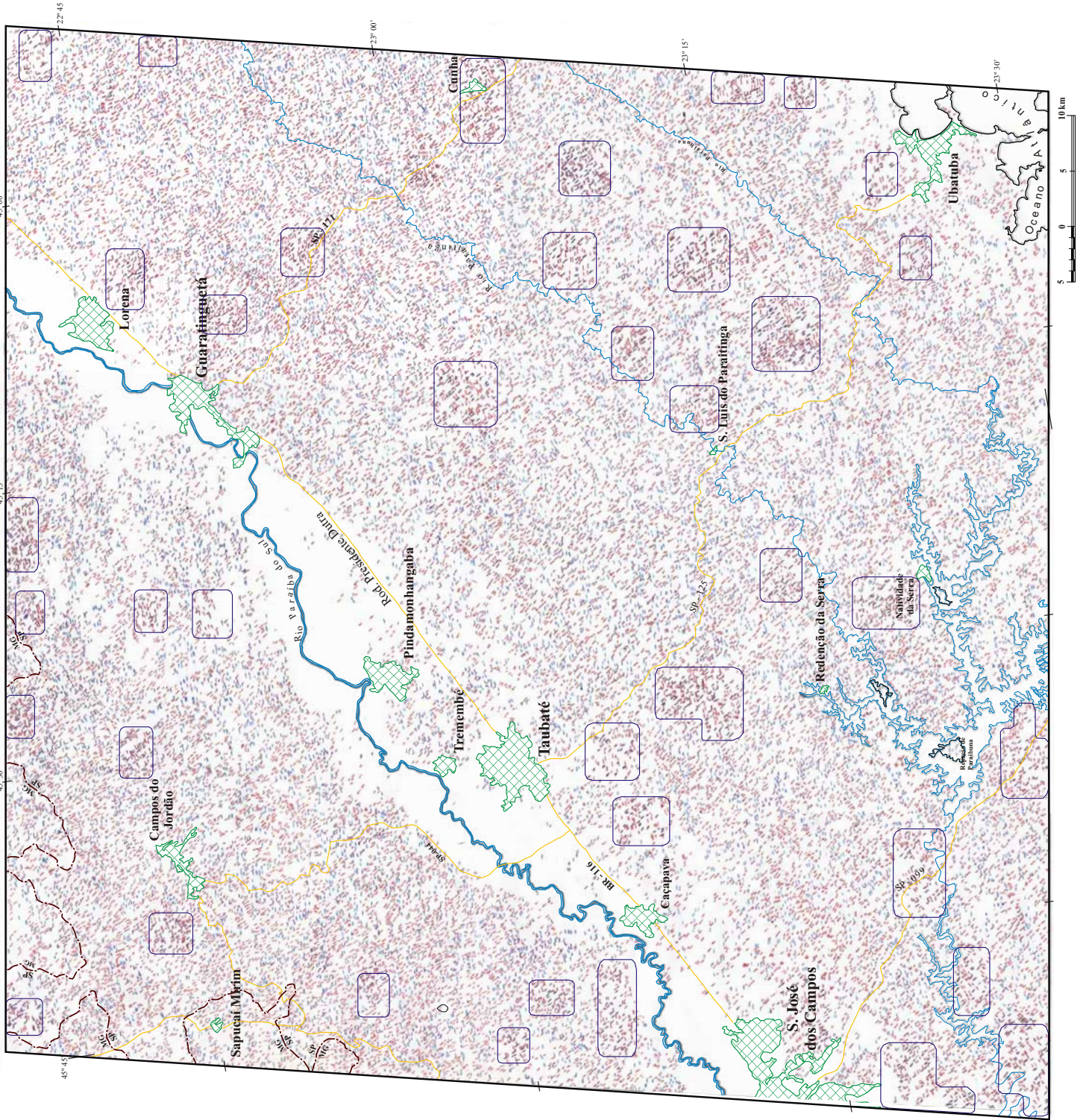


Fig. 4.11 - Mapa de Máximos 1 e 2 e Regiões de Variação de Máximos.

4.4 Mapa de Unidades Geoambientais e Isovalores de Frequência de Lineamentos Estruturais

Dos resultados obtidos através das curvas de isovalores de frequência de lineamentos estruturais, fez-se a superposição dos dados das curvas que representam alta frequência de lineamentos estruturais com as unidades geoambientais.

O Mapa de Unidades Geoambientais somados com as regiões de alta frequência de lineamentos estruturais permite identificar a distribuição das concentrações das estruturas ao longo das unidades (Fig. 4.12), possibilitando delimitar áreas mais intensamente fraturadas em relação as áreas adjacentes.

As duas regiões que apresentam altas concentrações de frequência de lineamentos estruturais, ou seja, mais fortemente estruturadas, correspondem as regiões Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, não se destacando nas regiões Vale do Paraíba e Litorânea.

Na região da Serra da Mantiqueira as regiões de alta frequência de lineamentos estruturais estão mais representativas na Unidade Geoambiental MIII, ocorrendo na porção a sul da cidade de Campos do Jordão a na porção SW da Serra da Mantiqueira, englobando a parte sul da Unidade Geoambiental MII. Ocorrem ainda pequenas áreas próximas aos limites com a região Vale do Paraíba. As Unidades Geoambientais MI e MIV são as que, sob o ponto do alto grau de fraturamentos, não representam alto grau de instabilidade.

Na região Serra do Mar, observa-se que a Unidade Geoambiental MrII apresenta as maiores ocorrências de áreas mais fraturadas, como observado nas cidade de Redenção da Serra e sudeste da cidade de Pindamonhangaba. A Unidade Geoambiental MrV é a que apresenta menores ocorrências de áreas instáveis, observado apenas a NNW da cidade de Ubatuba nos limites com a Unidade Geoambiental MrV.

Mapa de Unidades Geoambientais e Isovalores de Frequência de Lineamentos Estruturais

LEGENDA

Região serra da Mantiqueira (M)

migmatitos homogêneos com granitoides e charmoquitos subordinados; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (< 80m)

migmatitos e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (< 20m)

xistos e gnaisses; latossolos, argissolos e cambissolos entalhamento dos vales (< 160m)

migmatitos; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)

metaconglomerados, metarenitos e metassiltitos; cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)

Região vale do Paraíba (P)

sedimentos flúvio-lacustre, argilitos, folhelhos, arenitos e conglomerados; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (< 40m)

argilitos e arenitos; espodosolos e latossolos; entalhamento dos vales (< 20m)

Região serra do Mar (Mr)

biotita gnaisses e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (20-80m)

biotita granitos gnaissicos, latossolos e cambissolos, entalhamento dos vales (20-160m)

granitoides migmatíticos e rochas ecimíticas sílico-argilosas, argissolos e cambissolos, entalhamento dos vales (20-160m)

rochas gnaissicas; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-80m)

migmatitos, biotita granitos gnaissicos e charmoquitos; espodosolos; entalhamento dos vales (> 160m)

Região Litorânea (L)

sedimentos flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue

CONVENÇÕES

Alta frequência de lineamentos estruturais

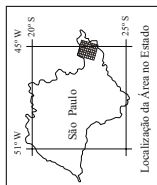
Drenagem

Represa

Limite Estadual

Rodovia

Cidade



Mapa elaborado através da superposição das Unidades Geoambientais com as curvas de isovalores de frequência de lineamentos estruturais, obtidas com o auxílio do software Surfer 6.0.

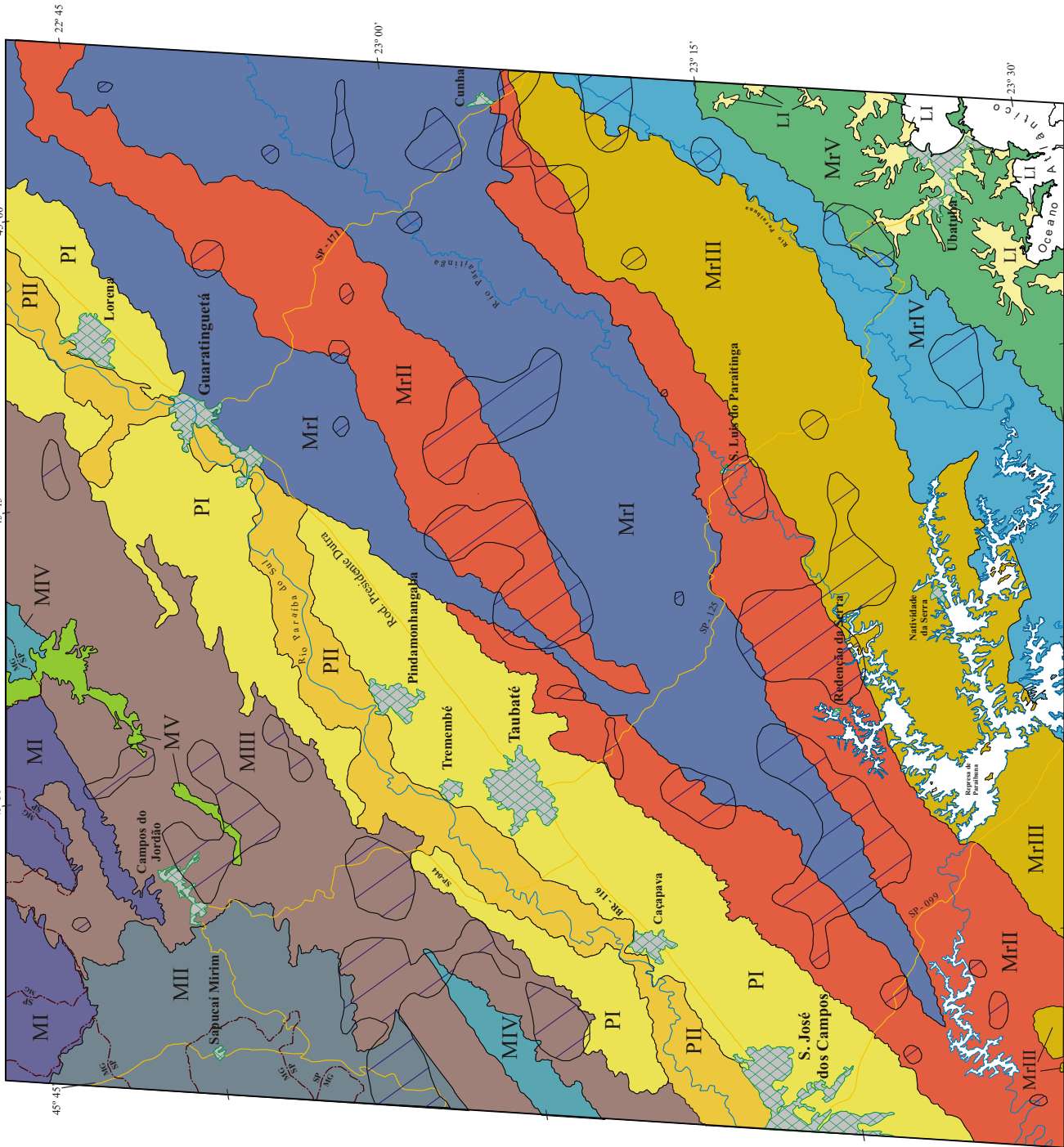


Fig. 4.12 - Mapa de Unidades Geoambientais e Isovalores de Frequência de Lineamentos Estruturais.

4.5 MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS E ISOVALORES DE CRUZAMENTOS DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIIS

Através dos resultados obtidos das curvas de isovalores de cruzamentos de lineamentos estruturais, para caracterizar regiões com altas concentrações desses cruzamentos, superpôs-se os dados obtido com as unidades geoambientais.

O Mapa de Unidades Geoambientais somados com as regiões de alta concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais, permite identificar a distribuição dos cruzamentos das estruturas (lineamentos estruturais) ao longo das unidades (Fig. 4.13), possibilitando delimitar áreas mais tectonizadas e, conseqüentemente, intensamente fraturadas em relação as áreas adjacentes.

As regiões que apresentam altas concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais foram observadas somente nas regiões da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar, não se destacando nas regiões Bacia de Taubaté e Costeira.

Na região da Serra da Mantiqueira as regiões com altas concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais estão mais representativas na Unidade Geoambiental MIII, ocorrendo na porção à sudeste da cidade de Campos do Jordão, englobando totalmente a Unidade Geoambiental MV, e a na porção SW da Serra da Mantiqueira, a parte sul da Unidade Geoambiental MII. Ocorrem ainda áreas representativas próximas aos limites com a região da Vale do Paraíba, a norte das cidades de Caçapava e Tremembé.

As unidades geoambientais MI e MIV são as que, sob o ponto de altas concentrações de lineamentos estruturais, não apresentam alto grau de instabilidade perante as áreas adjacentes.

Na região da serra da Serra do Mar, observa-se na Unidade Geoambiental MrII uma maior representatividade das ocorrências de áreas mais fraturadas, como observado nas cidade de Redenção da Serra e sudeste das cidades de Pindamonhangaba e São José dos Campos. A Unidade Geoambiental MrV é a que apresenta menores ocorrências de áreas intensamente tectonizadas, observado apenas a NNW da cidade de Ubatuba nos limites com as unidade MrIV e LI.

Mapa de Unidades Geoambientais e Isovalores de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais

LEGENDA

Região serra da Mantiqueira (M)

migmatitos homogêneos com granitídeos e charmoquitos subordinados; latossolos e argilossolos; entalhamento dos vales (<80m)

migmatitos e biotite granitos; latossolos e argilossolos; entalhamento dos vales (<20m)

xistos e gnaisses; latossolos, argilossolos e cambissolos entalhamento dos vales (<160m)

migmatitos; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)

metaconglomerados, metarenitos e metassiltitos; cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)

Região vale do Paraíba (P)

sedimentos flúvio-lacustre, argilitos, fôlhelhos, arenitos e conglomerados; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (<40m)

argilitos e arenitos; espodossolos e latossolos; entalhamento dos vales (<20m)

Região serra do Mar (Mr)

biotite gnaisses e biotite granitos; latossolos e argilossolos; entalhamento dos vales (20-80m)

biotite granitos gnaissicos, latossolos e cambissolos, entalhamento dos vales (20-160m)

granitídeos migmatíticos e rochas ecimíticas siltito-argilosa; argilossolos e cambissolos, entalhamento dos vales (20-160m)

rochas gnaissicas; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-80m)

migmatitos, biotite granitos gnaissicos e charmoquitos; espodossolos; entalhamento dos vales (>160m)

Região Litorânea (L)

sedimentos flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue

CONVENÇÕES

alta concentração de cruzamentos de lineamentos estruturais

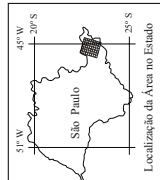
Drenagem

Represa

Limite Estadual

Rodovia

Cidade



Mapa elaborado através da superposição das Unidades Geoambientais com as curvas de isovalores de cruzamentos de lineamentos estruturais, obtidas com o auxílio do software Surfer 60.

Autor: Antonio Pina Crisóstomo Neto

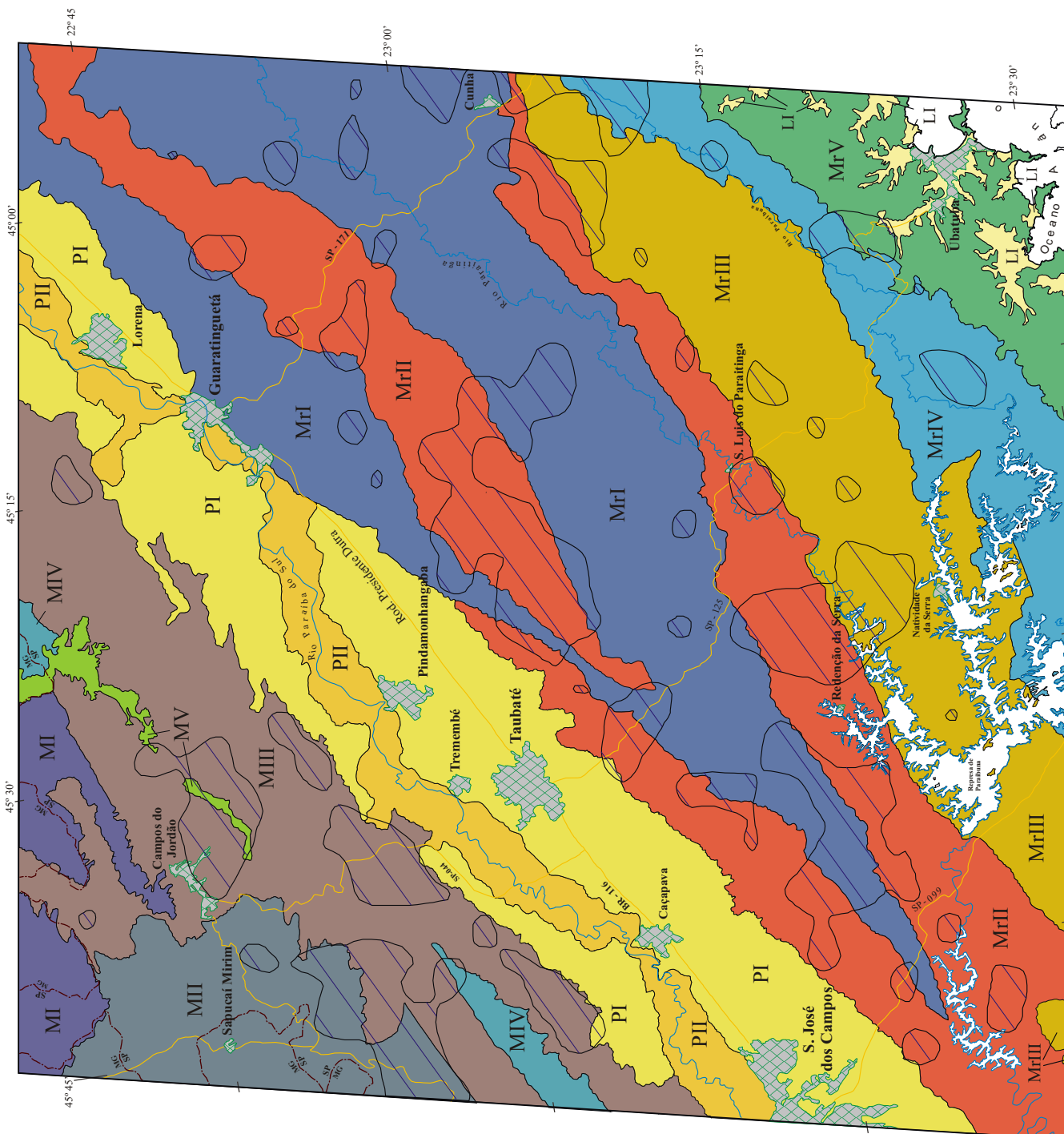


Fig. 4.13 - Mapa de Unidades Geoambientais e Isovalores de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais.

4.6 MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS E REGIÕES DE VARIAÇÃO DE MÁXIMOS 1 E 2

O Mapa de Unidades Geoambientais somado com as regiões de variação de direção de máximos 1 e 2 (Fig. 4.14), mostra a distribuição dessas regiões ao longo da área de estudo. Verifica-se que as regiões de variação de direção de máximos 1 e 2 ocorrem nas quatro regiões da área de estudo.

Na região Serra da Mantiqueira ocorre em quase toda sua extensão, não observando na sua parte central (MII) e na unidade MV.

Na região Vale do Paraíba, essas regiões mais fraturadas ocorrem somente na Unidade Geoambiental PI, não verificando na Unidade Geoambiental PII, sendo observadas com mais frequência nos limites com as regiões Serra da Mantiqueira e Serra do Mar.

Na região Serra do Mar, várias áreas ocorrem ao longo de suas unidades, sendo que na Unidade Geoambiental MrIV não se verificou a presença de variações de direção de máximos.

Na região Litorânea verifica-se a ocorrência dessas regiões mais fraturadas em três áreas, localizadas a norte e nordeste da cidade de Ubatuba.

Mapa de Unidades Geoambientais e Região de Variação de Direção de Máximos 1 e 2

LEGENDA

Região serra da Mantiqueira (M)

- migmatitos homogêneos e granatídeos e charnoquitos subordinados; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (<80m)
- migmatitos e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (<20m)
- xistos e gnaisses; latossolos, argissolos e cambissolos entalhamento dos vales (< 50m)
- migmatitos; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)
- metaconglomerados, metarenitos e metassiltitos; ambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)

Região vale do Paraíba (P)

- sedimentos flúvio-lacustre, argilitos, folhelhos, arenitos e conglomerados; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (<40m)
- argilitos e arenitos sepiolíticos e argilitos; entalhamento dos vales (<20m)

Região serra do Mar (Mr)

- biotita gnaisses e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (20-80m)
- biotita granitos gnaissicos, latossolos e cambissolos, entalhamento dos vales (20-160m)
- granitídeos migmatíticos e rochas ecritônicas sílico-argilosa; argissolos e cambissolos, entalhamento dos vales (20-80m)
- rochas gnaissicas; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-80m)
- migmatitos, biotita granitos gnaissicos e charnoquitos; espodosolos; entalhamento dos vales (>160m)

Região Litorânea (L)

- sedimentos flúvio-marinho-lacustre e depósitos e argues de mar

CONVENÇÕES

- Regiões de variação de direção de máximos 1 e 2
- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade

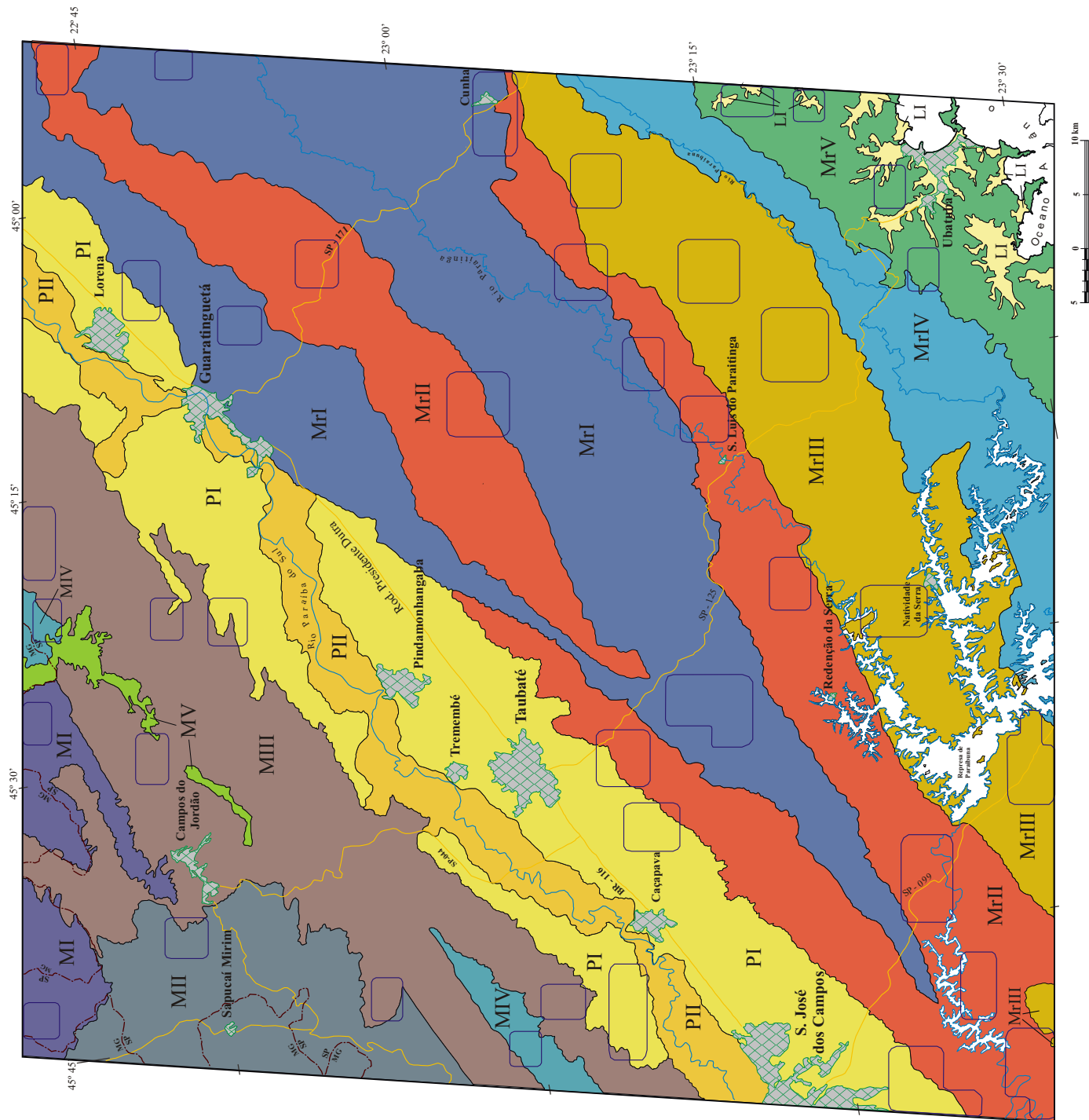
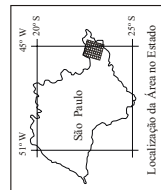


Fig. 4.14 - Mapa de Unidades Geoambientais e Região de Variação de Máximos 1 e 2.

4.7 MAPA GEOAMBIENTAL.

O Mapa Geoambiental (Fig. 4.15) é o resultado da compartimentação do meio físico, através de uma base geológica pré-estabelecida (limites litológicos), em Unidades Geoambientais, integradas com algumas informações de solos e relevo.

Para caracterizar as Unidades Geoambientais, foram atribuídas áreas que representam alto grau de ruptibilidade, sendo que para a determinação dessas áreas mais fraturadas, os fatores analisados foram a frequência de lineamentos estruturais, os cruzamentos dos lineamentos estruturais e as variações de direção de máximos 1 e 2.

Do exposto acima, os elementos analisados do meio físico estão relacionados às fraturas (juntas e falhas), representadas nas imagens de satélite pelos traços de zonas de juntas e lineamentos estruturais, as quais são de fundamental importância para identificar áreas que apresentem elevado grau de ruptibilidade (fraturamento). Isto implica em maior permeabilidade das rochas (maior percolação de fluidos) e conseqüentemente maior alterabilidade e erodibilidade de maciços rochosos, constituindo-se assim em regiões bastante instáveis frente aos processos de meteorização de solos e rochas.

As regiões de alta frequência de lineamentos estruturais, alta concentração de lineamentos estruturais e variações de direção de máximos 1 e 2, por si só, já caracterizam o meio físico quanto ao grau de fraturamento da região. Quando estes parâmetros aparecem sobrepostos em uma dada região, indicam áreas mais tectonizadas (mais rompidas) e por conseguinte, caracterizam ainda mais o grau de instabilidade da região.

Na região do vale do rio Paraíba do Sul as áreas que apresentam um dos fatores analisados devem merecer destaque, pois verifica-se que elas apresentam comportamento diferenciado em relação as áreas adjacentes. Quando há o cruzamento dos três parâmetros analisados (alta concentração de cruzamentos e frequência de lineamentos estruturais, e regiões de variação de direção de máximos 1 e 2), o destaque deve ser ainda maior, pois trata-se de áreas que apresentam um maior grau de fraturamento.

Na região Serra da Mantiqueira ocorrem duas áreas bastante fraturadas, uma a sul da cidade de Sapucaí Mirim entre os limites das unidades MII e MIII e a outra na porção SE da unidade MIII.

A região Serra do Mar apresenta algumas áreas de maior instabilidade, sendo na Unidade Geoambiental MrII as maiores evidências. Ocorre a sul da cidade de Taubaté, a

nordeste da cidade de Redenção da Serra, nas proximidades a sul de Cunha, na porção SW da própria unidade e na porção central da região Serra do Mar nos limites entre as unidades MrII e MrI.

Na Unidade Geoambiental MrIII, aparecem duas áreas bastante fraturadas localizadas uma norte da cidade Natividade da Serra e a outra na porção NE da própria unidade.

Nas regiões Vale do Paraíba e Litorânea, observou-se apenas áreas que apresentavam variação de direção de máximos 1 e 2., caracterizando maior permeabilidade para estas regiões.

Mapa Geoambiental para a região do alto-médio Paraíba do Sul

LEGENDA

Região serra da Mantiqueira (M)

- migmatitos homogêneos com granitóides e charmoquitos subordinados; latossolos e argilosos; entalhamento dos vales (<80m)
- migmatitos e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (<20m)
- xistos e gnaissos; latossolos, argissolos e cambissolos; entalhamento dos vales (<160m)
- migmatitos; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)
- metaconglomerados, metarenitos e metassiltitos; cambissolos; entalhamento dos vales (40-80m)

Região vale do Paraíba (P)

- sedimentos flúvio-lacustre, argilitos, folhelhos, arenitos e conglomerados; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (<40m)
- argilitos e arenitos; espodossolos e latossolos; entalhamento dos vales (<20m)

Região serra do Mar (Mr)

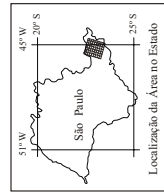
- biotita gnaissos e biotita granitos; latossolos e argissolos; entalhamento dos vales (20-80m)
- biotita granitos gnaissicos, latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-160m)
- granitóides migmatíticos e rochas ecimíticas sílico-argilosas; argissolos e cambissolos, entalhamento dos vales (20-160m)
- rochas gnaissicas; latossolos e cambissolos; entalhamento dos vales (20-80m)
- migmatitos, biotita granitos gnaissicos e charmoquitos; espodossolos; entalhamento dos vales (>160m)

Região Litorânea (L)

- sedimentos flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue

CONVENÇÕES

- Região de variação de direção de máximos I e 2
- alta concentração de frequência de lineamentos estruturais
- alta concentração de cruzamentos de lineamentos estruturais
- Drenagem
- Represa
- Limite Estadual
- Rodovia
- Cidade



Mapa elaborado através da superposição das concentrações de cruzamento e de direção de máximos I e 2, associadas às Unidades Geoambientais, mapeados na escala 1:100.000.

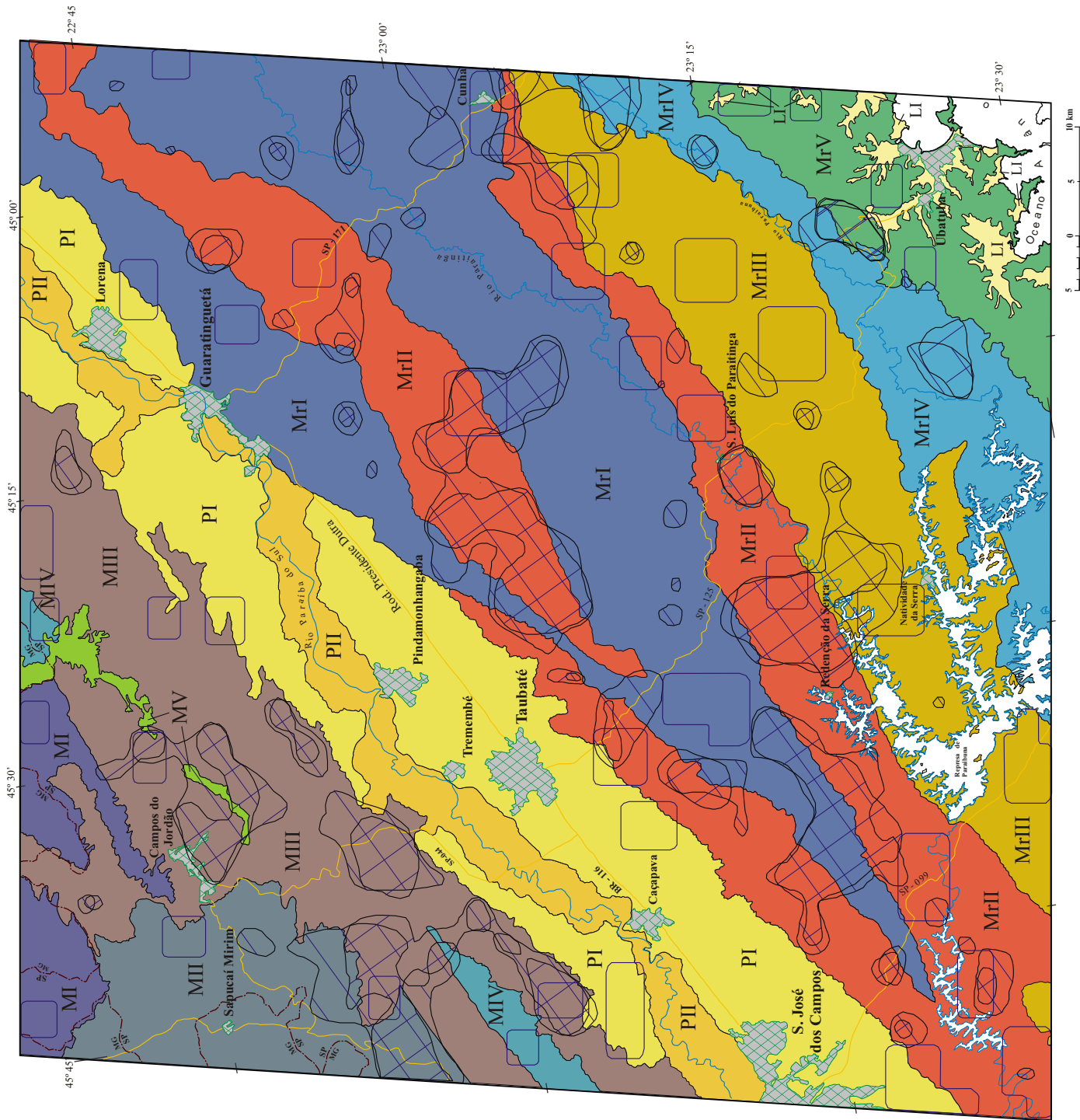


Fig. 4.15 - Mapa Geoambiental para a região do alto-médio Paraíba do Sul.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto orbital aplicado ao estudo integrado do meio físico contribuiu com extrema valia ao procedimento metodológico utilizado, fornecendo subsídios para uma Compartimentação Geoambiental, através da caracterização de feições geológicas que individualizam áreas com elevado grau de ruptibilidade (fraturamento).

A utilização do *software* SURFER 6.0 apresenta grande relevância, como estratégia para a representação da distribuição espacial da freqüência e dos cruzamentos de lineamentos estruturais, permitindo a integração regional dos dados obtidos referentes aos lineamentos estruturais.

As regiões com altas concentrações de freqüência e de cruzamentos de lineamentos estruturais adjetivam às Unidades Geoambientais, regiões com alto grau de deformação, ou seja, maior grau de fraturamento, maior grau de permeabilidade (maior percolação de fluidos) e conseqüentemente, maior alterabilidade e erodibilidade de maciços rochosos, constituindo-se assim em áreas intensamente instáveis frente aos processos de erosivos.

O estudo das regiões de variações de direção de máximos 1 e 2, foi determinante, para obter informações quanto ao grau de fraturamento de uma dada região. As regiões de maior grau de fraturamento (determinadas pela variação de direção de máximos 1 e 2) contemplam as regiões determinadas pela alta freqüência de lineamentos estruturais e pelas regiões que apresentam altas concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais.

Os valores obtidos tanto para a freqüência como para o cruzamento dos lineamentos estruturais mostram-se superiores para a região Serra da Mantiqueira, o que permite afirmar que esta região, dentre as estudadas, é a mais intensamente fraturada, e por conseguinte, torna-se mais susceptíveis a processos erosivos.

A região Vale do Paraíba apesar de não apresentar altas concentrações de cruzamentos e freqüência de lineamentos estruturais, não significa que esta se torne, sob o ponto de vista do grau de fraturamento, uma área mais estável.

As Unidades Geoambientais MIII e MrII apresentam-se mais intensamente deformadas, como na região a sudeste de Campos do Jordão e na região de Redenção da Serra, respectivamente.

Para a região Vale do Paraíba (RP) recomenda-se aplicar este procedimento metodológico somente nesta região, sem deixar influenciar pelas regiões Serras da Mantiqueira e do Mar, as quais apresentam-se bastante deformadas em relação à bacia.

Não necessariamente, as regiões que ocorrem alta frequência de lineamentos estruturais ocorreram também altas concentrações de cruzamentos de lineamentos estruturais, pois a frequência pode estar associada um único *trend* preferencial, não estando sendo cortadas por estruturas de direções diferentes.

O procedimento metodológico aqui utilizado apresenta resultados favoráveis, visto que, reúne informações do meio físico em grandes áreas e com custo bastante reduzido.

O Mapa Geoambiental Integrado contribui como um documento que reúne informações do meio físico e fornece subsídios a um Planejamento Geoambiental, a nível regional, para fins de múltiplos usos, podendo auxiliar nas obras de engenharia, atividades agrícolas, recursos hídricos, gestão ambiental, dentre outros.

As recomendações estão relacionadas ao de uso destas informações, as quais deverão ser associadas ao tipo de aplicação desejada, a nível regional.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

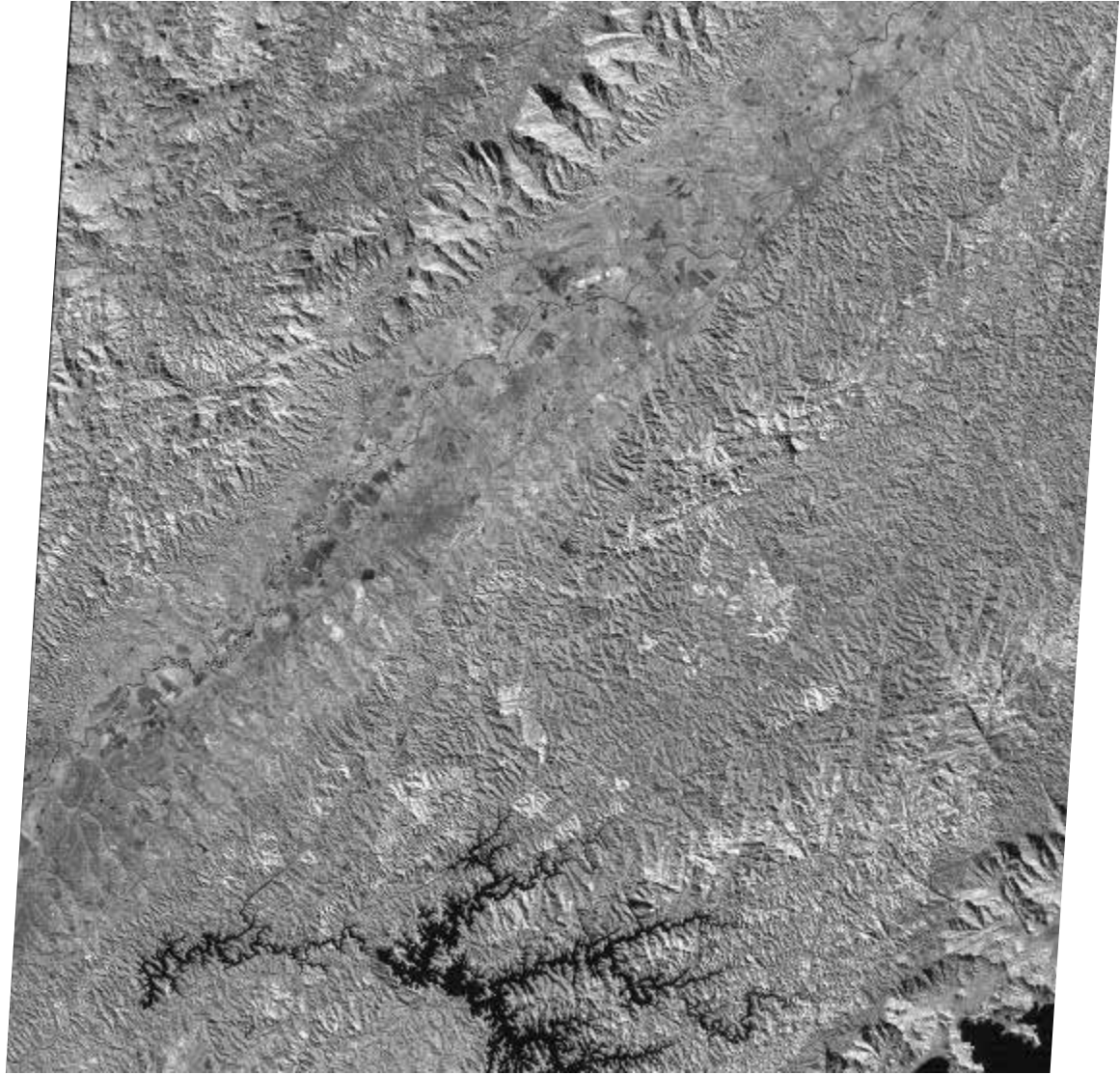
- ACKOFF, R. L. Planejamento de Pesquisa Social. Ed. Herder/Ed. USP. 556p. São Paulo. 1972.
- ALMEIDA, F. F. M. de Vale do Paraíba. In: Relatório Anual do Diretor. Rio de Janeiro. DNPM/Div. Geol. Min., boletim 139. 1952.
- ALMEIDA, F. F. M. de Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol. Inst. Geogr. Geol. Vol. 41, p. 169-263, 1964.
- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; PONÇANO, W. L.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; MELO, M. S. de; BISTRICHI, C. A. Mapa geológico do estado de São Paulo (escala 1:500.00); nota explicativa. São Paulo, IPT/Pró-Minério, v.1, 126p. 1981.
- BATISTA, I. X. & MATRICARDI, E. T. Zoneamento: instrumento de planejamento. *In*. Atlas Geoambiental de Rondônia. Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. Porto Velho, SEDAM. 72p. 2001.
- BORGES, M. da S.; COSTA, J. B. S. da; HASUI, Y.; PIRES NETO, A. G.; MORALES, N.; JIMENEZ-RUEDA, J. R. Compartimentação neotectônica do sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40. Belo Horizonte-BH. Anais... SBG-MG. p. 74. 1998.
- BRASIL Comissão de solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Levantamentos de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo. Rio de Janeiro. 634p. (Bol. 12). 1960.
- CARNEIRO, C. D. R. Geologia e Evolução Geológica da folha São José dos Campos. Tese. Inst. Geol. Univ. São Paulo. São Paulo. 1977.

- CARNEIRO, C. D. R., HASUI, Y.; GIANCURSI, F. D. Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. In: Cong. Bras. Geol., 29. Ouro preto. Anais... Ouro Preto, SBG, v.4, p.247-256. 1976.
- CAVALCANTE, J. C. & KAEFER, L. Q. Geologia da folha Santos (parcial). Anais... XXVIII Cong. Brás. Geol. Porto Alegre, 4:227-246. 1974.
- CAVALCANTE, J. C.; CUNHA, H. C. da S.; CHIEREGATI, L. A.; KAEFER, L. Q.; ROCHA, J. M. da; DAITX, E. C.; COUTINHO, M. G. Da N.; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J. B. V.; ROSA, D. B.; RAMALHO, R. Projeto Sapucaí, estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais: relatório final de geologia. Brasília. DNPM/CPRM. Série Geologia, 5. 299p. 1979.
- EBERT, H. A estrutura pré-cambriana do sudeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. B. Paran. Geocienc., Curitiba, 26:42-5. 1967.
- EMBRAPA Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos – Brasília:Embrapa Solos. 2000.
- FRANZONI, A. M. B Avaliação do meio físico para fins de planejamento geoambiental no traçado e manutenção da rede viária: Ilha de Santa Catarina - SC. Tese de Doutorado, IGCE, UNESP, Rio Claro. 138p. 2000.
- GOOVAERTS, P. Geostatistic in soil science: state of the art and perspectives. Michigan, USA. Geoderma nº 89. p.1-45. 1999.
- GUY, M. Quelques principes e quelques experiences sur la metodologie de la photointerpretation. In: Simposium Internaciona de photointerpretation, 2, Paris. Acte. V.1, p.2-41. 1966.
- HASUI, Y. & PONÇANO, W, L. Organização estrutural e evolução da bacia de Taubaté. In: Cong. Bras. Geol. 30. Recife. Anais... SBG. p. 368-81. 1978.

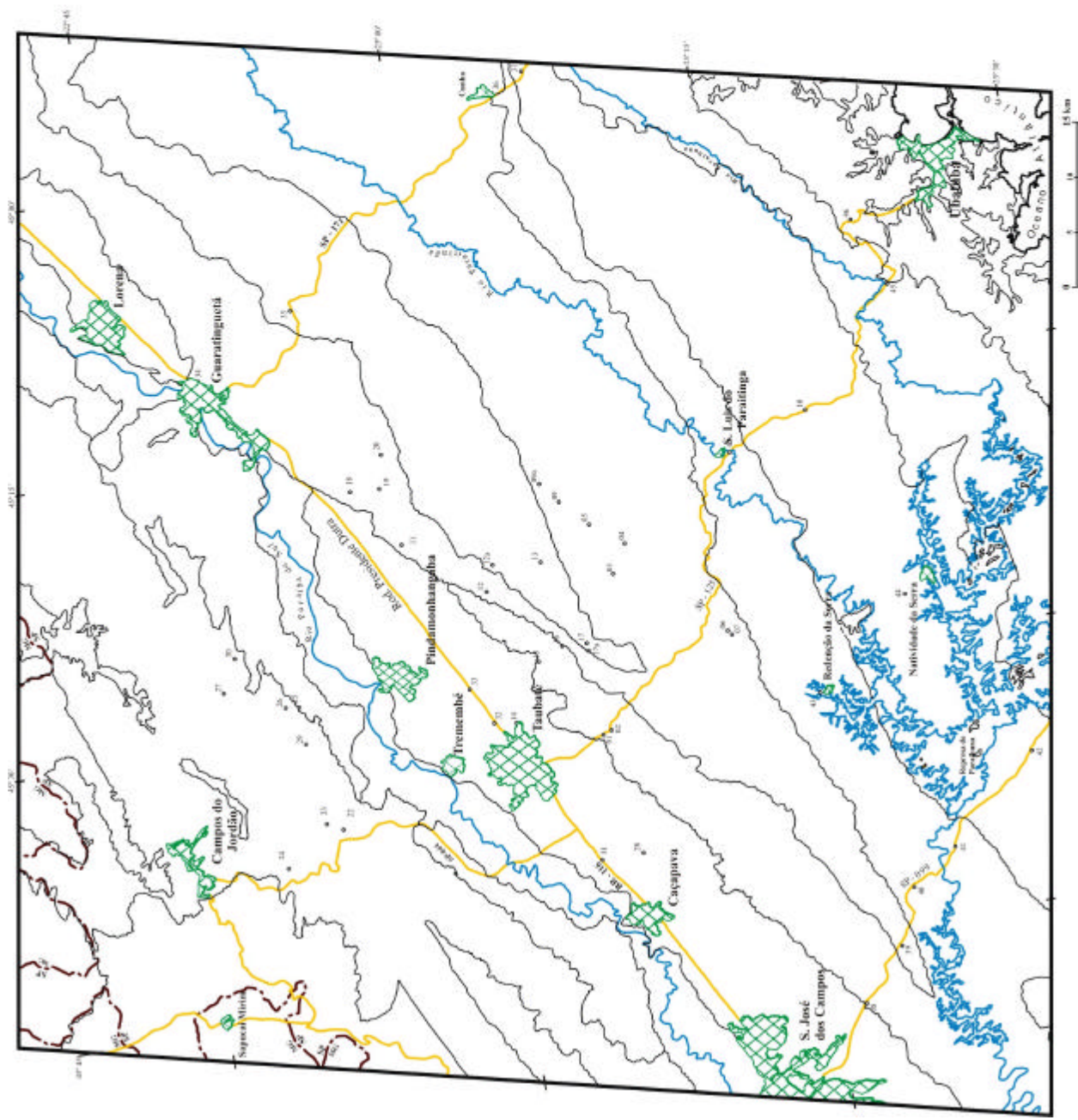
- HASUI, Y. et alii As grandes falhas do leste paulista. Atas. 1º Simp. Geol. Reg., Soc. Gras. Geol. pp 369-378. São Paulo. 1977.
- HASUI, Y. et al. Geologia da Região Administrativa 3.(Vale do Paraíba) e parte da região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. IPT, 1. 1978.
- HASUI, Y.; PENALVA; F, HENNIES, W. T. Geologia do Grupo São Roque. Anais... XXIII Cong. Brás. Geol.. pp 101-134. Salvador. 1969.
- HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M. de; NEVES, B. B. B. As Estruturas.Brasilianas. Anais... XXX Bras. Geo, 5:2423-2437. 1978.
- HASUI, Y.; FONSECA, M. J. G.; RAMALHO, R. A parte central da região de dobramentos sudeste e o maciço mediano de Guaxupé. In: Scobbenhaus et al. (coord.) Geologia do Brasil. Brasília, DNPM, cap. 7, p. 307-328. 1984.
- HASUI, Y.; COSTA, J. B. S. da; BORGES, M. da S.; MORALES, N.; JIMENEZ-RUEDA, J. R. Evolução morfotectônica do sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40. Belo Horizonte-BH. Anais... SBG-MG. p. 78. 1998.
- HENNIES, W. T.; HASUI, Y; PENALVA, F. O falhamento transcorrente Taxaquara. Anais... XXI Cong. Geol. P. 159-168. Curitiba. 1967a.
- INPE/CODIVAP Macrozoneamento da região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo. S. José dos Campos (SP), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba e Litoral Norte (CODIVAP), 176p. 1992.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. Zoneamento Geoambiental como metodologia para avaliação dos indicadores ambientais (mimeog.). UNESP, Rio Claro, SP. 1991.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; LANDIM, P. M. B.; MATTOS, J. T. de Gerenciamento geoambiental. In: Análise Ambiental. Estratégias e Ações. Centro de Estudos Ambientais. UNESP, Rio Claro. P.327-344. 1993.

- LOCZY, L. & LADEIRA, E. A. Geologia Estrutural e Introdução a Geotectônica. Ed. Edgard Blücher, Rio de Janeiro, CNPq, 134p. 1980.
- MEZZALIRA, S. Novas Ocorrências de vegetais fósseis cenozóicos no estado de São Paulo. IGG, São Paulo, 15:73-91. 1962.
- MORALES, N.; COSTA, J. B. S. da; BORGES, M. da S.; HASUI, Y.; PIRES NETO, A. G.; JIMENEZ-RUEDA, J. R. Feições de transpressão cenozóica no Planalto Atlântico. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40. Belo Horizonte-BH. Anais... SBG-MG. p. 80. 1998.
- NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda. 308p. 1992.
- OHARA, T. Zoneamento geoambiental da região alto-médio Paraíba do Sul (SP) com Sensoriamento Remoto. Tese de Doutorado, IGCE, UNESP, Rio Claro. 213p. 1995.
- O'LEARY, D. W. et al. Lineament, linear, lineation: some proposed new standard for old terms. 1976. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Introdução à interpretação radargeológica. Manual Técnico em Geociências, 3, Rio de Janeiro. 124p. 1988.
- OLIVEIRA, V. de; COSTA, A. M. R da; AZEVEDO, W. P. de Pedologia. In: BRASIL. Projeto Radambrasil Folha SF.23/SF.24 – Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, p. 385-552. (Levantamento de Recursos Naturais, 32). 1983.
- RIVEREAU, J. C. Fotointerpretação: notas de aula dada na Universidade federal de Ouro Preto, XI Semana de estudos, Ouro Preto. 1972.
- RODRIGUES, M. R. Estudo e caracterização do meio físico da bacia do rio Camboriú/SC, visando zoneamento geoambiental. Tese de Doutorado, IGCE, UNESP, Rio Claro. 71p. 2000.

- RODRIGUES, J. L. & LIU, C. C. Geometria da iluminação solar e sua influência na observação de estruturas geológicas em imagens orbitais. In: 5 Simp. Sens. Remoto, Natal, 1988. Anais. São José dos Campos, INPE (INPE-3424-PRE/687). 1988.
- ROSS, J. L. S. & MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. FFLCH-USP/IPT/FAPESP. São Paulo –SP. 1997.
- SETZER, J. Atlas climático do estado de São Paulo. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná - Uruguai. 61p. 1966.
- SCHOBENHAUS, C. CAMPOS, D. A.; DERZE, G.R.; ASMUS. H. E. (coord.) Geologia do Brasil. Brasília, DNPM, 501p. 1984.
- VEDOVELLO, R. Zoneamento Geotécnico por Sensoriamento Remoto para estudos de planejamento do meio físico - aplicação em expansão urbana. São José dos Campos. Dissertação de Mestrado. INPE. 1993.
- VEDOVELLO, R. Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação - UBCs. Tese de Doutorado. IGCE, UNESP, Rio Claro. 154p. 2000.
- VEDOVELLO, R. & MATTOS, J. T. de Zoneamento geotécnico de múltiplo uso do município de Ubatuba-SP: uma abordagem através de sensoriamento remoto. In: Encontro nacional de Sensoriamento Remoto aplicado ao Planejamento Municipal, 2, Serra Negra. Anais, INPE, 1V, p.103-107. 1991.
- VENEZIANI, P. & ANJOS, C. P. dos Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. São José dos Campos: INPE, (INPE-2227-MD/014), 61p. 1982.



Anexo I - Imagem de satélite TM/Landsat, Banda 4. Reprodução fotográfica órbita/ponto-quadrante 218/076W, passagem 17 de julho de 1987.



Anexo II - Mapa de pontos de campo e rosetas de traços de fraturas.