UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

ROSANA DIAS ARANHA

**Estudo morfológico da bacia do Ribeirão do Baú -
São Bento do Sapucaí - SP**

SÃO PAULO
2011

ROSANA DIAS ARANHA

**Estudo morfológico da bacia do Ribeirão do Baú -
São Bento do Sapucaí - SP**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia Física da Faculdade de
Filosofia, Letras e Ciências
Humanas da Universidade de
São Paulo, para obtenção do
título de Mestre em Ciências

Orientadora: Prof. Dra.
Rosely Pacheco Dias Ferreira

SÃO PAULO
2011

Nome: ARANHA, Rosana Dias

Título : Estudo morfológico da bacia do Ribeirão do Baú - São Bento do Sapucaí - SP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedico esse trabalho aos meus pais, a
minha irmã e ao David, o grande amor
da minha vida...

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha querida orientadora, Prof. Dra Rosely Pacheco Dias Ferreira, que em todos os momentos deste trabalho, principalmente, nos mais difíceis, esteve ao meu lado, orientando-me e apoiando-me, como professora, amiga, e na maioria das vezes, sendo e fazendo muito mais do que deveria...minha gratidão e meu carinho.

Aos meus pais, por terem me ensinado a acreditar que todos os sonhos podem ser realizados...

À minha querida irmã, pelos ensinamentos e pelo amor incondicional...

Aos meus professores do Departamento de Geografia da USP, em especial, às professoras Sonia Furian, Maria Helena Simielli e Cleide Rodrigues pelas críticas e sugestões sempre construtivas.

Aos funcionários do laboratório de Sensoriamento Remoto, Bene e Pablo, pela ajuda constante.

Agradeço, em especial, aos meus amigos e companheiros de campo: Marcos, Otávio, Daniela, João e Aninha, pela ajuda intelectual, mas principalmente pela companhia.

À direção, funcionários, professores e amigos da Escola Pery, pelo apoio e por compartilharem os mesmos sonhos sobre a educação.

Aos amigos do DAEE, Sérgio Bernardes e Marcílio, pela amizade, disponibilização das cartas topográficas digitais e auxílio nas questões de geoprocessamento.

Aos geólogos Silvio Hiruma, Marcilene e João Christof pelas orientações e sugestões.

Aos meus alunos pelos ensinamentos diários.

Aos meus amigos e familiares que, de uma forma ou de outra, participaram desta pesquisa, seja através do incentivo ou do trabalho.

Ao David, grande amor da minha vida, pelo apoio e companheirismo.

E, principalmente a Deus, por vocês fazerem parte da minha vida...

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da cartografia morfológica realizada na Bacia do Ribeirão do Baú, Município de São Bento do Sapucaí, SP. Constitui um exemplo da aplicação da cartografia geomorfológica em um trecho da escarpa erosiva do Planalto de Campos do Jordão, compartimento morfoestrutural importante da Serra da Mantiqueira Oriental.

Foi adotada uma abordagem multiescalar com a realização de mapeamentos nas escalas 1:250.000, 1:50.000 e 1:10.000. O esboço morfoestrutural (1:250.000) feito com base nas propostas de BASENINA & TRESCOV (1972) e NEVES et al (2003), mostrou o enquadramento da bacia do Baú no contexto das grandes estruturas regionais. Cinco compartimentos morfoestruturais foram individualizados, na zona compreendida entre o Planalto de Campos do Jordão a leste, planalto de Camanducaia, a oeste, cabeceiras do Sapucaí-Mirim ao sul e vale do Sapucaí ao norte. Destacou-se o alto condicionamento do relevo ao arcabouço tectônico do sistema Mantiqueira, representado por falhamentos (Jundiuvira, Campos do Jordão, Paiol Grande, Monteiro Lobato), zonas de cisalhamento (Jundiuvira) e faixa cataclástica (Monteiro Lobato).

A carta morfológica da Bacia do Baú (1:50.000), construída a partir de fotografias-aéreas (1:25.000), considerou na sua concepção e orientação de legenda, os princípios estabelecidos pela RCP 77, do CNRS, França, para a cartografia geomorfológica de detalhe. Ênfase maior foi dada para a representação morfográfica tendo em vista a diversidade e riqueza das feições e modelado do relevo. A correlação entre a carta morfológica, com as bases hipsométrica e clinográfica, possibilitou a individualização de 7 compartimentos morfológicos para a Bacia do Ribeirão do Baú registrados em cartograma na escala 1:50.000. Dentre as características morfológicas e morfométricas da bacia, destacam-se as formas de relevo que mostram claro condicionamento estrutural como cristas e vertentes com facetas triangulares, divisores rochosos (gnáissicos) elevados (1900-1200 metros) e escarpados (30-40%) do complexo Baú – Bauzinho – Ana Chata e espigão divisor entre os Ribeirões do Baú e Barradas. Os interflúvios convexos, são recortados por vales encaixados, com zonas estranguladas (soleiras) com afloramentos rochosos e cachoeiras.

Anfiteatros de erosão com diferentes tamanhos e em várias posições altimétricas modelam as vertentes, definindo setores nas cabeceiras com morfologia característica (superfícies rugosa), ligadas a movimentos de massa. Outra feição particular são as concavidades que aparecem nas vertentes e patamares (ombreiras) cartografadas como depressões e concavidades com patamar. A frequência dessas feições suscitou a escolha de uma área amostral para análise de detalhe. Para destacar as características morfológicas desses setores e as feições das vertentes, foi elaborada a Carta Morfológica - Baú do Centro, 1:10.000, utilizando como referencia a legenda proposta por SAVIGEAR (1965) e adaptada por COOKE & DOORNKAMP (1990). Essa cartografia de detalhe feita com a fotointerpretação de fotografias-aéreas na escala 1:8.000 possibilitou a restituição mais precisa e detalhada das rugosidades dadas pelas micro-feições. Exemplos das formas relacionadas aos anfiteatros de erosão e às concavidades foram objetos de investigação dos materiais através de tradagens e perfis. Os resultados (ainda parciais) mostraram que as superfícies rugosas correspondem a depósitos relacionados à evolução dos anfiteatros, concordando com modelos propostos na literatura para explicar a evolução das vertentes nos domínios montanhosos do Brasil de Sudeste. As concavidades (depressões e concavidades com patamar) parecem corresponder a morfologias relacionadas à erosão geoquímica, que se desenvolve no maciço rochoso, assoalho dessas concavidades, a partir de fraturas na rocha. Numa primeira aproximação, foram comparadas com formas semelhantes encontradas na região de Bananal no Vale do Paraíba e em São José dos Campos.

Palavras-chave: Cartografia Morfológica; Compartimentação do Relevo; Morfologia de vertentes; Pedra do Baú; Planalto de Campos do Jordão; Serra da Mantiqueira.

ABSTRACT

This work presents the results of morphological cartography carried out in the basin of Ribeirão do Baú, municipality of São Bento do Sapucaí, SP. It is an example of the application of geomorphological cartography in an extension of the erosive cliff of Campos do Jordão plateau, an important morphostructural compartment of the eastern part of the Mantiqueira Mountain Ridge.

A multi scalar approach was adopted with the accomplishment of mappings in the scale of 1:250.000, 1:50.000 and 1:10.000. The morphostructural outline (1:250.000) done on the basis of BASENINA & TRESCOV (1972) and NEVES et al (2003) proposals, revealed the framing of the basin of Baú in the context of the major regional structures. Five morphostructural compartments were individualized, in the area between east of Campos do Jordão plateau, west of Camanducaia plateau, south of headwaters of the Sapucaí-Mirim, and north of vale do Sapucaí. An important feature of the area is the high conditioning of the landforms to the tectonic framework of Mantiqueira system, represented by faults (Jundiuvira, Campos do Jordao, Great Barn, Monteiro Lobato), shear zones (Jundiuvira) and cataclastic layer (Monteiro Lobato).

The design and legend of the morphological map of the Baú basin (1:50,000), made from aerial photography (1:25,000), took into account the principles laid down by the RCP 77, CNRS, France, for the detailed geomorphological cartography. Greater emphasis was given to the morphographic representation, having in mind the diversity and richness of landforms features. The correlation between the morphological, slope, and hypsometric maps allowed the individualization of seven morphological compartments for the Bacia do Ribeirão, in the scale 1:50.000. Among the morphological and morphometric characteristics of the basin, there are landforms with a clear structural conditioning such as ridges and slopes with triangular facets, high (1900-1200 meters) rocky divisors (gneissic) and cliffs (30-40%) of the Baú - Bauzinho - Ana Chata complex and the capstone divisor between Ribeirões do Baú and Barradas.

The convex interfluvies are cut by encased valleys, with strangled areas (sills) and rocky outcrops and waterfalls. Erosive amphitheatres, with different sizes and at various altimetric positions, model the hillslopes, defining zones in the headwaters with specific morphology (rough surfaces), connected to mass movements. Another particular feature are the concavities that appear on the hillslopes and terraces, mapped as depressions and concavities with terrace. The frequency of these features aroused the choice of a sample area for a detailed analysis. In order to highlight the morphological characteristics of these zones and the hillslopes features, the Morphological Map - Baú do Centro, 1:10.000, was drafted, using as reference the legend proposed by SAVIGEAR (1965) and adopted by COOKE & DOORKNKAMP (1990). This detailed cartography, carried out through interpretation of aerial photographs in the scale 1:8.000, allowed the restitution of more precise information of the micro-features. Soils of representative landforms related to erosive amphitheatres and concavities were investigated through probing and trenches. The results (even partial), showed that the rough surfaces correspond to deposits related to the amphitheatres erosion, agreeing with the models proposed by the literature to explain hillslope evolution in mountain areas of southeastern Brazil. The concavities (depressions and concavities with terrace) seem to correspond to morphologies related to geochemical erosion, which develops from fractures in the subjacent rock mass. At a first approximation, they were compared with similar forms in Bananal and São José dos Campos in the region of Vale do Paraíba.

Keywords: Morphological Cartography; Compartmentation of relief; Slope morphology; Pedra do Baú; Campos do Jordão plateau; Serra da Mantiqueira.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Linha do tempo: Representações das formas de relevo	20
Figura 2 -	Localização da área de estudo	21
Figura 3 -	Esboços da evolução do segmento central do Rift Continental do Sudeste Brasileiro	23
Figura 4 -	Localização da bacia do Ribeirão do Baú no contexto regional	25
Figura 5 -	Contexto geológico da região da bacia do Ribeirão do Baú	31
Figura 6 -	Esquema da classificação taxonômica proposta por Ross (1992)	37
Figura 7 -	Esquema do sistema de mapeamento proposto por Cooke e Doornkamp(1990)	42
Figura 8 -	Esquema do sistema “ <i>stereo-triplet</i> ”, proposto por Ricci e Petri (1965).....	54
Figura 9 -	Ilustração da legenda morfológica de Cooke e Doornkamp (1990) ...	73
Figura 10 -	Esboço Morfoestrutural Regional	77
Figura 11 -	Carta de lineamentos de drenagem.....	78
Figura 12 -	Perfis topo-geológicos esquemáticos dos Compartimentos Morfoestruturais	79
Figura 13 -	Carta da hierarquia da drenagem da Bacia do Ribeirão do Baú	83
Figura 14 -	Carta Hipsométrica da Bacia do Ribeirão do Baú	88
Figura 15 -	Perfil Topográfico - Bacia do Ribeirão do Baú	89
Figura 16 -	Carta Clinográfica da Bacia do Ribeirão do Baú.....	106
Figura 17 -	Carta Morfológica da Bacia do Ribeirão do Baú	107
Figura 18 -	Carta dos Compartimentos Morfológicos da Bacia do Ribeirão do Baú	108
Figura 19 -	Localização da área do estudo de detalhe – Baú do Centro.....	109
Figura 20 -	Recorte da carta morfológica do Baú do Centro (1:10.000) - mudanças de direção do Ribeirão do Baú (cotovelos).....	110
Figura 21 -	Carta Morfológica - Baú do Centro	111
Figura 22 -	Carta Clinográfica - Baú do Centro.....	112
Figura 23 -	Exemplos do mapeamento de cicatrizes de escorregamentos com patamar e depressões.....	113
Figura 24a -	Localização das descrições morfológicas (tradagens e perfis)	115
Figura 24b -	Localização das formas e feições objetos do controle de campo	116

Figura 25 -	Localização e descrição das tradagens - Superfície rugosa I.....	117
Figura 26 -	Localização e descrição das tradagens - Superfície rugosa II.....	119
Figura 27 -	Foto e descrição morfológica do Perfil 1- Superfície rugosa III.....	120
Figura 28 -	Foto e descrição morfológica do Perfil 3 - Superfície rugosa III.....	122
Figura 29 -	Localização dos perfis (4,5 e 6) ao longo do corte da estrada do Monjolinho - Superfície Rugosa III	123
Figura 30 -	Foto e descrição morfológica do Perfil 4 - Superfície rugosa III.....	124
Figura 31 -	Perfil localizado na Superfície Rugosa III	125
Figura 32 -	Foto do Perfil 6 localizado na Superfície Rugosa III	126
Figura 33 -	Localização e descrição das tradagens - Cicatriz com patamar I.....	128
Figura 34 -	Localização e descrição da tradagem na Cicatriz com patamar II.....	129
Figura 35 -	Localização e descrição da tradagem no interior da Cicatriz com patamar III	130
Figura 36 -	Localização e descrição das tradagens na depressão	132
Figura 37 -	Modelo evolutivo da Superfície Rugosa	134
Figura 38 -	Modelo evolutivo da Depressão e da Cicatriz com Patamar.....	136

LISTA DE FOTOS

- Foto 1 - Foliação do gnaiss coincide com a direção e com a forma alongada dos corpos rochosos dos interflúvios da margem direita do Baú (Pedra do Baú, Bauzinho e Ana Chata). (foto de João Christof, 2011).....32
- Foto 2 - Pedreira com afloramento de quartzito bastante fraturado (direção N65oE), com presença de veios de quartzo (foto da autora)32
- Foto 3 - No segundo plano observa-se o modelado dos Altos Campos do Planalto de Campos do Jordão – unidade Campos do Serrano (compartimento A e A') (foto sem autoria – Google Earth).....96
- Foto 4 - O compartimento B apresenta o rebaixamento topográfico (colo) da cabeceira do Ribeirão do Baú em relação ao seu entorno. Este setor da bacia apresenta-se como importante frente de dissecação do Planalto de Campos do Jordão (foto da autora)97
- Foto 5 - As Facetas (triangulares e trapezoidais) são formas do relevo singulares do compartimento B (foto da autora).97
- Foto 6 - Compartimento C, predomínio de vertentes com feições denominadas de concavidades amplas (foto da autora)99
- Foto 7 - No interior das Concavidades amplas encontra-se uma superfície irregular, com presença de blocos, denominada de superfície rugosa (foto da autora)99
- Foto 8 - Compartimento (D) a ocorrência de formas de relevo denominadas de depressão (foto da autora)..... 101
- Foto 9 - O compartimento E é caracterizado pela presença de interflúvio com afloramento de rochas e frentes escarpadas descontínuas, denominadas de Bauzinho, Pedra do Baú e Ana Chata (foto da autora) 102
- Foto 10 - A planície aluvial do Ribeirão do Baú caracteriza o compartimento F e se apresenta de forma descontínua ao longo da bacia (foto da autora) 103
- Foto 11 - Setor jusante do compartimento F observa-se terraço de várzea, com materiais heterométricos e caóticos, sendo, em alguns casos, retrabalhados pela ação fluvial (foto da autora)..... 104
- Foto 12 - Compartimento G: predomina nesta paisagem as colinas de topos convexos (foto da autora) 105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação taxonômica dos fatos geomorfológicos (TRICART, 1965)	38
Quadro 2 - Parâmetros morfométricos para análise hipsométrica da bacia	49
Quadro 3 - Parâmetros morfométricos para análise areal da bacia	50
Quadro 4 - Parâmetros morfométricos para análise linear da bacia	51
Quadro 5 - Sistematização da legenda Morfológica – 1:50.000	57
Quadro 6 - Sistematização da legenda do mapeamento morfológico (1:10.000)	69

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	14
2 - ÁREA DE ESTUDO	21
2.1 - Localização e contexto regional	21
2.2 - Caracterização geral da bacia do Ribeirão do Baú	24
2.3 - Arcabouço litoestrutural da bacia do Baú	28
3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	33
3.1 - Revisão bibliográfica	33
3.1.1 - A valorização da forma no estudo geomorfológico	33
3.1.2 - A cartografia geomorfológica: o inventário das formas	35
3.1.3 - Legenda geomorfológica: um universo de possibilidades	39
3.2 - Materiais e técnicas	43
3.2.1 - Etapas do trabalho	43
3.2.2 - Materiais utilizados	44
3.2.3 - Construindo o esboço morfoestrutural (1:250.000)	45
3.2.4 - Conhecendo a morfometria da bacia do Baú	48
3.2.5 - Mapeando as formas de relevo (1:50.000)	52
3.2.6 - Carta morfológica de detalhe - Baú do Centro (1:10.000)	67
3.2.7 - Controle de campo	74
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
4.1 - Compartimentação morfoestrutural	76
4.2 - A bacia do Ribeirão do Baú	83
4.2.1 - Análise da rede de drenagem	83
4.2.2 - A morfologia da bacia do Ribeirão do Baú	90
4.2.3 - A compartimentação morfológica	95
4.3 - Baú do Centro	109
4.3.1 - Análise morfológica do Baú do Centro	109
4.3.2 - Análise morfológica das formas e dos materiais	114
4.3.3 - Considerações sobre a gênese das superfícies rugosas e concavidades	133
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
6 - BIBLIOGRAFIA	141

1 - INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade o homem procura diferentes maneiras de registrar o que ele observa na paisagem e representar o local onde vive, para facilitar a localização de fontes de água, estabelecer rotas de caça ou zonas de perigo, mas, principalmente para armazenar o conhecimento do seu território, visando a sua plena dominação.

Na tentativa de espacializar as diversas informações é que surgem os primeiros mapas, inicialmente bastante rudimentares, utilizando-se dos materiais e técnicas disponíveis, como paredes de grutas, placas de argilas e conchinhas, mas tornando-se, ao longo dos séculos, cada vez mais precisos.

Muitos estudos apontam o mapa como a primeira forma de comunicação entre os seres humanos, sendo, portanto, anterior a própria escrita. Além disso, em alguns momentos da história foi mais valorizado do que o ouro, em virtude do conhecimento que ele guardava.

Dentre os elementos da paisagem que aparecem representados desde os primeiros mapas, destacam-se o relevo e a hidrografia, utilizados como referências espaciais importantes dentro do contexto da localização.

Nesse sentido, as diferentes formas de representação do relevo desenvolveram-se concomitantemente com a própria cartografia (figura 1), passando de simples desenhos pictóricos e blocos diagramas até as curvas de nível e modelos tridimensionais do terreno.

Durante esse processo da evolução cartográfica, surge a necessidade de mapas cada vez mais detalhados e especializados, culminando em diferentes tipos de mapeamento, desenvolvendo-se assim, no âmbito das representações do relevo, a cartografia geomorfológica (figura 1).

Vale ressaltar que os cartógrafos sempre encontraram grande dificuldade em representar as formas de relevo, pois isso envolve a representação de três dimensões em uma superfície plana

Ao longo do tempo, várias técnicas foram utilizadas buscando superar os limites impostos pelo papel ao mapeamento das formas do relevo. Dentre elas destaca-se o uso das hachuras, desenhadas principalmente em direção à

declividade, e com variação da espessura de acordo com a inclinação da vertente.

Outro método bastante empregado, durante o Séc. XX foi o de sombreamento das vertentes, também conhecido como “iluminação à esquerda”, que produzia no mapa um efeito 3D.

Ao mesmo tempo em que essas técnicas são utilizadas, desenvolve-se uma nova forma de representação topográfica, as iso-hipsas ou curvas de curvas de nível, e a partir desse momento, a técnica de hachuras é considerada obsoleta e deixa de ser empregada.

Ainda na metade do Séc. XX, o uso das fotografias aéreas verticais, base para a aerofotogrametria, torna-se o procedimento universal na construção de produtos cartográficos, como as cartas topográficas. Essa tecnologia possibilitou maior rapidez na produção de mapas e exatidão nos conteúdos representados.

O uso mais sistemático das fotografias-aéreas levou a uma padronização no traçado das curvas de nível e um novo olhar sobre a paisagem. A “visão dos pássaros” possibilitou um grande desenvolvimento no mapeamento do relevo, principalmente em virtude da visão tridimensional, dada pela estereoscopia, facilitando com a percepção volumétrica, a delimitação das formas e o seu dimensionamento nos três eixos (x,y,z)

A partir desse momento, verifica-se um aumento significativo de cartas e mapas, e na medida em que as escalas das aerofotos tornavam-se maiores, aperfeiçoavam-se as representações do relevo. Com isso, na geomorfologia, onde os trabalhos de pesquisa voltados ao mapeamento do relevo já eram tradicionais e bastante desenvolvidos, como na Polônia, adota-se em 1950, a ***cartografia geomorfológica como um método.***

A partir desse momento, vários encontros foram realizados, para discutir e estabelecer os princípios gerais do mapeamento geomorfológico, além de propor uma legenda unificada, que permitisse uma melhor comparação entre os mapas que estavam sendo elaborados em várias partes do mundo.

O desenvolvimento da cartografia geomorfológica, juntamente com o aprimoramento dos materiais cartográficos e aerofotográficos, levou a um detalhamento das representações das formas do relevo e, com isso os mapas

geomorfológicos tornaram-se cada vez mais complexos e de difícil leitura. Isso foi gerado pela complexidade das informações que o mapa geomorfológico deve conter (morfologia, morfometria, morfogênese e morfocronologia) o que leva à uma multiplicidade de símbolos e cores.

Várias legendas geomorfológicas vêm sendo utilizadas, e a tentativa de uma padronização universal, como apresentado no Manual de Mapeamento Geomorfológico de Detalhe (DEMEK,1972), não foi amplamente adotada.

Algumas propostas de caráter “local”, como a da cartografia Geomorfológica Francesa, divulgada pelo CNRS em 1971, como um documento normativo - RCP 77, para as cartas geomorfológicas de detalhe da França (1:20.000; 1:25.000 e 1:50.000), foram adotadas pelos pesquisadores franceses em programas de pesquisa na França e em países que tradicionalmente estavam filiados a escola francesa de geomorfologia.

Um dos exemplos da aplicação e avaliação da proposta francesa, em meio tropical, foi a experiência levada a efeito pelo Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, através do Laboratório de Pedologia e Sedimentologia que, por meio de um convenio com o Centre de Géomorphologie du CNRS, elaborou e publicou em 1978, as cartas Geomorfológicas e de Formações Superficiais das regiões de Marília, São Pedro, Parateí em São Paulo e Lagoa Santa em Minas Gerais.

A falta de uma padronização universal, no entanto, não precisa necessariamente ser encarada como um problema, pois permite uma abertura para outras possibilidades de representações e discussões. O que deve ser perseguido é o método, pois a técnica e a escolha das representações gráficas devem estar ajustadas em função da escala de abordagem.

No âmbito escolar, as dificuldades de leitura e compreensão dos mapas de relevo ampliam-se sensivelmente quando comparados a outros tipos de mapas. Isso ocorre em função da abstração que este tipo de mapeamento apresenta, pois é muito difícil para o aluno entender a relação entre a variação altimétrica e a forma quando tudo está em um único plano.

Nesse aspecto, a evolução tecnológica, principalmente no desenvolvimento de softwares a serviço da cartografia, contribui muito na ampliação de técnicas de representação do relevo que sejam visualmente mais

compreensíveis, como por exemplo, os modelos tridimensionais de terreno ou modelo digital do terreno.

Esses modelos, combinados com imagens de satélite ou fotografias aéreas, são excelentes ferramentas, tanto no ensino da geomorfologia quanto no desenvolvimento da pesquisa geomorfológica.

A linha do tempo (figura 1), procura sistematizar de forma não exaustiva, os principais momentos e períodos na produção de documentos cartográficos onde as formas do relevo são representadas, destacando as técnicas utilizadas e as propostas de caráter metodológico.

"... acreditamos que nossa preocupação deva centrar-se na forma... procurando obter dela as informações necessárias para a compreensão da essência de sua dinâmica.... "

ABREU,1982 p.70

*Este trabalho de pesquisa tem como **principal objetivo** estudar as formas de relevo em uma área de modelado complexo, tendo com referência metodológica os pressupostos da cartografia geomorfológica, com ênfase na representação morfológica, utilizando a fotointerpretação como ferramenta principal*

A bacia do Ribeirão do Baú foi escolhida como objeto da pesquisa, visando dar continuidade aos estudos anteriores desenvolvidos por ARANHA (2003) para suas cabeceiras. Este primeiro contato com a área e a elaboração do mapeamento morfográfico do setor montante da bacia, possibilitou o reconhecimento de uma grande diversidade de formas de relevo, sejam aquelas ligadas às vertentes, cabeceiras de drenagem, como as inúmeras cicatrizes que denunciavam movimentos de massa, tanto pretéritos quanto recentes.

A complexidade de formas observadas nesse trecho da bacia do Baú suscitou questionamentos sobre a morfodinâmica desta área. No entanto, antes de elaborar um estudo mais aprofundado sobre os processos morfogenéticos atuais e pretéritos, optou-se pelo reconhecimento e espacialização das formas de relevo ao longo da bacia do Ribeirão do Baú, verificando a distribuição e a freqüência das formas mapeadas por ARANHA (2003) em outros setores da bacia.

Além disso, “com a preocupação centrada na forma”, procedeu-se a descrição, análise e correlação dos mapeamentos morfológicos realizados, com dados da geologia tirados da bibliografia e em trabalhos de campo, para construir uma proposta de compartimentação morfológica.

Dentro desta perspectiva os **objetivos específicos** deste trabalho foram:

- Realizar um ensaio cartográfico envolvendo a proposição de uma legenda ilustrada, a fim de decodificar a representação cartográfica utilizada nas legendas geomorfológicas.
- Construir um esboço morfoestrutural de caráter regional (1:250.000) assinalando as principais estruturas regionais, aplicando a metodologia proposta por BASENINA & TRESCOV (1972) e NEVES et al (2003).
- Elaborar a carta morfológica da bacia do Ribeirão do Baú (1:50.000) utilizando a proposta da legenda da cartografia geomorfológica francesa (RCP 77).
- Aplicar a legenda proposta por SAVIGEAR (1965) adaptada por COOKE & DOORNKAMP (1990) para a cartografia morfológica de detalhe (1:10.000).
- Com base nos resultados e, apoiado na bibliografia, apontar o processo gerador das formas mais representativas.

A presente pesquisa pretende **contribuir** para o conhecimento geomorfológico em áreas cristalinas de relevo complexo, usando a cartografia morfológica como produto de espacialização e análise das formas de relevo. **Justifica-se** pela necessidade de estudos geomorfológicos de detalhe que

possam contribuir para o entendimento das paisagens serranas desse setor da Mantiqueira Ocidental.

Este trabalho apresenta-se estruturado em 6 capítulos, sendo que o primeiro corresponde a essa introdução.

O capítulo II visa localizar a área de estudo no contexto regional, situando-a na evolução geológico/geomorfológica, apontando as principais características físicas (formas do relevo, litologia e solos) e morfométricas da bacia de drenagem do Ribeirão do Baú.

No capítulo III, denominado de procedimentos metodológicos e técnicas utilizadas, apresenta um pequeno resgate bibliográfico sobre a cartografia geomorfológica e as legendas utilizadas, valorizando o papel da fotointepretação, bem como, o detalhamento do encaminhamento dessa pesquisa, com a descrição dos métodos e as técnicas utilizadas na produção de cada carta (1:250.000, 1:50.000 e 1:10.000).

Nas discussões dos resultados (capítulo IV) são apresentadas as análises dos produtos cartográficos, agrupados em função das escalas de mapeamento, partindo do contexto morfoestrutural, passando pela caracterização morfométrica e morfológica da bacia do Ribeirão do Baú, até descrição da área do estudo de detalhe (Baú do Centro).

O capítulo V corresponde as considerações finais deste trabalho, onde foram apresentadas algumas observações sobre as legendas utilizadas, além do resgate das principais formas do relevo mapeadas, apresenta algumas interpretações sobre os processos geradores.

A bibliografia consultada nesta pesquisa encontra-se apresentada no capítulo VI.

Figura 1: Linha do tempo: Representações das formas de relevo

Na Cartografia

Na Cartografia Geomorfológica

Uso de fotografias aéreas para investigação

Uso sistemático da aerofotogrametria na produção de Cartas topográficas

Uso de imagens orbitais, SIGs e Geoprocessamento

2 - ÁREA DE ESTUDO

2.1 - Localização e contexto regional

A bacia do Ribeirão do Baú situa-se no setor Leste (E) do estado de São Paulo, próximo à divisa do estado com Minas Gerais, está localizada quase integralmente no município de São Bento do Sapucaí (SP), tendo o seu trecho mais jusante no município Sapucaí – Mirim (MG) onde deságua em rio homônimo.

A área de estudo encontra-se a Noroeste (NW) da Serra da Mantiqueira, a Leste (E) do Planalto de Campos do Jordão, a Oeste (W) do Planalto de Camanducaia e a Sudeste (SE) do Sul de Minas, entre as coordenadas $45^{\circ} 45' W$ $22^{\circ} 45' S$ e $45^{\circ} 37' W$ $22^{\circ} 40' S$, próximo à divisa do estado com Minas Gerais.

A bacia do Baú é uma importante sub-bacia do alto curso do Rio Sapucaí-Mirim, tributário do Rio Sapucaí, que por sua vez é afluente do Rio Verde, que faz parte da grande bacia hidrográfica do Rio Grande (Bacia do Paraná).

No contexto regional a área de estudo está inserida no cinturão orogênico do Atlântico (ROSS & MOROZ, 1997), que tem a sua gênese ligada a vários episódios de dobramentos, metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões. Os processos orogênicos estão ligados a várias fases do pré-cambriano, já os epirogenéticos, pós-cretáceos e o terciário médio, estão relacionados com o soerguimento da plataforma sul-americana, que produziu escarpas como a serra do Mar e da Mantiqueira e fossas tectônicas, como o vale do Paraíba do Sul.

De acordo com o modelo de tectonismo gerador e modificador proposto por Ricomini (1989), a formação da depressão original do *Rift* Continental do Sudeste Brasileiro (RCSB), e o seu preenchimento sedimentar e vulcânico, teria ocorrido inicialmente no Paleógeno (Eoceno-Oligoceno), sob a ação de um campo de esforços distensivo de direção NNW-SSE, causador da reativação, como falhas normais, de antigas zonas de cisalhamento proterozóicas de direção NE e ENE. O RCSB continuou sofrendo distensões e compressões em diferentes direções ao longo do Neógeno e Quaternário (figura 3).

Segundo Almeida (1976) toda a evolução do rift resultou na configuração atual do relevo na porção leste do Estado de São Paulo, com feições abatidas (Bacia de Taubaté) e soerguidas (Serra do Mar e da Mantiqueira), ocorrendo um acentuado desnível topográfico entre os compartimentos, com o soerguimento do Planalto de Campos do Jordão acima de 2.000m de altitude.

Na divisão geomorfológica proposta por Almeida (1974) a área de está inserida, na *província* do Planalto Atlântico, *zona* do Planalto de Campos do Jordão, e constitui-se como um planalto tectonicamente alçado, de estrutura cristalina, com limites essencialmente tectônicos, determinados por falhas transcorrentes com direção ENE, tendo a Noroeste (NO) a Falha do Paiol Grande ou de São Bento do Sapucaí, e a Sudeste (SE) a Zona de Cisalhamento de Jundiuvira

O Planalto de Campos do Jordão é limitado ao Sul (S) pela Serra da Mantiqueira Ocidental, a Leste (E) pelo Rio das Bicas, a Oeste pelo Rio Sapucaí-Mirim e a Norte (N) pelas cabeceiras dos afluentes do Sapucaí (Ribeirões Vargem Grande e Piranguinha dos Antunes),

Figura 3: Esboços da evolução do segmento central do Rift Continental do Sudeste Brasileiro

Fonte: Ricomini (2004).

Legenda: 1- falhas de componente predominantemente normal; 2- falha de componente transcorrente sinistral; 3- falha de componente transcorrente dextral; 4- falha componente predominante reversa; 5- falha com movimentação não caracterizada;

Segundo Ross & Moroz (1997) ele está inserido na unidade morfológica planalto e serra da Mantiqueira, onde se observam formas muito dissecadas constituídas basicamente de escarpas, morros com topos aguçados, topos convexos e vales profundamente entalhados. Apresentam vertentes muito inclinadas, com declividades predominantes de 30% a 60%, que, associadas aos tipos de solo e utilização da terra, podem estar sujeitas á processos erosivos intensos e com grande probabilidade de ocorrências de movimentos de massa.

A rede de drenagem apresenta um padrão dendrítico em função da dissecação da área ou um padrão treliça quando condicionada a estrutura geológica, dobras e falhas. Observa-se que os principais coletores do planalto, como o Rio Sapucaí-Mirim, apresentam traçados quase normais às estruturas regionais, fluindo de Sul para Norte, enquanto que a drenagem de menor hierarquia é essencialmente subsequente, concordante com os principais lineamentos de direção ENE (HIRUMA, 1999).

Embora o planalto de Campos do Jordão apresente um relevo clássico de margens continentais passivas com grandes escarpamentos, alguns estudos demonstram que algumas margens continentais não estão inativas e que podem estar sujeitas a pequenos, mas contínuos, processos de tectonismo (MODENESI-GUAUTIERI et al., 2001).

Feições morfotectônicas como capturas de drenagem, facetas triangulares e trapezoidais, vales suspensos, foram cartografadas por HIRUMA (1999), e interpretadas como registro de reativação tectônica (neotectonismo) ao longo de zonas de fraqueza, representadas pelas foliações metamórficas (xistosidade, bandejamento e foleação milonítica) das rochas pré-cambrianas.

2.2 - Caracterização geral da bacia do Ribeirão do Baú

A bacia do Ribeirão do Baú caracteriza-se como uma importante frente de dissecação do Planalto de Campos do Jordão, sendo responsável, juntamente com outros afluentes da margem direita do Rio Sapucaí-Mirim, pelo festonamento da escarpa Sudoeste deste planalto e pela individualização dos Planaltos de Campos do Jordão e o de Camanducaia (figura 4).

A borda festonada do planalto constitui o divisor de águas das bacias do Sapucaí e Sapucaí-Mirim. Esses sistemas fluviais com direções opostas drenam paisagens bastante diversas.

Nas sub-bacias do Sapucaí-Mirim o relevo é mais dissecado com maior entalhamento dos vales e declividades mais elevadas, enquanto no setor do Alto Sapucaí, bacia do ribeirão Marmelos, domina a paisagem típica dos *altos Campos*, à qual esta associada o mosaico de mata e campo com entalhes menos profundos, portanto, com amplitudes altimétricas menores; corresponde

aos terrenos da borda sudoeste do planalto de Campos do Jordão, unidade dos campos do Serrano (MODENESI,1988)

Figura 4: Localização da bacia do Ribeirão do Baú no contexto regional

Fonte: Imagem SRTM, 2000.

Na bacia do Ribeirão do Baú na década de 80, predominavam pastagens, sendo que, apenas na cabeceira e em alguns pequenos setores das vertentes, encontrava-se uma vegetação mais densa, florestada e pequenas parcelas destinadas à silvicultura. Dominavam também as pequenas propriedades com roças de produtos de subsistência e forrageiras para o gado.

O parcelamento do solo, registrado nas aerofotos de 1962, principalmente nas porções mais íngremes das cabeceiras, mostrava uma estrutura em faixas paralelas perpendiculares à calha do rio Sapucaí.

A partir dos trabalhos de campo, pode-se observar que o uso da terra foi bastante transformado, principalmente, em função do abandono de atividades agropecuárias. Com isso, ocorreu um aumento significativo de vegetação arbórea.

Já no planalto de Campo do Jordão a floresta e o campo predominam na paisagem formando um verdadeiro mosaico. De uma maneira geral, os topos interfluviais e vertentes mamelonizadas são ocupados por formações herbáceas e arbustivas, enquanto as vertentes retilíneas, anfiteatros erosivos e planícies fluviais alveolares restritas, são recobertas por formações florestais (DINIZ, 1998). De acordo com Modenesi (1988) o contato entre essas vegetações foi observado por outros pesquisadores e, caracterizado como brusco, sem transição.

Os levantamentos sistemáticos de solos que compreendem a área de estudo foram elaborados em pequenas escalas, apresentando, portanto, pouco detalhamento sobre a variação pedológica ao longo da bacia do Baú.

De acordo com carta de solos (1960) predomina-se na área de estudo o Latossolo Vermelho Amarelo intergrade para Podzólico Vermelho Amarelo. No setor Sudeste (SE) da bacia, cabeceiras do Córrego de Campo e Ribeirão dos Barradas, observa-se o Podzólico Vermelho Amarelo intergrade para Latossolo Vermelho Amarelo; nas cabeceiras do Baú, encontra-se os solos denominados de Campos do Jordão.

Os solos denominados de “intergrade” apresentam características intermediárias entre as unidades Latossolo Vermelho Amarelo Orto e o Podzólico Vermelho Amarelo Orto. O material de origem desses solos são granitos, gnaisses, micaxistos e filitos.

Os solos de Campos do Jordão são solos de cor amarelada, com baixa saturação de bases. Ocorrem em áreas de altitudes elevadas, tendo como material de origem filitos, granitos e gnaisses.

O levantamento pedológico mais recente, elaborado pelo IAC (1999), classifica os solos da bacia do Baú como Argissolos Vermelho-Amarelo distróficos com A moderado e proeminente, e Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos, ambos de textura média/argilosa e argilosa.

Os estudos mais detalhados relacionando as formas de relevo e as respectivas coberturas pedológicas foram realizados por Modenesi (1980,

1984 e 1988) para o planalto de Campos do Jordão. A autora assinala que nos topos dos morros encontrou materiais pouco espessos, com horizontes A pretos ou bruno-escuros e, algumas vezes, horizontes B incipientes. Acima de 1800m de altitude predominam as matizes amarelos (10YR) e abaixo os vermelhos (7,5YR). Observou uma tendência a podolização na porção mais elevada do Planalto e em alguns setores acima de 1.900m afloram restos de antigas lateritas. Esse material aluminoferruginoso bem como os latossolos vermelhos nas vertentes do compartimento de 1800-1820m, testemunham alterações ferralíticas pretéritas, vigentes antes do alçamento do planalto (MODENESI, 1983).

No setor superior das lombas encontrou recobrimento pouco espesso, com horizonte A menos argiloso, com grau de intemperismo da rocha alterada inferior ao observado no topo dos morros. Nos pequenos patamares das lombas ocorre o espessamento dos materiais (>2m), preenchidos por materiais heterométricos atingidos por ação pedogenética incipiente. Em alguns solos mais profundo, normalmente relacionados aos anfiteatros são freqüentes perfis complexos, mostrando sequências com horizontes A enterrados.

A parte convexa superior das vertentes laterais apresenta formações superficiais rasas e muito intemperizadas (semelhantes às do topo e das lombas) e nos setores retilíneos ocorrem os solos menos evoluídos do planalto (MODENESI, 1980).

No interior dos anfiteatros de erosão observou-se uma maior profundidade de intemperismo. Já em suas vertentes podem ocorrer perfis semelhantes aos das vertentes retilíneas revestidas por matas, como os latossolos ou latossolos-húmicos. São encontrados também perfis complexos com horizontes humíferos enterrados, e nas bordas dos anfiteatros de erosão, nas partes mais íngremes, pode ter a ocorrência de afloramentos de rocha sã ou pouco alterada. Depósitos heterométricos muito grosseiros são encontrados na base das vertentes íngremes e na base dos anfiteatros (rampas). Podem ocorrer seixos e blocos recobertos por materiais arenosos e areno-argilosos pedogenizados superficialmente.

Em trabalho recente, Modenesi-Gauttieri et al (2011) estudando perfis de alteração, em três níveis topográficos do planalto de Campos do Jordão, identificaram, a partir de dados mineralógicos e micromorfológicos

complementados com interpretações geoquímicas, fases de laterização mais intensa (alitização) relacionadas aos materiais mais antigos e os interpretaram como sendo uma evidência da vigência de climas tropicais (Paleogeno) antes da formação do *rift* do Paraíba. Da mesma maneira uma fase monossialítica encontrada em materiais de perfis mais profundos, indicaria um momento de climas menos agressivos, vigentes após o soerguimento do planalto (Neogeno).

O planalto de Campos do Jordão é uma área de acentuada individualização climática, com dinamismo atmosférico complexo e caracterizado pela atuação dos sistemas equatorial, tropical e polar (MONTEIRO; CONTI, apud MODENESI, 1988), sobre um relevo de altitude considerável e de compartimentação variada.

A maior extensão do planalto e a incisão profunda dos vales subseqüentes têm influência na distribuição das chuvas, que esboça na área um ritmo tropical, podendo chegar a totais anuais de 2.298mm ou mais. As chuvas estão concentradas no período de outubro a março chegando até 80% do total anual, o que confere um balanço hídrico sem deficiência, mantendo a umidade do solo durante o ano inteiro. Na porção mais elevada do planalto, a influência orográfica provoca diminuição da temperatura e aumento das precipitações.

O Planalto apresenta um clima de altitude caracterizado por amplitudes térmicas diárias. Possui características de clima subtropical devido a sua temperatura (média anual 14,3°C), sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro (17,5 e 17,3°C) com máximas absolutas de até 30°C e os meses mais frios junho e julho (10,9 e 10,8°C) com mínimas absolutas de até -3,2°C. As geadas são comuns de maio a agosto.

2.3 - Arcabouço litoestrutural da bacia do Baú

A bacia do Ribeirão do Baú está inserida regionalmente em um complexo sistema de falhas, situadas entre duas zonas de cisalhamento: Jundiuvira, a Sudeste (SE) de Campos do Jordão e a de Camanducaia, a Noroeste (NO) da cidade de mesmo nome (HIRUMA & TEIXEIRA, 2011).

Encontra-se limitada a Noroeste (NW) pela falhas transcorrentes de Sapucaí-Mirim e a Sudeste (SE) pela falha de Venceslau Brás, as duas com direção Nordeste–Sudoeste (NE-SW), apresentando, portanto, forte controle estrutural.

Esses falhamentos, juntamente com suas ramificações, favoreceram a instalação das principais drenagens, como o Ribeirão do Baú e seus afluentes Córrego da Pedra e Ribeirão dos Barradas.

Vários levantamentos geológicos foram realizados na região da Mantiqueira contemplando a área desta pesquisa, no entanto, esses mapeamentos foram produzidos em pequena escala, apresentando, portanto, dados litológicos bastante generalizados.

Um dos primeiros levantamentos geológicos de semi-detalhe da região da Mantiqueira foi realizado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) em 1977, escala 1:100.000, e apresenta rochas pertencentes ao pré-cambriano (grupos São Roque, Açungui e Paraíba) identificadas como migmatitos complexos com predomínio de estrutura estromatíticas de origem gnáissica, ocasionalmente formados por xistos feldspatizados com teores variáveis de biotita. Em alguns setores esses migmatitos aparecem remigmatizados e penetrado por veios e bolsões róseos de composição granítica e granodiorítica.

Outro estudo sobre a geologia regional muito importante foi realizado por Cavalcante et al (1979), escala 1:250.000. Neste levantamento a área de estudo localiza-se em terrenos do pré-cambriano superior e médio (complexos Piquete e Paraisópolis) onde predominam rochas do tipo biotitas-gnaisses e migmatitos heterogêneos de estrutura estromática.

A compilação desses, e de outros trabalhos, foi publicado por Moraes et al (1999), com o objetivo de integrar e compilar as informações geológicas sobre este setor da Mantiqueira. A carta geológica de Guaratinguetá (1:250.00), resultado desta síntese, insere a bacia do Baú no domínio Socorro-Guaxupé (Complexos Piracaia, Paraisópolis e Varginha) onde predominam rochas ortoderivadas e supracrustais, metamorfizadas de grau médio e alto (granada-biotita- gnaisses, hornblenda-biotita-gnaisses, ortognaisses migmatíticos, biotita-xisto e quartzitos).

O levantamento mais recente, realizado por Perrota et al (2005), apresenta o agrupamento das unidades rochosas da região em uma única

Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária (Complexo Varginha-Guaxupé) .

Neste mapeamento (figura 5) a Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária (NPvog) apresenta-se subdivida em : (NPvog₁) ortognaisses com predomínio de anfibólios (hornblenda) sobre minerais micáceos (biotita) e (NPvog₂) ortognaisses com predomínio de biotita sobre a hornblenda, com intercalações de ortoquartzitos, rochas máficas/ultrmáficas e calciossilicatadas (HIRUMA & TEIXEIRA, 2011).

Os interflúvios da margem direita da bacia, paralelos a falha de Sapucaí-Mirim, incluindo o conjunto de cristas rochosas, denominado de Complexo da Pedra do Baú, constituem-se de (granada)-biotita-hornblenda gnaisses bandados estromáticos, dobrados e redobrados, transpostos e milonitizados (HIRUMA & TEIXEIRA, 2011).

Hiruma & Teixeira (2011) observaram na região do conjunto rochoso (Pedra do Baú, Bauzinho e Ana Chata) a presença de fraturamentos com direção principal ENE-WSW. Essas fraturas podem estar relacionadas à direção das principais falhas que cortam a área (ENE-WSW), mas também podem ocorrer em virtude da foliação metamórfica ou bandamento gnáissico, que constituem planos de fraqueza (foto 1).

As vertentes e os interflúvios da margem esquerda constituem-se de rochas (granada)-biotita-hornblenda gnaisses protomiloníticos bandados, estromáticos, e apresentam frequentemente intercalações de ortoquartzitos, anfibolitos, hornblenda gnaisses e rochas calciossilicatadas.

Nesse setor da bacia, mais precisamente nos interflúvios e vertentes de entre o Ribeirão do Baú, e o Ribeirão dos Barradas, foi identificada a presença de um corpo rochoso predominantemente quartizítico, associado a veios de quartzo e micaxistos, com várias fraturas e, em alguns casos, presença de xistosidade. (foto 2)

Figura 5 – Contexto geológico da região da bacia do Ribeirão do Baú

LEGENDA

Limites do Planalto de Campos do Jordão

▲ Ponto culminante da Pedra do Baú (1905 m)

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

ÉON		ERA	PERÍODO	10 ^{os} anos		
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	NEÓGENO	HOLOCENO	0,01	Q2a Depósitos aluvionares: areia, areia quartzosa, cascalheira, silte, argila e, localmente, turfa.	
			MIOCENO	5,3	Np Formação Pindamonhangaba: conglomerado basal com granodrecrescência ascendente para arenito progressivamente mais fino; no topo, ocorrem siltito maciço ou estratificado e pacotes de arenitos com estratificação sigmoidal; ambiente continental fluvial meandrante.	
		PALEOGENO	23,0	GRUPO TAUBATÉ		
	Er			Esp Et	Formação Resende (r): conglomerados com matriz lamítica arenosa, lamito arenoso e arenito e níveis conglomeráticos; ambiente continental fluvial de rios entrelaçados e de leques aluviais. Formação São Paulo (sp): arenito grosso conglomerático, siltito e argilito com base erosiva; ambiente continental fluvial meandrante, Formação Tremembé (t): argilitos verdes maciços, folhelhos pirobetuminosos, margas e calcários dolomíticos, fossilíferos; ambiente continental lacustre.	
	MESOZÓICO		CRETÁCEO	65,5		
				86,0	K27,po Complexo plutônico alcalino Ponte Nova: piroxenitos, olivina piroxenitos e olivina gabros, médios a grossos, parte com biotita e/ou kaersutita. Truncado por diques alcalinos (lamprófitos, tinguaitos e fonólitos).	
	PALEOZOICO	CAMBRIANO	145,0			
			251,0			
			488,0			
		542,0	NP3ε1i Formação Pico de Itapeva: metaconglomerado, metarenito metarritmito siltico-argiloso, na base; metarenito e metaconglomerado polimítico, no topo.			
PROTEROZÓICO	NEOPROTEROZÓICO	EDIACARIANO	PROVÍNCIA MANTIQUEIRA			TERRENO EMBU MAGMATISMO DOMÍNIO EMBU
			TERRENO EMBU			
			MAGMATISMO DOMÍNIO EMBU			
			NP3εy1Smp	Granitóides foliados peraluminosos, tipo S (NP3εy1S).	NP3sy1lctj NP3sy1lct NP3sy1lsc NP3sy1lsp NP3sy1lpv NP3sy2Ssap NP3syi	
			NP3εy1Stq	Morro da Piedade: (Granada)-muscovita-biotita granito (3b), equigranular, cinza-claro, com estruturas migmatíticas (mp); Taquaral: muscovita-biotita granito cinza (tq).		
			630,0	COMPLEXO EMBU		
CRIOGENIANO	NPpeg	Paragnaisses: muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaiss migmatítico, biotita gnaiss tonalítico a granodiorítico, xistos gnaissóides e biotita gnaiss quartzoso (pg); Gnaisses bandados: biotita gnaiss granítico e granodiorítico alternado com biotita gnaiss monzodiorítico, biotita-hornblenda-granada gnaiss, anfibolito e quartzito (gb); Orrognaises: biotita gnaiss homogêneo, granodiorítico a tonalítico (og).	NPvm NPvog			
	NPegb					
	NPeog

Localização da área do mapa geológico.

TERRENO SOCORRO-GUAXUPÉ

MAGMATISMO RELACIONADO AO ORÓGENO SOCORRO-GUAXUPÉ

NP3sy1lct	Granitos foliados e ortognaisses, calcioalcalinos, tipo I (NP3sy1I).
NP3sy1lct	Campos do Jordão: hornblenda-biotita granito porfírico, localmente milonítico (cj); Cantagalo: hornblenda granito (3a) acinzentado a róseo, inequigranular e porfírico, localmente foliado (ct); Serra dos Poços (grande): hornblenda-biotita granito com megacrista, cinza, foliado, porfírico (sc); Serra Preta: granito tipo Bragança Paulista (sp); Pail Velho: biotita granito 3b, cinzento a róseo, protomilonítico a milonítico, localmente porfírico (pv).
NP3sy1lps	
NP3sy1lps	
NP3sy1lps	
NP3sy2Ssap	Granito porfírico do tipo S (NP3sy2S). Serra do Alto da Pedra: biotita granito acinzentado a rosado inequigranular por vezes porfírico (sap).
NP3syi	Granitos indiferenciados (i).

COMPLEXO VARGINHA-GUAXUPÉ

NPvm	Unidade paragneíssica biotita-gnaissica superior (NPvm): (cordierita)-granada-sillimanita-miotita-gnaisses bandado com leucossorta (a) e gnaisses
NPvog	máfic, micaxisto restrito; neblito gnaíssico-granítico e ortogneísses intrusivos, metapsamito com metacarbonato e gnaisses calciosilicático subordinados; intercalações de gnaisses básico a intermediário e metabásica.
	Unidade ortogneíssica intermediária (NPvog): biotita-hornblenda-neblito de composição granodiorítica, granítica, sienítica e monzonítica; granito gnaíssico anatóxico metaluminoso, comunita porfírico; intercalações de metassedimentos diversos; rochas máficas e ultramáficas com ou sem hiperstênio, macias ou gnaissificadas.

Fonte: HIRUMA & TEIXEIRA, 2011.

Foto 1 - Foliação do gnaiss coincide com a direção e com a forma alongada dos corpos rochosos dos interflúvios da margem direita do Baú (Pedra do Baú, Bauzinho e Ana Chata). (foto de João Christof, 2011)

Foto 2 – Pedreira com afloramento de quartzito bastante fraturado (direção N65°E), com presença de veios de quartzo (foto da autora).

De uma maneira geral, não foi observada uma variação significativa de litologia entre as vertentes da bacia do Baú, portanto, algumas diferenças analisadas ao longo da bacia, como por exemplo, a presença de interflúvios em forma de cristas em apenas um dos limites (Complexo da Pedra do Baú) está relacionada, principalmente, ao controle tectônico e estrutural e não litológico (HIRUMA & TEIXEIRA, 2011).

3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

3.1 - Revisão bibliográfica

3.1.1 - A valorização da forma no estudo geomorfológico

“Para que serve a forma?”

Eu gostaria de exprimir minha convicção de que o conhecimento da forma – de um objeto, de uma planta, de um animal – dá acesso a muito mais informações essenciais que uma investigação analítica num domínio quantificável seja ele qual for.”

Hallé, 1999.

O termo **forma** possui vários significados em nossa língua e conseqüentemente acaba sendo utilizado por diversas áreas do conhecimento.

Na Física e na Química, por exemplo, é usado como sinônimo de estado da matéria. Já na Filosofia ela é considerada o mesmo que essência e na Farmácia é o modo que se apresenta um medicamento.

Além desses usos, a palavra, de uma maneira geral, pode ser utilizada para designar a configuração de corpos e objetos, auxiliando principalmente em descrições e caracterizações.

A ciência da forma, ou morfologia, foi desenvolvida em diversas áreas do conhecimento como, por exemplo, na biologia e na geomorfologia, sendo responsável pelo desenvolvimento de varias propostas de classificação, sistematização e ordenação de elementos.

No entanto, nas últimas décadas, ela passou a ser considerada por muitos pesquisadores como ultrapassada, ou como uma espécie de ciência preliminar.

Hallé (1999) afirma que a forma dá acesso a muito mais informações essenciais que uma investigação analítica de domínio quantificável, pois para ele, a forma é integradora de tendências internas, e que nos oferece, de imediato, uma possante *síntese*.

Nesse sentido, pesquisas que valorizem a forma, como objeto de estudo, devem ser resgatadas, principalmente no âmbito da Geomorfologia

onde segundo Joly (1977) “no centro de todo estudo geomorfológico, há definitivamente, uma forma ou um conjunto de formas do relevo”.

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo, sua gênese, sua evolução e suas relações no espaço geográfico em diferentes escalas espaciais.

Nos três ramos principais da Geomorfologia: estrutural, climática e dinâmica a *forma* é investigada a partir de um questionamento.

Na estrutural, se interessa pela evolução dos grandes conjuntos morfoestruturais, pelo estudo da resistência das rochas, da deformação do material (VALADAS, 2004). Neste caso, as *formas denominadas de estruturais* evidenciam a influência das forças internas da Terra (endógenas) na formação do relevo.

Na geomorfologia climática estuda-se o modelado através dos processos exógenos. As *formas* são compreendidas como produto da ação do clima sobre a estrutura, formadas por processos diversos, e que evoluem e se transformam a partir de tempos variados; podem ser resultantes de climas atuais ou pretéritos.

Já geomorfologia dinâmica busca compreender a natureza dos processos e os seus efeitos sobre o modelado terrestre. As *formas* são divididas basicamente em produtos de processos de erosão ou de acumulação.

Para Abreu (1982) a *forma* é uma síntese metodológica, já que a partir dela procura-se obter informações necessárias para a compreensão da sua essência, dinâmica e propriedades adquiridas. A *forma* pode ser vista também como a expressão da dinâmica ou do movimento dos materiais responsáveis pela morfogênese na crosta terrestre.

A *forma* pode ser o ponto de partida para os mais diferentes estudos, devido a sua influência, direta ou indireta, na formação dos solos, na distribuição da vegetação e no clima, o que explica a estreita relação com outras ciências da Terra, como a geologia, climatologia, hidrologia, geoquímica e pedologia.

Para Joly (1977) a *geomorfologia* ao propor o *estudo das formas* chama a atenção à originalidade e às funções atribuídas, como: a) descrição, classificação e localização das formas do relevo (morfografia); b) investigação sobre a origem das formas (morfogênese), sua evolução no tempo

(morfocronologia) e sobre as formações superficiais correlativas desta evolução (morfosedimentologia); c) determinação dos processos responsáveis pelas transformações passadas e atuais do relevo, seguida da medida e da explicação do sentido, velocidade e das conseqüências de suas ações (morfodinâmica); d) avaliação, enfim, das dimensões das formas do ponto de vista de sua localização e de suas relações no espaço (morfometria).

Essas *funções* mostram a complexidade dos estudos geomorfológicos, e evidenciam a necessidade de metodologias e técnicas que consigam abranger essa multiplicidade.

Ab' Saber (1969) propôs que a análise do relevo deva seguir três etapas, ou níveis de tratamento, que mostram complexidade crescente: a) compartimentação topográfica; b) a estrutura superficial e c) fisiologia da paisagem.

A *compartimentação topográfica* deve contemplar a delimitação de domínios morfológicos com características específicas, como determinados tipos de formas ou domínios altimétricos. A *estrutura superficial* refere-se ao levantamento e análise das formações superficiais e dos depósitos correlativos dos diferentes compartimentos enquanto que a *fisiologia da paisagem* considera os processos morfodinâmicos bem como as transformações produzidas na paisagem pela intervenção antrópica.

Para integrar, correlacionar e sintetizar todos os níveis de tratamento destaca-se a proposta de cartografia geomorfológica de detalhe como um procedimento adequado na articulação de todas as variáveis envolvidas.

3.1.2 - A cartografia geomorfológica: o inventário das formas

No contexto da Geomorfologia, a representação das formas é fundamental no desenvolvimento do conhecimento científico. Segundo DONNÉ (1981), *nunca houve pesquisa geomorfológica sem representação cartográfica*, mesmo sendo em forma de croquis. No entanto, a cartografia geomorfológica passa a ser mais discutida após o 18º Congresso Internacional de Geógrafos da UGI no Rio de Janeiro, em 1956.

A partir deste congresso cresce o número de publicações sobre esta temática, culminando na criação da Subcomissão para o Mapeamento Geomorfológico da União Internacional de Geógrafos em 1958, no Congresso de Estocolmo. Em consequência disso, ampliam-se consideravelmente as discussões, surgindo desde propostas sobre padronização de legendas até a questão da classificação taxonômica.

Seguindo este mesmo raciocínio e buscando definir princípios para a cartografia geomorfológica, Tricart (1965) estabeleceu que no mapeamento geomorfológico de detalhe devessem ser incluídos os seguintes dados:

- **morfométricos:** referem-se ao tamanho das formas. Dizem respeito às medidas, dimensões, declividades das formas. Podem ser representados pelas curvas de nível.
- **morfológicos ou morfográficos:** referem-se à representação qualitativa das formas do relevo, sua aparência.
- **morfogenético:** apontam à origem das formas representadas.
- **cronológicos:** correlacionam as formas com a evolução geomorfológica regional. Devem apresentar a idade das formas, diferenciando as formas derivadas de processos pretéritos das atuais.

Embora exista toda essa sistemática quanto ao conteúdo das cartas geomorfológicas, sabe-se que muitas vezes o mapeamento elaborado apresenta parcialmente essas informações, como é caso das cartas morfológicas.

As **cartas morfológicas** são aquelas onde apenas os dados **morfométricos e morfográficos** são representados. Embora possuam um caráter descritivo, esses dados são importantes, pois fornecem indícios de alguns processos morfogenéticos (FURQUIM, 1997).

Além disso, *a carta morfológica é base para todo estudo geomorfológico. É um documento de base, de referência, e que mostra um quadro a partir do qual é possível compreender a organização espacial das formas, sua diversidade e densidade, orientando tanto no entendimento da evolução da paisagem quanto na delimitação de áreas que necessitam de investigação mais detalhada.*

Ressaltando a importância do enfoque deste mapeamento, Demek (1967) afirmou que um mapa geomorfológico de detalhe deve ter como principal conteúdo as formas de relevo concretas e suas partes.

Além dos conteúdos das cartas geomorfológicas, a escala espacial, ou seja, a ordem de grandeza das formas mapeadas deve ser considerada no momento do mapeamento.

Em virtude disso, alguns autores dentre eles, Tricart (1965) e Ross (1992), procuraram estabelecer uma classificação taxonômica do relevo, embora utilizando concepções teóricas diferentes. De modo geral, a primeira relaciona as diferentes ordens de grandeza das formas de relevo com as idades das formas e os processos atuantes, e a segunda apóia-se fundamentalmente no aspecto fisionômico.

Na classificação taxonômica proposta por Tricart (1965) os mapeamentos que foram desenvolvidos na pesquisa contemplam as ordens de grandeza V e VI (quadro 1). Já conforme o esquema (figura 6) apresentado por Ross (1992), as formas que serão mapeadas nesta pesquisa correspondem aos 3º, 4º, 5º e 6º táxon.

Figura 6 - Esquema da classificação taxonômica proposta por Ross (1992)

Fonte: Ross (1992).

Quadro 1 - Classificação taxonômica dos fatos geomorfológicos (TRICART, 1965)

Ordem	Unidade de superfície (km ²)	Características das unidades (exemplos)	Unidades climáticas correspondentes	Mecanismos genéticos que comandam o relevo	Ordem de grandeza de permanência temporal
I	10 ⁷	Continentes, Bacias Oceânicas (configuração do globo)	Grandes conjuntos zonais, comandados pelos fatores astronômicos.	Diferenciação da crosta terrestre, "SIAL" e "SIMA"	10 ⁹ anos
II	10 ⁶	Grandes conjuntos estruturais (Escudo Escandinavo, Tétis, Bacia do Congo)	Grandes tipos de climas (interferência de influências geográficas com os fatores astronômicos).	Movimentos da crosta terrestre, como a formação de geossinclinais. Influências climáticas sobre a dissecação.	10 ⁸ anos
III	10 ⁴	Grandes unidade estruturais (Bacia de Paris, Jura, Maciço Central).	Nuances nos tipos de climas, mas sem grande importância para a dissecação.	Unidades tectônicas tendo uma ligação com a paleogeografia. Velocidade de dissecação influenciada pela litologia.	10 ⁷ anos
IV	10 ²	Unidades tectônicas elementares: maciços montanhosos, horsts fossas.	Climas regionais com influências geográficas sobretudo nas regiões montanhosas.	Influência predominantemente da tectônica; secundária da litologia.	10 ⁷ anos
V	10	Acidentes tectônicos: Anticlinal, calha e sinclinal, etc, monte, vale, etc.	Climas locais influenciados pela disposição do relevo: encostas mais e menos expostas à insolação; degraus montanhosos.	Predominância da litologia e das estruturas; influências estruturais clássicas.	10 ⁶ a 10 ⁷ anos
VI	10 ⁻²	Forma do relevo: crista, terraço, circo, moraina terminal, conre de dejeção.	Microclima diretamente ligado à formas (nicho de nivação, por exemplo)	Predominância do fator morfodinâmico, influenciado pela litologia.	10 ⁴ anos
VII	10 ⁻⁶	Microformas: lentes de solifluxão, solos poligonais, ravinas.	Microclima diretamente ligado à forma por autocatálise (exemplo: lápies).	Idem	10 ² anos
VIII	10 ⁻⁸	Microscópia: detalhes de corrosão, de polimento, etc.	Micromeio	Interferência da dinâmicas e da textura da rocha.	

Fonte: Tricart, J. - 1965 (apud Santos, 1989).

3.1.3 - Legenda geomorfológica: um universo de possibilidades

Embora atualmente haja consenso quanto ao conteúdo dos mapas geomorfológicos, principalmente os de escala de detalhe, *a maneira de representar as formas de relevo* ainda diverge em vários pontos, permitindo assim inúmeras possibilidades de legendas.

Muitos geomorfólogos admitem a necessidade de se estabelecer uma legenda uniforme a fim de facilitar a comparação entre os mapas produzidos nas diversas regiões do mundo. No entanto, mesmo com os esforços da Subcomissão de Mapeamento Geomorfológico da UGI (1968) em estabelecer uma legenda unificada isso não se tornou uma realidade.

A cartografia geomorfológica é considerada, dentro cartografia temática, uma representação tipológica (qualitativa) e, sendo assim, deve utilizar variáveis visuais com propriedades perceptivas no aspecto qualitativo, ou seja, que possibilite a caracterização das relações de diversidade e similaridade entre as formas de relevo.

Algumas legendas geomorfológicas propõem a representação das formas em polígonos ou manchas homogêneas, que representam conjuntos de formas semelhantes, sendo utilizadas principalmente para mapeamentos em media e pequena escala.

Os documentos produzidos com essas propostas que trabalham com conjunto de formas, como por exemplo, sistemas de relevo, apresentam-se como documentos cartográficos visualmente simples, pois as informações não estão expressas de forma direta no mapa. A complexidade esta na legenda, que deverá informar, para cada cor utilizada, as formas de relevo predominantes, as declividades, as altitudes, as densidades e distribuição dos elementos, entre outros. O mapa aparentemente simples exige que o leitor construa uma imagem a partir das informações dadas pela legenda. Nessa proposta é utilizada área como elemento de representação e das variáveis visuais a cor é a principal.

Outras propostas de legendas utilizam símbolos lineares e pontuais para representar as formas do relevo, sendo que algumas dessas representações tornaram-se bastante usuais.

A escolha de uma legenda deve ser realizada segundo o objetivo do trabalho, obedecendo a parâmetros taxonômicos, as características morfológicas da área, e principalmente, deve estar de acordo com a escala do mapeamento, pois dependendo da ordem de grandeza das formas a serem mapeadas pode-se *representar uma feição do relevo ou um conjunto de formas*.

Neste trabalho foi feita a opção de se aplicar duas propostas diferentes de legenda para a construção dos mapas morfológicos na escala 1:50.000 e 1:10.000, pois além de promover o aprendizado e aplicação de diferentes legendas, procurou-se adequar a representação à escala das aerofotos, documento essencial para identificar e mapear os aspectos morfológicos do relevo.

Para o mapeamento morfológico da bacia do Ribeirão do Baú (1: 50.000) usou-se como diretriz a legenda proposta na RCP nº77 do C.N.R.S-França. Essa legenda já havia sido apresentada, discutida e testada, durante o Projeto Franco-Brasileiro “Estudo e Cartografia das Formações Superficiais” (QUEIROZ NETO, J.P. e JOURNAUX, A., 1978), quando da elaboração das Cartas Geomorfológicas (Marília, São Pedro, Parateí e Lagoa Santa). Trata-se de uma proposta com forte atributo genético privilegiando informações quanto a gênese das formas, sua distribuição e arranjo, a interação com outras formas e depósitos correlativos, entre outros.

Nesta legenda cada táxon, ou unidade geomorfológica, é definido através do conjunto de vários elementos, como: localização, contexto estrutural e morfogenético, as formações superficiais e as características morfológicas das formas. As cores utilizadas são atribuídas à morfogênese, domínio morfoclimático e, ao contexto estrutural. As variações de intensidade da cor indicam cronologia, sendo que as mais intensas correspondem às formas mais recentes.

A outra legenda utilizada, escolhida especialmente para o mapeamento da área do estudo de detalhe (1:10.000), foi proposta por Savigear (1965) e adaptada por Cooke e Doornkamp (1990).

A técnica de mapeamento morfológico proposta por Savigear (1965) foi criada, no Departamento de Geografia de Sheffield, Inglaterra, com o intuito de ensinar os estudantes a reconhecer as formas de relevo.

Segundo Savigear (1965) o desenvolvimento desta técnica e o uso dos símbolos foram baseados na idéia de que a superfície é constituída por planos interseccionados em côncavos e convexos, angular ou curvo e descontinuidades. *Sendo assim, uma descontinuidade angular foi definida como uma ruptura de vertente e uma descontinuidade curva como uma mudança de vertente.* (figura 7)

Os símbolos utilizados nesta legenda são, basicamente, linhas contínuas e descontínuas com pequenas representações sobre elas, e setas que indicam a direção da vertente.

Esta proposta de representação do relevo foi desenvolvida para mapas de grande escala, indicada principalmente para mapeamentos em escalas superiores a 1:25.000, e preferencialmente entre 1:7.000 e 1:7.500.

Segundo Savigear (1965) a aplicação dessa técnica torna-se mais difícil em paisagens de relevos pouco dissecados, com vertentes suavemente inclinadas (côncavas/convexas), devido a dificuldade de localizar os limites entre os segmentos, e conseqüentemente, de marcar as mudanças de declividades, mas mesmo assim, pode ser aplicada em todas as partes do mundo.

Cooke e Doornkamp (1990) ratificaram a proposta de Savigear (1965) quando afirmaram que o mapeamento da superfície da forma deve ser baseado no sistema de mapeamento morfológico que depende do reconhecimento da junção entre vertentes de diferentes declividades e a direção da inclinação.

O mapa deve ser construído através do registro da natureza e posição das junções das vertentes (côncavo ou convexo), além da direção das vertentes, juntamente com o grau da declividade que pode ser mostrado através de um valor numérico ou de cores que indicam a classe de declividade.

Segundo Cooke e Doornkamp (1990), a escala do mapeamento pode ser determinada pela da topografia da área, ressaltando que, em áreas intensamente dissecadas o mapeamento deve ser realizado em escalas grandes (1: 10.000).

Figura 7 – Esquema do sistema de mapeamento proposto por Cooke e Doornkamp(1990)

Fonte: Adaptado de Cooke & Doornkamp (1990)

A técnica de mapeamento possibilita o levantamento de dados relacionados à declividade, além de permitir a correlação das características geológicas e pedológicas e obter sinais do trabalho do escoamento da água (COLTRINARI, 1992).

Outra vantagem desta técnica apontada por Soares (2007) é a apresentação de uma legenda sucinta e a possibilidade de introdução de outros símbolos em função das necessidades observadas durante o mapeamento.

As duas legendas utilizadas, bem como, a técnica empregada, busca mapear as formas individualmente, destacando a sua localização, valorizando a geometria e quantidade das feições.

3.2 - Materiais e técnicas

3.2.1- Etapas do trabalho

Para facilitar a compreensão sobre o encadeamento desta pesquisa optou-se em dividi-la em três etapas: levantamento de dados e bases de apoio, sistematização/correlação e análise, conforme o fluxograma abaixo.

3.2.2 - Materiais utilizados

Os materiais utilizados para a caracterização geral da bacia e na elaboração dos produtos cartográficos são apresentados no quadro abaixo:

Materiais utilizados na pesquisa	
Cartas topográficas	<ul style="list-style-type: none"> - Cartas Topográficas do IBGE 1:50.000, folhas: Campos do Jordão (SF-23-Y-B-Y2) 1971 e Tremembé (SF-23-Y-B-Y-V-4) 1974. - Base cartográfica digital a partir da compilação das folhas Cartas Topográficas do IBGE 1:50.000, folhas: Campos do Jordão (SF-23-Y-B-Y2) 1992 e Tremembé (SF-23-Y-B-Y-V-4) 1986. - Cartas Topográficas do IGC 1:10.000, folhas: SF-23-Y-B-V-2-SO-C, SF-23-Y-B-V-2-SO-D, SF-23-Y-B-V-2-SO-E, SF-23-Y-B-V-2-SO-F, SF-23-Y-B-V-2-SE-C, SF-23-Y-B-V-2-SE-E, SF-23-Y-B-V-4-NO-A, SF-23-Y-B-V-4-NO-B, SF-23-Y-B-V-4-NE-A.
Mapas temáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – 1:1.000.000 - IPT (1981) - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – 1:500.000 - ROSS & MOR (1997). - Mapa Pedológico do Estado de São Paulo - 1:500.000 - IAC (1999). - Mapa Geológico da Região Administrativa 3 do Estado de São Paulo – 1:200.000 - IPT (1977). - Mapa Geológico do Projeto Sapucaí – 1:250.000 - CPRM (1979) - Mapa Geológico da Folha de Guaratinguetá – 1:250.000 - CPRM (1999) - Mapa Geológico do Estado de São Paulo – 1:750.000 - CPRM (2005)
Aerolevantamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Fotografias-Aéreas 1:8.000 - IBC (1982) - Faixa 01(Fotos 8672 a 8676) e Faixa 02A (Fotos 4230 a 4234). - Fotografias-Aéreas 1:25.000- IAC (1962) Região 7. Numeração: (7281 a 7285, 7331 a 7339, 7343 a 7347). Fotografias-Aéreas 1:25.000. Obra O-1062 (2009). Faixa 06 (Fotos 0310 a 0319), Faixa 07 (Fotos 0247 a 0257) e Faixa 08 (Fotos 5184 a 5190).
Imagens de Satélite	<p>SRTM (2000)</p> <p>Imagem de satélite – Google Earth (2007)</p>

3.2.3 - Construindo o esboço morfoestrutural (1:250.000)

O esboço morfoestrutural – 1:250.000 (figura 9) foi elaborado a partir da adaptação de duas metodologias, Basenina e Trescov (1972) e Neves et al (2003), que descrevem procedimentos de mapeamento e de compartimentação morfoestrutural.

A proposta que Basenina e Trescov (1972) apresentam para o mapeamento de morfoestruturas é a metodologia desenvolvida e aplicada no Laboratório para mapeamento geomorfológico da Universidade de Moscou, e que consiste resumidamente em:

- 1- Análise das cartas geológicas e tectônicas da área de estudo (em escalas pequenas e grandes), e transferência dos principais falhamentos para um papel transparente.
- 2- Análise das cartas topográficas (em escalas pequenas e grandes) para confecção da **carta das rupturas tectônicas e formas de superfícies lineares**, baseada principalmente na rede de drenagem, e da carta de elementos do relevo, produzida a partir das características morfográficas e morfométricas, tendo como conteúdo: cristas e superfícies de cimeira, escarpas, vales fluviais, diferenciados em relação à declividade e a altitude em que se encontram.
- 3- Construção e análise de perfis geológicos-geomorfológicos (longitudinais e transversais aos rios e vales), a fim de separar os níveis isolados do relevo.
- 4- Interpretação das fotografias-aéreas e correlação dos elementos do relevo com os falhamentos de diferentes ordens de grandeza, visando estabelecer a sua origem.
- 5- Controle de campo para correção das cartas elaboradas no laboratório e possível coleta de materiais para posterior análise.

- 6- Finalização da carta com a integração das informações coletadas, revisão da carta das formas de relevo e o estabelecimento de caráter genético.

Neves et al (2003) na definição da compartimentação morfoestrutural utiliza como parâmetros o arranjo dos tipos de relevo, a direção dos feixes de lineamentos, os diferentes níveis hipsométricos, o alinhamento de escarpas e confluências, e as anomalias de drenagem.

O esboço Morfoestrutural (figura 10) foi elaborado a partir da adequação dessas metodologias, tendo como materiais de base, a carta topográfica do IBGE, folha Guaratinguetá, na escala 1:250.000, a carta geológica do Projeto Sapucaí (1979) na escala 1:250.000, e a imagem SRTM (2000). Essa documentação foi utilizada na confecção das cartas: lineamentos de drenagem (figura 11), elementos do relevo e os perfis topográficos (figura 12).

As análises e correlações entre essas cartas possibilitaram a definição dos compartimentos a partir do critério de manchas homogêneas, que consiste, basicamente, na delimitação de áreas em função de características semelhantes.

Nesta carta os compartimentos morfoestruturais foram representados por diferentes cores, as informações dos falhamentos regionais por linhas e as principais feições do relevo através de símbolos pontuais.

É importante ressaltar que, as cores utilizadas neste mapeamento não apresentam conotação genética, ou de qualquer outra natureza, sendo que foram eleitas, simplesmente, com o intuito de facilitar a identificação das áreas mapeadas.

A legenda do esboço morfoestrutural apresenta, além do significado das simbologias e cores empregadas, uma sintética tabela com os dados morfométricos (intervalos de altitudes e de declividades), juntamente com informações de litologia e formas de relevo predominantes em cada compartimento.

Para facilitar a compreensão, os procedimentos utilizados na produção das cartas utilizadas na construção do esboço morfoestrutural serão descritos a seguir:

➤ Elaboração da carta de lineamentos de drenagem

A carta de lineamentos de drenagem (figura 11) foi produzida a partir da análise minuciosa da rede drenagem extraída da carta topográfica do IBGE, folha Guaratinguetá (1:250.000) com a definição de todos os traçados retilíneos das drenagens, levando-se em conta seus respectivos tamanhos e orientações.

Para facilitar a leitura foram confeccionados três cartogramas (em papel vegetal), cada um apresentando apenas uma orientação do traçado da drenagem (N-S, NE-SW e NW-SE).

Com base nesses cartogramas foi possível produzir o Diagrama de Rosetas, que apresenta de forma quantitativa o direcionamento predominante dos lineamentos da drenagem.

Na elaboração do gráfico determinou-se a direção (rumo em graus) de cada lineamento mapeado; esses dados alimentaram um arquivo texto (.txt) que foi utilizado em um software livre, denominado de *OpenStereo*.

Após a elaboração do diagrama de rosetas, todos os lineamentos foram vetorizados no software *CorelDraw 12* e apresentados em um único mapa.

➤ Elaboração da carta dos elementos do relevo

A carta dos elementos do relevo foi produzida sobre um papel transparente, a partir da leitura e análise da carta topográfica do IBGE (1:250.000), de acordo com a proposta de Basenina & Trescov (1972).

Primeiramente, neste mapeamento foram assinalados os elementos do relevo (cristas e vertentes) do ponto de vista morfométrico. Para isso, foram utilizadas diferentes cores para representar as cristas, de acordo com as variações altimétricas e de forma, e as vertentes foram setorizadas em função das declividades.

Posteriormente, as vertentes e as áreas das planícies aluviais foram subdivididas de acordo com as posições altimétricas dominantes e, as estruturas maiores do relevo, como as escarpas, foram mapeadas através de símbolos especiais.

Além disso, as anomalias de drenagem, como cotovelos, e as informações da tectônica, como os falhamentos registrados na carta geológica (1:250.000), foram também observados e assinalados sobre esta carta.

➤ Construção dos perfis topográficos a partir da Imagem SRTM

Os perfis topográficos na escala regional (figura 12) foram produzidos no software *Global Mapper* a partir da imagem SRTM, e retrabalhados no *Corel Draw 12*, onde foram colocadas as informações da litologia extraídas da carta geológica (1:250.000).

Estes perfis possibilitaram uma leitura gráfica importante, indicando os níveis topográficos predominantes em cada compartimento, auxiliando assim na definição da compartimentação morfoestrutural regional.

➤ Correlação dos produtos cartográficos e elaboração do esboço morfoestrutural

A partir da sobreposição e correlação dos falhamentos (extraídos da carta geológica) com as cartas de elementos do relevo e lineamentos de drenagem, juntamente com análise dos perfis topográficos, foi possível delimitar os compartimentos morfoestruturais.

Vale ressaltar que, a carta dos elementos do relevo foi fundamental na metodologia empregada, pois permitiu a identificação dos diferentes níveis topográficos e a definição de setores de maior ou menor declividade, que possibilitaram o estabelecimento das manchas homogêneas e conseqüentemente a definição da compartimentação morfoestrutural regional.

3.2.4 - Conhecendo a morfometria da bacia do Baú

Para estabelecer as características morfométricas da bacia foram elaborados perfis topográficos ao longo do eixo do Ribeirão do Baú e confeccionadas as cartas de hierarquização da drenagem, que forneceu os dados necessários para calcular os parâmetros morfométricos.

➤ Carta da hierarquia da drenagem

A carta da hierarquia da drenagem da bacia do Ribeirão do Baú (figura 13) foi elaborada segundo o método proposto por Strahler (1952), a partir da rede de drenagem extraída das cartas topográficas do IBGE, folhas Campos do Jordão e Tremembé, na escala 1:50.000, e considerando apenas a rede permanente de canais.

Nesta proposta os canais que não possuem tributários são considerados de primeira ordem. Quando os canais de primeira ordem se unem, formam um de segunda ordem; quando os de segunda ordem se encontram, formam os de terceira ordem e assim sucessivamente. Sendo assim, o aumento na ordem de um rio só ocorrerá quando dois rios de mesma ordem se encontrar

Para facilitar a análise desta carta foram utilizadas diferentes cores, pois favorecem a leitura, o zoneamento, e a visão espacial das diferentes ordens hierárquicas da drenagem. Além disso, por constituir um documento de estudo, ela não será apresentada sobre uma base topográfica.

➤ Parâmetros morfométricos da Bacia do Baú

Os parâmetros morfométricos foram calculados para subsidiar a análise quantitativa da bacia do Ribeirão do Baú. Os dados utilizados foram extraídos das cartas topográficas do IBGE (1:50.000), e da carta de hierarquização da drenagem (1:50.000) (figura 13).

As medições como: perímetro da bacia, comprimento dos canais por ordem, dimensão do perfil longitudinal do rio principal e dimensão vetorial foram realizadas com auxílio do *curvímetro*. A área da bacia foi estabelecida pelo *método do quadrante*, e através da leitura das curvas de nível foi definida a amplitude altimétrica do canal principal.

Os parâmetros morfométricos foram selecionados e agrupados em três itens: *análise linear*, *análise areal* e *análise hipsométrica*, de acordo com a proposta de Christofolletti (1980, p.109), e organizados em quadros (2, 3 e 4).

Quadro 2 - Parâmetros morfométricos para análise hipsométrica da bacia

Parâmetro	Equação	Variáveis	Significado
Relação de relevo (Rr)	$Rr = \frac{\Delta a}{L}$	Rr = Relação de relevo Δa = Amplitude altimétrica da bacia (m) L = Comprimento do canal principal (m)	Estabelece a relação entre a diferença entre a altitude máxima e a mínima na bacia com o comprimento total do canal principal.
Índice de rugosidade (Ir)	$Ir = \Delta a \times Dd$	Ir = Índice de rugosidade Δa = Amplitude altimétrica da bacia (m) Dd = Densidade de drenagem	Estabelece a rugosidade da bacia através da relação das vertentes com a densidade de drenagem. Áreas com índice de rugosidade elevado são potencialmente mais susceptíveis a grandes cheias.

Quadro 3 - Parâmetros morfométricos para análise areal da bacia

Parâmetro	Equação	Variáveis	Significado
Índice de circularidade (Ic)	$I_c = \frac{A}{A_c}$	<p>Ic = índice de circularidade</p> <p>A = Área da bacia (km²)</p> <p>A_c = Área da do círculo de perímetro da bacia (km²)</p>	<p>Estabelece a relação entre a área da bacia e a área de um círculo de mesmo perímetro.</p> <p>Ic 0,51 – escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas.</p> <p>Ic > 0,51 – bacia circular favorecendo os processos de inundação.</p> <p>Ic < 0,51 – bacia mais alongada favorecendo o escoamento.</p>
Fator de forma (Kf)	$K_f = \frac{A}{L^2}$	<p>Kf = Fator forma</p> <p>A = Área da bacia (km²)</p> <p>L2 = Comprimento máximo da bacia ao quadrado</p>	Relação da forma da bacia com a de um retângulo. O fator de forma baixo indica uma menor probabilidade de enchentes.
Densidade de rios (Dr)	$D_r = \frac{N}{A}$	<p>Dr = Densidade de rios</p> <p>N= Número de rios</p> <p>A = Área da bacia (km²)</p>	Compara a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão (km ²). Representa o comportamento hidrográfico da área e a capacidade de gerar novos cursos de água. Indica o potencial hídrico da região.
Densidade de drenagem (Dd)	$D_d = \frac{C}{A}$	<p>Dd= Densidade de drenagem</p> <p>C= comprimento total dos canais</p> <p>A = Área da bacia (km²)</p>	Correlaciona o comprimento dos canais com a área da bacia. Apresenta uma relação inversa pois, quando a densidade aumenta ocorre uma diminuição proporcional do tamanho dos canais.
Coeficiente de manutenção (Cm)	$C_m = \frac{1}{1000 D_d}$	<p>Cm = Coeficiente de manutenção</p> <p>Dd= Densidade de drenagem</p>	Fornece a área mínima para a manutenção de um metro de canal de escoamento.

Quadro 4 - Parâmetros morfométricos para análise linear da bacia

Parâmetro	Equação	Variáveis	Significado
Relação de Bifurcação (R_b)	$R_b = \frac{N_u}{N_u + 1}$	R _b = Relação de bifurcação N _u = n° de segmentos de canais de uma ordem N _u +1 = n° de segmentos da ordem superior	Estabelece o grau de dissecação de uma bacia hidrográfica, sendo que quanto maior o valor desta variável, maior o grau de dissecação e vice-versa.
Comprimento médio dos canais de cada ordem (L_m)	$L_m = \frac{L_u}{N_u}$	L _m = comprimento médio dos canais de uma determinada ordem L _u = comprimento de canais da ordem N _u = n° de segmentos da ordem	Estabelece o comprimento de canais de cada ordem
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RL_m)	$RL_m = \frac{L_{m_u}}{L_{m_u - 1}}$	RL _m = relação entre o comprimento médio dos canais L _{m_u} = comprimento médio dos canais de uma determinada ordem L _{m_u} -1= comprimento médio dos canais da ordem imediatamente inferior	Estabelece a relação entre os comprimentos de canais de cada ordem
Relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (RI_b)	$RI_b = \frac{RL_m}{R_b}$	RL _b = relação entre o comprimento médio dos canais e o grau de bifurcação RL _m = relação entre o comprimento médio dos canais R _b = Relação de bifurcação	Permite a análise da capacidade de armazenamento hídrico na rede de drenagem. Quanto maior o índice, maior a capacidade de armazenamento de água nos canais durante o período de cheias.
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = \frac{L}{dv}$	Is = índice de sinuosidade L= comprimento do canal dv = distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal	Indica se o canal é mais sinuoso ou retilíneo. É influenciado pela litologia e estrutura litológica, declividade dos canais e carga de sedimentos. Is = 1,0 o canal tende a ser retilíneo Is > 2,0 o canal apresenta meandros Valores intermediários indicam a combinação dos dois tipos.

➤ Perfis topográficos

Os perfis topográficos (figuras 15) foram elaborados a partir das cartas topográficas do IBGE (1:50.000), utilizando as técnicas convencionais apresentadas em vários manuais de cartografia. Para padronizar e facilitar as comparações, foi mantida a escala da carta topográfica no eixo horizontal e eixo vertical.

Após a construção em papel milimetrado os perfis foram scaneados e digitalizados, utilizando neste caso o software *Corel DRAW 12*.

Os perfis topográficos foram úteis na compreensão das variações altimétricas ao longo da bacia hidrográfica estudada, salientando os aspectos morfológicos nos trechos analisados.

3.2.5 - Mapeando as formas de relevo (1:50.000)

➤ Carta hipsométrica

A carta hipsométrica (figura 14) foi feita a partir da base cartográfica digital (IBGE 1:50.000) disponibilizada pelo DAEE, utilizando o aplicativo *spatial analyst* disponível no software *ArcGis 9.2*.

Os intervalos hipsométricos definidos para a produção desta carta foram escolhidos após análise detalhada das curvas de nível e construção de perfis topográficos transversais ao eixo da bacia, buscando visualizar a repetição dos níveis topográficos, que definem superfícies.

Os intervalos hipsométricos utilizados foram: menor que 900m, de 900 a 1000m, de 1000 a 1200m, de 1200 a 1300m, de 1300 a 1600m, de 1600 a 1700m, de 1700 a 1800m e maior que 1800m.

As cores utilizadas para os intervalos estão de acordo com a recomendação feita por Libault (1975) que definiu o uso de cores claras (verde claro e amarelo) para as áreas mais baixas e cores escuras (vermelho e marrom) para as mais elevadas.

➤ Carta clinográfica

Esta carta (figura 16) foi elaborada a partir da base cartográfica digital (IBGE 1:50.000) disponibilizada pelo DAEE, e produzida através do aplicativo *spatial analystic* disponível no software *ArcGis* 9.2.

Para a definição das classes de declividades procurou-se limites que não fossem aleatórios, optando pelos intervalos (em porcentagem) propostos por HERZ & DE BIASI (1988 apud DE BIASI, 1991).

As classes de declividade utilizadas foram: menor que 5%, 5 a 12%, 12 a 30%, 30 a 47% e maior que 47%.

Para diferenciar as declividades optou-se em utilizar cores claras (amarelo e laranja) para os menores valores e cores escuras (vermelho e marrom) para os maiores.

➤ Carta morfológica do Baú (1:50.000)

A carta morfológica, escala 1:50.000 (figura 17) foi elaborada a partir da restituição da rede de drenagem e das formas de relevo da bacia de Ribeirão do Baú obtida através da fotointerpretação das fotografias aéreas do IAC - 1962 (1:25.000).

Para facilitar a compreensão sobre os procedimentos utilizados na elaboração da carta morfológica optou-se em dividi-los em três momentos distintos.

1º momento: Montagem dos pares estereoscópicos

Adotou-se para a restituição das fotografias-aéreas a orientação descrita Riccl & Petri (1965), que propõe o exame estereoscópio de toda a área da foto central, de um conjunto de três fotografias aéreas sucessivas ("*stereo-triplet*") de uma mesma faixa de voo, com recobrimento longitudinal obrigatoriamente superior a 50%, como mostra a figura 8.

A montagem dos pares possibilita o efeito estereoscópio, ou seja, a visão do relevo em terceira dimensão, denominada de visão estereoscópica.

A visão estereoscópica, ou terceira dimensão é possível de ser obtida através da visão binocular, que permite à superposição na retina das imagens

de um mesmo objeto obtidas de ângulos diferentes, possibilitando a percepção volumétrica e de profundidade desse objeto.

Figura 8 - Esquema do sistema “stereo-triplet”, proposto por Ricci e Petri (1965)

Para facilitar a observação estereoscópica utilizou-se na restituição da rede de drenagem e da morfologia de detalhe o estereoscópio de refração, (estereoscópio de bolso), que apresenta um exagero vertical de duas vezes e meia.

No entanto, para traçar as feições mais amplas do relevo, como os lineamentos e a morfologia dos interflúvios, foi utilizado o estereoscópio de reflexão (estereoscópio de espelho).

Para a realização do mapeamento de toda a área da bacia do Baú foram utilizadas 19 fotografias-aéreas, totalizando 8 *overlays*¹ da foto central.

2º momento: Fotoleitura

Após a definição das fotos-centrais iniciou-se a leitura dos elementos das fotografias. Primeiramente foram mapeados os cursos d'água e as formas

¹ Overlay é a denominação do desenho (restituição) feito sobre papel transparente (ultraphan) colocado sobre a foto central onde são mapeadas as informações restituídas a partir da visão estereoscópica, podendo ser utilizado o sistema *stereo-triplet* ou da área útil.

do relevo sem nenhuma legenda pré-estabelecida. As formas foram mapeadas conforme se mostravam na paisagem, valorizando sua geometria e mantendo as proporções de tamanho.

A partir deste primeiro esboço elaborou-se um inventário das formas mapeadas (morfografia), possibilitando o conhecimento da diversidade morfológica da bacia e sua distribuição espacial.

3º momento: Fotointerpretação e escolha da legenda

Durante a elaboração da carta morfológica foram feitos vários ensaios para definir a legenda que seria utilizada.

Foram consultados vários autores, como Tricart (1968), Aguiar (1976), Baccaro (1982), Coltrinari (1982), Marujo (1994), Vargas (1995), Guerra (1997), Soares (2008), que trabalharam com cartografia geomorfológica, sendo que em alguns casos áreas com características similares.

O mapeamento do setor montante da bacia do Baú executado por Aranha (2003) contribuiu muito nesta etapa, pois funcionou como um levantamento exploratório prévio.

A legenda proposta nesta fase do mapeamento foi, portanto, uma adaptação e extensão do que já havia sido produzido, sendo que os acréscimos são decorrentes das novas morfologias encontradas no médio e no baixo curso.

Contudo, como mencionado anteriormente, a legenda utilizada no mapeamento morfológico da bacia do Ribeirão do Baú (1:50.000) teve como alicerce a legenda proposta no RCP nº77 do C.N.R.S.

Na organização desta legenda, as formas mapeadas foram agrupadas em três conjuntos: formas estruturais, formas dissecadas pela ação fluvial e formas ligadas a movimentos de massa. Este agrupamento é decorrente de da interpretação genética a partir das características das formas de relevo.

Visando sistematizá-la elaborou-se um quadro (quadro 5) com as seguintes informações: nome da forma, descrição conceitual, visão vertical (foto-aérea), visão oblíqua (fotos de campo) e a representação utilizada no mapeamento.

Vale enfatizar que, a escolha das cores utilizadas na legenda morfológica foi uma *opção técnica*, visando facilitar a leitura e a análise, não seguindo, portanto, as indicações da cartografia geomorfológica de detalhe que tem na cor uma variável de cunho estrutural / litológicos e genético.

Sendo assim, neste mapeamento a cor teve o intuito de destacar as ocorrências morfológicas de modo a visualizar melhor as suas freqüências, magnitudes, encadeamento, geração de formas embutidas, hierarquia e zonas.

As informações contidas nos *overlays* (drenagem e formas do relevo) foram lançadas sobre uma base topográfica, e como não há disponível uma carta topográfica na escala das fotos-aéreas (1:25.000) ampliou-se a carta topográfica 1:50.000, obtendo portanto uma base topográfica na mesma escala das fotos facilitando a transferência dos dados.

Posteriormente, essa base original sofreu redução de 50%, e é apresentada na escala 1:50.000.

Cabe ressaltar que, algumas formas de relevo só foram possíveis de serem mapeadas devido à ausência de cobertura vegetal densa no ano da tomada das fotografias-aéreas (1962). Dominava nessa ocasião uma paisagem agrária de pequenas propriedades com exploração de cultivos de subsistência e pastagens. As matas se restringiam aos fundos de vale muito entalhados e vertentes de alta declividade.

Nos últimos vinte/trinta anos, esta área sofreu uma grande transformação quanto ao seu uso agrícola. O abandono da zona rural suprimiu a atividade agrícola, ocasionando um retorno espontâneo gradativo da vegetação natural com fases de capoeiras e matas secundárias.

Em função disso, algumas formas mapeadas com nitidez a partir da fotointerpretação não foram identificadas com facilidade nos trabalhos de campo, nem são nítidas nas fotografias aéreas mais recentes (2009).

Quadro 5 - Sistematização da legenda Morfológica – 1:50.000

Hidrografia

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
Curso d'água perene	Corresponde aos canais fluviais em que há presença de água durante todos os períodos do ano. São identificados nas fotografias-aéreas associados à planícies fluviais, vales encaixados e mata ciliar.
Curso d'água intermitente	Canais que se formaram principalmente pelo escoamento de águas pluviais, portanto não apresentam água em todos os períodos do ano. São observadas na fotointerpretação como feições superficiais com pouca incisão e associadas às concavidades e cabeceiras, na retaguarda de nichos de nascente.
Cachoeira ou queda d'água	Observadas nas fotografias aéreas como uma ruptura abrupta (degrau) ou desnível acentuado no eixo de uma drenagem perene.

Formas estruturais

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
Divisor em Crista	Identificados na fotointerpretação como um Interflúvio estreito com rupturas abruptas em seus dois flancos.
Divisor Escarpado	Nas fotos aéreas esta forma apresenta-se como um interflúvio que possui em um dos flancos ruptura abrupta associada a um desnível acentuado.
Patamar	Caracterizada como uma superfície plana e/ou levemente inclinada que interrompe a continuidade do declive da vertente. Estes patamares podem ser motivados por uma retomada de erosão, considerados como terraços, ou ainda, devido às estruturas, daí a denominação de patamar estrutural (GUERRA, 1997).

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
Facetas Trapezoidais e Triangulares	Vertente com declividade acentuada e plano retilíneo bem marcado, apresenta aspecto de espelho de Falha dissecada pela ação fluvial.
Cornija	São caracterizadas nas fotografias aéreas por uma ruptura muito brusca nas vertentes. Sua amplitude é bastante diversa, podendo variar desde um aumento mais expressivo na declividade da vertente até a um paredão rochoso com dezenas de metros de altura.

Formas dissecadas pela ação fluvial

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
Vales Simétricos encaixados em forma de "V"	São identificados nas fotos como vales bem entalhados associados à drenagem perene e que apresentam forma simétrica.
Vales Assimétricos	Identificados como vales bem entalhados associados à drenagem perene, mas não apresentam forma simétrica.
Vale encaixado com presença de soleiras	Forma de vale que apresenta afunilamento abrupto, limitados por pequenos paredões retilíneos.

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
Planície Aluvial	Identificada pela forma mais ou menos plana e extensa dos fundos dos vales, exibindo ruptura côncava marcada no contato com as vertentes
Terraço	Caracterizado como áreas planas e/ou pouco inclinadas, limitado entre as vertentes e a planície aluvial e corresponde às áreas de antigos depósitos fluviais.

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
<p>Eixo Longitudinal do Interflúvio com Rupturas Côncavas / convexas ou mistas</p>	<p>Identificada como a linha que marca o divisor de águas de um interflúvio com identificação da forma da ruptura de declive.</p>
<p>Colo</p>	<p>Caracterizada na fotografia aérea como o trecho onde uma linha de topo ou crista se abaixa localmente entre dois setores mais elevados. Um colo corresponde geralmente a um lugar onde duas cabeceiras de drenagem ou nascente se fazem face nos lados opostos da linha de crista. (TRICART, 1968)</p>

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Obliqua	Representação
Topo	Identificada na foto-aérea como o setor mais elevado do interflúvio, com formas predominantemente arredondadas e delimitada totalmente por uma ruptura convexa.
Ruptura Convexa	Linha que marca a ruptura convexa de declividade ao longo de uma vertente.

Formas erosivas

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
Sulco	Identificado como marcas superficiais, de aspecto linear, localizadas nas vertentes e associadas a fluxos de água efêmeros.
Ravina	Caracterizada como uma incisão profunda na vertente, associadas a canais perenes, sem presença de vegetação e aspecto de solo exposto

Formas ligadas à movimentos de massa e erosão geoquímica

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical		Visão Oblíqua	Representação
Concavidade ampla	Concavidade ampla com canais intermitentes instalados em seu interior. Pode estar associada a outras cicatrizes de menor amplitude. Essa áreas foram mapeadas utilizando o limite superior. As paredes internas desta concavidade variam bastante quanto à declividade.
Superfície rugosa	Identificada na fotografia aérea pelo aspecto rugoso da sua superfície, apresenta um patamar com plano inclinado e irregularidades na superfície. Presença de fluxos intermitentes difusos em seu interior.
Cicatriz de escorregamento	Concavidades superficiais, pequenas e arredondadas dispersas nas vertentes.

Elemento / Forma representada	Descrição e Chaves de interpretação	Visão Vertical	Visão Oblíqua	Representação
Cicatriz de escorregamento com patamar	<p>Cicatrizes que apresentam uma concavidade bem delimitada em forma de concha. As paredes internas na maioria dos casos são côncavas. A peculiaridade desta forma é a presença de um pequeno patamar, relativamente plano, na parte inferior desta concavidade.</p> <p>Delimitamos toda a borda superior desta cicatriz pontilhando o contato côncavo com o patamar.</p>
Depressão	<p>Fotointerpretada como uma concavidade de geometria circular sem conectividade aparente com canais perenes ou intermitentes.</p>

➤ Carta dos compartimentos morfológicos – 1:50.000

A carta dos compartimentos morfológicos da bacia do Ribeirão do Baú (figura 21) foi elaborada a partir do cruzamento das cartas base (hipsométrica e clinográfica) com a carta morfológica (1:50.000).

A correlação das informações contidas nessas cartas possibilitou definir manchas homogêneas que representam o agrupamento de áreas da bacia que apresentavam características morfométricas (altimetria e declividade) e morfológicas semelhantes. A partir disso, foi possível a individualização de sete compartimentos.

A legenda sistematiza as principais características de cada compartimento, apresentando, além do significado das simbologias e cores empregadas, os dados morfométricos (intervalos de altitudes e de declividades), as informações de litologia e formas de relevo predominantes, juntamente com perfis topográficos dos tipos de interflúvios de cada compartimento.

3.2.6 - Carta morfológica de detalhe – Baú do Centro (1:10.000)

Esta carta (figura 21) foi elaborada a partir de fotografias-aéreas do IBC - 1982 (1:8.000) adotando os mesmos princípios da fotointerpretação já descritos para o mapeamento morfológico da Bacia do Baú.

Nesse caso a legenda utilizada foi a do sistema de mapeamento morfológico proposto por Savigear (1965) e adaptado por Cooke e Doornkamp (1990). Os pressupostos dessa legenda são de caráter puramente morfológico, pois buscam a representação fiel da complexidade das formas e suas micro-feições, através do mapeamento das mudanças (*change of slope*) e as rupturas de declividades (*break of slope*) observadas ao longo das vertentes.

Após a restituição das discontinuidades do relevo, as informações presentes nos overlays foram digitalizadas no software *Arcmap* 9.2.

Para sistematizar a legenda utilizada nesta carta morfológica elaborou-se um quadro (quadro 6) com as seguintes informações: morfologia mapeada, descrição conceitual, visão vertical (foto-aérea), visão oblíqua (fotos do campo), representação utilizada no mapeamento, e um desenho esquemático da

vertente ilustrando a posição das rupturas e mudanças de declividade. A figura 9, apresentada na sequência da legenda (quadro 6) ilustra, com um recorte ampliado da carta e o mesmo desenhado sobre a foto aérea, as representações utilizadas.

➤ Carta clinográfica – Baú do Centro (1:10.000)

Esta carta foi elaborada com o objetivo de relacionar os setores de maior e menor declividade com a morfologia dessa região (carta morfológica – Baú do Centro -1:10.000), permitindo assim, verificar como as rupturas e mudanças de declividades, assinaladas no mapeamento morfológico, manifestam-se na carta clinográfica.

A carta clinográfica da área de estudo de detalhe (figura 22) foi confeccionada no software *ArcMap* 9.2, a partir das curvas de nível digitalizadas da carta topográfica 1:10.000 (IGC).

Para a escolha dos intervalos de declividade foi realizado um trabalho prévio de correlação da carta topográfica (1:10.000) e as feições mapeadas na carta morfológica de detalhe (1:10.000), procurando, através de transectos amostrais, verificar as declividades predominantes para selecionar os intervalos mais significativos a serem utilizados.

A partir disso, foram escolhidos os seguintes intervalos de declividade: menor que 7%, 7% a 13%, 13% a 20%, 20% a 30%, 30% a 40%, e maior que 40%, visando ressaltar as rupturas abruptas, os topos convexos, os patamares e as planícies. As cores utilizadas para representá-los seguiram as orientações do método corocromático (cores mais claras para as menores declividades e cores mais escuras para as maiores).

Quadro 6 - Sistematização da legenda do mapeamento morfológico (1:10.000)

	Descrição	Visão Vertical	Visão Obliqua	Representação
Curso d'água perene	Canais fluviais com presença de água durante todos os períodos do ano.
Curso d'água intermitente	Canais que se formaram principalmente pelo escoamento de águas pluviais, portanto não apresentam água em todos os períodos do ano.
Crista	Interflúvio estreito que apresenta ruptura abrupta em seus dois flancos.

	Descrição	Visão Vertical	Visão Obliqua	Representação	Perfil esquemático
Mudança de declive côncava	Passagem gradual na vertente entre superfícies com diferentes declividades. Podem ser classificadas como côncavas ou convexas
Mudança de declive convexa

	Descrição	Visão Vertical	Visão Obliqua	Representação	Perfil esquemático
Ruptura de declive côncava	Mudança brusca e nítida na vertente entre superfícies com diferentes declives; classifica-se em côncavas e convexas
Ruptura de declive convexa

	Descrição	Visão Vertical	Visão Obliqua	Representação	Perfil esquemático
Segmento de vertente côncavo	É a superfície suavemente curva (côncava ou convexa) entre rupturas ou mudanças de declividade, com indicação do sentido da vertente.				Segmento côncavo
Segmento de vertente convexo					Segmento convexo
Segmento de vertente retilíneo (faceta)	É a superfície suavemente retilínea entre rupturas ou mudanças de declividade, com a indicação do sentido da vertente.				Faceta (retilínea)

Figura 9 – Ilustração da legenda morfológica de Cooke e Doornkamp (1990)

3.2.7 - Controle de campo

Ao longo desta pesquisa foram realizados vários trabalhos de campo que podem ser divididos em:

- Reconhecimento geomorfológico/geológico da bacia e controles da fotointerpretação
- *Reconhecimento da área de estudo:* foram feitas observações gerais da paisagem, com vários circuitos na área da bacia e seu entorno. Foi feita a verificação e localização das principais vias de acesso e observação não sistemática dos materiais ao longo dos cortes da estrada (afloramentos rochosos e perfis de solo).
- *Controle de campo da fotointerpretação:* para esta etapa do trabalho foram realizados dois campos, os primeiros no início de cada etapa da fotointerpretação (1:25.000 e 1:8.000) teve como objetivo estabelecer padrões para chaves de interpretação, e os segundos para o controle da restituição.
- Levantamento Morfológico dos Materiais

Para efetuar a escolha das áreas que seriam objeto do trabalho de campo, para caracterização morfológica dos materiais, foi realizada, primeiramente, a sobreposição do mosaico de fotos aéreas (1:8.000) e a carta morfológica (1:10.00). Posteriormente, repetiu-se o procedimento com a carta clinográfica (1:10.00) e a carta morfológica (1:10.000).

Com base nesses dois cartogramas, foi possível correlacioná-los com a carta morfológica da bacia do Ribeirão do Baú (1:50.000) para definição das formas de relevo que seriam analisadas.

Foram eleitas 3 formas de relevo, a superfície rugosa, a cicatriz com patamar e a depressão. Ao todo foram analisados 7 exemplos dessas formas, sendo 3 superfícies rugosas, 3 cicatrizes com patamar e 1 depressão, que corresponderam a um total de 12 sondagens e 5 descrições de perfis de solo localizados em cortes de estradas.

Os resultados foram apresentados na forma de pranchas com fotos de campo, ilustrando as feições, além de uma síntese das descrições

morfológicas. A localização das tradagens é apresentada sobre a imagem de satélite do Google Earth (figura 24) e também nas carta morfológica e clinográfica do Baú do Centro (figuras 21 e 22). Essas ilustrações serão apresentadas agrupadas em função das formas: superfícies rugosas (figuras 25 a 32), cicatriz com patamar (figura 33 a 35) e depressão (figura 36) e não na seqüência em que foram realizadas no campo.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Compartimentação morfoestrutural

O bloco alçado do planalto de Campos do Jordão que faz parte da unidade estrutural - Serra da Mantiqueira - à qual está subordinado foi seccionado pelo entalhe do Sapucaí-Mirim, isolando dois blocos: do lado oriental, o planalto de Campos do Jordão e do lado ocidental o de Camanducaia. O entalhe das cabeceiras do Sapucaí-Mirim criou uma unidade morfológica e morfoestrutural, muito bem diferenciada e contrastada com o entorno bordejado de escarpas. Essa unidade discernível, principalmente em escalas pequenas e médias, apresenta-se como mancha homogênea, bem diferenciada nas imagens orbitais como a SRTM, utilizada como apoio na caracterização dos compartimentos morfoestruturais (figura 12).

A área mapeada no esboço morfoestrutural, 1:250.000, (figura 10), foi dividida em cinco grandes compartimentos, com desdobramentos em subcompartimentos para dois deles.

O compartimento I envolve um trecho da planície do Rio Paraíba do Sul, juntamente com as vertentes e topos convexos, localizados no sopé da Serra da Mantiqueira.

O compartimento II abrange o setor Sul e Sudeste das escarpas da Mantiqueira, zona de articulação entre o Planalto de Campos do Jordão (compartimento III) e a Planície do Paraíba do Sul (I A), e apresenta desnível topográfico elevado.

O compartimento IV corresponde às cabeceiras do Sapucaí - Mirim, um setor topograficamente mais rebaixado que os compartimentos ao seu entorno, e apresenta-se conectado ao compartimento V, que constitui importante frente de dissecação do compartimento III.

As drenagens observadas na área do esboço morfoestrutural apresentam, predominantemente, lineamentos com direção NE-SW ($N20^{\circ}E/N30^{\circ}E$), concordantes com os principais falhamentos regionais (Jundiuvira, São Bento do Sapucaí, Campos do Jordão, Sapucaí-Mirim, Monteiro Lobato e do Rio Jaguari) (figura 11).

Figura 10: Esboço Morfoestrutural Regional

Legenda

- Drenagem perene
- Falha definida
- Falha provável
- Escarpa de Falha
- Escarpa erosiva
- Crista

Compartimento morfoestrutural		Altitude (m)	Declividade (%)	Litologia	Formas de relevo
I	a	< 600m	< 8%	Depósitos sedimentares Aluviais (Qa)	Terraços e planícies do Paraíba do Sul
	b	600 a 700m	< 8%	Arenitos com intercalações de argilito, folhelhos	Colinas e morros policonvexos da Bacia de Taubaté
II		700 a 1700m	>30%	Biotita-gnaisses, quartzitos e núcleos graníticos gnaissificados	Complexo de escarpas, vertentes e morros com altas declividades da Serra da Mantiqueira
III		> 1200m	8% a 28%	Biotita-gnaisses, granitos e migmatitos	Interflúvios e topos convexos, vertentes convexas e vales bem encaixados do Planalto de Campos do Jordão e Campos do Serrano
IV		1000 a 1300m	8% a 28%	Granitos e granitóides	Vertentes convexas topograficamente rebaixadas do Alto Sapucaí-Mirim
V	a	900 a 2000m	>28%	Migmatitos, biotita-horblenda, gnaiss e migmatitos granitóides	Vertentes convexas e retílineas, topos aguçados em forma de cristas do contraforte Norte-Occidental do Planalto de Campos do Jordão
	b	800 a 1200m	8% a 25%	Granitos, granitóides, migmatitos bandados	Vertentes convexas e morros de topos arredondados do Alto Vale do Sapucaí
	c	600 a 850m	< 8%	Depósitos sedimentares Aluviais (Qa)	Terraços e planícies do sistema fluvial do Sapucaí

Fonte: Carta Topográfica IBGE (1:250.000) e Cavalcanti et al (1979)

Figura 11: Carta de lineamentos de drenagem

Legenda

— Lineamentos de drenagem

0 2,5 5 10 15 20 Km

Fonte: Carta Topográfica IBGE (1:250.000) - Folha Guaratinguetá

Figura 12 : Perfis topo-geológicos esquemáticos dos Compartimentos Morfoestruturais

Localização dos Transectos

- Lineamentos de Drenagem (feições negativas)
- Lineamentos de Relevo (feições positivas)
- A B Localização do Transecto

Legenda

Cenozóico

Quaternário

- Qa Depósitos Sedimentares Aluviais

Terciário-Quaternário

Grupo Taubaté

- Tqt Arenitos

Pré-Cambriano/Cambriano

Associação Paraíba do Sul

Complexo Piquete

- Predominância de biotita-gnaisses e, subordinadamente, mármores dolomíticos, leptitos, 'quartzitos', e núcleos graníticos gnaissificados
- Migmatitos com predominância da estrutura estromática
- Biotita-gnaisse, níveis micaxistosos, migmatitos estromáticos e, subordinadamente e anfibolitos
- Migmatitos estromáticos encerrando níveis porfiroblásticos

Complexo Parisópolis

- Predominância de granitos e granitóides porfiroblásticos
- Migmatitos granitóides, migmatitos encerrando rochas charno-enderbíticas e, subordinadamente termos porfiroblásticos
- Migmatitos espessamente 'acamados' ricos em paleossoma metabasítico e hornblenda-biotita-gnaisses com raros ofiolíticos
- Rochas granulíticas parcialmente migmatizadas e migmatitos encerrando biotita-gnaisse, granada-biotita-gnaisse e metabásicos

Transecto A-B

Transecto C-D

Transecto E-F

Transecto G-H

Transecto I-J

Transecto K-L

Fonte: Imagem SRTM (2000) e Cavalcante et al (1979).

O esboço morfoestrutural (figura 10) mostra os seguintes compartimentos:

Compartimento I

O compartimento I ocupa a porção sudeste da área mapeada, e foi subdividido em dois subcompartimentos. O **subcompartimento I-A** que compreende os terraços e as planícies do Rio Paraíba do Sul, e o **subcompartimento I-B**, composto por colinas e morros policonvexos, típicos do domínio dos mares de morro, limítrofes as vertentes abruptas escarpadas da Serra da Mantiqueira (figura 12- transecto E-F).

O **subcompartimento I-A** corresponde à planície aluvial do Rio Paraíba do Sul, caracterizada por uma baixa amplitude altimétrica, com altitudes que variam entre 500m a 570m, e declividades inferiores 8%.

Este setor corresponde a um trecho da bacia de Taubaté e apresenta orientação NE-SW, concordante com o direcionamento dos principais falhamentos regionais.

Os depósitos aluviais (Qa) recobrem este subcompartimento, e são constituídos por sedimentos inconsolidados de caráter arenoso, silte-arenoso e argilo-siltico.

No **subcompartimento I-B** zona de morros e colinas com variação altimétrica de 600m a 700m e declividades inferiores a 8%. Corresponde a uma faixa de recuo erosivo, entre a Planície do Rio Paraíba do Sul e a Serra da Mantiqueira, onde os relevos de colinas e morros se desenvolvem sob sedimentos terciários.

A falha do Rio Jaguari, com direção **NE-SW**, atravessa esse compartimento e condiciona trechos da rede de canais que mostram padrão paralelo, perpendicular a linha de falha. (figura 12- transecto G-H).

Compartimento II

O compartimento II compreende um trecho da Serra da Mantiqueira Oriental, limitado a Noroeste (NW) por uma escarpa de linha de falha (falhamento Jundiuvira).

Este compartimento corresponde a um complexo de escarpas, vertentes e morros com altas declividades ($> 30\%$), e altitudes que variam de 700m a 1700m, com desníveis topográficos de até 1000m (figura 12 - transecto C-D).

As principais drenagens desta área possuem lineamentos (NW-SE) de direção discordante dos importantes falhamentos regionais (NE-SW), e possui como litologias predominantemente, os migmatitos e biotita-gnaisses, do Pré-Cambriano/Cambriano. (figura 12- transecto C-D).

Compartimento III

Este compartimento corresponde à porção mais elevada da Mantiqueira, denominado de Planalto de Campos do Jordão e Camanducaia, com altitudes superiores a 1200metros e declividades entre 8 e 28% (figura 12, transecto A-B e K-L).

O Planalto de Campos do Jordão apresenta-se como um bloco alongado na direção Nordeste (NE), limitado a Sudeste (SE) por uma escarpa de linha de falha (falhamento Jundiuvira) e a Noroeste (NW) e Oeste-Sudoeste (WSW) por escarpas erosivas, resultantes da intensa dissecação efetuada pelas cabeceiras dos afluentes dos rios Vargem Grande e Sapucaí - Mirim.

A região do Planalto de Camanducaia configura-se como um resíduo da superfície do Planalto de Campos do Jordão, individualizado no limite Leste-Nordeste (ENE) por outra face da frente de dissecação das cabeceiras do Rio Sapucaí – Mirim; foi denominada por MODENESI (1988) de testemunho sul-ocidental (do planalto de Campos do Jordão).

O aspecto morfológico predominante deste compartimento, denominado por MODENESI (1988) de Altos Campos, é de interflúvios de topos convexos, vertentes convexas recobertas por campo (lombas), vales bem encaixados, e anfiteatros com formas semicirculares e alongados.

Os lineamentos das principais drenagens são concordantes com os três importantes falhamentos (Falha de Sapucaí Mirim, de Venceslau Brás e de Campos do Jordão), com direção NE-SW; apresentam vales assimétricos bastante entalhados, com desníveis altimétricos importantes, sugerindo, segundo MODENESI (1988), a fragmentação do Planalto de Campos do Jordão em blocos menores.

Neste compartimento predominam rochas granitóides, gnaisses, migmatitos e quartzitos.

Compartimento IV

O compartimento IV, mostrando um desenho em semi-circulo, onde estão as cabeceiras do Sapucaí - Mirim, apresenta vertentes convexas bastante rebaixadas em relação ao seu entorno, com altitudes entre 1000m a 1300m e declividade ente 8% e 28%.

Encontra-se delimitado ao Sul pelos contrafortes da Serra da Mantiqueira (Compartimento II), a leste e oeste por duas frentes escarpadas: a do planalto de Campos do Jordão (Compartimento III) e a do planalto de Camanducaia (Compartimento III). (figura 12 – transecto K-L)

Caracteriza-se como uma feição bastante deprimida, circunscrita a alta bacia do Sapucaí-Mirim. O vale do Sapucaí-Mirim, com traçado Norte-Sul (N-S), corta transversalmente as estruturas regionais (NE-SW). Embora não esteja assinalado na carta geológica esse lineamento, bastante visível na imagem SRTM, certamente esta associado a uma linha de falha.

Compartimento V

O compartimento V, o mais extenso de todos, ocupa a porção Norte (N) da carta, sendo dividido em três subcompartimentos.

No **subcompartimento V–A** registram-se as maiores amplitudes altimétricas (900 a 2000m) do conjunto do compartimento V. Além dos desníveis altimétricos, esse sub-compartimento também se caracteriza pela alta dissecação das vertentes. Apresenta setores de vertentes convexas e retilíneas, topos aguçados em forma de cristas, com altitudes que variam de 900m a 2000m, e altas declividades (acima de 28%).

É uma área intensamente dissecada por importantes afluentes da bacia do Alto e Médio Sapucaí - Mirim, como por exemplo, o Ribeirão do Baú, o Paiol Grande, o Paiol Velho, entre outros; apresentam orientação (SW-NE), paralelos entre si e concordante com o direcionamento das estruturas regionais como a Falha de São Bento do Sapucaí ou Falha do Paiol Grande.

O **Subcompartmento V-B** apresenta-se como um conjunto com vertentes convexas e morros de topos arredondados, com declividades menos acentuadas (8% a 25%) e altitudes entre 800m e 1200m; topograficamente mais rebaixadas, corresponde ao setor de transição para as planícies aluvias. (figura 12 – transecto I-J)

Em termos de lineamentos da drenagem, esta área possui semelhança em relação ao **subcompartmento V-A**, ou seja, acompanha a direção NE-SW, concordante com os grandes falhamentos regionais.

O **subcompartmento V-C** corresponde às planícies dos ribeirões Vargem Grande, Piranguinha dos Antunes e do rio Sapucaí - Mirim, todos afluentes importantes do rio Sapucaí.

Com a mesma direção N-S esse conjunto de vales, com orientação paralela e ortogonal as disposições estruturais gerais (SW-NE), certamente estão refletindo adaptações a arquitetura do pacote rochoso e a tectônica que certamente orientou essa dissecação.

As planície de inundação apresentam altitudes que variam de 600m a 850m, e declividades inferiores a 8%. Seu desenvolvimento enquanto um plano aluvial amplo e contínuo se dá após a confluência do Ribeirão do Baú. (figura 12 – transecto I-J)

4.2 - A bacia do Ribeirão do Baú

4.2.1 - Análise da rede de drenagem

A bacia do Ribeirão do Baú ocupa uma área de 67km² e apresenta uma configuração bastante *assimétrica* ao longo dos seus 43 km de extensão. Possui três importantes afluentes: o Córrego da Pedra do Baú, na margem direita, e os Córrego do Campo e o Ribeirão dos Barradas na margem esquerda.

O limite Norte (N) da bacia é praticamente retilíneo e acompanha a orientação do canal principal (NE-SW). Esta direção coincide com a orientação das morfoestruturas regionais (Serra da Mantiqueira e Vale do Paraíba do Sul).

No entanto, o limite Sudeste (SE) se apresenta bastante irregular e recortado, com avanço significativo para Sudeste (SE).

A assimetria desta bacia, possivelmente de origem estrutural, é marcada pela concentração de cursos tributários, na margem esquerda, e bacias importantes, como o Córrego do Campo e o Ribeirão do Barradas (figura 13).

De acordo com os parâmetros morfométricos denominados de *fator de forma* ($Kf = 0,31$) e *índice de circularidade* ($Ic = 0,45$), verifica-se que a bacia estudada apresenta uma configuração alongada, assemelhando-se geometricamente a um retângulo, favorecendo o escoamento superficial e diminuindo a possibilidade de inundações.

O canal principal, o Ribeirão do Baú, apresenta um *índice de sinuosidade* (Is) de 1,10, indicando que possui, ao longo dos seus 15,5 km de extensão, uma combinação de trechos retilíneos e sinuosos, sendo que estes correspondem aos setores da bacia mais sujeitos à inundação.

A altitude predominante da bacia é de aproximadamente 1000 m, sendo que o setor mais elevado, com altitudes superiores a 1800m, encontra-se no divisor principal entre as bacias Baú e Paiol, a Nordeste do vale do Baú, denominado de Serra do Baú (figura 14). A curva de 900m fecha o vale à jusante, próximo a confluência com o rio Sapucaí- Mirim e constitui o nível de base principal da bacia.

A *amplitude altimétrica* do canal principal (cabeceira/foz) é de 1010m, demonstrando um alto grau de dissecação do relevo da bacia, observado também nos calculo de *relação de relevo* ($Rr = 0,065$) e *índice de rugosidade* ($Ir = 2080,6$).

A bacia do Ribeirão do Baú é uma bacia 5ª ordem, com grande quantidade de pequenos canais de 1ª e 2ª ordem, demonstrando assim uma maior dissecação nas cabeceiras de drenagem, podendo ser observado através da *relação de bifurcação* (Rb) estabelecida entre os canais de 1ª e 2ª ordem e entre os de 2ª e 3ª ordem hierárquica (figura 13).

A partir da *relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação* (Rlb), observa-se que em alguns setores da bacia, principalmente entre os canais de 3ª e 4ª ordem, a capacidade de armazenamento hídrico é pequena, podendo ocorrer inundações nesses setores.

A *relação do comprimento médio dos canais (RLm)* de uma bacia tende a crescer em uma progressão geométrica, no entanto na área de estudo, os canais de 3ª ordem possuem pouca extensão, ocasionando uma diminuição significativa na RLm entre a 3ª e 4ª ordem. Isso mostra que a transição hierárquica do canal da 3ª para a 4ª ordem ocorreu rapidamente, podendo ser justificada por uma maior densidade de canais neste setor. O canal principal permanece como de 4ª ordem ao longo de um terço do seu trajeto inicial, sendo que a mudança para a hierarquia superior (5ª ordem) ocorre a partir da confluência com o Córrego do Campo (figura 13).

A bacia do Ribeirão do Baú apresenta uma grande *densidade de rios* ($Dr = 2,07 \text{ km}^2$) e uma *densidade de drenagem média* ($Dd = 2,06 \text{ km/km}^2$), com exceção de setores de cabeceira onde a concentração de cursos d'água intermitentes é alta. A área mínima para a manutenção de um metro de canal de escoamento desta bacia é de 485, 43 m^2/m , estabelecida pelo *coeficiente de manutenção (Cm)*.

A organização da drenagem da bacia do Baú pode ser classificada como de *padrão dendrítico*. No entanto, quando analisada em detalhe, observa-se certo paralelismo na rede de afluentes do Ribeirão do Baú, bem como na orientação dos canais de 1ª ordem do Córrego da Pedra do Baú.

Segundo Howard (1967), essa variação pode ser caracterizada como um *padrão subdendrítico*, podendo significar controles estruturais.

Alguns controles estruturais são nítidos na área de estudo, identificados tanto pelos *lineamentos* da drenagem, quanto pelas *anomalias* da drenagem.

Os tributários da margem direita apresentam um lineamento praticamente retilíneo orientado no sentido NNE-SSW, predominando uma baixa angularidade já que os ângulos de confluência não ultrapassam os 90°. Por outro lado, os principais afluentes da margem esquerda (Córrego do Campo, Ribeirão dos Barradas e Córrego do Torto) exibem uma configuração em arco, sendo todas no mesmo sentido.

A *assimetria* da organização da drenagem observada na bacia do Ribeirão do Baú sugere um forte controle estrutural, podendo estar relacionado à basculamento, à ocorrência de falhas ou a diferença litológica significativa.

Algumas *formas anômalas* aparecem em destaque, como por exemplo, o cotovelo no Córrego da Pedra do Baú e também em alguns trechos do canal

do Ribeirão do Baú, principalmente logo após a confluência com o Ribeirão dos Barradas. Esta mudança abrupta na direção preferencial da drenagem pode ser um indicativo de adaptação a uma linha de falha.

A partir dos transectos elaborados ao longo do canal principal do Ribeirão do Baú (figura 15) observa-se que no trecho montante o vale é bastante encaixado, configurando um vale em forma de “v”. A jusante a morfologia do vale se altera, tornando-se mais largo e mais assimétrico, e ao se aproximar de sua foz torna-se estreito novamente, mas não tão encaixado como no setor montante.

Figura 15 - Perfis Topográficos – Bacia do Ribeirão do Baú

Localização dos Perfis

Fonte: Imagem 3D gerada no software Arc Map 9.2 da Carta Topográfica IBGE (1:50.000).
Ilustração sem escala

Perfi Topográfico - Interflúvios da Bacia do Ribeirão do Baú (Composição)

Fonte: Carta Topográfica, Folha Campos do Jordão (SF-23-Y-B-V-2) e Folha Tremembé (SF-23-Y-B-V-4), IBGE, escala 1:50.000

4.2.2 - A morfologia da bacia do Ribeirão do Baú

Ao observar a carta morfológica (figura 17) nota-se uma diversidade de formas ao longo de toda a bacia do Ribeirão do Baú. Com o intuito de facilitar a análise e descrição deste produto cartográfico optou-se em abordar a descrição das formas pelos setores funcionais do relevo: interflúvios, vertentes e vales.

Interflúvios

Os interflúvios que delimitam a bacia apresentam formas diferenciadas, principalmente quando se compara o divisor da margem esquerda com o da direita.

O interflúvio da direita separa a bacia do Ribeirão do Baú da bacia do Paiol Grande, orientado na direção NE-SW, apresenta forma escarpada com rupturas abruptas e cristas rochosas alinhadas (complexo do Baú-Bauzinho-Ana Chata). É topograficamente descontínuo apresentando rebaixamentos formando colos com diferentes amplitudes de abertura. As cristas rochosas do conjunto do Baú apresentam desenho sinuoso, às vezes com duplo paredão, paralelos entre si, porém deslocados em relação ao eixo NE-SW.

A sua altitude tende a diminuir no sentido jusante da bacia, sendo que a partir aproximadamente de 1300m a sua configuração muda significativamente, apresentando uma forma convexa recortada por colos, definindo assim uma paisagem de topos isolados.

O limite Sudeste-Sudoeste da bacia (SE-SO) apresenta um desenho com geometria bastante sinuosa. Este interflúvio possui formas predominantemente convexas e com forte presença de topos isolados delimitados por colos, com diminuição significativa da altitude no sentido jusante.

A articulação entre os dois divisores que margeiam a bacia se dá por um colo muito amplo e rebaixado, onde se encontram as nascentes do Ribeirão do Baú. Este divisor separa a bacia do Ribeirão do Baú da bacia do Ribeirão dos Marmelos, posicionado na sua retaguarda, estando o vale dos Marmelos

assentado em um compartimento topográfico mais elevado (Planalto de Campos do Jordão).

A forma de colo, em posição muito rebaixada, associada à presença de um cotovelo no Ribeirão dos Marmelos, traz indícios de uma possível situação de captura.

Quanto aos interflúvios secundários, destacam-se os que separam as drenagens do Córrego da Pedra do Baú de outros tributários do Ribeirão do Baú, e o divisor entre o Ribeirão dos Barradas e o Córrego do Campo.

O eixo SE do interflúvio do Córrego da Pedra do Baú, paralelo ao divisor principal (Pedra do Baú), também está orientado na direção NE-SW. Apresenta, no entanto um desdobramento no seu eixo transversal com mudança no sentido N-S, onde estão alojadas as cabeceiras do córrego da Pedra.

O interflúvio entre Córrego do Campo e o Ribeirão do Barradas é bastante assimétrico, pois apresenta feições escarpadas com rupturas bem marcadas para o lado Barradas e formas predominantemente convexas no lado oposto. Este divisor está orientado também na direção NE-SW, coincidindo com a orientação dos interflúvios principais da bacia do Baú.

A forma dos interflúvios em crista é pouco expressiva ao longo de toda a bacia do Ribeirão do Baú, sendo que a maior concentração ocorre nas proximidades do Ribeirão dos Barradas e no conjunto da Pedra do Baú. Na bacia do Barradas apresentam-se paralelas entre si e alinhadas na direção NE-SW, acompanhando, portanto, a orientação geral do vale do Ribeirão do Baú e das principais formas estruturais (facetas, escarpas e patamares). No entanto interfluvios estreitos com vertentes com rocha aflorante ou em subsuperfície são mais comuns.

Os espigões secundários apresentam predominância de formas convexas, com presença de topos isolados principalmente próximo ao Córrego do Torto e do Ribeirão dos Barradas.

Vertentes

As vertentes que modelam os interflúvios no vale do Ribeirão do Baú possuem predominantemente formas côncavas e convexas e secundariamente retilíneas. No mosaico de feições criado pelo padrão de dissecação destacam-se como macrofeições: as concavidades amplas, as cicatrizes de escorregamentos, os patamares e as facetas.

Neste mapeamento as formas denominadas de concavidades amplas apresentam contornos arredondados com rebordos nítidos, geometrias diversas, indo do desenho contínuo ao mais festonado, podendo ser alongadas e estreitas ou amplas e quase circulares.

Essas formas estão presentes principalmente nos setores mais declivosos e topograficamente mais elevados das vertentes, com clara articulação e interação a eixos do vale. No interior delas instalam-se as drenagens, tanto perenes quanto intermitentes, sendo que em alguns casos os fluxos intermitentes se apresentam de forma caótica.

Associadas a essas concavidades foram delimitadas as feições denominadas de “superfícies rugosas” que se localizam nos setores topograficamente inferiores das vertentes. Receberam esta denominação descritiva por apresentar nas fotos-aéreas textura rugosa muito característica; no campo, constatou-se que a essas irregularidades da superfície, esta associada à presença de blocos.

Outra importante observação a respeito desta forma é a ocorrência de um intenso processo de reincisão, pelos fluxos de água, alguns perenes e muitos intermitentes, que remodelam a feição original criando microformas subordinadas ao complexo arranjo desse conjunto.

Sendo assim, a ocorrência dessas duas formas, concavidades amplas e “superfícies rugosas”, e a estreita correlação espacial e funcional que elas possuem, indicam certamente uma seqüência de eventos erosivos pretéritos de grande magnitude e sincrônicos.

Além dessas formas maiores, outras pequenas concavidades aparecem distribuídas por diversos setores das vertentes. Em função das suas características foram classificadas como cicatrizes de escorregamentos.

Essas cicatrizes de escorregamentos podem aparecer associadas a cursos d'água (perenes ou intermitentes), em barrancas de rios perenes e também no interior das concavidades amplas. Podem ser profundas ou superficiais e apresentarem variadas dimensões.

Destaca-se nesse grupo de formas, cicatrizes correspondentes a concavidade com paredes verticais, tendo na base uma ruptura côncava abrupta no contato com um patamar. Aparecem com maior frequência nas vertentes da margem direita do vale. Em alguns casos o patamar do interior das concavidades pelo seu aspecto plano e destacado sugere a presença de laje rochosa.

Com pequena representatividade em termos quantitativos, estão as depressões fechadas. Essas formas receberam tal denominação por serem concavidades praticamente circulares sem conectividade aparente com canais de drenagem perenes ou efêmeros.

As depressões fechadas não aparecem associadas diretamente a outras formas e também não apresentam um padrão topográfico em suas ocorrências, ou seja, não apresentam elementos morfológicos ou topográficos determinantes.

Outras formas erosivas que aparecem na bacia são as ravinas e os sulcos. São encontradas em altitudes variadas, mas estão sempre associadas a cursos d'água perenes ou intermitentes, podendo aparecer isoladas ou em conjunto.

Além das formas côncavas destacam-se nas vertentes do trecho montante da bacia dois conjuntos de formas: as facetas e os patamares.

As facetas (triangulares e trapezoidais) localizam-se na parte alta das vertentes da margem esquerda do Ribeirão do Baú. Apresentam feição retilínea no sentido da declividade e seu desenho é destacado pelos cursos d'água que as envolvem.

No lado oposto do vale, em posição de baixa vertente, na passagem para o eixo fluvial, localiza-se uma seqüência de patamares escalonados com

dimensões variadas. Mostram uma ruptura côncava contínua no contato com as vertentes e uma convexidade acentuada para jusante. Essas formas aparecem uma ao lado da outra com um leve desnível topográfico, formando degraus amplos e assimétricos ao longo da margem direita do Ribeirão do Baú.

Vales

Os vales da bacia do Ribeirão do Baú podem ser divididos em três tipos: vales encaixados em forma de “v”, vales encaixados com presença de soleiras, e vales de fundo “chato” (planície aluvial).

Os vales encaixados em forma de “v” correspondem ao padrão de entalhe da bacia e estão associados a cursos d’água perenes, em situações de média e alta declividade. Em alguns casos onde ocorrem rupturas abruptas, no seu perfil longitudinal, podem ser encontradas cachoeiras.

Destaca-se esse tipo de vale no setor montante do Ribeirão do Baú, no Córrego da Pedra e no Ribeirão dos Barradas.

Os vales encaixados com presença de soleiras aparecem delimitados por vertentes com declividades acentuadas formando pequenos “*canyons*”. Em algumas situações essas soleiras são responsáveis por gerar planícies aluviais suspensas e em outros casos afunilar e interromper a planície aluvial ao longo do Ribeirão do Baú.

Em virtude disso, a planície aluvial do Ribeirão do Baú que se inicia próxima à confluência do afluente Córrego da Pedra, não se apresenta de forma contínua ao longo de toda a sua extensão.

Os terraços observados no vale do Baú estão relacionados a diferentes momentos da evolução fluvial do Ribeirão do Baú. Apresentam formas fragmentadas indicando reincisão fluvial. Dominam blocos e seixos sugerindo regime torrencial do sistema. Estão bem distribuídos ao longo da planície e aparecem em pelo menos dois níveis acima do plano do talvegue.

4.2.3 - A compartimentação morfológica

Através das correlações entre os dados de hipsometria (figura 14), declividade (figura 16) e da morfologia (figura 17) da bacia do Ribeirão do Baú pôde-se individualizar nesta escala de análise sete compartimentos morfológicamente distintos (figura 18).

Esses compartimentos serão descritos e analisados individualmente, tendo na documentação fotográfica um suporte ilustrativo fundamental.

Compartimento A – Superfície de Campos do Jordão

Este compartimento foi individualizado por apresentar uma morfologia diferenciada e um grau de dissecação menor em relação aos demais compartimentos da bacia.

Neste trecho encontram-se as maiores altitudes, predominando valores superiores a 1600m. As vertentes apresentam declividades inferiores a 30%, sendo que em alguns setores não superam 5%.

Predominam neste compartimento, interflúvios com rupturas convexas e topos arredondados bem distribuídos. Esta morfologia é semelhante à descrita por Modenesi (1994) para o modelado dos Altos Campos do Planalto de Campos do Jordão (foto 3)

Este compartimento mostra também o mosaico de lombas com campos e vales com matas, típico do Planalto de Campos do Jordão.

Esse padrão, associado ao modelado de dissecação das cabeceiras do Baú e afluentes, possibilitou traçar com precisão seus limites.

Compartimento A' – Campos do Serrano

O compartimento Campos do Serrano apresenta feições morfológicas muito semelhantes ao da Superfície de Campos do Jordão, diferenciando-se principalmente, por apresentar altitudes pouco inferiores (1.700m) e amplitudes altimétricas menores.

Foto 3 - No segundo plano observa-se o modelado dos Altos Campos do Planalto de Campos do Jordão – unidade Campos do Serrano (compartimento A e A') (foto sem autoria – Google Earth)

Compartimento B – Alto curso: Cabeceiras do Baú

Este compartimento se apresenta como a importante frente remontante de dissecação do Planalto de Campos do Jordão (foto 4). Já predominam vertentes com declividades mais acentuadas entre 12 e 30%. As altitudes variam de 1000m no fundo vale a 1800m nos trechos mais elevados, que correspondem aos interflúvios que delimitam a bacia do Ribeirão do Baú com o planalto.

Observa-se uma variedade de formas ligadas a processos de vertentes e uma assimetria entre as vertentes da margem esquerda e direita.

As vertentes do setor Nordeste (NE) apresentam rupturas abruptas bem marcadas por cornijas e divisores escarpados, com declividades que chegam até 47%. No entanto, a declividade tende a diminuir na média e baixa vertente em função da presença de amplos patamares. Já as vertentes opostas são mais curtas e com declividades superiores a 30%, principalmente nas proximidades das feições em facetas trapezoidais e triangulares (foto 5).

Foto 4 - O compartimento B apresenta o rebaixamento topográfico (colo) da cabeceira do Ribeirão do Baú em relação ao seu entorno. Este setor da bacia apresenta-se como importante frente de dissecação do Planalto de Campos do Jordão (foto da autora).

Vertentes com facetas e patamares são os diferenciais morfológicos deste compartimento, pois são formas que não foram mapeadas em outros setores da bacia.

Foto 5 - As Facetas (triangulares e trapezoidais) são formas do relevo singulares do compartimento B (foto da autora).

Essa morfologia pode ser um indicativo de processos neotectônicos como observou HIRUMA (1999) no Planalto de Campos do Jordão.

Compartimento C – Médio curso flanco Sul: Interflúvios dissecados das bacias do Barradas e do Córrego do Campo

Este compartimento apresenta algumas semelhanças em relação ao compartimento B uma vez que representa também uma porção da dissecação do planalto de Campos do Jordão.

A altitude deste compartimento morfológico varia de 1000m a 1200m, no trecho jusante da bacia do Ribeirão dos Barradas e Córrego do Campo, atingindo 1600m no contato e transição com o compartimento Remanescente da Superfície de Campos do Jordão.

O Ribeirão dos Barradas apresenta forte condicionamento estrutural, encaixado sobre um lineamento (falha), caracteriza-se por vertentes escarpadas, vale profundos e em V. Possui cristas e paredões na margem direita e poucos entalhes, enquanto a margem esquerda é recortado por drenagens paralelas com trechos angulosos e cabeceiras em arco, conferindo uma característica altamente assimétrica.

Esse compartimento foi individualizado também, por apresentar uma forte concentração de formas representadas como concavidades amplas (foto 6), em vertentes com declividades superiores a 30%. No interior dessas formas aparecem alojados planos ou patamares com micro formas arredondadas, de perfis convexos, caoticamente distribuídos, e que visto nas fotos aéreas, apresentam-se como superfícies com alta rugosidade, principalmente em trechos das vertentes em altitudes superiores a 1300m.

Em alguns casos encontra-se no interior das concavidade formas erosivas (sulcos) relacionados ao fluxo de água intermitente. Apresentam-se anastomosados colocando em destaque as irregularidades dos materiais heterométricos, presença de blocos com distribuição caótica, no meio de material alterado. Podem ocorrer matacões e afloramentos rochosos (foto 7).

Foto 6 - Compartimento C, predomínio de vertentes com feições denominadas de concavidades amplas. (foto da autora)

Foto 7 - No interior das Concavidades amplas encontra-se uma superfície irregular, com presença de blocos, denominada de superfície rugosa. (foto da autora)

Compartimento D – Médio curso flanco Norte: Vertentes íngremes do Córrego da Pedra do Baú e do Baú do Centro

Este compartimento foi individualizado devido à variedade de formas relacionadas a movimentos de massa encontradas neste setor da bacia, embora as características morfométricas (altitudes entre 1000m a 1600m e declividades >12%) não constituam um diferencial relevante em relação aos outros compartimentos.

As formas de relevo que se destacam neste compartimento são: concavidades amplas, superfícies rugosas, cicatrizes de escorregamentos, cicatrizes com patamar e depressão fechada.

As concavidades amplas e as superfícies rugosas apresentam formas geométricas diferenciadas variando no desenho e no tamanho.

As cicatrizes de escorregamentos aparecem distribuídas em várias posições das vertentes, sendo que em alguns casos localiza-se no interior das concavidades amplas e muitas vezes se encontram associadas à drenagem intermitente.

As cicatrizes com patamar embora não se manifestem em grande quantidade são importantes para a compreensão da morfologia geral da bacia, já que o patamar delimitado no interior da concavidade pode ser interpretado como um condicionante estrutural ou litológico.

Dentre todas as formas mapeadas nesta bacia a depressão fechada (foto 8) é uma das mais singulares; são concavidade praticamente circulares que não possuem comunicação com cursos d'água perenes ou intermitentes e não aparecem associadas a outras formas.

Foto 8 - Compartimento (D) a ocorrência de formas de relevo denominadas de depressão (foto da autora).

Compartimento E - Complexo Baú – Bauzinho- Ana Chata: Divisor com afloramento de rocha e frente escarpada descontínua

Este é o menor compartimento morfológico da bacia do Ribeirão do Baú e foi delimitado pela singularidade apresentada tanto em relação à forma quanto estrutura.

Apresenta declividades superiores a 30% e altitudes maiores que 1600m. Neste trecho da bacia localiza-se a feição do relevo mais conhecida desta região, a Pedra do Baú, com aproximadamente 1900m de altitude.

O compartimento é composto pelas formas escarpadas e em crista alinhadas na direção NE-SW (foto 9). Essas formas são descontínuas interrompida por uma serie de colos e desdobradas no setor mais jusante. Este setor representa o divisor mais destacado de toda a bacia do Ribeirão do Baú, onde se destaca o conjunto de rochas aflorantes de Pedra do Baú, Ana Chata e Bauzinho.

Foto 9 - O compartimento E é caracterizado pela presença de interflúvio com afloramento de rochas e frentes escarpadas descontínuas, denominadas de Bauzinho, Pedra do Baú e Ana Chata. (foto da autora)

Planície do Ribeirão do Baú

O compartimento denominado de Planície do Ribeirão do Baú é delimitado pelas rupturas côncavas que marcam o contato entre as vertentes direita e esquerda do Ribeirão do Baú, com o plano aluvial das várzeas. Tem a montante, forma estreita onde o canal e vale principal apresentam depósitos de blocos em posições de cone/terraço e na calha do rio, denunciando momentos torrenciais no sistema.

Ao longo do seu eixo, este compartimento apresenta uma declividade inferior a 5%. As altitudes variam bastante, sendo que o setor montante atinge 1200m e no trecho jusante chega a altitudes menores que 900m.

As principais formas deste compartimento são os terraços, a planície aluvial e as soleiras.

A planície aluvial aparece segmentada ao longo de todo o compartimento, sendo que em alguns setores ela se apresenta mais larga e em outros um estreitamento (foto 10).

A descontinuidade dessa forma pode estar relacionada à presença de soleiras que criam barramentos naturais, com diferentes níveis de base.

Comparando a carta morfológica e a clinográfica, observa-se uma coincidência entre os trechos em que a planície aluvial é interrompida e o aumento da declividade, mostrando a existência de rupturas significativas ao longo do Ribeirão do Baú.

Além disso, as anomalias na drenagem, como por exemplo, os cotovelos, podem influenciar no processo de sedimentação do rio e, conseqüentemente, na formação da planície aluvial.

Os terraços, bem distribuídos ao longo do vale estão sendo retrabalhados e reentalhados pela ação fluvial mais recente (foto 11).

Foto 10 - A planície aluvial do Ribeirão do Baú caracteriza o compartimento F e se apresenta de forma descontínua ao longo da bacia (foto da autora)

Foto 11 - Setor jusante do compartimento F observa-se terraço de várzea, com materiais heterométricos e caóticos, sendo, em alguns casos, retrabalhados pela ação fluvial. (foto da autora)

Baixo curso: Morros e colinas de topos convexos

Este compartimento foi individualizado por apresentar altitudes inferiores a 1200m, predominância de formas convexas e vertentes com declividades inferiores a 30%.

Observa-se neste setor da bacia, interflúvios com formas bastante arredondadas e uma sucessão de topos e colos. É uma zona de colinas e morros com topos individualizados pelos recortes da drenagem. Os interfluvios principais se conectam com os secundários, muitas vezes, por meio de um segmento de vertente retilínea e inclinada, com concavidades laterais, correspondentes a pequenos anfiteatros de cabeceira de drenagens efêmeras (Foto 12).

Foto 12 - Compartimento G: predomina nesta paisagem as colinas de topos convexos (foto da autora).

Neste compartimento as cicatrizes de escorregamentos aparecem em menor quantidade e na maioria dos casos, associadas a cursos d'água perene e intermitentes e localizadas principalmente nos setores baixos das vertentes.

Figura 17 -

CARTA MORFOLÓGICA DA BACIA DO RIBEIRÃO DO BAÚ - SP

PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR
UTM - DATUM - SAD 69 FUSO 23 S - 45° MC
Fonte: Base cartográfica digitalizada a partir das folhas do IBGE Campos do Jordão, edição 1992 e de Tremembé, edição 1986. Fotos Aéreas 1:25.000
IAC - 1962 (Região 7 - Fx.01 (8672 a 8676).
Fx. 02A (4230 a 4234)

Figura 16 - Carta dos Compartimentos morfológicos da Bacia do Ribeirão do Baú – São Bento do Sapucaí – SP

Fonte: Cartas topográfica IBGE – 1:50.000, folhas: Campos do Jordão (SF-23-Y-B-Y2) e Tremembé (SF-23-Y-V-4) 1974.
Cartas geológicas CPRM: Projeto Sapucaí – 1:250.000, 1979 e Folha de Guaratinguetá – 1:250.000 - (1999)

Compartimento do Relevo		Altitude (m)	Declividade Predominante(%)	Principais Formas de Relevo	Geologia	Perfil Topográfico – Interflúvios
A	Remanescente da Superfície de Campos do Jordão	>1600m	5% a 30%	Topos arredondados bem distribuídos; Mosaico de lombas com campos e vales com matas;	Migmatitos heterogêneos de estrutura estromática e secundariamente do brada; granada-biotita-gnaisses e horblenda-biotita-gnaisses.	Compartimento - A
	A'					
B	Alto curso: Cabeceiras do Baú	1000m a 1800m	12% a 30%	Cabeceira topograficamente rebakada, associada às drenagens capturadas em sua retaguarda (Ribeirão dos Marmelos). Vertentes com declividades bem acentuadas; assimetria entre as vertentes da margem esquerda e direita; presença de facetas triangulares, trapezoidais e patamares;	Predominância de biotita-gnaisses, e, subordinadamente, mármores dolomíticos, leptitos, "quartzitos", e núcleos graníticos gnaissificados.	Compartimento - B
C	Médio curso flanco Sul: Interflúvios dissecados das bacias do Barradas e do Córrego do Campo	1000 a 1200m	12% a 30%	Grande frequência de formas côncavas denominadas de concavidades amplas com patamares associados. Drenagem do Ribeirão do Barradas encaixada no falhamento de Venceslau Brás	Presença de quartzitos, biotita-gnaisses, núcleos graníticos gnaissificados e migmatitos estromáticos.	Compartimento - C
D	Médio curso flanco Norte: Vertentes íngremes do Córrego da Pedra e do Baú do Centro	1000m a 1600m	>12%	Grande presença de forma associadas a movimentos de massa. Destacam-se cicatrizes de escorregamentos com e sem patamar, depressões fechadas e concavidades amplas com superfícies rugosas associadas. Drenagem do Córrego da Pedra adaptada a falhamento provável.	Migmatitos heterogêneos de estrutura estromática e secundariamente dobrada; granada-biotita-gnaisses e horblenda-biotita-gnaisses.	Compartimento - D
E	Complexo Baú – Bauzinho- Ana Chata: Divisor com afloramento de rocha e frente escarpada descontínua	>1600m	>30%	Formas escarpadas e cristas alinhadas (NE-SW), concordantes com o alinhamento da falha transcorrente do Sapucaí-Mirim.	Predominância de Gnaisses (granada-biotita-gnaisses e horblenda-biotita-gnaisses)	Compartimento - E
F	Planície do Ribeirão do Baú	900m a 1200m	<5%	Planície aluvial com presença de soleiras e terraços. Drenagem concordante com falha indiscriminada.	Depósitos sedimentares aluviais quaternários.	Compartimento - F
G	Baixo curso: Morros e colinas de topos convexos	<1200m	<30%	Interflúvios com topos arredondados e sucessão de topos isolados e colos;	Predominância de biotita-gnaisses, e, subordinadamente, mármores dolomíticos, leptitos, "quartzitos", e núcleos graníticos gnaissificados.	Compartimento - G

4.3 - Baú do Centro

4.3.1 - Análise morfológica do Baú do Centro

A área escolhida para o estudo de detalhe localiza-se no médio curso do Ribeirão do Baú, em um setor da sua margem direita, entre a planície aluvial e as cristas meridionais do Complexo Baú – Bauzinho - Ana Chata (figura 19).

Figura 19: Localização da área do estudo de detalhe – Baú do Centro

Este mapeamento morfológico, em função da legenda empregada, permitiu uma correlação mais direta entre as morfologias mapeadas e a carta clinográfica. No entanto, para auxiliar a análise da distribuição das rupturas e mudanças de declividade, foram coloridos os interflúvios mais significativos, as

áreas de planície e os patamares localizados no interior de pequenas concavidades (figura 20). Esse recurso cartográfico, embora não contemplado na legenda proposta por Savigear (1965) adaptada por Cooke & Doornkamp (1990), facilitou a diferenciação dos compartimentos do relevo, destacando as áreas de planície, os divisores e suas morfologias e a distribuição dos conjuntos por níveis de dissecação.

A leitura da carta morfológica (figura 21) correlacionada com a carta clinográfica (figura 22) permitiu destacar que predomina na área interflúvios topograficamente desdobrados onde dominam formas convexas e declividades superiores a 20%. Os setores mais declivosos (acima de 40%) marcam as vertentes laterais dos interflúvios (principal e secundários); estes mostram topos individualizados e com baixas declividades (inferiores a 7%), sendo os limites dos topos, marcados por mudanças ou rupturas convexas.

O Ribeirão do Baú, ao longo de quase toda a sua extensão, apresenta orientação Nordeste-Sudoeste (NE-SW), concordante com alinhamento de falha indiscriminada, segundo a documentação consultada. Mostra padrão meandrante num plano aluvial de largura variável, com estrangulamentos e mudanças abruptas de direção, formando localmente baionetas de direção ortogonal ao alinhamento geral. Esses cotovelos revelam forte condicionamento estrutural (figura 20).

Figura 20 - Recorte da carta morfológica do Baú do Centro (1:10.000) - mudanças de direção do Ribeirão do Baú (cotovelos)

(Ver legenda na figura 21)

As drenagens perenes, localizadas nas vertentes da margem direita, apresentam-se paralelas entre si, com orientação para Nordeste (NE).

O plano aluvial, contendo a planície, terraços e setores da baixa encosta, encontra-se muito bem delimitado, marcado por rupturas côncavas, e declividades que variam entre 5% a 13%.

Os interflúvios principais (margem direita), que fazem parte da Serra do Baú, delimitam a bacia a Norte (N) e Noroeste (NW), e a separam da bacia do Monjolinho. São estreitos, alongados, descontínuos, de direção geral Nordeste-Sudoeste (NE-SW), mas com desdobramento para Sudoeste.

Apresentam-se individualizados por importantes rupturas convexas e circundados por vertentes de altas declividades (acima de 30%). Os topos estreitos mostram declividades baixas, entre 7% e 13%.

No terço superior dessas vertentes (margem direita do Baú), além da alta declividade (acima de 30%), observam-se segmentos predominantemente côncavos e retilíneos, que vão se transformando em convexas conforme ocorre à diminuição da altitude e o aumento da dissecação.

O terço médio das vertentes apresenta-se bastante dissecado por drenagens perenes e intermitentes. Algumas sub-bacias mostram uma gradual diminuição da declividade, formando patamares com inclinações que variam de 7% a 20%, e formas predominantemente convexas. Nesses setores observam-se micro feições que dão aspecto irregular a superfície, rugosidade, causada por uma infinidade de reentrâncias e saliências, mapeadas na carta morfológica como rupturas e mudanças convexas de declividade.

No setor Sul, margem esquerda do Baú, onde o recorte do detalhe cartográfico aqui apresentado abrangeu apenas o terço inferior das vertentes, ocorrem pequenas planícies suspensas, identificadas claramente na carta clinográfica como trechos descontínuos, de baixa declividade, associados à drenagem, delimitadas, na maioria dos casos, por rupturas côncavas. Essas planícies suspensas estão na retaguarda de pequenas soleiras e/ou cachoeiras presentes nesses cursos d'água.

As vertentes desse setor Sul apresentam feições retilíneas e convexas mais contínuas, com menos ocorrência de rupturas de declividade, caracterizando, em alguns setores, formas de rampas e patamares.

No terço inferior das vertentes, tanto da margem direita quanto da esquerda do Ribeirão do Baú, observa-se que a dissecação individualizou morros de topos convexos e pequenos interflúvios alongados. Na margem esquerda, alguns setores das vertentes apresentam rampas de geometria retilínea e com menores declividades que as vertentes opostas.

Ao longo de toda a área mapeada, mas, predominantemente, no terço médio e inferior das vertentes, tanto da margem direita, quanto esquerda do Ribeirão do Baú, ocorrem formas isoladas, de contornos arredondados, delimitadas por rupturas convexas e paredes íngremes, e que apresentam em seu interior pequenos patamares planos (7% a 13% de declividade) demarcados por rupturas côncavas. Essas feições correspondem a cicatrizes com patamar e pequenas depressões (figura 23).

Figura 23 - Exemplos do mapeamento de cicatrizes de escorregamentos com patamar e depressões. (Ver legenda na figura 21)

Figura 21 - Carta Morfológica- Baú do Centro

Legenda

- Curso d'água intermitente
- Curso d'água perene
- Estradas
- Pontos de Campo**
 - ▲ Perfil
 - Tradagem
- Morfologia**
 - Crista
 - Mudança de declive côncava
 - Mudança de declive convexo
 - Ruptura de declive côncava
 - Ruptura de declive convexo
 - Segmento de vertente côncavo
 - Segmento de vertente convexo
 - Segmento de vertente retilíneo
- 0,5 0,25 0 0,5 1 1,5 Km

Fonte: Fotografias-Aéreas 1:8.000 - IBC (1982)
Faixa 01(Fotos 8672 a 8676) e Faixa 02A
(Fotos 4230 a 4234).

Figura 22 - Carta Clinográfica - Baú do Centro

Legenda

- × Ponto cotado
- Curvas de nível (mestras)
- - - Curso d'água intermitente
- Curso d'água perene
- Estradas

Pontos de Campo

- ▲ Perfil
- Tradagem

Declividade (%)

Fonte: Carta topográfica IGC -1:10.000

4.3.2 - Análise morfológica das formas e dos materiais

O mapeamento morfológico da bacia do Baú (1:50.000) possibilitou, além da caracterização e análise da distribuição espacial das formas de relevo, a observação de feições recorrentes ao longo de toda a sua extensão.

Dentre elas destacam-se três formas: as superfícies rugosas, as cicatrizes com patamar e as depressões.

As superfícies rugosas localizam-se no interior de cabeceiras de drenagem, caracterizadas por um lóbulo ondulado com grande presença de blocos em superfície e escoamento superficial difuso. Esta forma assemelha-se a feição deposicional do complexo de rampas descrita por Meis & Monteiro (1979).

As depressões e as cicatrizes com patamar ocorrem nas ombreiras de interflúvios secundários, apresentam formas côncavas de geometria circular ou semicircular, fechadas ou ligadas a drenagens efêmeras.

Algumas dessas feições foram cartografadas no mapeamento morfológico do Baú do Centro (1:10.000), como mencionado anteriormente, aplicando a legenda proposta por Savigear (1965) e adaptada por Cooke & Doornkamp (1990).

Além disso, foi realizado um controle de campo mais detalhado em três áreas mapeadas como superfícies rugosas, três cicatrizes com patamar e uma depressão, onde foram observadas características morfológicas da superfície e dos materiais através 12 de sondagens e 5 perfis em cortes de estrada (Figura 24 a e b).

Para facilitar a organização das informações obtidas através dessas análises, optou-se em apresentá-las em pranchas separadas por feição e denominadas em: superfície rugosa (I, II, III), cicatriz com patamar (I e II) e depressão.

Figura 24a – Localização das descrições morfológicas (tradagens e perfis)

Figura 24b – Localização das formas e feições objetos do controle de campo

➤ Superfícies rugosas

As superfícies rugosas analisadas, paralelas entre si, localizam-se nos setores da média vertente, com declividades que variam entre 20 e 40%, diversos níveis de patamar associados e grande presença de blocos em superfície.

Essas formas tiveram seus materiais analisados através de tradagens (T6 a T10) e em perfis localizados em cortes de estradas (P1 e P3 a P6).

As superfícies rugosas denominadas de I e II (figuras 25 e 26) encontram-se associadas à mesma concavidade ampla, mas em posições altimétricas diferentes.

A tradagens feita na **superfície rugosa I** (T6) mostrou material predominantemente de textura argilo-areno-siltoso, de cor bruno-avermelhado, com presença de fragmentos de rocha desde a camada superficial.(figura 25)

Alguns metros acima na vertente, o ponto onde está assinalado a tradagem T7 (figura 25) apresenta blocos já em superfície e atinge profundidade máxima de 40cm. Como mostra a foto da figura 25, a superfície coberta de blocos é generalizada em toda vertente.

Figura 25: Localização e descrição das tradagens - Superfície rugosa I

Descrição - Tradagem 6

0 - 20cm: Cor: bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); Textura: argilo-areno-siltoso; Plástico e pegajoso; Presença de areia fina e pequenos fragmentos de rocha. Pouco de mica e feldspato

20 - 70cm: Cor: bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4); Textura: argilo-areno-siltoso; Plástico e pegajoso; Presença de areia mais grosseira.

70 - 90cm: Cor: bruno-avermelhado (5YR 4/4); Textura: argilo-areno-siltoso; Plástico e pegajoso; Presença de areia mais grosseira

90 - 100cm: Cor: vermelho-amarelado (5YR 4/6) com volumes mais amarelados (5YR 5/8); Material de alteração da rocha;

100 - 120cm: Cor: vermelho-amarelo (5YR 5/8); Material de alteração da rocha;

Descrição - Tradagem 7

0 - 20cm: Superfície com muitos blocos

20 - 40cm: Cor: bruno-avermelhado (5YR 4/4); Textura: argilo-areno-siltoso; Pouco areia grossa; Presença de fragmentos de rocha. Não foi possível tragar após 40cm

Na **superfície rugosa II** foram realizadas três sondagens (T8, T9 e T10) e analisado um perfil de solo (P1), localizado em um barranco de estrada que corta esta feição (figura 26).

Na escolha dos pontos onde foram feitas as tradagens, privilegiou-se os setores de maior e menor declividade, bem como os patamares encontrados em seu interior.

Nas tradagens observa-se um material bruno/bruno-avermelhado pouco desenvolvido, com textura variando de argilo-areno-siltoso a argilo-siltoso, com presença de fragmentos de rocha a partir de 40cm de profundidade, indicando material de alteração.

Apenas a tradagem 9 (figura 26), localizada no eixo de uma drenagem intermitente, apresenta um material mais acinzentado (bruno-acinzentado escuro), areno-argiloso, mais úmido (40-70cm) e com um pouco de água livre entre 70 e 80cm.

No perfil 1 (P1 - figura 27) nota-se grande presença de cascalhos e blocos, apresentados de forma caótica, sendo que os menores encontram-se bastante alterados. A massa que os envolve possui textura, predominantemente, silto argiloso de cor bruno/bruno-escuro.

Figura 26: Localização e descrição das tradagens - Superfície rugosa II

Figura 27 - Foto e descrição morfológica do Perfil 1 - Superfície rugosa II

Foto da autora, 2011.

Descrição

- 1 0- 20cm: Cor: bruno-escuro (7,5 YR 3/4);
Textura: silto-argiloso
 - 2 { 20- 50 cm: Cor: bruno-escuro (7,5 YR 3/4);
Textura: silto-argiloso (ligeiramente mais argiloso)
 - 3 { 50-100cm: Cor: bruno (7,5 YR 4/4);
Textura: silto-argiloso (ligeiramente mais argiloso)
 - 4 { 100-140cm: Cor: bruno (mais avermelhado)
(7,5 YR 4/4); Textura: argilo-siltoso com areia grossa
 - 5 { 50-90cm: Blocos centimétricos, de 2 a 5cm,
bastante alterados, envolto em uma matriz argilo-siltosa
 - 6 { 90-110cm: Concentração de blocos maiores,
variam entre 12 a 20cm, menos alterados
- Blocos de rochas bastante alterados (2 a 5cm)
- Blocos de rochas menos alterados (12 a 20cm)

Na superfície rugosa III, localizada na concavidade ampla, paralela a superfície rugosa II (figura 24), foram descritos perfis (3,4,5 e 6) expostos ao longo da estrada que liga o bairro Baú do Centro com o Monjolinho. Essa estrada secciona transversalmente o depósito, e mostra uma sequência de perfis (4,5e6 – Figura 29) com exposição contínua de blocos envoltos em matriz fina .

O perfil 3 (figura 28) foi descrito alguns metros acima na vertente e mostra o pacote superior desse conjunto.

De uma maneira geral, predominam nesses perfis materiais de cor bruno/bruno escuro, textura silto-areno-argilosa a silto-argilo-arenosa, estrutura em blocos subangulares e com presença de blocos de rocha com tamanhos que variam de centimétricos a métricos.

O perfil 3, descrito no pacote superior do conjunto analisado, é mais espesso (280cm) e mostra material homogêneo, com características latossolicas de cor bruno escuro na parte superior. Só a partir dos 130 cm é que pequenos blocos começam a aparecer e mesmo na base do perfil, não ultrapassam de 30 cm.

A sequência dos perfis 4/5/6 (figuras de 29 a 32), ilustra a base desse pacote de material de vertente. Observa-se a grande quantidade de blocos métricos, dispostos de forma caótica em matriz fina, com cores que variam do bruno escuro ao vermelho-amarelo, tendo alguns bolsões de material mais vermelho. A grande maioria dos blocos e matacões expostos nesses perfis é de gnaiss.

Figura 28 - Foto e descrição morfológica do Perfil 3 - Superfície rugosa III

Foto da autora, 2011.

Descrição

- 1 {
 - 0- 80cm:** Cor: bruno-escuro (7,5 YR 3/3);
 - Textura: silto-argilo-arenoso (com areia fina);
 - Plástico e pouco pegajoso; Porosidade entre os blocos;
 - Grande presença de raízes; Material seco e friável;

 - 2 {
 - 80- 180 cm:** Cor:bruno-escuro (7,5 YR 3/3);
 - Textura: silto-argilo-arenoso (areia fina);
 - Plástico e pegajoso; Presença porosidade causada pela atividade biológica; Material mais úmido; A partir de 130cm aparecem blocos centimétricos (entre 3 e 12cm);

 - 3 {
 - 180-240cm:** Cor: vermelho-escuro (2,5 YR 3/6);
 - Textura: silto-arenoso; Presença de porosidade causada pela atividade biológica; Material continua úmido;
 - Apresenta blocos maiores (entre 10 e 30cm) e pequenos fragmentos de rocha;
- Blocos menores (3 a 12cm)
- Blocos maiores (10 e 30cm)

Figura 29: Localização dos perfis (4,5 e 6) ao longo do corte da estrada do Monjolinho - Superfície Rugosa III

Figura 30 - Foto e descrição morfológica do Perfil 4 - Superfície rugosa III

Foto da autora, 2011.

Descrição

- 1 { **0- 50cm:** Cor: bruno-escuro (7,5 YR 3/4);
Textura: silto-arenoso com presença
de areia média, pouca argila; Plástico e
não pegajoso; Material seco e muito friável;
Grande presença de raízes de bambus
- 2 { **50- 100 cm:** Cor: bruno-escuro (7,5 YR 3/3);
Textura: silto-areno-argiloso com
presença de areia média; Plástico e
pouco pegajoso; Estrutura em blocos
subangulares; Presença de blocos de
rocha de vários tamanhos (4 a 30cm)
- 3 { **100 -120cm:** Cor: vermelho-amarelo
(5YR 4/6); Textura:silto-areno-argiloso com
presença de areia grossa; Plástico e
pouco pegajoso; Grande concentração
de blocos de rocha (gnaisse?) de vários
tamanhos (4 a 50cm);

Concentração de blocos de rocha;

Figura 31 - Perfil 5 localizado na Superfície Rugosa III

Foto da autora, 2011.

Descrição

- 1 { **0-60cm:** Cor: Bruno escuro (10 YR 3/3);
Textura: silto-arenoso-argiloso com
presença de areia grossa; Plástico e
pouco pegajoso; Material seco;
Porosidade ligada a grande presença de
raízes de bambus
- 2 { **60- 100 cm:** Cor: Bruno-acinzentado muito
escuro (10 YR 3/2); Textura: silto-areno-
argiloso; Plástico e pouco pegajoso;
Presença de blocos de rocha de vários
tamanhos (10 a 50cm) e raízes
- 3 { **Abaixo de 100cm:** Cor: Bruno forte
(7,5YR 4/6) Textura:silto-argilo-arenoso;
Plástico e pegajoso; Grande concentração
de blocos de rocha (50cm a 140cm)

Grandes blocos de rocha (50 a 140cm)

Figura 32 - Foto do Perfil 6 localizado na Superfície Rugosa III.

Foto: Aranha, 2011.

Descrição

1 { **0-50cm:** Cor: bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4); Textura: silto-areno-argiloso com presença de areia grossa; Plástico e pouco pegajoso; Material seco; Porosidade ligada a presença de raízes de bambus; presença de blocos de tamanhos variados (10 a 110cm)

2 { **50 a 130cm:** Cor: Bruno (7,5YR 4/4); Textura: silto-arenoso com areia grossa; Plástico; Presença de mica e de grandes blocos de rocha de tamanhos variados (10 a 110cm)

Blocos de rocha

➤ Cicatrizes com patamar

Essas feições localizadas nas figuras 24 e 24 a, mostram distribuição em diferentes interflúvios na área de estudo de detalhe, em posições altimétricas variadas, e declividades entre 20 e 30% nas paredes íngremes e 7 a 20% nos setores internos, mais planos.

Nas cicatrizes com patamar a análise morfológica dos materiais foi realizada com tradagens localizadas, preferencialmente, no centro da forma ou ao longo do eixo mais rebaixado.

A **cicatriz com patamar I** (figura 33) encontra-se bem marcada nas fotografias-aéreas e visível na paisagem. Localiza-se em um interflúvio secundário de topo convexo e possui um eixo bem nítido entre o patamar e a encosta.

Nesta cicatriz foram realizadas três tradagens (T1, T2 e T3) com profundidade média de 150cm. Apresentou materiais pedogeneticamente bem desenvolvidos, homogêneos, predominantemente na cor bruno/bruno escuro, com textura variando de silto-argiloso a argilo-siltoso. A tradagem T2, situada na parte central do eixo do patamar, mostrou material mais escuro e mais argiloso, bem como sinais do substrato rochoso (fragmentos de material mais vermelho e mais endurecido) a 120cm de profundidade, enquanto que nas borda (T1 e T3) esse pacote superior é ligeiramente menos espesso.

As cicatrizes com patamar II e III (figura 34 e 35) apresentaram materiais semelhantes aos encontrados na cicatriz com patamar I, destacando apenas a presença de pacotes orgânicos pouco espessos e sinais de hidromorfia bem visíveis na cicatriz com patamar II. A posição topográfica onde esta localizada a cicatriz com patamar II é mais fechada com desníveis acentuados entre a borda mais elevada e o fundo onde a tradagem foi feita. Nela a presença de horizontes orgânicos é mais expressiva, o pacote de alteração mais profundo (210cm). Nas duas, registrou-se um nível mais úmido por volta dos 100cm e fracos sinais de hidromorfia.

Figura 33: Localização e descrição das tradagens - Cicatriz com patamar I

Figura 34 - Localização e descrição da tradagem na Cicatriz com patamar II

Descrição - Tradagem 11

0 - 30cm: Cor: bruno-escuro (7,5YR 3/2) com volumes de cor cinzento-vermelhado-escuro (2,5Y 3/1) Textura: argilo-siltoso com pouca areia média; Pegajoso

30 - 60cm: Cor: bruno-escuro (7,5YR 3/2); Textura: argilo-siltoso; Pegajoso; Presença de pequenos volumes vermelhos (oxidação) e que vão diminuindo a partir de 40cm

60 - 80cm: Cor: bruno-muito-escuro (10YR 2/2) ;Textura: argilo-arenoso com presença de areia média; Pouco pegajoso e ligeiramente plástico;

80 - 100cm: Cor: bruno-escuro (10YR 3/3); Textura: argilo-silto-arenoso;

100 - 140cm: Cor: Black (10YR 2/1), passando a 120cm para bruno-muito-escuro (10YR 2/2); Textura: argilo-siltoso com pouca areia média; Material mais escuro, mais úmido com provável presença de matéria orgânica

140 - 180cm: Cor: bruno-escuro (7,5YR 3/2); Textura: argilo-silto-arenoso; Plástico e pegajoso; Sai do pacote orgânico para um material mais pedogeneizado; A partir de 160cm aparecem pequenos volumes amarelados e ponta do trado(180cm) aparece um material mais avermelhado.

180 - 190cm: Cor: bruno-escuro (7,5YR 3/3); Textura: argilo-silto-arenoso, mais argiloso; Plástico e pegajoso;

190 - 200cm: Cor: bruno-forte (7,5YR 4/6); Textura: argilo-silto-arenoso; Plástico e pegajoso;

200 - 210cm: Cor: bruno-forte (7,5YR 5/6); Textura: argilo-siltoso, com pouca areia; Plástico e pegajoso; Material de alteração da rocha; Muito úmido;

Figura 35: Localização e descrição da tradagem no interior da Cicatriz com patamar III

Descrição - Tradagem 12

0 - 40cm: Cor homogênea: bruno-escuro (7,5YR 3/2); Textura: silto-argiloso; Presença de pequenos fragmentos de rocha alterada; A partir dos 30cm começa aparecer pequenos fragmentos de carvão

40 - 50cm: Cor: vermelho-amarelo (5YR 4/6) Textura: silto-argiloso; Fragmentos de rocha semelhantes a nódulos ferrugineizados com bastante quartzo de tamanhos centimétricos;

50 - 90cm: Cor: bruno-escuro (7,5YR 3/2 e 7,5YR 3/4); Textura: silto-argiloso, mais pegajoso; Presença de fragmentos de rocha de cor ocre, de tamanhos milimétricos, moles abundantes, que desaparecem a partir de 70cm

90 - 140cm: Cor: bruno-escuro (10YR 3/3) Textura: silto-argiloso; Muito pegajoso até a profundidade de 100cm, passando para pouco pegajoso; Os fragmentos de rocha milimétricos, de cor ocre intenso, muito contrastados em relação a matriz, começam a aparecer a partir de 100cm; Material mais úmido

140 - 150cm: Cor: bruno (7,5YR 4/4); Textura: silto-argiloso, mais argiloso e pegajoso que o anterior; Grande presença de grãos de quartzo milimétricos, e de feldspato

150 - 170cm: Cor: bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4 e 10YR 4/4); Textura: silto-argiloso, mais pegajoso que o anterior; Volta a aparecer fragmentos ocres

170 - 190cm: Cor: bruno-amarelado (10YR 5/6), manchas mais claras que a anterior (hidromorfia?); Textura: silto-argiloso com sensação de aspereza (areia grossa); Presença de fragmentos de quartzo leitoso de tamanho que variam de centimétricos a milimétricos;

190 - 210cm: Cor: bruno-avermelhado (2,5YR 5/4), na parte superior do trado e com sinais de hidromorfia, e Cor: bruno-amarelado (10 YR 5/8) na ponta do trado com a presença de fragmentos de rocha alterada; Textura: silto-areno-argiloso, com areia média e grossa; Presença de grande quantidade de fragmentos de quartzo leitoso de tamanho que variam de centimétricos a milimétricos;

➤ Depressão

A única feição de depressão analisada do ponto de vista morfológico (figura 36) localiza-se em posição altimétrica inferior a todas outras formas analisadas. Encontra-se delimitada por encostas de declividade acentuadas e possui forma circular, não apresentando conectividade com a drenagem perene ou intermitente.

Apresentou materiais com características semelhantes às observadas nas cicatrizes com patamar (I, II e III), com predominância da textura silto-argiloso, cores bruno/bruno forte e sinais de hidromorfia, mesmo sendo período de estiagem.

Figura 36: Localização e descrição das tradagens na depressão

Descrição - Tradagem 4

0 - 40cm: Cor: bruno-escuro (7,5YR 3/3); Textura: silto-argilo-arenoso; Com aumento da profundidade o material torna-se ligeiramente mais argiloso; Material seco;

40 - 120cm: Cor: bruno forte (7,5YR 4/6); Textura: silto-argilosa; Muito plástico, pouco pegajoso; A partir do 70cm o material fica ligeiramente mais úmido; Presença da aspereza da fração areia desde o início, diminuindo a partir de 100cm

120 - 130cm: Cor: bruno (7,5YR 4/2), com volumes de cor oliva-claro-acinzentado (5y 6/3); Textura: silto-argilosa; (Hidromorfia??)

130 - 140cm: Cor: oliva-claro-acinzentado (5y 6/3) com volumes de cor bruno-forte (7,5YR 5/6); Textura: argilo-siltosa; Presença de material de alteração da rocha no nível da hidromorfia;

140 - 150cm: Cor: bruno-forte (7,5YR 5/8); Textura: argilo-siltosa com presença de areia grossa; Material de alteração da rocha com fragmentos milimétricos de quartzo e feldspato;

Descrição - Tradagem 5

0 - 50cm: Cor: bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); Textura: silto-areno-argiloso; Material bastante solto, friável de aspecto micro-agregado, com bastante mineral primário;

50 - 100cm: Cor: bruno-escuro (7,5YR 3/4); Textura: silto-argiloso; Plástico e pegajoso;

100 - 110cm: Cor: bruno-muito-escuro (7,5YR 3/4); Textura: silto-argiloso; Plástico e pegajoso;

110 - 150cm: Cor bastante heterogênea, sendo a massa do material na cor cinzento-muito-escuro 5YR 3/1, com volumes de cor bruno-avermelhado-escuro; Textura: argilo-siltoso;

150 - 160cm: Cor: bruno-forte (7,5YR 4/6); Textura: argilo-siltoso; Aparência de material de alteração da rocha;

4.3.3 - Considerações sobre a gênese das superfícies rugosas e concavidades

Os mapeamentos morfológicos realizados na bacia do Ribeirão do Baú (1:10.000 e 1:50.000) e as observações de campo, permitiram, com apoio da bibliografia, traçar esquematicamente modelos de evolução das feições caracterizadas como superfícies rugosas, concavidades e depressões

Para as Superfícies Rugosas, buscou-se apoio em Modenesi (1988) Marujo (1994) Hiruma & Teixeira (2011) que desenvolveram pesquisa em áreas vizinhas, e na mesma região, portanto em sistemas morfogenéticos equivalentes ou próximos.

Modenesi (1988) mostra que no Planalto de Campos do Jordão as vertentes evoluem por movimentos de massa, testemunhados por, pelo menos, três gerações de anfiteatros de erosão.

Vertentes com espessos depósitos de tálus e colúvios, suspensos e superpostos, compostos por materiais mal selecionados e com blocos, semelhantes às superfícies rugosas, foram interpretados como testemunhos de diversos episódios de movimentos de massa (MODENESI, 1988; BIGARELLA, 2003; MARUJO (1994); HIRUMA & TEIXEIRA, 2011).

A exposição do material rudáceo em superfície ocorreria com a instalação de canais de escoamento superficial difuso ou pelo escoamento concentrado sobre o depósito. Isso acarretaria a remoção dos detritos mais finos, expondo o material mais grosseiro e heterométrico.

As observações feitas em fotos aéreas de escala detalhada e em campo mostraram que uma rede de canais de escoamento, na forma de sulcos de traçado anastomosado, com zonas de concentração e dispersão do fluxo, em função dos obstáculos rochosos encontrados, é responsável pelo aspecto rugoso, tão nítido nas aerofotos em diversas escalas.

MARUJO (1994), em seu estudo morfológico da bacia do Rio Santa Bárbara, localizada nas escarpas do Planalto de Campos do Jordão, próximo a bacia do Baú, observou também a presença de blocos e matacões espalhados nos setores mais baixos da superfície. Mapeou essas superfícies cobertas por blocos e os relacionou à presença de rochas charnoquíticas e de zonas

cataclásticas, que favorecem o intemperismo e a desagregação das rochas em blocos angulares.

O modelo apresentado na figura 37 mostra a sistematização gráfica dessas informações.

Figura 37 - Modelo evolutivo da Superfície Rugosa

Organizado por: Ferreira e Aranha, 2011.

Desenhado por: Beato, 2011.

Com relação às **concavidades** que aparecem nas vertentes, podendo ou não conter patamares internos, estar ou não conectada a canais de escoamento superficiais efêmeros, buscou-se apoio em Filizola & Boulet, (1993,1996) ; Bigarella (2003) ; Coelho Neto (2003).

Filizola & Boulet (1993,1996) estudando depressões fechadas sobre rochas sedimentares quartzo-caoliníticas, no Vale do Paraíba, interpretaram tais depressões como de origem geoquímica e estimaram a velocidade da erosão geoquímica, com perda de material e reafeição da forma.

Coelho Neto (2003) estudando a formação e crescimento de canais em cabeceiras de drenagem, na região do médio vale do Paraíba, apresenta além de uma tipologia para as concavidades, esquemas evolutivos para as concavidades estruturais e depressões. Considera e analisa o sistema de falhas do embasamento rochoso, no desenvolvimento dessas feições. Assinala que a interação dos processos químicos e físicos responde pela formação e remoção do regolito. Destaca que o fraturamento do maciço rochoso, favorecendo a perda vertical da água, leva ao rebaixamento do fundo do vale principal e do nível do lençol freático, responsável pela estabilização morfodinâmica das concavidades. Quando suspensas, desconectadas da rede de canais as concavidades e depressões, podem ser consideradas como formas-reliquiais.

A figura 38 esquematiza as supostas etapas envolvidas na evolução as depressões e cicatrizes com patamar.

Figura 38 - Modelo evolutivo da Depressão e da Cicatriz com Patamar

Organizado por: Ferreira e Aranha, 2011.

Desenhado por: Beato, 2011.

Diante da complexidade que envolve o estudo morfogenético dessas feições e as poucas informações, recolhidas nesse trabalho, sobre os processos que determinam a dinâmica evolutiva do modelado, as considerações acima e os esquemas apresentados, devem ser considerados com hipóteses que alimentarão futuros trabalhos.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a importância da cartografia geomorfológica para o estudo da forma relevo, não como um fim em si mesmo, mas como um método de pesquisa, tendo a representação como ponto de partida para compreender a forma, é que se essa pesquisa se desenvolveu.

O caminho escolhido para atingir os objetivos traçados nesta pesquisa, foi o da abordagem multi-escalar, procurando por meio do mapeamento em várias escalas (1:250.000, 1:50.000 e 1:25.000) compreender um pouco mais a paisagem da bacia do Baú.

Essa opção metodológica permitiu primeiramente constatar a importância do mapeamento regional (escalas pequenas), visando conhecer as grandes estruturas regionais, e contextualizar as formas menores do relevo dentro deste complexo jogo entre as forças internas e externas da Terra.

Nesse sentido, é positiva a avaliação das metodologias proposta por Basenina & Trescov (1972) e Neves et al (2003) para mapeamento e compartimentação morfoestrutural, pois embora aplicadas apenas parcialmente, foi possível elaborar uma compartimentação morfoestrutural significativa e representativa para a região da área de estudo.

No que tange as legendas morfológicas (1:50.000 e 1:10.000) utilizadas neste trabalho, deve-se fazer algumas considerações:

A legenda morfológica utilizada no mapeamento da bacia do Ribeirão do Baú (1:50.000) já tinha sido aplicada parcialmente em trabalho anterior, e que por agrupar e relacionar as suas representações a processos genéticos, dificultava o agrupamento das formas mapeadas a partir apenas das características morfográficas. Em decorrência disso, optou-se pela utilização da legenda proposta por Savigear (1965) e adaptada por Cooke & Doornkamp (1990) no mapeamento morfológico do Baú do Centro (1:10.000).

A legenda proposta por Savigear (1965) e adaptada por Cooke & Doornkamp (1990), embora represente a morfologia das vertentes com todas as suas variações de forma, possibilitando interpretações sobre a dinâmica

hidrológica das vertentes, não configura um mapa de fácil compreensão, sendo a leitura bastante complexa, necessitando de um processo de decodificação muito maior.

Nesse sentido a legenda francesa, aplicada na carta morfológica do Baú (1:50.000), apresentou-se mais plástica, possibilitando a observação da distribuição das formas e feições ao longo da bacia possibilitando o estabelecimento de compartimentos morfológicos.

Vale ressaltar que, de uma maneira geral, as cartas geomorfológicas são representações de difícil leitura, pois necessitam de um alto grau de abstração do usuário, já que ele terá, por exemplo, que imaginar que no lugar de um círculo existe um topo ou uma concavidade, com volume e altitude.

Sendo assim, a tentativa de produzir uma legenda ilustrativa, utilizando-se de fotografias de paisagem, fotografias-aéreas e perfis esquemáticos, pode ser um caminho na busca de uma melhor compreensão da cartografia geomorfológica. Para tanto, a eficácia ou não desta legenda, poderá ser avaliada em trabalhos futuros, principalmente, na área educacional.

A partir dos produtos cartográficos elaborados neste trabalho visando “conhecer melhor” as formas do relevo da bacia do baú, pode-se constatar que:

- A bacia do Ribeirão do Baú é uma importante frente de dissecação do Planalto de Campos do Jordão, sendo responsável, juntamente com outros afluentes da margem direita do Rio Sapucaí-Mirim, pelo festonamento da escarpa Sudoeste deste planalto e pela individualização dos Planaltos de Campos do Jordão e o de Camanducaia.
- Situa-se em um compartimento morfoestrutural delimitado por dois falhamentos (São Bento do Sapucaí, a Noroeste, Campos do Jordão a Sudeste), apresentando, portanto, forte controle estrutural, evidenciado pela presença de interflúvios escarpados, e em forma de crista, facetas triangulares e trapezoidais, e uma rede de drenagem repleta de anomalias na drenagem (canais em arco, cotovelos e soleiras).

- A existência dessas formas na bacia do Ribeirão do Baú contribui para resgatar a discussão sobre neotectônismo apontado por HIRUMA (1999) no Planalto de Campos do Jordão, onde este autor relaciona a ocorrência dessas feições a processos neotectônicos.
- Embora apresente uma grande diversidade morfológica, algumas formas e feições do relevo destacaram-se na paisagem, pela magnitude e frequência com que ocorrem (superfícies rugosas) e pela singularidade (depressões e concavidades com patamar). Estas formas indicaram a necessidade de um estudo mais detalhado, tanto morfológico, quanto dos seus materiais, visando uma melhor compreensão de sua origem.
- Esta análise mais detalhada não foi contemplada nesta pesquisa de forma sistemática, sendo que apenas um ensaio cartográfico de detalhe (carta morfológica do Baú do Centro – 1:10.000) e algumas observações sobre os materiais foram realizadas. Essas análises, ainda que superficiais, permitiram comparar essas feições com formas de relevos analisadas por outros pesquisadores em áreas similares.
- Modenesi (1988) encontrou feições semelhantes a essas em vertentes do Planalto de Campos do Jordão. As concavidades amplas denominou de anfiteatros de erosão. Relacionou os depósitos (superfícies rugosas) a movimentos de massa, e os blocos e matacões observados em superfície, como o resíduo mais grosseiro, exposto em função do escoamento superficial, capaz de remover apenas parte fina dos materiais.

Em virtude dessas considerações e de outras análises no corpo deste trabalho, ressalta-se que para buscar comprovações sobre a gênese do relevo da bacia do Baú, há necessidade da realização de estudos mais detalhados, principalmente envolvendo escalas de maior detalhe, como por exemplo, a elaboração de toposequências ao longo de algumas formas.

No entanto, independente dos caminhos a ser seguido não se deve perder de vista que...

“o espetáculo do Universo é um movimento incessante de nascimento, desenvolvimento e de destruição de formas e que o objeto de toda a ciência é prever esta evolução das formas e se possível, de explicá-las”

Thon, 1972

6 - BIBLIOGRAFIA

ABREU, A. A. **Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação (Uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo do Planalto de Diamantina-MG)**. Tese de Livre-Docência. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

AGUIAR, M. B. **O Relevo e a Estrutura na Região de Dona Catarina-SP**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Geologia do Estado de São Paulo: **Instituto Geográfico e Geológico, Boletim**, 41, p. 167-263. 1964 (in portuguese).

ALVES, J.M.P. & CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. In: **Revista Brasileira de Geociências**, 33(2), p. 117-124, 2003.

ARANHA, R.D. **Formas e feições na Cabeceira do Ribeirão do Baú - São Bento do Sapucaí - SP**. 2003. 70 p. Trabalho de Graduação Individual – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ARAÚJO, C.C.; YAMAMOTO, J.K.; MADRUCCI, V. Análise morfoestrutural em área de ocorrência de arenito asfáltico, Bacia do Paraná, São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 24(1/2), p. 25-41, 2003.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de riscos de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP**. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de solos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

AVELAR, A.S. e COELHO NETTO, A.L. Fraturas e desenvolvimentos de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol. 22, n.2, p. 222-227, 1992.

BACCARO, C.A.D. **Os processos de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar em Cubatão – SP**. 1982. 165 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

BASENINA, N.V; TRESCOV, A. A. Geomorphologische Kartierung de Gebirgsreliefs im Masstab 1:200000 auf Grund einer Morphostrukturanalyse. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Band 16, Heft 2. p. 125-138. 1972.

Mapeamento Geomorfológico de Relevos Montanhosos baseados em uma Análise Morfoestrutural. *Zeitschrift für Geomorphologie*. vol. 16, n.2, p. 125-138, 1992. (Tradução do original Adilson Avansi de Abreu, inédito)

BATISTA, S.C. **Visualização cartográfica do desenvolvimento do raciocínio espacial à compreensão dos fenômenos geográficos**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis. Ed. da UFSC. 3v. p.1436, 2003

CASTRO, S.S & SALOMÃO, F.X.T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. **GEOUSP**, São Paulo, n. 07, p. 26-37, 2000.

CHACÓN, J.; IRIGARAY, C.; FERNÁNDEZ, T.; EL HAMDOUNI, R. Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. In: **Bull. Eng. Geol. Environ.** v. 65. p. 341-411, 2006

CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A.; SUGDEN, D.E. **Geomorphology**. London: Methuen, p. 316-340, 1984.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

COELHO NETO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia In: GUERRA, A.J.T & CUNHA, S.B. (org) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.1994.

_____. Evolução de cabeceiras de drenagem no médio vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, Ano 4, n. 2, p. 69-100, 2003.

CNRS. **Cartographie Géomorphologie**. Travaux de La R. C. P.77. Mémoires et Documents, Nouvelles série 12, 263p. 1971.

COLÂNGELO, A.C. & CRUZ, O. Índice de magnitude-freqüência espacial de movimentos de massa num tropical úmido. **GEOUSP**, São Paulo, n. 08, p. 17-23, 2000.

COLTRINARI, L. Um exemplo de carta geomorfológica de detalhe: a carta do médio vale do Rio Parateí, SP (1:25.000). **Revista do Departamento de Geografia**, n. 01, p. 55-63, 1982.

_____. Cartas Geomorfológicas. **Orientação**, São Paulo, n. 05, p. 96-99, 1984.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Carta geológica do Projeto Sapucaí Folha de Guaratinguetá (SF-23-Y-B)**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1979. 1 mapa: color. Escala 1:250.000.

_____. **Carta Geológica Guaratinguetá (SF 23-Y-B)**. Brasília: CPRM, 1999. 1 mapa: color.; 57x116cm. Escala 1:250.000.

COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. **Geomorphology in environmental management: a new introduction**. 2.ed. Oxford: Oxford University Press, 410 p., 1990.

COQUE, R. Los procesos de transporte en las vertientes. In: **Geomorfologia**. Madrid, Alianza, p. 117-128, 1984.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba – SP**: contribuição á geomorfologia litorânea tropical. 1972. 261 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.

_____. **Alguns conhecimentos básicos para fotointerpretação**. Aerofotogeografia 25. São Paulo: Instituto de Geografia - Universidade de São Paulo, 1981. 13 p.

_____. **A escala temporal-espacial nos estudo dos processos geomorfológicos erosivos atuais: uma questão de método**. Geomorfologia 33. São Paulo: Instituto de Geografia - Universidade de São Paulo, 1985. 16 p.

DIAS FERREIRA, R.P. et al. **Carta Geomorfológica de São Pedro, São Paulo 1:50.000** – Memorial descritivo. Sedimentologia e Pedologia 12. São Paulo: Instituto de Geografia - Universidade de São Paulo, 1978. 8 p.

DINIZ, A; FURLAN, S.A. Relações entre classificações fitogeográficas, fitossociologia, cartografia, escalas e modificações sócio-culturais no Parque Estadual de Campos do Jordão (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 12, p.123-161, 1998.

DOMINGUES, E.N. Caracterização das feições erosivas e relações com o meio hidrobiofísico em áreas impactadas na Serra do Mar, na região de Cubatão (SP). In: **Geociências** v. 20, n.1. São Paulo. UNESP. p. 61-71, 2001.

DOMÍNGUEZ – CUESTA, M.J; JIMÉNEZ – SANCHEZ, M. BERREZUETA, E. **Landslides in the Central Coalfield (Catabrian Moutains, NW Spain): Geomorphological features, conditioning factors and methodological implications in susceptibility assessment**. In: *Geomorphology* v. 89. p. 358-369, 2007.

DOMINGUES, E.N. **Estudo de processo geomorfológicos do escoamento fluvial e evolução de vertentes na Serra de Cubatão, Serra do Mar – SP**.

1983. 189 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

DONÉ, S.S.B. Mapas geomorfológicos e suas legendas: uma contribuição para estudos analíticos. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n. 21, p. 85-110, 1981.

DOORNKAMP, J.C.; KING, C.A.M. **Drainage basins and stream networks in numerical analysis in Geomorphology: an introduction**. London: E. Arnold, 1971. 372 p.

DUMAN, T.Y; EMRE, O; KEÇER, M. DOGAN, A; ATES, S.; DURMAZ, S. Landslide inventory maps. In: **Geomorphology** v. 94. p. 268-289, 2008.

FELIZOLA, H.F. & BOULET, B. Evolution and opening of closed depressions developed in a quartz-kaolinitic sedimentary substratum at Taubaté basin (São Paulo, Brazil), and analogy to the slope evolution. **Geomorphology** v.16 p. 77-86, 1996.

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de massa: Uma abordagem geológico – geomorfológica**. In: Guerra, A. J. T.; CUNHA, S.B. (Eds). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro. Bertrand. p. 123 – 194, 1996.

FLORENZANO, T. G. (org) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo**. Oficina de Textos. 318 p., 2004.

FURQUIM, S.A.C. **Estudo morfopedológico do setor centro-norte do interflúvio entre os ribeirões Samambaia e Araquá, em São Pedro, SP**. 1997. 95 p. Trabalho de Graduação Individual. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

GALLI, M.; ARDIZZONE, F; CARDINALI, M; GUZZETTI, F; REICHENBACH, P. Comparing landslide inventory maps. In: **Geomorphology** v.94. p. 268 – 289, 2008.

GARCIA, M.G.M. **Análise cinemática do setor de junção entre as zonas de cisalhamento direcionais São Bento do Sapucaí, Sertãozinho e Jundiuvira, nas imediações de Piracaia – SP**. 1996. 104 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

GROHMANN, C.H., CAMPANHA, G.A.C. and SOARES JUNIOR, A.V. OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. In: **XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**.2011.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M.; (1984) **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo. Edgard Blücher.

HATTANJI, T.; MORIWAKI, H.; (2009) Morfometric analysis of relic landslides using detailed landslide distribution maps: Implications for forecasting travel distance of future landslides. In: **Geomorphology** v. 103. p. 447-454, 2009.

HAYDEN, R. S. Geomorphological mapping. In: SHORT, N.M; BLAIR, Jr.; R.W. (eds.) **Geomorphology from space: a global overview of regional landforms**. Washington, D.C.: NASA, 1986. 717 p.

HIRUMA, S. T. **Neotectônica no Planalto de Campos do Jordão , SP**. 1999. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

HIRUMA, S.T; TEIXEIRA, A. L. Pedra do Baú, São Bento do Sapucaí, SP - Imponente paisagem e registro de eventos tectônicos e denudacionais pós-ruptura continental. In: WINGE, M; SHOBENHAUS, C. SOUZA, C. R.G; FERNANDES, A. C. S; BERBERT-BORN, M; SALUN FILHO, W; QUEIROZ, E.T. (Edit) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Publicado na internet em 30/06/2011 no endereço <http://sigep.cprm.gov.br/sitio055.pdf>.

HOWARD, A.D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Mapa pedológico Estado de São Paulo**. São Paulo: EMBRAPA/IAC, 1999. 1 mapa em 4 folhas; color. Escala 1:500.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha Campos do Jordão (SF-23-Y-B-V-2)**. [Rio de Janeiro]: IBGE, 1971. 1 mapa; color.; 56x71cm. Escala 1:50.000.

_____. **Folha Tremembé (SF-23-Y-B-V-4)**. [Rio de Janeiro]: IBGE, 1974. 1 mapa: color.; 54x72cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo: região administrativa 3 e região administrativa 2 (parcial)**. São Paulo: IPT, 1977. 1 mapa: color; 84x114cm. Escala 1:200.000.

_____. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. 1 mapa:color; 84x108cm. Escala 1:1.000.000.

KOFFLER, N.F. Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas ao mapeamento de solos. **Geografia**, v. 18, n. 02, 1993.

LEE, S.; CHWAE, U.; MIN, K. Landslide susceptibility mapping by correlation between topography and geological structure: the Janghung area, Korea. In: **Geomorphology** v. 46. p.149 -162, 2002.

LOCZY, L.; & LADEIRA, E. **Geologia estrutural e introdução à geotectônica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. p. 95-101.

LOPES, E. S.S. **Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista, na escala de 1:10.000**. Tese de doutorado. Rio Claro. 302 p, 2006.

LOPES, E.S.S; RIEDEL, P.S.; BENTZ, C.M; FERREIRA, M.V. Calibração e validação do índice de estabilidade de encostas com inventário de escorregamentos naturais na bacia do Rio da Onça na região da Serra de Cubatão – SP. In: **Geociências**, v.26, n.1, p.83 – 95, São Paulo. Unesp, 2007.

LUZ, R. A. **Geomorfologia da Planície Fluvial do Rio Pinheiros entre os bairros de Pinheiros e Cidade Jardim, São Paulo (SP)**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 120p. 2010.

MARTINELLI, M. Curso de **Cartografia temática**. São Paulo : Contexto, 1991. 180 p

MARTINELLI, M. **Cartografia temática: cadernos de mapas**. São Paulo : Edusp, 2003. 160 p.

MARUJO, M.F. **Estudo morfológico de uma bacia de drenagem nas escarpas do Planalto de Campos do Jordão, Serra da Mantiqueira, SP**. 1994. 146 p. Dissertação de mestrado. São Paulo, 1994.

MESCERJAKOV, J.P. Lês concepts de morphostructure et de morphosculture: um nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Geographie**, Paris, nº423, set/out. 1968.

MODENESI, M. C. Intemperismo e morfogênese no Planalto de Campos do Jordão – SP. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.10, n.3, p. 213-225, 1980.

_____. **Significado dos depósitos correlativos quaternários em Campos do Jordão. Implicações Paleoclimáticas e Paleoecológicas. – SP**. 1984. 213 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

_____. Evolução quaternária de uma montanha tropical: O Planalto de Campos do Jordão – SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, n.5, p. 7-13, 1984.

MODENESI-GAUTTIERI, M.C. & NUNES, L.H. Processos geocriogênicos quaternários nas cimeiras da Mantiqueira, com considerações climáticas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.2, n.19, p. 19-30, 1998.

MODENESI-GAUTTIERI, M.C; HIRUMA, S.T; RICCOMINI, C. Morph tectonics of high plateau on the northwestern flank of the Continental Rift of southeastern Brazil. **Geomorphology**, Amsterdam, v.43, p. 257-271, 2001.

MODENESI-GAUTTIERI, M.C; TOLEDO, M. C. M de; HIRUMA, S.T; TAIOLI, F; SHIMADA, H. Deep weathering and landscape evolution in a tropical plateau. **Catena**. 85 p. 221-230, 2011.

MOREIRA, A. A. N. Cartas Geomorfológicas. **Caderno Geomorfologia**, São Paulo, n. 05, p. 1-11, 1969. Publicação do Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de aplicação**. 1.ed. São José dos Campos: INPE, 2001. 283 p.

NERY, T. D. ; VIEIRA, B. C.Caracterização dos parâmetros topográficos da bacia da Ultrafértil: Subsídio para avaliação dos escorregamentos rasos. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. 2009.

NEVES, M. A; MORALES, N. BORGES, M. da S; EBERT, H. D. Compartimentação Morfotectônica da Região de Jundiaí (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.33, n.2, p. 167-176, 2003.

OKA-FIORI, C. **Contribuição ao estudo das formações superficiais das quadrículas de Piracicaba e São Pedro**. 1980. 120 p. Dissertação (Mestrado) – IGCE/UNESP, Rio Claro, 1980.

PARISE, M.; WASOWSKI; (1999) **Landslide activity maps for landslide hazard evaluation: Three case studies from Southern Italy**. In: Natural Hazards v. 20. p. 159-183.

PIRES NETO, A. G. **As abordagens sintético-histórica e analítico-dinâmica: uma proposição metodológica para a Geomorfologia**. 1992. 332 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

PROKESOVÁ, R.; KARDOS, MEDVED'OVÁ, A. (2009) **Landslide dynamics from high – resolution aerial photographs: A case of study from the Western Carpathians, Slovakia**. In: *Geomorphology*, doi: 10.1016 / j. geomorph. 2009.09.033.

QUEIROZ NETO, J.P; JOURNAUX, A (Org). Estudo e Cartografia de Formações Superficiais e suas Aplicações em regiões Tropicais. **Colóquio Interdisciplinar Franco-Brasileiro**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, São Paulo v. 1, 27 ago - 08 set. 1978

RESENDE, M. et al. Microbacias hidrográficas. In: _____ **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. p. 213-230.

RICCI, M. & PETRI, S. **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica**. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1965. 226 p.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros**. 1997. 2v. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

RODRIGUES, S.R. **O uso da terra e a qualidade das águas superficiais da Bacia do Rio Sapucaí-Guaçu, no município de Campos do Jordão – SP**. 1997. 126 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 17-29, 1992.

ROSS, J.L.S & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000**. São Paulo: FFLCH/USP, 1997. 1 mapa em 2 folhas; color. Escala 1:500.000.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 2.ed. São Paulo: Contexto, 1991. 85 p.

SESTINI, M.; FLORENZANO, T. G. Caracterização de cicatrizes de deslizamentos por processamento de dados TM Landsat em Caraguatatuba – SP. In: **Revista do Instituto de Geociências**, v. 4, n.2. p. 57 – 69, 2004.

SILVA, L. G. E.; DANTAS, M. E.; COELHO NETTO, A. L. Condicionantes lito-estruturais na formação de níveis de base locais (“knickpoints”) e implicações geomorfológicas no médio vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP). In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 3, 1993, Rio de Janeiro. **Boletim de resumos e breves comunicações do III. Simpósio de Geologia do Sudeste ...** Rio de Janeiro: UERJ, 1993. p.30.

SIMIELLI, M.H.O. **O mapa como meio de comunicação. Implicações no Ensino de geografia do 1º Grau**. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

SOARES, P.C. & FIORI, A.P. Lógica sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.16, p. 71-104, 1976.

SOARES, F. P. **Cartografia Morfológica de Detalhe e Intervenções Antrópicas no Alto Jacareí: Subsídio à avaliação da Degradação Ambiental do Sistema Cantareira**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SOUZA, L.H.F. **Representação gráfica de feições lineares do relevo: proposta de aplicação de simbologia linear digital na cartografia geomorfológica.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Uberlândia-MG. 91p. 2006.

STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis and erosional topography. In: **Geological Society of America Bulletin**. 63 (10), p. 1117-1142, 1952.

TRICART, J; ROCHEFORT; RIMBERT, S. A análise topográfica. In: **Initiation aux travaux pratique de Géographie**. Tradução Marília Barros de Aguiar. 4.ed. [s.l.]: SEDES, 1968. p. 54-61.

TRICART, J; KILIAN, J. **L'éco-geographie et l'aménagement du milieu naturel.** **Librarie Française**. Paris: Maspero, 1978.

TWIDALE, C. R. River patterns and their meaning. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, n. 67, p. 159-218, 2004.

YALCIN, A. BULUT, F. Landslide susceptibility mapping using GIS and digital photogrammetric techniques: a case study from Ardesen (NE – Turkey). In: **Natural Hazards** v. 41. p. 201-226, 2007.

VAN DEN ECKHAUT, M.; POESEN, J.; VERSTRAETEN, G.; MOEYERSONS, J.; NYSSSEN, J.; BEEK, L.P.H. VAN.; (2005) The effectiveness of hillshade maps and expert knowledge in mapping old deep – seated landslides. In: **Geomorphology** v. 67. p. 351 – 363, 2005.

VARGAS, M.S. **Mapeamento morfológico de um trecho das vertentes da Serra do Mar, entre as praias de Galhetas e do Guaecá, São Sebastião, SP.** 1995. 133 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

WEIRICH, F.; BLESIOUS, L.; Comparison of satellite and air phot based landslide susceptibility maps. In: **Geomorphology** v. 87. p. 352 – 364, 2007.

WESTEN, C. J. VAN.; GETAHUN, F. L.; Analyzing the evolution of the Tersina landslide using aerial photographs and digital elevation models. In: **Geomorphology** v. 54. p. 77 – 89, 2003.

VINK, A.P.A.; VERSTAPPEN, H.T.; BOON, D.A. Problemas metodológicos da interpretação de fotografias aéreas. In: ANDERSON, P.S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. p. 31-40. Artigo originalmente publicado em 1965.

ZÁRUBA, Q.; MENCL, V. **Landslides and their control**. Elsevier Scientific Publishing Company. 2^a edition. 324p, 1982.