UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E
CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

A captura do Alto Rio Guaratuba:
uma proposta metodológica para o
estudo da evolução do relevo na
Serra do Mar, Boracéia -SP

Déborah de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto

Tese apresentada ao Departamento de
Geografia-FFLCH-USP, para obtenção do
grau de DOUTOR em Geografia Física

São Paulo

2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

A captura do alto Rio Guaratuba: uma proposta
metodológica para o estudo da evolução do relevo
na Serra do Mar, Boracéia-SP

Déborah de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto

Tese apresentada ao Departamento
de Geografia-FFLCH-USP para obtenção
do grau de DOUTOR em Geografia Física

São Paulo

2003

*Dedico este trabalho à minha mãe Delphina Maria de
Oliveira e ao meu irmão Devanir de Oliveira, que gostariam
de compartilhar este momento comigo e que, apesar de
ausentes, estão sempre presentes na minha memória e no meu
coração.*

Agradecimentos

Ao Departamento de Geografia, ao Laboratório de Pedologia e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogeografia pelo uso de suas dependências;

À CAPES, pela bolsa de estudos;

Ao PROAP, pelo apoio financeiro em vários momentos desta pesquisa, em especial ao Prof. Ailton Luchiari, Valdeni Faleiro e Vivian Pâmela Viviani;

Ao Museu de Zoologia da USP, que coordena a Estação Biológica de Boracéia, por todo o apoio nos trabalhos de campo, principalmente à Mercedes Águido da Silva;

Ao Ronaldo da Silva Pereira e Antônio de Pádua Silva Filho, pelo auxílio em campo;

Aos bibliotecários da Biblioteca de História e Geografia, Biblioteca Central da Letras e Instituto de Geociências, que foram sempre muito prestativos;

Ao Benê Ramos da Silva Filho, por sempre estar disposto a me auxiliar no Laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogeografia;

À Profa. Dra. Sônia Maria Furian Dias, que me ajudou a redirecionar este trabalho;

Ao Dr. Márcio Rossi e à geógrafa Isabel Fernandes de Aguiar Mattos, amigos que sempre estiveram dispostos a ajudar nos momentos mais difíceis;

Aos Professores Doutores Cleide Rodrigues, Maria Elena Ramos Simielli, Mário De Biasi, Jurandyr Luciano Sanches Ross, Nelson Ferreira Fernandes e Sandra Baptista da Cunha pelas valiosas sugestões;

Ao Fernando Shinji Kawakubo e Rúbia Gomes Morato, que se tornaram meus amigos verdadeiros no decorrer deste trabalho. Sem a ajuda deles, este trabalho não teria bons produtos cartográficos digitais;

À Luciana Graci Rodela, Andrea de Castro Panizza, Benjamin Capellari, Ermínio Fernandes, Sheila Aparecida Correia Furquim, Luiza Leonardi Bricalli, Rosana Dias Aranha, pela participação e companhia no dia a dia;

Ao geólogo João Carlos Christophe da Silva, pela importante e decisiva participação no trabalho de campo, evidenciando a captura e pela correção da revisão bibliográfica sobre a geologia da área de estudo;

Aos meus amigos da Unidade II da Fundação Instituto Tecnológico de Osasco (FITO) pelo apoio constante, em especial à minha grande amiga Fátima G. Porciúncula, que não teve tempo de ver este trabalho pronto;

À Profa. Dra. Selma Simões de Castro, quem me iniciou na pesquisa científica;

À Profa. Dra. Rosely Pacheco Dias Ferreira, que soube cultivar nossa amizade até hoje, decorridos tantos anos, essa amizade que extrapola a relação professor-aluno;

Ao meu pai Dernival Soares de Oliveira, com quem eu aprendi a valorizar as coisas simples e pelo seu apoio às minhas escolhas pessoais;

À minha irmã Deise de Oliveira, pela tradução do resumo em inglês e pela amizade que sempre nos uniu e nos ajudou a superar nossas inúmeras dificuldades;

Ao meu marido, Denis Guimarães de Souza, por seu amor, carinho, paciência e por ter me apoiado sempre e me incentivado quando eu pensei que não fosse conseguir e à nossa filhinha Marina Oliveira de Souza, que foi comigo ao campo antes mesmo de nascer e me acompanhou em casa em boa parte do trabalho;

À toda a equipe do Centro de Educação Infantil Fraldinhas & Letrinhas, que cuidou da minha filhinha Marina com tanta dedicação, carinho e competência para que fosse possível a realização deste trabalho;

À Dra. Silvia Broniscer Fisch que me ajudou a controlar a ansiedade na finalização deste trabalho;

Por fim, agradeço o privilégio de ter sido orientada por uma pessoa por quem eu sinto um profundo respeito e uma sincera admiração, sobretudo por ter acreditado na minha vontade de conciliar a maternidade com a pesquisa científica. Ao meu orientador Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto, meus agradecimentos especiais, por ter confiado em mim e por sempre ter uma palavra de incentivo, mesmo nos momentos mais difíceis.

Espero que este trabalho não termine por aqui!

Resumo

Este trabalho trata da captura da bacia do Alto Guaratuba, devido ao recuo da Escarpa da Serra do Mar na região de Boracéia-SP.

A bacia do Alto Guaratuba localiza-se no reverso imediato da Escarpa da Serra do Mar, a aproximadamente $45^{\circ}56'$ e $45^{\circ}52'$ de longitude oeste e $23^{\circ}38'$ e $23^{\circ}42'$ de latitude sul, onde situa-se a Estação Biológica de Boracéia (USP),

A Serra do Mar corresponde a um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1.000km de extensão, que vai de Santa Catarina ao Rio de Janeiro. Sua origem está relacionada a processos tectônicos de movimentação vertical realizadas no Cenozóico.

A observação de imagem LANDSAT TM 7 permitiu uma primeira aproximação do delineamento estrutural (linhas de falhas, fraturas, etc) da área de estudo.

O emprego do programa ILWIS, no tratamento das cartas topográficas 1:10.000 permitiu, por seu lado, confirmar aquelas direções estruturais, de sentido geral NE-SW, bem como mostrar a presença de compartimentos escalonados do relevo, a partir da borda da Escarpa para o interior.

A fotointerpretação na escala 1:25.000 revelou a presença de uma drenagem direcionada a NE-SW, seguindo os alinhamentos estruturais que já haviam sido assinalados. Revelou também a mudança de direção do Rio Guaratuba, formando um cotovelo, próximo à borda da Escarpa, descendo-a na direção N-S.

Algumas evidências de campo mostram o Rio Guaratuba, em seu cotovelo de captura, descendo oblíquo às estruturas do gnaisse até posicionar-se perpendicularmente a elas ao descer a Escarpa.

O conjunto desses dados indica a importância da tectônica na formação do relevo da área, originando os patamares escalonados, entre os quais instalou-se

a drenagem. Por outro lado, a erosão regressiva na Escarpa foi responsável pela captura do Alto Guaratuba, gerando um grande anfiteatro. Assim, foi possível propor uma história prognóstica de evolução da Escarpa, sob a ação erosiva, aproveitando as linhas estruturais, podendo ocasionar novas capturas.

Dessa maneira, seria necessário estudar os altos cursos dos rios que deságuam no litoral a partir de suas cabeceiras no Planalto, além de verificar de que maneira eles correm atualmente na direção que correm.

Palavras-chave:

Serra do Mar

Tectônica

Recuo erosivo da Escarpa

Rede de drenagem

Captura fluvial

Abstract

This assignment is about the capture of the Alto Guaratuba basin, due to the retrocession of Serra do Mar's scarp in Boracéia's area.

The Alto Guaratuba basin is located near to Serra do Mar scarp, approximately at $45^{\circ}56'$ and $45^{\circ}52'$ of longitude west and $23^{\circ}38'$ and $23^{\circ}42'$ of latitude south, where Estação Biológica de Boracéia is located.

The Serra do Mar corresponds to a whole of festooned scarps with about 1000km of area that is situated from Santa Catarina to Rio de Janeiro. Its origin is related to tectonic process of vertical movements that happened in Cenozoic.

The observation of image LANDSAT TM 7, permitted the first approach to the structural delineation (fault lines, fractures, etc) of study area. The use of the program ILWIS, in topographic maps treatment, allowed the confirmation of structural directions, in a general meaning NE-SW, and also shows the presence of compartments that have the form of a stair in the relief, from the Scarp's edge towards interior.

The photo interpretation in 1:25.000 scale revealed the presence of drainage directed towards NE-SW, following the structural lineaments that had already been shown.

It revealed, the changes of Guaratuba's direction, forming an elbow, near the Scarp's edge, going in the direction of N to S.

Some evidence shows the Guaratuba River, in its elbow of capture, going down oblique to the gneiss structures until being positioned perpendicularly to them while going down the Scarp.

All of these details indicate the importance of the tectonics in the area's

relief formation, leading to landing steps.

However, the regressive erosion in the Scarp was responsible for the capture of Alto Guaratuba, creating a big amphitheater. Though, it was responsible to make a prognostic history of the Scarp's evolution, with the erosive action, taking advantage of the structural lines that can make new captures.

So, it would be necessary to study the high water courses that flow to the coast, from their headwaters in plateau, and also to check in what manner they flow nowadays in the direction they flow.

Key-words:

Serra do Mar

Tectonic process

Regressive erosion in the Scarp

Drainage network

River capture or stream piracy

Índice

1) Introdução	1
2) História da Serra do Mar e da Bacia do Rio Guaratuba	5
2.1) Clima e vegetação	5
2.2) Influência da geologia sobre o relevo e solos	7
2.3) O relevo e sua evolução	18
2.4) Evolução e dinâmica atual	22
2.5) Rede hidrográfica	26
3) Capturas fluviais	32
4) Procedimentos gerais	37
4.1) Materiais	37
4.2) Metodologia	38
4.3) Procedimentos	40
4.3.1) Levantamento e pesquisa bibliográfica	40
4.3.2) Fotointerpretação	40
4.3.3) Elaboração das cartas e perfis topográficos	41
4.3.4) Análise da rede hidrográfica	47
5) Características gerais da Bacia do Alto Guaratuba	49
6) Balanço geral das características da Bacia do Alto Guaratuba	82
7) Considerações finais	86
8) Referências bibliográficas	97

Índice de figuras

FIGURA 1-Localização da Bacia do Alto Guaratuba	2
FIGURA 2-Topossequência Espodossolo Hidromórfico e Gleissolo Pouco Húmico com cascalheira estudada por ROSSI (1999)	3
FIGURA 3-Esboço morfoestrutural da Serra do Mar no Estado de São Paulo	9
FIGURA 4-Esquema da origem e recuo erosivo da Serra do Mar, na região entre a Bacia do Paraná a NW e a Bacia de Santos a SE	12
FIGURA 5-Geologia da Bacia do Alto Guaratuba	15
FIGURA 6-Unidades de mapeamento dos solos da Bacia do Alto Guaratuba	17
FIGURA 7-Traçado da drenagem no corredor entre os rios Claro e Guaratuba (Carta Salesópolis, 1:50.000, IBGE, 1984)	27
FIGURA 8-Traçado da drenagem no corredor entre os rios Claro e Guaratuba (Cartas Fazenda Florestal do Rio Grande e Serra Guaratuba, 1:10.000, IGC, 1988)	28
FIGURA 9-O cotovelo do Rio Paraíba do Sul na região de Guararema	31
FIGURA 10-Captura fluvial por recuo das cabeceiras	36
FIGURA 11-Fluxograma das etapas da pesquisa	39
FIGURA 12-Localização dos perfis topográficos e das fotografias do Alto Guaratuba	52
FIGURA 13-Modelo de evolução da bacia do Alto Guaratuba (passado)	89
FIGURA 14-Bacia do Alto Guaratuba (presente)	90
FIGURA 15-Modelo de evolução da bacia do Alto Guaratuba (prognóstico)	91
FIGURA 16-Situação atual do Rio Guaratuba	92
FIGURA 17-Sequência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (1)	93

FIGURA 18-Sequência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (2) 94

FIGURA 19-Sequência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (3) 95

FIGURA 20-Sequência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (4) 96

Índice de perfis topográficos

PERFIL 1 - Níveis Ia, II, III, IV e Ib, abrangendo o Rio Claro e a extremidade oeste da borda da Escarpa	55
PERFIL 2 - Níveis Ia, II, III e IV, abrangendo o Rio Claro e o afluente do Rio Guaratuba	56
PERFIL 3 - Níveis Ia, II, III e IV, abrangendo os rios Claro e Guaratuba	57
PERFIL 4 - Níveis Ia, II, III, IV e Ib, abrangendo os rios Claro e Guaratuba e a extremidade leste da borda da Escarpa	58
PERFIL 5 - Níveis II e III (Corredor entre os Rios Claro e Guaratuba)	59
PERFIL 6 - Níveis II, III e IV (Borda da Escarpa)	60
PERFIL 7- Perfil longitudinal do Rio Guaratuba	75
PERFIL 8 - Perfil longitudinal do Rio Claro	77

Índice de fotos

FOTO 1 - Rio Claro encaixado próximo à Estação Biológica de Boracéia, a 840m de altitude	63
FOTO 2 - Rio Guaratuba com o vale bem encaixado após cotovelo na Estação de Captação de água	63
FOTO 3 - Última curva do Rio Guaratuba antes de descer a Escarpa	64
FOTO 4 - Afluente do Guaratuba próximo à Estação de Captação de água. Note-se a adutora que leva água para o Rio Claro	64
FOTO 5 - Estrada para a Estação de Captação do Rio Guaratuba, próximo à topossequência estudada por ROSSI (1999)	66
FOTO 6 - Corredor entre a bacia do Rio Claro (em primeiro plano) e do Rio Guaratuba (ao fundo) acompanhando a estrada para a Estação de Captação de água	66
FOTO 7 - Foliações miloníticas do gnaiss, concordante com a direção geral NE-SW e mergulhos a SE	72
FOTO 8 - Rio Guaratuba correndo oblíquo às estruturas do gnaiss no final do cotovelo	72
FOTO 9 - Rio Guaratuba correndo perpendicular às estruturas do gnaiss antes de descer a Escarpa	73
FOTO 10 - Rio Guaratuba na planície litorânea, com a Escarpa ao fundo	76
FOTO 11 - Rio Guaratuba desaguando no mar	76
FOTO 12 - Vegetação de mata alta (20 a 25m de altura) predominante no Planalto. Vista do alojamento da Estação Biológica de Boracéia-USP	81
FOTO 13 - Campo úmido onde encontramos Gleissolo com seixos rolados, próximo à topossequência estudada por ROSSI (1999)	81

Índice de quadros

QUADRO 1 - Síntese relacionando os níveis topográficos N-S (perfis 1 a 4) na bacia dos Rios Claro e Guaratuba em metros	61
QUADRO 2 - Síntese relacionando os níveis de base dos rios Claro e Guaratuba e a altitude de seu divisor nos perfis 1 a 4 em metros	62
QUADRO 3 - Angularidade da drenagem das bacias hidrográficas da área de pesquisa	79

Anexos

- 1- Carta topográfica do Alto Guaratuba
- 2- Modelo hipsométrico sombreado do Alto Guaratuba
- 3-Modelo tridimensional do Alto Guaratuba sobreposto ao modelo sombreado
- 4- Carta clinográfica do Alto Guaratuba
- 5- Carta de orientação das vertentes do Alto Guaratuba
- 6- Níveis topográficos, morfologia e estrutura do Alto Guaratuba
- 7- Drenagem do Alto Guaratuba
- 8- Vegetação do Alto Guaratuba

Nous croyons regarder la nature et c'est la nature qui nous regarde et nous imprègne.

(CHRISTIAN CHARRIÈRE)

1) Introdução

Esta tese surgiu do meu interesse em estudar solos e relevo diferentes da região de São Pedro-SP, onde eu havia realizado dois trabalhos: o Trabalho de Graduação Individual (TGI) "Estudo da origem dos materiais dos solos da cobertura arenosa do glaciais de São Pedro, em São Pedro-SP" e o Mestrado "Estudo macro e micromorfológico de uma topossequência na bacia do córrego do Retiro em São Pedro-SP".

O interesse em estudar a Serra do Mar partiu da Tese de Doutorado de ROSSI (1999), também orientado pelo Prof. Dr. José Pereira de Queiroz Neto, que estudou os solos dessa área no município de Bertioga-SP (FIGURA 1). No seu trabalho, registrou a presença de uma cascalheira dentro dos solos Espodossolo Hidromórfico e Gleissolo Pouco Húmico no compartimento que denominou planalto. Segundo ROSSI (1999), essa cascalheira poderia representar um antigo terraço fluvial do Rio Guaratuba. (FIGURA 2)

Inicialmente o objetivo do meu trabalho seria estudar a morfometria, a morfoscopia e a mineralogia dos seixos dessa cascalheira e relacioná-la com os solos onde ela está inserida.

A partir da fotointerpretação surgiu a dificuldade em se traçar a rede de drenagem sobre o embasamento cristalino e com vegetação densa, ao contrário de São Pedro, área sedimentar, mais homogênea, de relevo mais suave e colinas com topos amplos, vertentes pouco declivosas e com pouca vegetação. Ao contrário, na Serra do Mar foi possível observar a grande densidade de drenagem em torno de dois rios principais, o Claro ao norte e o Guaratuba ao sul, este próximo à borda da escarpa, de relevo constituído por colinas policonvexas recobertas pela Mata Atlântica. Cruzando o overlay com a carta topográfica, observou-se que esses topos convexos

FIGURA 1 – Localização da Bacia do Alto Guaratuba

IBGE (1984)

Escala 1:50.000

● Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)
 EBB Estação Biológica de Boracéia - USP
 Adaptado de ROSSI (1999)
 Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003)

FIGURA 2 – Topossequência Espodossolo Hidromórfico e Gleissolo Pouco Húmico com cascalheira estudada por ROSSI (1999)

Adaptado de ROSSI (1999)

Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003)

correspondiam a níveis topográficos distintos, alinhados na direção NE-SW, assim como os rios principais.

Ainda através da fotointerpretação, surgiu a hipótese do Rio Guaratuba mostrar uma captura fluvial, pela erosão regressiva da escarpa, em torno de mudança brusca de direção próximo à sua borda. Assim, a cascalheira registrada por ROSSI (1999) poderia constituir um terraço correspondente a antigo leito do próprio Guaratuba, num trajeto anterior à captura.

2) História da Serra do Mar e da Bacia do Rio Guaratuba

A área de pesquisa localiza-se na bacia do Alto Rio Guaratuba, na Estação Biológica de Boracéia-USP, em Bertioga - SP, no reverso imediato da escarpa da Serra do Mar, a aproximadamente $45^{\circ} 56'$ e $45^{\circ} 52'$ de longitude oeste e $23^{\circ} 38'$ e $23^{\circ} 42'$ de latitude sul. Limita-se a norte com o município de Salesópolis e a oeste com o município de Biritiba Mirim e mede aproximadamente 40km^2 . O Rio Guaratuba pertence à rede hidrográfica da fachada atlântica paulista. (FIGURA 1)

A Serra do Mar corresponde a um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1.000km de extensão, estendendo-se do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina. Em São Paulo, ela impõe-se como típica borda de planalto, nivelada em altitudes de 800 a 1.200m . Sua origem está relacionada a processos tectônicos de movimentação vertical realizadas no Cenozóico (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998). Conforme ROSS (1985), a Serra do Mar pertence à unidade morfoescultural dos Planaltos em Cinturões Orogênicos, no subcompartimento dos Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste. Segundo esse autor, sua gênese vincula-se a vários ciclos de dobramentos acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos e extensas intrusões. Domina no Planalto Atlântico um modelado composto por formas convexas, com vales profundos e elevada densidade de drenagem.

2.1) Clima e vegetação

Conforme SANTOS (1965), predomina na Serra do Mar a influência da Massa Tropical Atlântica (Ta), que apresenta temperatura homogênea, porém, com certa instabilidade no verão, pelo contato dessa massa de ar

com a corrente marítima quente do Brasil, caracterizando um clima tropical úmido.

Nessa região, a insolação e a nebulosidade são inversamente proporcionais. A maior insolação tem lugar nos meses de outono e inverno, enquanto a nebulosidade máxima é observada na primavera. Apresenta, também, alta taxa de umidade relativa durante todo o ano, resultante, em parte, da evaporação, das invasões da massa de ar polar e da existência da própria serra como barreira, ocasionando também elevada nebulosidade e excepcional pluviosidade, por volta de 2.000mm/ano. A umidade elevada na Serra do Mar, junto à grande nebulosidade e excessiva pluviosidade, tornaram esse ambiente favorável ao desenvolvimento da vegetação florestal. (SANTOS, 1965)

Conforme ROSSI (1999), o clima tropical úmido da área de estudo é marcado por temperaturas médias elevadas e chuvas periódicas e abundantes. As precipitações anuais médias elevadas, superiores a 2.000mm distribuem-se ao longo do ano, com maior concentração nos meses de dezembro a maio. A temperatura média nos vinte últimos anos foi de 21,0°C, com médias das máximas de 30,7°C e das mínimas de 7,3°C. Os meses mais quentes vão de outubro a março e os mais frios de junho a agosto.

A vegetação típica dessa área é a Floresta Pluvial Tropical ou Mata Atlântica, que apresenta predominantemente vegetais arbóreos, e em segundo plano, bromeliáceas e orquidáceas. (ANDRADE & LAMBERTI, 1965) Na Escarpa predomina a *mata de porte arbóreo alto a médio* (15 a 20m de altura), possuindo textura grosseira a média nas fotografias aéreas. (ROSSI, 1999)

De acordo com ROSSI (1999), predomina no Planalto a *mata de porte arbóreo alto* (20 a 25m de altura) e que ocorre principalmente no relevo de morros altos e topos convexos. Nos outros compartimentos, ocorre na

média/baixa vertente e fundo de vales. Seu aspecto é bem rugoso nas fotografias aéreas.

A mata de porte arbóreo médio (15 a 20m de altura) aparece em segundo lugar na área de pesquisa e ocorre nos topos e alta/média vertente no Planalto. A textura é fina a média e contínua nas fotografias aéreas.

A mata de porte arbóreo baixo (8m de altura) localiza-se na parte aluvial do relevo de morros com topos convexos e planícies fluviais. A textura nas fotografias aéreas é de média a fina, porém de porte mais baixo que o anterior.

2.2) Influência da geologia sobre o relevo e solos

A vertente atlântica do sudeste do Brasil, em especial o trecho que inclui as serras da Mantiqueira, do Mar e o litoral, representa o campo mais complexo no que diz respeito às relações genéticas que possam haver entre o relevo atual e os processos geológicos que vêm ocorrendo ao longo do tempo. (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998)

SILVA (1999), ao aplicar a análise geomorfológica sequencial, isto é, em pequena, média e grande escalas, constatou que a evolução destes terrenos pode ser melhor entendida se houver um enfoque analítico sobre a sucessão dos três grandes regimes tectônicos que afetaram a região: a aglutinação de grandes massas continentais ao longo do Pré-cambriano, a extensão mesozóica com a conseqüente ruptura do Gondwana e a abertura do Atlântico Sul e, finalmente, a neotectônica, que vem provocando, em razão do soerguimento andino, um torque dextral na Placa-Sul Americana desde o Mioceno.

Autores como HASUI et al (1993) admitem que grande parte do material siálico do globo já teria se consolidado, na forma de blocos crustais (ou proto-continentais), no período compreendido entre o Arqueano Superior

(3.000-2.500 Ma) e o do Proterozóico Inferior (2.500-1.800 Ma). A partir deste estágio e até o Proterozóico Superior (900-570 Ma), aqueles blocos teriam sofrido múltiplas colisões, tanto frontais como oblíquas, processo que teria culminado com a colagem do supercontinente Gondwana, já na passagem para os primórdios do Paleozóico.

Ainda segundo HASUI et al (1993), no caso do sudeste do Brasil, uma colisão tríplice entre os três grandes blocos denominados Brasília, São Paulo e Vitória, teria desenvolvido importantes flexuras crustais, com orogênese, magmatismo e metamorfismo, associando-se a elas os grandes feixes de cisalhamento dúctil, característicos de crosta profunda e que consistiriam nas raízes das estruturas mais antigas que atravessam e suturam os diversos terrenos que hoje constituem o embasamento da região. (FIGURA 3)

Tais feixes são o Cinturão Transpressivo Campo do Meio, que limita os blocos Brasília e São Paulo, na porção setentrional da região conhecida como "Cunha de Guaxupé" e o Cinturão Transpressivo Paraíba do Sul, que mais interessa neste caso, e que limita os blocos Brasília e Vitória, segundo uma rede anastomosada de cisalhamentos ao longo de mais de 1.000Km da costa sudeste brasileira. (EBERT, et al 1993)

A partir desta última orogênese pré-cambriana e ao longo de todo o Paleozóico e boa parte do Mesozóico, período de certa quietude tectônica, as posições crustais mais elevadas, isto é, as cadeias de montanhas geradas, passam a sofrer erosão, sendo seus materiais transportados e sedimentados, muito provavelmente contribuindo no preenchimento da vizinha bacia intracratônica do Paraná e no suposto aplanamento generalizado da superfície gondwana.

Partindo-se do pressuposto de que este longo tempo de exposição aos agentes erosivos possa ter destruído todo o registro da então crosta

FIGURA 3 – Esboço morfoestrutural da Serra do Mar no Estado de São Paulo

Fonte: Imagem Landsat TM 7+, Projeção UTM, Quadrículas de 15m, 2002.

Elaborado por João Carlos Christophe da Silva, 2003.

Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003).

superior e, sobretudo, pelo fato de que as atuais rochas e estruturas aflorantes formaram-se a partir de fenômenos geodinâmicos que só acontecem a milhares de metros de profundidade, pode-se concluir que a grande herança pré-cambriana para a formação do atual relevo consiste tão somente: a) na qualidade e diversidade de seus tipos litológicos, principalmente em relação às suas características texturais, granulométricas e mineralógicas; b) na trama estrutural de primeira ordem, representada pelos grandes feixes de direção NE-SW (Cinturão Transpressivo Paraíba do Sul) que, por sua vez, controlam as estruturas de menor grandeza e dimensões, nas quais rochas de diferentes naturezas podem aparecer desde preservadas até pouco ou intensamente milonitizadas.

O processo de milonitização, isto é, a deformação por cisalhamento dúctil de maciços rochosos, tem como uma de suas características produzir a cominuição dos grãos cristalinos originais. Em outras palavras, quanto mais milonitizada uma rocha, menores tendem a ser seus grãos. Este aspecto é especialmente importante para a análise da evolução do relevo atual por dois motivos: a) favorece a ocorrência da tectônica ressurgente (HASUI, 1990), fundamental no entendimento da configuração espacial da estruturação mesozóica, sem dúvida marco inicial de toda a evolução morfológica cenozóica; b) sob condições intempéricas, rochas de granulação mais fina tendem a ser atacadas mais eficientemente por agentes geoquímicos, fazendo com que haja maior perda de matéria nessas zonas preferenciais para a instalação da drenagem.

A partir do final do Jurássico (163-144 Ma), com ápice no Neocomiano (Cretáceo Inferior, 144-119 Ma), instala-se o regime tectônico extensional; a crosta continental gondwânica não resiste às pressões das correntes de convecção do manto, adelgaça-se por estiramento e se rompe, inicialmente

como *rift* continental, seguido pela formação do assoalho marinho do Atlântico Sul (ALMEIDA, 1967; SCHOBENHAUS, 1984). O processo distensivo aproveita em grande parte as suturas anteriores (tectônica ressurgente) de direção NE-SW, desta feita na forma de grandes falhamentos gravitacionais, formadas em estilo lístrico. Assim é concebida uma arquitetura geral formada por patamares escalonados, articulados por escarpas acentuadas e respectivos reversos. Tratam-se, em seqüência, de NW para SE, e em altitudes decrescentes, dos patamares da Mantiqueira, Paraíba do Sul, Serra do Mar e Ilhas Costeiras e Planícies Litorâneas.

Além da gênese das rochas basálticas e alcalinas, que completam o quadro litológico da região, este regime tectônico resulta, por soerguimento das porções ocidentais, e abatimento das orientais, na formação de importantes desníveis topográficos e basculamento de blocos, forçando um reequilíbrio do terreno, seja pela erosão remontante, seja pela deposição de sedimentos. Destaca-se o fato de que este é o marco inicial da morfogênese de todo o Sudeste Atlântico Brasileiro, pois a configuração do relevo, a macro organização da drenagem e a própria situação costeira decorrem deste processo (SILVA, 1999), muito embora a atual Serra do Mar provavelmente não ocupe a mesma posição original, devido ao recuo da escarpa por erosão, e cujo desmonte veio a contribuir para o preenchimento da bacia de Santos e, também, para a formação do Grupo Bauru da bacia do Paraná (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998). (FIGURA 4)

Ainda, segundo estes autores, a partir de meados do Cretáceo Superior (Turoniano 92-88 Ma) e até o final do Paleogeno passa a haver um soerguimento pulsativo e progressivo das áreas continentais, devido a compensação isostática entre a bacia em afundamento (Santos) e a área submetida à erosão e alívio de carga, deformando e seccionando a superfície de aplanamento Japi, considerada a mais antiga nesta região do país.

FIGURA 4 - Esquema da origem e recuo erosivo da Serra do Mar, na região entre a Bacia do Paraná a NW e a Bacia de Santos a SE.

1-Soerguimento senoniano erodido, causando deposição das bacias de Santos e do Paraná. Depósitos da Formação Santos indicados na primeira e do Grupo Bauru na segunda. Vulcanismo alcalino (A); Falha de Santos (F). 2-Desenvolvimento da superfície de aplanamento Japi no final do Senoniano. 3-Deformação da superfície Japi no Paleoceno. Surge a Serra do Mar (SM) na Falha de Santos (F), o sistema de grábens continentais e começa a se desenvolver, na costa, a plataforma continental (P). 4-Recuo erosivo (R) da Serra do Mar para sua posição atual. A posição esquemática da Depressão Periférica é indicada (DP). Intrusões alcalinas sustentam ilhas.

Convenções: 1-Depósitos da Formação Santos; 2-Cobertura fanerozoica sotoposta ao basalto Serra Geral; 3-Formação Serra Geral; 4-Corpos alcalinos; 5-Grupo Bauru e 6-Falhas.

Fonte: ALMEIDA & CARNEIRO (1998)

Na medida em que a margem continental se afasta da Cadeia Meso-Atlântica, estes pulsos vão perdendo intensidade, até a passagem para o Neogeno (23, 5 Ma), época em que o soerguimento andino passa a oferecer resistência mecânica para a deriva continental a oeste. Esta resistência, somada à forçante de leste, provocada pela continuidade da produção de assoalho marinho na dorsal, provoca um torque horário, que se traduz em um regime transcorrente leste-oeste dextral, que afeta até hoje todo o território nacional, sendo conhecido por Neotectônica, e que está relacionada a fenômenos sísmicos (HASUI, 1990; BORGES et al., 1998).

Além de sutil, por se localizar na margem continental passiva, este regime tectônico jovem encontra os maciços rochosos aqui considerados já em níveis crustais bem mais rasos, portanto em condições rúpteis. Parte das estruturas antigas são novamente reativadas, e novas podem ser implantadas, relacionando-se sobretudo falhas de pequeno rejeito, fraturas, diáclases e planos de fraqueza, que afetam tanto as rochas cristalinas como as coberturas neogênicas e quaternárias (RICCOMINI et al., 1989).

Estas estruturas revestem-se de especial importância na formação do relevo atual, pois é através delas que ocorrem os processos finais de reorganização da drenagem, não só por favorecerem a percolação de águas meteóricas no interior dos maciços rochosos, acelerando o intemperismo químico, mas também porque podem constituir um dos fatores críticos relacionados aos movimentos de massa, um dos processos ponderáveis na evolução das vertentes da região (CRUZ, 1974).

Em que pese a diversidade litológica regional, a bacia do Alto Guaratuba, especificamente na área abordada, apresenta um embasamento cristalino cuja composição pouco varia e é constituído sobretudo por gnaisses de grã fina a média, porfiroblásticos ou não, de composição granítica, mais ou menos milonitizados, com ou sem segregados quartzo-silicáticos (veios,

lentes e bolsões quartzosos ou pegmatóides) associados, e apresentando foliações miloníticas bem a muito bem desenvolvidas, concordantes com a direção geral NE-SW, mergulhos a SE, em parte com lineações minerais impressas em seus respectivos planos. Contudo, dentro deste quadro aparentemente homogêneo, há uma importante anisotropia textural devido ao próprio arranjo estrutural e granulométrico, e que condiciona boa parte da drenagem e dos interflúvios. (FIGURA 5)

Pelo acima exposto, pode-se resumir que as principais influências dos fenômenos geológicos de caráter endógeno e exógeno na gênese e evolução do relevo atual são as seguintes:

- a) gênese e deformação dúctil da maioria das rochas cristalinas do embasamento, com o desenvolvimento de suturas de primeira ordem e conseqüentes arranjos estruturais e texturais ocorridos ao longo do Pré-cambriano;
- b) erosão e nivelamento da superfície de Gondwana durante Paleozóico e parte do Mesozóico;
- c) gênese das rochas basálticas e alcalinas, e estruturação de segunda ordem, isto é, elaboração das macro-feições que controlam os grandes compartimentos do relevo atual, ocorridas no restante do Mesozóico e até o Paleogeno;
- d) reativação de estruturas em regime rúptil, a partir do Mioceno, com a geração de diversos sistemas de juntas e diáclases que facilitam a penetração e percolação da água, além de interferirem nos movimentos de massa;
- e) mudanças e oscilações climáticas ocorridas no Quaternário que, por condicionarem temperatura e disponibilidade hídrica, aceleram ou retardam certos processos morfológicos.

FIGURA 5 - Geologia da Bacia do Alto Guaratuba

0 1 2 Km

LEGENDA

- ACgg** Gnaisses-granitos
- ACg** Gnaisses
- PEgr** Granitos
- Qc** Sedimentos coluviais
- Qa** Sedimentos alúvio-coluviais
- Lineamento de fraturas e falhas
- Limite de bacia hidrográfica
- Limite de unidade
- Rios
- Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)

Adaptado de ROSSI (1999)

Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003)

BRASIL (1960) aponta, para o Planalto e a Escarpa, a existência de Solos de Campos do Jordão, atualmente classificados grosso modo como Cambissolos, que são solos rasos, com horizonte A bem escuro e Neossolos Litólicos fase substrato granito-gnaiss, que são solos pouco desenvolvidos, com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha. A FIGURA 6 mostra as associações de solos na área de estudo.

No Planalto predominam as associações dos seguintes solos: Associação Cambissolo + Latossolo Vermelho-Amarelo e Associação Argissolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo, todos sobre gnaiss. Segundo a nova classificação de solos do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al, 1999), predominam na área os solos Cambissolos Háplicos (CX10), distróficos, com A moderado e proeminente, em relevo forte ondulado e montanhoso + Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, com A moderado e relevo forte ondulado, ambos com textura argilosa.

ROSSI (1999) mapeou as seguintes unidades de solos na região pesquisada: Na Escarpa aparece a *Associação Cambissolo e Argissolo Vermelho-Amarelo* sobre substrato de granito, em relevo fortemente acidentado com declives acentuados. A vegetação é de mata alta a média.

-*Associação Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo*: predominam em todo o Planalto sobre gnaisses e relevo de morros paralelos (altos e baixos), com topos convexos alongados e nas vertentes dos morros com planícies fluviais. A vegetação é caracterizada por mata alta nas vertentes para média nos topos e cristas, onde o solo tende a ser menos espesso.

-*Associação Argissolo Vermelho-Amarelo raso e Cambissolo*: ocorre nas vertentes mais declivosas, no norte da bacia do alto Guaratuba sobre material gnáissico, em relevo de morros paralelos baixos com topos e vertentes convexas de declive acentuado. A vegetação é de mata de porte médio.

FIGURA 6 – Unidades de mapeamento dos solos da Bacia do Alto Guaratuba

LEGENDA

1	PV+C	Argissolo Vermelho-Amarelo +Cambissolo	2	PV+R	Argissolo Vermelho-Amarelo raso + Cambissolo
3	PV+R	Argissolo Vermelho-Amarelo raso +Neossolo Litólico substrato gnaisse	4	PA+RE	Argissolo Amarelo raso+ Neossolo Regolítico
5	C+LV	Cambissolo+Latossolo Vermelho-Amarelo	6	C+PV	Cambissolo+ Argissolo Vermelho-Amarelo
7	GPH+P	Gleissolo Pouco Húmico +Espodosolo substrato sedimentos fluviais	8	R+C	Neossolo Litólico +Cambissolo (granito)
		Afloramento rochoso (granito)			
		Limite de bacia hidrográfica			
		Rios			
		Perfis pedotopológicos			

● Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)
Adaptado de ROSSI (1999) Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003)

-*Associação Gleissolo Pouco Húmico + Espodossolo Hidromórfico*: ocorre à oeste da Estação de Captação do Rio Guaratuba e aparece sobre sedimentos fluviais arenosos e seixosos, em relevo de morros paralelos com planícies fluviais, nas áreas aplainadas das várzeas, onde se desenvolve a mata de porte baixo, aparentemente relacionada ao excesso de umidade do solo. Dentro dessa unidade ROSSI (1999) estudou uma sucessão de solos Espodossolo Hidromórfico e Gleissolo Pouco Húmico ao longo da estrada, numa extensão de aproximadamente 450m. Esses solos apresentam areias com matéria orgânica, sobre camadas de seixos de diversos diâmetros, sobreposto a material fino siltoso e micáceo de alteração do gnaiss, interpenetrado por matéria orgânica e ferro.

2.3) O relevo e sua evolução

Como descrito por ROSSI (1999), o Alto Guaratuba insere-se no Complexo Costeiro, que corresponde ao reverso da Serra do Mar ou Planalto.

Esse compartimento está no contato com a Escarpa, que apresenta ruptura de declive acentuada e desníveis de mais de 1.000m.

A Escarpa é caracterizada por relevo de denudação, com grande desnível altimétrico e paredões inclinados caindo abruptamente, com os maiores desníveis chegando a atingir 1.260m no lado leste da bacia. Conforme ROSSI (1999), no trecho do Guaratuba, a escarpa corresponde ao subcompartimento de *alta e média vertente*, sobre granitos, onde dominam os declives entre 12 a 25° (21 a 46%), os mais acentuados na alta vertente. O limite Planalto/Escarpa caracteriza-se por rupturas de declive convexas bruscas, sem cornija rochosa. Apresenta esporões importantes com topo convexo, representando o principal divisor de águas da bacia à oeste e apresentam afloramentos rochosos e cicatrizes de escorregamentos, testemunhos de movimentos de massa.

Ainda conforme ROSSI (1999), o Planalto é uma zona com morros e desníveis altimétricos de até 300m. As declividades são variadas, abrangendo desde pequenas planícies ao longo dos principais cursos d'água, onde predominam declividades de 0° a 2° (0 a 3%), até vertentes com declividades maiores de 25° (46%) e altitudes entre 800 a 970m.

Nesse sentido, o reverso da Serra do Mar está incluído no domínio dos "mares de morros" (AB'SABER, 1966), que corresponde à área de mais profunda decomposição das rochas e de máxima presença de mamelonização topográfica e localiza-se nas áreas mamelonizadas e florestadas do Brasil Tropical Atlântico, com certa amplitude altimétrica. Aí aparecem as seguintes características fisiográficas:

- decomposição profunda das rochas cristalinas;
- presença extensiva de argissolos vermelho-amarelos ou latossolos nas vertentes e interflúvios dos morros arredondados, desenvolvidos sobre depósitos de coberturas elúvio-colúviais posteriores às stone-lines e, eventualmente, sobre os próprios regolitos das rochas cristalinas ou cristalofilianas;
- superposição de solos às últimas flutuações climáticas do Quaternário, com aparecimento de stone-lines enterradas a 1,5-2m de profundidade, nos morros e colinas cristalinas de nível intermediário, representando paleopavimentos detríticos inhumados por depósitos de cobertura colúviais;
- mamelonização das vertentes baixas e médias, até níveis altimétricos de 1.100-1.200m;
- área em que se processou um máximo de camuflagem das feições geomórficas herdadas de fases climáticas anteriores, tais como: superfícies aplanadas, pedimentos, terraços climáticos, inselbergs, cabeceiras em anfiteatro, isto devido à extensividade dos processos de mamelonização;
- drenagem perene, altamente dendrificada e muito densa;

-presença de calhas aluviais, em setores de vales subsequentes ou vales adaptados a diáclases tectônicas, ângulos de falhas, dentre outras características.

DE MARTONNE (1943, 1944), pode ser considerado o pioneiro na interpretação da evolução do relevo do Brasil Tropical Atlântico. Para ele, o relevo teria evoluído a partir da elaboração de uma série de superfícies pediplanadas.

DE MARTONNE (1943) observou a mais antiga superfície de erosão no Brasil Tropical Atlântico, denominada por ele de "superfície de campos". Para ele, a Serra do Mar representa uma superfície de erosão neogênica, reduzida pelo desabamento que fez o oceano chegar ao pé do degrau tectônico. As cristas apalachianas que a dominam seriam testemunhos de uma superfície antiga, que parece poder concordar-se com a cuesta de Botucatu, testemunho do ciclo de erosão paleogênico, a "superfície das cristas médias". Suas características são a presença de colinas mamelonares, dominadas por cristas curtas com orientações variáveis, mas altitudes constantes, cortadas por vales com uma centena de metros de desnível. A partir da segunda metade do Paleogeno, quando as águas do Atlântico ainda estavam afastadas e quando a escarpa original da Serra do Mar era um alinhamento de escarpas, iniciaram-se aplanções que reduziram as irregularidades dos blocos abatidos.

MORAES REGO (1946), por exemplo, a considerou como uma peneplanície pliocênica. Ele assinalou que após o levantamento pliocênico, os movimentos epirogênicos tiveram influência topográfica reduzida e não teriam alterado as linhas gerais da rede hidrográfica, mas com as mudanças do nível de base, os vales se escavaram, entalhando a superfície da topografia eoquaternária.

Bigarella e Ab'Sáber foram os primeiros a generalizar as influências das mudanças climáticas profundas na explicação de toda a paisagem oriental do país. Climas secos teriam gerado as grandes superfícies aplanadas (pediplanos) e níveis embutidos nos vales (pedimentos). (BIGARELLA & MOUSINHO, 1965).

Em São Paulo, as "superfícies de cristas médias" de DE MARTONNE (1943) foi denominada "superfície Japi" por ALMEIDA (1958) e teria sido elaborada entre o Cretáceo Superior e Terciário Inferior. Onde não se encontra deformada, encontrar-se-ia na região oriental do Planalto Atlântico, entre 1.200-1.300m e sua extensão é de 1.500m. (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

Essa superfície, no entanto, foi deformada por flexuras e grandes falhamentos entre o final do Cretáceo e o início do Terciário, prosseguindo menos intensamente no Eoceno/Oligoceno e provavelmente até o Mesomioceno. O processo erosivo que no final do Cretáceo Superior, levou ao desenvolvimento da "superfície Japi", exumou o embasamento cristalino, com seus diques de diabásio e intrusões alcalinas na área costeira. A erosão teria sido muito mais intensa na vertente oceânica, de acentuado declive, que na continental. Ali a erosão, por ação dos rios, do mar e de movimentos de massa, fez recuar a escarpa durante o Cenozóico até três a quatro dezenas de quilômetros, abandonando numerosas ilhas e entalhando a "superfície Japi" e mais tarde as superfícies neogênicas nela embutidas. Como ressaltou AB'SÁBER (1954) esse recuo erosivo teria ocasionado "múltiplas capturas". Os detritos dessa erosão foram então levados para a borda da plataforma continental (formações Santos, Juréia e Itajaí-Açu) e para a Bacia do Paraná (formação Bauru). (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998)

Na bacia hidrográfica do alto Tietê, ao norte de Bertioga, próximo à área de estudo, estende-se em grande área a superfície de erosão de mesmo

nome. Essa superfície apresenta-se como um subnívelamento de cimos do relevo em rochas metamórficas a cerca de 950m de altitude. A área drenada para o Rio Tietê preserva bem claros os indícios da superfície de erosão do Alto Tietê. Essa área é atravessada pela Falha de Freires e suas ramificações. O relevo das áreas cristalinas do Planalto Atlântico acha-se condicionado à natureza local de suas rochas, à existência das superfícies de erosão Japi e Alto Tietê e aos efeitos do clima tropical úmido na região (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

2.4) Evolução e dinâmica atual

Muitos trabalhos sobre o relevo da Serra do Mar no Estado de São Paulo foram realizados, predominantemente na Escarpa, na região de Cubatão e Caraguatatuba/São Sebastião. Esses trabalhos abordaram principalmente a dinâmica erosiva por movimentos de massa nas escarpas da Serra do Mar. Dentre esses trabalhos está o de CRUZ (1974) que, estudando as escarpas da Serra de Caraguatatuba observa que no contato direto da rocha com a alterita, em superfícies com inclinações de mais de 40%, está a condição propícia aos constantes escorregamentos após chuvas prolongadas e infiltração abundante. Esses deslizamentos limpam a rocha das alteritas, fazendo-as aflorar. Como as alteritas são em geral espessas, os deslizamentos carregam milhões de toneladas. As árvores não protegem o solo, mas favorecem a descida do material pelo seu peso e altura.

Após o trabalho de CRUZ (1974), vários outros seguem a mesma linha de pesquisa, estudando os escorregamentos das escarpas da Serra do Mar, como BACCARO (1982), que propõe um estudo evolutivo-espácio-temporal das vertentes da Serra do Mar em Cubatão, por meio de um controle sistemático dos processos erosivos durante três anos, através das cicatrizes, acompanhando o desenvolvimento da vegetação, a delimitação de

áreas de acumulação de material remanejado, com ênfase nos movimentos de massa em duas áreas distintas. Na primeira área a ação antrópica é marcante e na outra, as condições naturais são mais preservadas. A autora conclui que os movimentos de massa ocorrem sob a forma de deslizamentos, mesmo onde os elementos naturais são mais preservados. Onde a ação antrópica existe, esses fenômenos ocorrem com mais frequência. Mesmo em áreas florestadas, sobretudo nas altas e médias encostas, com declividades acima de 50% ou 30°, as encostas são instáveis. Essa instabilidade é refletida pelo efeito e pela frequência dos processos de movimentos de massa. O substrato rochoso fica exposto a cada novo episódio de movimento de massa, ressaltando que os planos de xistosidade, as linhas de fraturas e diáclases, as áreas dos contatos litológicos são as zonas preferenciais para se movimentar, demonstrando as influências morfoestruturais nesses processos.

Ainda na Serra de Cubatão, DOMINGUES (1983) obteve dados sobre a capacidade do transporte fluvial dos rios de escarpas, relacionando-os com dados pluviométricos, com a declividade e as formações superficiais, buscando avaliar como se processa o transporte de seixos e blocos dispostos ao longo dos canais fluviais durante os verões muito chuvosos e como se comportam nos períodos em que o escoamento fluvial é menor. A autora conclui que as declividades mais altas, superiores a 30°, favorecem a formação de depósitos de taludes de detritos de até 5m em áreas abaixo de 100m de altitude, ao longo dos canais fluviais, por processos de movimentos de massa e atividades antrópicas. Essas alterações dos canais fluviais são episódicas e catastróficas. Ela ressalta, ainda que, por escassez de dados geológicos e pedológicos, não foram estabelecidos os "níveis de aplanamentos" nas Serranias Costeiras, sendo que o que existe são dados de

reconhecimento de prováveis níveis de erosão indicados em vários trechos da Serra do Mar.

Mais recentemente, RODRIGUES (1992), estudando a estabilidade de massas coluviais em Cubatão, elaborou uma *Carta Geotécnica*, indicando áreas susceptíveis aos movimentos de massa. Ela ressalta que esses movimentos são condicionados pelos índices pluviométricos, pela inclinação das encostas, pela interferência humana e independem da litologia e da cobertura vegetal para ocorrerem.

Para MACHADO FILHO (2000), os escorregamentos generalizados que ocorrem periodicamente nas estações chuvosas fazem parte dos processos geomorfológicos naturais modeladores das escarpas da Serra de Cubatão e são agravados pela ação antrópica. Ele relata que a foliação das rochas condiciona a formação dos principais planos de descontinuidades, pois existe uma boa correspondência entre as direções das juntas e dos fotolineamentos. Sendo a direção geral da escarpa NE, com forte declividade para SE, constituem situações de risco de ruptura a ocorrência de planos de descontinuidades tangentes aos taludes e com mergulhos superiores a 30° para SE, isto é, no mesmo sentido da declividade.

Um dos poucos trabalhos realizados no reverso imediato da escarpa da Serra do Mar é o de FURIAN DIAS (1994), que teve como objetivo compreender, em várias escalas, a morfologia dos materiais de vertente e tentar estabelecer as relações estrutura-porosidade-funcionamento hídrico de coberturas móveis em Cunha-SP. Sua hipótese inicial é que no solo, uma importante diferenciação da porosidade poderia favorecer a infiltração, a retenção e a circulação de água na vertente. Os escorregamentos seriam uma resposta dos materiais de vertente a esta dinâmica. A autora ressalta a importância dos estudos da organização dos materiais de vertente, da

escala macro à microscópica, para a compreensão dos mecanismos dos movimentos de massa.

Em São Sebastião, VARGAS (1995), ao realizar um mapeamento morfológico das vertentes serranas para o entendimento da dinâmica de evolução da escarpa, observou dois processos de evolução de vertentes: as quedas de blocos das paredes de rochas nuas das escarpas serranas e os escorregamentos lentos de grandes depósitos detríticos. Ela explica que há a participação de processos neotectônicos na elaboração do relevo serrano em seus níveis escalonados.

Ainda em São Sebastião, TOMINAGA (2000) efetuou a análise geomorfológica para caracterizar a morfodinâmica, relacionando as interações do meio físico com a ação antrópica. Analisou também a área de estudo em relação à fragilidade do relevo frente aos processos de instabilização de vertentes (escoamento pluvial e movimentos de massa), resultando numa Carta de Fragilidade do Relevo. Nessa análise, a autora constata que a morfologia mais propícia à atuação dos processos morfodinâmicos correspondem aos segmentos côncavos e retilíneos, com declividades superiores a 30°, em cobertura arenosa. Para essa autora também, a declividade das vertentes é um fator que influencia nos processos morfodinâmicos, na presença de materiais de cobertura detrítica e na sua estabilidade.

PEREIRA (2000) ao construir a carta ambiental de São Sebastião analisou uma série de informações do quadro natural (geologia, geomorfologia, vegetação e clima) e antrópico (histórico da ocupação, uso da terra, urbanização, apropriação de recursos). Através de mapas de tipos de relevo e estrutura geológica foram definidos três grandes sistemas ambientais: baixada litorânea, escarpas da Serra do Mar e planalto.

2.5) Rede hidrográfica

A dificuldade de reconhecimento da drenagem na Serra do Mar é um problema, pois alguns mapas são imprecisos. As direções da drenagem não são concordantes em cartas topográficas como as cartas Salesópolis e Serra Guaratuba/Fazenda Florestal do Rio Grande, 1:50.000 e 1:10.000, respectivamente, ambas confeccionadas a partir de fotos-aéreas 1:35.000 (FIGURAS 7 e 8). Na carta Salesópolis, escala 1:50.000, o divisor de águas entre as bacias dos rios Claro e Guaratuba cruza a estrada de Captação de água deste último rio. Já nas cartas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 10.000, o divisor entre as duas bacias citadas encontra-se mais para sul, problema que torna ainda mais difícil o reconhecimento da drenagem.

A Escarpa é caracterizada por uma rede de drenagem com padrão dendrítico aberto, com rios orientados no sentido NE-SW e NW-SE, apresenta menor densidade de drenagem e rios mais longos que no Planalto e ângulos de junção agudos, localmente retos, devido à presença de falhas e fraturas. (ROSSI, 1999)

No Planalto, a rede hidrográfica é caracterizada por possuir padrão treliça para dendrítico, devido ao intenso fraturamento e natureza bandada da rocha, orientada em sua maioria na direção NE-SW e, subordinadamente, N-S, com inserção de rios em ângulos agudos a retos, devido ao alto controle geológico/estrutural. O Planalto apresenta dois rios principais: o Rio Guaratuba e o Rio Claro.

O traçado da rede de drenagem paulista depende de vários fatores, dentre eles a posição geotectônica do Estado, estendendo-se sobre um escudo cristalino pré-cambriano, banhado pelo oceano e para o interior da bacia sedimentar paleozóica do Paraná. O maciço cristalino, elemento positivo da crosta, sofreu movimentos ascensionais que levaram a erosão a expor suas

FIGURA 7 - Traçado da drenagem no corredor entre os rios Claro e Guaratuba (Carta Salesópolis, 1:50.000, IBGE, 1984)

Corredor entre os rios Claro e Guaratuba

Área de indefinição de drenagem

Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)
Estação Biológica de Boracéia

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

Fonte: Carta topográfica Salesópolis, escala 1:50.000, IBGE, 1984.

FIGURA 8 - Traçado da drenagem no corredor entre os rios Claro e Guaratuba (Cartas Fazenda Florestal do Rio Grande e Serra Guaratuba, 1:10.000, IGC, 1988)

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC, 1988.

estruturas. Os produtos da erosão ficaram acumulados no elemento negativo, a bacia sedimentar a NW (ALMEIDA, 1964). Desta forma, a maior parte dos rios paulistas avança para o interior, em direção ao Rio Paraíba do sul ou para a bacia do Paraná (AB'SÁBER, 1956). A drenagem da bacia hidrográfica do Paraná, em grande parte superimposta às formações mesozóicas demonstra a relativa antiguidade desta rede hidrográfica e a juventude dos paredões atlânticos da Serra do Mar. Apenas o Rio Paraíba do Sul escapou ao controle da Bacia Sedimentar do Paraná, encaixando-se profundamente na província dos maciços antigos pré-cambrianos paulista, onde as falhas atlânticas do Brasil Sudeste criaram uma série de compartimentos tectônicos. (AB' SÁBER, 1954)

Os falhamentos escalonados da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar levaram a formação de drenagens mais recentes em declives mais acentuados. Os níveis de base mais próximos e mais baixos surgidos em função do tectonismo post-cretáceo no sudeste do Planalto Atlântico forçaram uma inversão progressiva de partes das drenagens que iam para o interior através de "múltiplas capturas". (AB' SÁBER, 1954)

É a partir do Plioceno e principalmente no Quaternário que desenvolveu-se a drenagem direta atual para o Oceano Atlântico, após o afundamento da plataforma continental. (DE MARTONNE, 1943)

A epirogênese positiva no Quaternário favoreceu o entalhamento profundo da pré-serra. Os vales fluviais foram elaborados durante fases úmidas do Quaternário, através de estímulos epirogênicos e reforçados em seu encaixamento por um movimento eustático negativo, a regressão pré-flandriana. Os períodos secos foram os responsáveis pelo alargamento dos vales e colos e pelo aplanamento lateral, enquanto os períodos úmidos favoreciam as retomadas de erosão fluvial. (CRUZ, 1974)

A drenagem que formou-se no planalto, escarpa e planície individualizou ainda mais estes compartimentos. No planalto ela adaptou-se às formas colinosas e amorreadas guiada por influência das direções estruturais. Nas escarpas da Serra do Mar, os rios têm suas cabeceiras no alto da serra e, em seguida, vencem esta faixa estreita de cerca de 5 km, constituída por escarpas abruptas, rupturas violentas de declive e alguns rios cortando transversalmente as direções estruturais. (MACHADO, 1979)

A escarpa apresenta uma série de rios curtos, torrenciais, como o Cubatão, o Mogi, o Quilombo, o Jurubatuba, rios que concentram-se em Santos; o Rio Branco que chega a Itanhaém; o Rio Itapanhaú, que abre gargantas na Serra do Garrafãozinho e o Rio Itatinga, que entalha o boqueirão serrano em Bertioga. (CRUZ, 1974)

(AB'SÁBER, 1957) já havia assinalado a adaptação geral da drenagem no Planalto às direções das estruturas antigas (NE-SW) quando trata da possível captura do Tietê pelo Paraíba do Sul. (FIGURA 9)

FIGURA 9 – O cotovelo do Rio Paraíba do Sul na região de Guararema

Fonte: ÁB'SÁBER (1957)

3) Capturas fluviais

Como assinalou AB'SÁBER (1957), são raros os estudos sobre capturas fluviais no Brasil. Pelos poucos trabalhos encontrados ainda hoje, a situação não mudou muito.

Existem três trabalhos importantes sobre capturas fluviais no Brasil até o momento: AB'SÁBER (1957), GONTIJO (1999) e MODENESI-GAUTTIERI et al (2002). Estes trabalhos serão apresentados adiante.

Captura fluvial (river capture ou stream piracy) corresponde ao desvio natural das águas de uma bacia fluvial para outra, promovendo a expansão de uma drenagem em detrimento da vizinha. Ela pode ocorrer através da absorção, do recuo das cabeceiras, do aplanamento lateral, do transbordamento ou do desvio subterrâneo (CHRISTOFOLETTI, 1975). Conforme MILLER (1915), um rio comete pirataria (piracy) ao conquistar seu vizinho.

No Brasil há o trabalho de AB'SÁBER (1957) na região de Guararema, onde observou o cotovelo do Rio Paraíba do Sul. Para ele é possível apenas apresentar o problema com base em especulações paleogeográficas, como o fizeram vários autores anteriores a ele e que os outros pesquisadores relacionam a hipotética captura com os problemas de sedimentação pliocênica de ambas as bacias. (rever FIGURA 9)

Alguns autores como Kenneth Edward Caster, Josué de Camargo Mendes e Fernando Flávio Marques de Almeida procuraram demonstrar que o esporão granítico que constitui o divisor de águas entre o Alto Tietê e o Alto e Médio Paraíba teria sido suficiente para separar as duas bacias há mais tempo do que se pensava. Ficou resolvido então que a sedimentação do Médio Paraíba e do Alto Tietê foram geradas separadamente e que o cotovelo de Guararema foi esboçado num período anterior ao da expansão flúvio-lacustre remontante das duas bacias sedimentares contíguas.

Enquanto o rio Paraíba ficou organizado por braços diversos, o Tietê continuou sua marcha para o oeste, superimpondo-se localmente à bacia sedimentar flúvio-lacustre, oriunda da barragem tectônica temporária na região de suas cabeceiras. O encaixamento do Paraíba, após a captura, foi da ordem de 350-400m, enquanto o Tietê aprofundou muito menos seu leito, tendo sofrido interferências tectônicas que barraram sua saída para oeste e afundaram seu assoalho cristalino.

O que poderia negar a captura do Paraíba seria a ausência de sedimentos da bacia de Taubaté na bacia sedimentar de São Paulo. Isto poderia relacionar-se aos processos erosivos que ainda existem na região do Alto Tietê, quando as lagoas tectônicas da região do vale do Paraíba já constituíam massas d'água represadas tectonicamente. O que pode ter acontecido são diferenças de intensidade dos processos tectônicos nas duas bacias, em condições de escoamento diferentes, com obstrução completa e temporária no Médio Paraíba e obstrução ligeira e moderada no Alto Tietê. Mesmo com esses argumentos, AB'SÁBER (1957) afirma que as pesquisas posteriores poderão melhorar muito o esboço por ele apresentado.

GONTIJO (1999) no médio vale do Paraíba do Sul, observou a captura do Córrego Alegre pelo Ribeirão Barreiro de Baixo, associada a basculamento de blocos para NW e erosão remontante por decaptação. A evolução desta captura deu-se por migração lateral do canal do Rio Barreiro de Baixo. Esta captura é responsável pela formação de soleiras escalonadas. No vale abandonado observa-se uma espessa colmatação coluvial e o desenvolvimento de uma vegetação mais densa, além de berços de novas cabeceiras perpendiculares ao vale abandonado, cuja incisão expõe os sedimentos da antiga planície e dos terraços.

Neste trabalho destacam-se também as capturas na porção jusante do Rio Sesmaria, do Ribeirão Barreiro de Baixo e do Rio Bananal, os quais,

adaptados a lineamentos NE, mudam a direção de seus canais para N devido às reativações transcorrentes ao longo de lineamento E-W.

O vale que foi abandonado pelo Rio Barreiro de Baixo é atualmente drenado pela porção jusante do Rio Bananal e pelo seu afluente Córrego do Cafundó.

MODENESI-GAUTTIERI et al (2002) observaram casos de sucessivas capturas fluviais na região de Campos do Jordão, entre o ribeirão Galvão e os Córregos da Lavrinha e Pirutinga. As evidências que sugerem a captura de tributários do Ribeirão Galvão pelo Córrego Lavrinha ao norte de sua área de estudo são: um relevo baixo, um cotovelo de captura e uma larga e pantanosa planície fluvial. Ao sul, entre os Córregos Lavrinha e Pirutinga encontram-se as seguintes características: um baixo relevo, vertentes extremamente convexas, largos vales em contraste com a presente drenagem. Essas características podem significar uma herança de paleovales que existiam antes da captura. Uma erosão ativa nas vertentes e um incipiente leque aluvial indicam o reinício da post-captura pela erosão.

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1975), quando a captura acontece por absorção, há a captação de águas por determinados rios em detrimento dos adjacentes, devido à competição que se estabelece ao longo de uma superfície, pois alguns rios entalham mais rapidamente do que outros, alargando seus vales, que passam a englobar os cursos laterais. O recuo das cabeceiras acontece quando dois rios adjacentes estão localizados em altitudes diferentes e os tributários do curso mais baixo provocam a erosão regressiva de suas cabeceiras, atravessando o interflúvio e capturando o curso de água localizado em nível mais alto. O rio que capta é chamado de captador, capturador ou beneficiário; a parte montante do curso captado é chamada de capturada ou decaptada; a alteração brusca que se observa no local da captura é chamada de cotovelo de captura, com um ângulo de cerca de 90°; a parte jusante do curso capturado, por onde corria o antigo rio é

chamada de vale morto, seco ou abandonado (wind gap). Conforme MILLER (1915), na maioria dos casos, o vale seco (wind gap) é apenas um colo no topo do interflúvio cortado pelo recuo das nascentes de dois rios em posição oposta uma à outra. A captura pode também resultar de aplanamento lateral por erosão lateral, onde o rio principal pode cortar o interflúvio que o separa do tributário e desviar a parte montante do mesmo, deixando seco o vale localizado na parte jusante do curso decaptado. A captura por transbordamento realiza-se quando um curso d'água entulha seu leito por receber muitos sedimentos, elevando-o até um nível superior aos dos colos mais baixos que separam seu vale dos adjacentes. A captura subterrânea ocorre em áreas de rochas calcárias ou em áreas de rochas solúveis. (CHRISTOFOLETTI, 1975)

A captura por recuo das cabeceiras é o tipo mais comum de capturas fluviais. Existem vários trabalhos que exemplificam este tipo de captura, como por exemplo, os trabalhos de: BOWMAN (1904), FENNEMAN, (1938), THOMPSON (1939), BETHUNE (1948), RITTER (1972) nos Estados Unidos; HUBERT (1912), FORBES (1932) e POUQUET (1966) na África.

Porém, um dos trabalhos mais conhecidos sobre esse tipo de captura fluvial foi realizado por DAVIS (1896a) na Lorena, entre os Rios Meuse e Moselle, na França. Este trabalho foi publicado pela National Geographic Magazine cuja publicação não existe no Brasil. No Brasil pode-se encontrar o mesmo trabalho também em inglês (DAVIS, 1909) e em francês (DAVIS, 1896b). (FIGURA 10)

Davis afirma que quem chamou sua atenção para este caso de captura fluvial foi o francês M. Emm. de Margerie, que indicou a ele vários trabalhos de autores franceses sobre a mudança do traçado da drenagem entre os rios Meuse e Moselle. Dentre eles o primeiro a observar este caso foi Boblaye em 1829.

Na França Davis estudou um caso de captura fluvial entre os rios Meuse e Moselle, próximo à cidade de Toul. O trecho que chamamos hoje de alto Moselle corria por um vale sinuoso em direção ao rio Meuse pela cidadezinha de Pagny-sur-Meuse, até que um afluente do rio Moselle desviou este curso d'água do rio Meuse em proveito do rio Moselle. Entre Toul e Pagny-sur-Meuse formou-se um vale abandonado ou morto. Davis supõe que a conformação do vale sugere que o curso d'água que o ocupava tinha um volume considerável, que nas redondezas de Toul observa-se um cotovelo de captura bem característico e que no vale abandonado, uma massa de detritos relativamente consideráveis desceram do topo das vertentes até o fundo da depressão, obstruindo a passagem dos cursos d'água no vale morto.

FIGURA 10 – Captura fluvial por recuo das cabeceiras

Situação anterior à captura

Situação atual

Fonte: DAVIS (1909)

4) Procedimentos Gerais

4.1) Materiais

A bacia do Alto Guaratuba é representada, no seu trecho médio, centrada no cotovelo do Rio Guaratuba. Portanto, não aparecem nas cartas nem a nascente e nem a foz dos rios Claro e Guaratuba, os dois rios mais importantes. A área de estudo mede aproximadamente 40km².

Foram selecionadas as seguintes fotos-aéreas, cartas topográficas e imagem de satélite da área de estudo:

Levantamento aerofotográfico do Estado de São Paulo, pancromático, na escala aproximada de 1:25.000, realizado pela Aerofoto Natividade em 1962, nºs 7 9367, 7 9368 e 7 9369 e Levantamento aerofotográfico do Estado de São Paulo, pancromático, na escala aproximada de 1:25.000, realizado pela Base Aerofotogrametria e Projetos S/A em 1973, nºs 40.765, 40.766, 40.767, 40.780, 40.781, 40.782. Não existem, no momento, fotos-aéreas de maior detalhe da área de estudo;

-Carta topográfica Salesópolis, escala 1:50.000, folha SF23YDV1 e SF23YDV3, publicada pelo IGG-SP em 1971;

-Carta topográfica Salesópolis, escala 1:50.000, folha SF 23-Y-D-V-1/3, publicada pelo IBGE em 1984;

-Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, folhas SF23YDV1SOD e SF23YDV1SOB, publicadas pelo IGC em 1988;

-Imagem Landsat TM 7+, Projeção UTM, Quadrículas de 15m de 2002.

4.2) Metodologia

O trabalho segue a abordagem da análise geomorfológica proposta por AB'SABER (1969) e que compreende três níveis: 1) compartimentação da topografia, caracterizando e descrevendo as formas de relevo de cada compartimento; 2) obtenção de informações sistemáticas sobre a estrutura superficial da paisagem, através da observação da geologia e dos solos; 3) compreensão da fisiologia da paisagem através do estudo dos processos morfoclimáticos e pedogênicos.

Após seleção da área de estudo e do objeto, foi realizada a pesquisa bibliográfica sobre a Serra do Mar: geologia, relevo, solos, clima, vegetação e hidrografia e sobre exemplos de capturas fluviais na bibliografia nacional e internacional, além de levantamento da documentação aerocartográfica da área de estudo.

A pesquisa bibliográfica e o levantamento da documentação aerocartográfica levaram à fotointerpretação detalhada dos níveis topográficos, morfologia, estrutura, drenagem e vegetação. A fotointerpretação teve relação direta com o controle de campo.

Para a elaboração dos produtos cartográficos digitais houve a necessidade de compatibilizar as escalas da documentação cartográfica (1:10.000) com a escala das fotos-aéreas (1:25.000), para facilitar o manuseio do material, a descrição e comparação dos produtos, a análise e interpretação dos resultados, para então redigir a Tese. (FIGURA 11)

FIGURA 11 - Fluxograma das etapas da pesquisa

4.3) Procedimentos

4.3.1) Levantamento e pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de selecionar trabalhos vinculados à Serra do Mar, principalmente no Estado de São Paulo, em especial sobre as características gerais da região, sobre depósitos de seixos, geologia, solos, relevo e hidrografia, incluindo capturas fluviais, nas seguintes bibliotecas: Biblioteca do Departamento de Geografia e Laboratório de Pedologia - USP, Biblioteca do Instituto de Geociências - USP, Biblioteca do Instituto Oceanográfico - USP, Biblioteca do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas); Biblioteca do Instituto de Estudos Brasileiros - USP; Biblioteca da Faculdade de Letras e Ciências de Ribeirão Preto-USP, Biblioteca da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"-USP e Biblioteca da Escola de Engenharia de São Carlos-USP, Biblioteca do Instituto de Biociências da UNESP, Biblioteca do Instituto Geológico, sendo que a pesquisa nestas cinco últimas bibliotecas foi realizada a partir do sistema Interbibliotecas da USP (DEDALUS) e Biblioteca da University of California, por intermédio de Sheila Aparecida Correia Furquim, que lá morava no momento.

4.3.2) Fotointerpretação

Iniciou-se a fotointerpretação pelas fotos de 1962 na escala 1:25.000. posteriormente foi realizado o controle com as fotos-aéreas de 1973, na mesma escala. Foram feitos três overlays: um para a drenagem, outro para as formas e o último para a vegetação, que resultaram nas cartas dos níveis topográficos, morfologia e estrutura (ANEXO 6), como base para a interpretação geomorfológica, elaboração da carta de drenagem, das

formas dos vales e fundos de vales (ANEXO 7) e da carta de vegetação (ANEXO 8).

A fotointerpretação baseou-se no estudo dos seguintes fatores: tonalidade e textura, formas topográficas e drenagem conforme RICCI & PETRI (1965).

Houve uma grande dificuldade na identificação da drenagem, pela sua densidade e também pela vegetação, que também é muito fechada. Como o acesso à área de estudo é restrito, nem sempre foi possível a verificação em campo para esse controle. A drenagem na escarpa é mais fácil de ser reconhecida.

As formas foram assinaladas inicialmente delimitando os topos com rupturas convexas, que aparecem em grande quantidade em todo o Planalto, os limites das vertentes com as planícies com rupturas côncavas e posteriormente, delimitando a escarpa, os esporões em crista e mamelonados. A legenda da Escarpa foi adaptada de DOMINGUES (1983). Os níveis topográficos foram assinalados no intervalo compatível com o Modelo hipsométrico sombreado do Alto Guaratuba (ANEXO 2): < 820, 820-840, 840-860 e > 900m. Por fim, procurou-se assinalar os alinhamentos, tanto da drenagem quanto dos morros.

A tonalidade e a textura foram importantes para o reconhecimento dos tipos de vegetação encontrados na área, onde predomina Mata Atlântica de grande porte. Notou-se que quanto mais rugosa aparece a vegetação, mais alta ela é.

4.3.3) Elaboração das cartas e perfis topográficos

Os procedimentos gerais de digitalização das curvas de nível, cotas, estradas e drenagem e elaboração das cartas e perfis, correspondem ao programa desenvolvido pelo Institute for Aerospace Survey and Earth

Sciences (ITC), Enschede, Holanda, encontrando-se atualmente na versão 3.1, disponível em versão Windows. Trata-se de um sistema de informação geográfica, que conta módulos de tratamento digital de imagens, de análise espacial e de entrada de dados. (WESTEN, 1997)

Com base nas cartas 1:10.000 foram digitalizadas todas as curvas de nível do Planalto e as curvas mestras da Escarpa e confeccionadas, as seguintes cartas na escala 1:25.000, compatibilizadas com a escala das fotos-aéreas:

- Carta topográfica do Alto Guaratuba (ANEXO 1);
- Modelo hipsométrico sombreado do Alto Guaratuba (ANEXO 2);
- Modelo tridimensional do Alto Guaratuba sobreposto ao modelo sombreado (ANEXO 3);
- Carta clinográfica do Alto Guaratuba (ANEXO 4);
- Carta de orientação das vertentes do Alto Guaratuba (ANEXO 5);
- Perfis topográficos do Alto Guaratuba, perfis longitudinais dos rios Claro e Guaratuba (PERFIS 1 a 8) e seu respectivo mapa de localização (FIGURA 12);
- Modelos de evolução da Bacia do Alto Guaratuba (passado, presente e prognóstico). (FIGURAS 13, 14 e 15)

A partir da carta topográfica 1:50.000, IBGE, 1984, elaborou-se os modelos:

- Situação atual do Rio Guaratuba e Sequências de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba. (FIGURAS 16 a 20)

O procedimento para a digitalização é o que segue:

A entrada de dados dá-se pela digitalização de mapas analógicos por meio de uma mesa digitalizadora e um cursor. A posição do cursor é registrada eletronicamente com a precisão de frações de milímetros. O cursor contém uma janela transparente com uma cruz e vários botões. Um sinal

eletromagnético é transmitido e através da cruz do cursor são gravadas as informações nas coordenadas X e Y e enviadas ao computador.

É necessário estabelecer uma relação entre o mapa fixado na mesa digitalizadora e o computador, procedimento este conhecido como calibração de mesa. Para isso é preciso indicar no mínimo três pontos de controle e as coordenadas correspondentes de latitude e longitude que aparecem no mapa. Se o mapa for removido, é preciso calibrar novamente a mesa e referenciar as coordenadas antes de reiniciar o trabalho de digitalização. O Ilwis conta com um ajuste sigma, que indica o grau de ajustamento dos pontos fornecidos.

Para iniciar a digitalização deve-se indicar o que se está digitalizando, como por exemplo: estradas, drenagem, curvas de nível e pontos cotados. No Ilwis deve-se criar um domínio, que indicará o tipo de informação a ser digitalizada.

A digitalização se faz através do cursor da mesa digitalizadora, que é movido sobre o mapa, com sua cruz exatamente sobre o ponto a ser digitalizado, movendo-o e apertando um de seus botões para gerar os segmentos, polígonos ou pontos. No caso das curvas de nível e pontos cotados é preciso indicar o valor de elevação de cada curva de nível e dos pontos cotados. É um trabalho demorado e que requer atenção de quem está digitalizando, principalmente se o mapa contiver muitas informações. Após a digitalização desses elementos faz-se a correção de prováveis erros de digitalização manualmente ou automaticamente, como por exemplo, linhas sobrepostas ou segmentos interrompidos. O programa conta com um comando chamado "check segment" para verificar esses erros.

As curvas de nível, pontos cotados, rede de drenagem e o sistema viário foram digitalizados sob a forma de planos de informações (PIs). Com os Pis, curva de nível e pontos cotados, o Modelo Numérico do Terreno (MNT) foi

gerado. O MNT ou DEM (do inglês, *Digital Elevation Model*, modelo de elevação digital), é uma "representação matemática tratável computacionalmente e representa a distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real". Eles podem ser produzidos por uma malha de triângulos irregulares (TIN) baseada na interpolação das curvas de nível ou a utilização da estrutura matricial por meio de variações contínuas, como altimétricas por exemplo. O MNT pode representar a altitude de uma determinada superfície, a espessura das camadas do solo, o contato solo-rocha, o lençol d'água etc. Para os estudos de fragilidade ambiental, o MNT é muito importante, pois a partir dele podem ser geradas cartas de declividade (ou clinográficas), de orientação e formas das vertentes, de sombreamento, modelos tridimensionais, cartas hipsométricas, perfis, entre outros produtos.

No ILWIS, o MNT é gerado a partir da interpolação das curvas de nível em estrutura de grade regular retangular (matriz). Essa operação pode ser dividida em duas etapas. A primeira é a conversão das curvas de nível do formato vetorial para o formato matricial, usando uma georeferência nos quais o tamanho do pixel, o número de linhas e colunas, e o mínimo e máximo coordenadas X e Y do mapa são definidos. É importante ter certeza que o *pixel* não seja muito grande em relação ao máximo espaço das curvas de nível. Após essa conversão, os *pixels* cobertos pelas curvas de nível possuem valores de altitude e os demais *pixels* estão com valores indefinidos. A segunda é a interpolação linear, feita entre os *pixels* com valores de altitude, para obter as elevações dos *pixels* com valores indefinidos entre as curvas de nível rasterizadas. Na carta de saída, cada *pixel* possui um valor de altitude. Para cada *pixel* indefinido entre os segmentos é calculada a menor distância em direção as duas isolinhas mais próximas.

A precisão do MNT depende da precisão na digitalização das curvas de nível.

Tanto a fotointerpretação como a digitalização das cartas topográficas, confecção de cartas e perfis foram realizadas no Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto do Departamento de Geografia-FFLCH-USP.

-Carta topográfica (ANEXO 1)

Esta carta apresenta dos dados digitalizados das cartas topográficas 1:10.000, reduzidas para 1:25.000, compatíveis com as fotos-aéreas. Ela mostra curvas de nível de 50 a 800m, com equidistância de 50m na Escarpa e curvas de nível de 800 a 1.000m no Planalto, com equidistância de 10m, além de pontos cotados, drenagem e estrada. A drenagem no corredor entre os rios Claro e Guaratuba foi corrigida conforme a FIGURA 7, após controle de campo.

-Carta de orientação de vertentes e modelo hipsométrico sombreado (ANEXOS 5 e 2)

A carta de orientação de vertentes pode ser calculada por combinação de mapas de gradientes, resultando da aplicação de filtros de sombra horizontais e verticais no Modelo Numérico do Terreno (MNT).

Um filtro de sombra é aplicado no Modelo Numérico do Terreno (MNT) para criar o modelo sombreado. O filtro de sombra simula a iluminação do sol. Assim, as vertentes direcionadas para SE estão escuras e as vertentes voltadas para NW estão claras.

A legenda é dada em graus, de 0° a 360° , sendo que 0° e 360° correspondem ao norte, 90° corresponde a leste, 180° a sul e 270° a oeste.

No modelo hipsométrico sombreado acrescentou-se a hipsometria nos seguintes intervalos: 50 a 800m, 800 a 820m, 820 a 840m, 840 a 900m e acima de 900m, compatível com a carta dos Níveis topográficos, morfologia e estrutura do Alto Guaratuba (ANEXO 6).

-Modelo tridimensional sobreposto ao modelo sombreado (ANEXO 3)

O modelo tridimensional pode ser visualizado usando uma georreferência 3D. O programa produz uma trama quadriculada nas direções X e Y. O usuário pode especificar alguns parâmetros como: altitude, rotação horizontal (azimute) e vertical (zênite), distância, exagero vertical etc, para definir a perspectiva em relação ao modelo 3D.

Neste caso, foram definidos os seguintes parâmetros:

- ângulo de visão: 80
- exagero vertical: 3,0
- rotação horizontal:10
- rotação vertical: 50
- distância: 20.000m

-Carta clinográfica (ANEXO 4)

A declividade foi calculada utilizando filtros de gradiente (Df_{dx} e Df_{dy}) sobre o MNT. Após a aplicação dos filtros (janela móvel) nas direções X e Y do MNT, os produtos derivados são combinados, utilizando uma fórmula que calcula a soma dos quadrados de Dx mais os quadrados de Dy . Posteriormente, o numerador é dividido pelo tamanho do pixel, resultando na carta clinográfica em valores de porcentagem. As classes de declividades adotadas para a elaboração desta carta foram: de 0 a 3%, 3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20%, 20 a 30%, 30 a 46% e acima de 46%.

-Perfis topográficos e longitudinais (PERFIS 1 a 8)

Os perfis topográficos foram elaborados digitalizando um segmento no local da carta digitalizada onde queremos criar um perfil. É necessário seguir alguns passos: usar a operação segmentos para pontos para converter a linha digitalizada para pontos espaçados regularmente; abrir o mapa de pontos como uma tabela; calcular a coluna distância, a qual é a distância do ponto inicial do perfil; ler os valores de altitude do Modelo Numérico do Terreno (MNT) para as coordenadas X e Y especificadas na tabela e plotar a distância contra a altitude num gráfico.

Os perfis escolhidos procuraram valorizar e mostrar os compartimentos topográficos reconhecidos na área de estudo, a borda da escarpa, onde é possível ver suas capturas e os perfis longitudinais dos rios Claro e Guaratuba.

4.3.4) Análise da rede hidrográfica

A base utilizada para a análise da rede hidrográfica foi a carta de drenagem (ANEXO 7), resultante da fotointerpretação, das cartas topográficas e do controle de campo.

Como não mapeamos as bacias dos rios Claro, Guaratuba e do Ribeirão Guacá na totalidade, alguns índices e parâmetros realizados não mostraram resultados satisfatórios, como por exemplo, a hierarquia fluvial e a relação de bifurcação.

Identificou-se os tipos básicos dos padrões de drenagem na Escarpa e no Planalto e mediu-se o ângulo de confluência dos elementos de drenagem com transferidor para classificação de zonas homólogas, conforme SOARES & FIORI (1976). A alta angularidade é evidência de uma mudança brusca de drenagem, ao passo que a baixa angularidade é a mudança pouco marcante. A

alta angularidade deve indicar a influência de fatores estruturais.
(HORTON, 1945)

A angularidade foi expressa como:

- baixa (ângulos agudos - $<60^{\circ}$);
- média (ângulos retos - 60° a $<120^{\circ}$) e
- alta (ângulos abertos - $>120^{\circ}$).

5) Características gerais da Bacia do Alto Guaratuba

1) Carta topográfica do Alto Guaratuba (ANEXO 1)

Esta carta identifica dois compartimentos: a Escarpa e o Planalto.

Na Escarpa aparecem curvas de nível de 100 a 800m, com a equidistância de 50m. A curva de nível de 50m marca a passagem para a planície litorânea.

A Escarpa apresenta curvas de nível muito próximas, devido à diferença altimétrica da base ao topo. O conjunto dessas curvas mostra a configuração de uma vertente côncava, pois elas são mais próximas no topo da Escarpa e mais espaçadas na base. Sua drenagem principal corresponde ao Rio Guaratuba e seus afluentes. Pela posição do Rio Guaratuba nesse trecho, percebemos que a vertente oeste é mais curta que a vertente leste. A borda da Escarpa apresenta muitos entalhes correspondentes a afluentes do Rio Guaratuba, cujas nascentes se aproximam da drenagem do Planalto, ou aí já estão, iniciando a formação de gargantas, similares a do Rio Guaratuba.

O Planalto apresenta curvas de nível que variam de 790m (no cotovelo do Rio Guaratuba) a 970m, com equidistância de 10m. As altitudes mais elevadas encontram-se ao norte, próximas ao Rio Claro e ao sul da carta, na borda da Escarpa, formando conjuntos de morros de topos convexos e que estão posicionados na direção NE-SW, assim como os dois rios principais, o Claro e o Guaratuba. Estes conjuntos correspondem a subcompartimentos do Planalto: um mais elevado ao norte e nas extremidades da borda da Escarpa, atingindo 970m, (Níveis Ia e Ib, Carta topográfica do Alto Guaratuba (ANEXO I) e FIGURA 12, PERFIS 1, 2, 3, 4 e QUADROS 1 e 2); outro um pouco mais baixo no centro, entre 850m e 900m (Nível II); o corredor entre o Rio Guaratuba e o Rio Claro, entre 800m e 850m e pequenos morros

de 820 a 840m (Nível III), (PERFIL 5); e o último nas bacias dos rios Guaratuba e Claro, respectivamente a 790m e 800m (Nível IV).

Em todo o Planalto aparecem inúmeros pontos cotados, mas a maior parte aparece concentrada na borda da Escarpa (PERFIL 6). Há uma grande concentração de pontos cotados próximo ao cotovelo do Rio Guaratuba, principalmente na sua margem esquerda, configurando pequenos morros.

A estrada da Estação de Captação do Rio Guaratuba acompanha o corredor entre os rios Claro e Guaratuba, que aparece num vale que está abaixo de 810m, entre vertentes longas e altitudes elevadas (900m). As vertentes SW e NE são similares em altitudes, com pontos cotados a 904 e 906m, respectivamente. A vertente SW é mais longa e apresenta 600m de extensão, enquanto a vertente NE apresenta 450m de extensão.

Em direção ao Rio Guaratuba o vale torna-se mais estreito, passando de 300m a 100m de largura, com um ponto cotado a 808m de altitude, que funciona como divisor de águas entre as bacias dos rios Claro e Guaratuba. Seu vale torna-se mais largo novamente, com 500m de largura, estreitando-se até atingir 50m na direção do cotovelo do Rio Guaratuba. Este trecho não apresenta vertentes tão longas e altitudes tão elevadas e, logo abaixo, inúmeros pequenos morros isolados e pontos cotados, pouco acima de 800m. Ao norte do afluente da margem direita do Rio Guaratuba, neste trecho, encontramos a cascalheira registrada por ROSSI (1999), num patamar a cerca de 820m, numa vertente cujo topo chega a 850m de altitude. As duas vertentes desse afluente são dissimétricas, pois aquela situada na sua margem direita não ultrapassa a cota de 820m, lembrando que nessa porção a crista da Escarpa coincide com a curva de nível de 800m.

Os dois trechos de estreitamento no corredor correspondem às indefinições de drenagem apontadas no item 2.5) Rede hidrográfica.

O afluente do Rio Guaratuba deságua na Estação de Captação do Rio Guaratuba, num vale estreito e encaixado, a 790m de altitude, após o cotovelo deste rio. No cotovelo do Rio Guaratuba seu vale é estreito (80m de largura) e encaixado, a pouco menos de 790m de altitude. Após o cotovelo, o Rio Guaratuba passa a descer em direção à Escarpa rapidamente, deixando a curva de nível de 790m até a curva de 730 num trecho de 600m, numa garganta estreita, com 130m de largura. A partir deste trecho, as curvas são menos espaçadas, mostrando o Rio Guaratuba descendo a Escarpa muito íngreme.

FIGURA 12 - Localização dos Perfis Topográficos e das Fotografias do Alto Guaratuba

Perfis topográficos do Alto Guaratuba

Os perfis topográficos procuraram valorizar os compartimentos dispostos de norte a sul na área de pesquisa, o corredor entre o Rio Claro e o Rio Guaratuba e a borda da Escarpa. (PERFIS 1 a 6)

Os perfis topográficos 1 e 2 não são semelhantes de N a S, abrangendo os níveis Ia, II e III, até o afluente do Guaratuba, faltando ao segundo o nível topográfico mais elevado ao sul deste afluente, que forma a borda da Escarpa no PERFIL 1 (Nível Ib). O PERFIL 4 apresenta na extremidade SE uma elevação na borda da Escarpa similar à do PERFIL 1. Assim, os perfis 1 e 4 assinalam a presença de uma zona deprimida entre 830 e 850m de altitude, entre as elevações ao norte e sul que atingem, respectivamente 970 e 930/910m. Essa configuração dos perfis confere ao relevo uma aparência de "horst e gráben" (para as áreas elevadas e para a área deprimida, respectivamente).

O Nível Ia, mais alto, ao norte do Rio Claro, corresponde ao divisor de águas com os rios Grande e Pote (que não aparecem nas cartas) e está presente nos 4 perfis (970m).

O Nível II (920 a 890m) é o divisor de águas entre os rios Claro e Guaratuba (incluindo seu afluente pela margem direita). Assim, apresenta um desnível em relação ao N I de 70 a 115m.

O Nível Ib, na borda da Escarpa (930 a 910m) aparece nos PERFIS 1 e 4, prolonga-se para leste fora da área mapeada, onde atinge mais de 980m, similar ao N Ia, e para oeste até 950m. Portanto, nas duas extremidades do grande anfiteatro, por onde corre o Rio Guaratuba descendo a Escarpa, as bordas desta estão a 150 a 180m acima daquela da parte central do anfiteatro (800m de altitude), representada nos PERFIS 2 e 3.

O perfil topográfico 5 representa o divisor de águas entre o Rio Claro e o Rio Guaratuba (Nível II), entre 920 e 890m, incluindo o corredor que existe

entre eles (Nível III), a 810m. No entanto, enquanto sua vertente SW está representada no PERFIL 5, a NE oposta não está, como se percebe na FIGURA 12 e ANEXO 1. Assim, a leitura destas mostra que a vertente NE, que atinge 906m, apresenta uma configuração similar à da vertente SW, e o corredor está 80 a 90m abaixo dos topos dessas vertentes.

O perfil topográfico 6 representa a borda imediata da Escarpa, da extremidade oeste à extremidade leste (Nível Ib). Exibe inúmeras reentrâncias, formadas por pequenas gargantas que correspondem à cabeceiras de drenagem que descem a Escarpa. As maiores altitudes assinaladas anteriormente nas duas extremidades oeste e leste da Escarpa, correspondendo ao topo das elevações, não foram atravessados pelo PERFIL 6.

N PERFIL 1 - Níveis Ia, II, III, IV e Ib, abrangendo o Rio Claro e a extremidade oeste da borda da Escarpa

S

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC (1988)

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC (1988)

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC (1988)

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC (1988) Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC (1988)

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

QUADRO 1 - Síntese relacionando os níveis topográficos N-S (perfis 1 a 4) na bacia dos Rios Claro e Guaratuba em metros:

PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4
Bacia R.C.	Bacia R.C.	Bacia R.C.	Bacia R.C.
970	970	970	970
		930	930
900	910		910
		810 R.C.	
		880	
860			860
			820 R.C.
850	850		850
	800 R.C.		
820			
830			
800 R.C.			
845			
855			
	860		
	860		
855*	860*	880*	900*
Bacia R.G.	Bacia R.G.	Bacia R.G.	Bacia R.G.
855*	860*	880*	900*
		860	860
		790 cotovelo	
	840		
830	830		830
			800 R.G.
	820	820	
840	840	840	
	810		
	800afluenteR.G		
820	820		
830			830
850			850
810afluenteR.G			
920			920

R.C.= Rio Claro R.G.= Rio Guaratuba

* divisor de águas comum às duas bacias

QUADRO 2 - Síntese relacionando os níveis de base dos rios Claro e Guaratuba e a altitude de seu divisor nos perfis 1 a 4 em metros:

	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4
Nível de base Rio Claro	800	800	810	820
Nível de base Rio Guaratuba	810 (afluente)	800 (afluente)	790 (cotovelo)	800
Divisor de águas Rio Claro-Rio Guaratuba	855	860	880	900

Na margem esquerda do Rio Claro há vários pontos cotados alinhados acompanhando o rio.

O Rio Claro, inicialmente com direção E-W, com meandros encaixados, simulando alças representando mudanças de direção tendentes à ortogonalidade, apresenta mudança brusca de direção para NE-SW, com muitos meandros ortogonalizados. À leste, portanto em direção à sua nascente, aparece bem mais encaixado a 840m de altitude (ANEXO 1 e FOTO 1). Seu vale torna-se mais amplo à oeste da carta (ANEXO 1), a 800m de altitude.

O Rio Guaratuba, à leste e, portanto em direção à sua nascente, apresenta um vale mais amplo a 800m de altitude, com direção geral E-W, como o Rio Claro (ANEXO 1). Este vale torna-se mais encaixado em direção ao cotovelo (FOTOS 2 e 3), chegando a 790m na borda da Escarpa; esse cotovelo corresponde à mudança brusca de direção do rio para N-S. Aí o Rio Guaratuba recebe um afluente (FOTO 4) que inicialmente acompanha a mesma direção W- E do Guaratuba, mostrando a seguir mudança de direção para SW-NE até sua nascente. Este afluente ao mudar de direção SW-NE

Deborah de Oliveira

FOTO 1 – Rio Claro encaixado próximo à Estação Biológica de Boracéia, a 840m de altitude

Deborah de Oliveira

FOTO 2 – Rio Guaratuba com o vale bem encaixado após cotovelo na Estação de Captação de água

Déborah de Oliveira

FOTO 3 – Última curva do Rio Guaratuba antes de descer a Escarpa
→ Sentido do curso d'água

Déborah de Oliveira

FOTO 4 – Afluente do Guaratuba próximo à Estação de Captação de água.
Note-se a adutora que leva água para o Rio Claro

para W-E, recebe na sua margem esquerda um curso d'água de direção N-S, cuja cabeceira está próxima à de um afluente do Rio Claro. O divisor de águas entre estas duas cabeceiras de drenagem está a 810m de altitude; a estrada para a Estação de Captação do Rio Guaratuba (FOTO 5) acompanha o traçado desses dois cursos d'água, atravessando esse divisor (FOTO 6 e PERFIL 5). A diferença altimétrica dessas duas cabeceiras de drenagem em relação aos seus níveis de base nas bacias dos rios Guaratuba e Claro é de 10m.

Déborah de Oliveira

FOTO 5 – Estrada para a Estação de Captação do Rio Guaratuba, próximo à topossequência estudada por ROSSI (1999)

Déborah de Oliveira

FOTO 6 – Corredor entre a bacia do Rio Claro (em primeiro plano) e do Rio Guaratuba (ao fundo) acompanhando a estrada para a Estação de Captação de água

Note-se que deste trecho em diante as águas da adutora correm à céu aberto e descem por gravidade para o Rio Claro. Note-se também a neblina que ocorre todos os dias.

2) Modelo hipsométrico sombreado do Alto Guaratuba (ANEXO 2)

Este modelo hipsométrico ressalta os compartimentos e subcompartimentos assinalados na carta topográfica.

A Escarpa, com sua forma côncava em direção à base, destaca-se nitidamente do Planalto. Sua vertente oeste, mais escura, é mais estreita e mais íngreme que a vertente leste.

Na margem direita do Rio Claro, ao norte do modelo hipsométrico, aparece o subcompartimento mais preservado e nas extremidades da borda da Escarpa (Níveis Ia e Ib), com altitudes mais elevadas (até 970m) e várias reentrâncias formadas pela drenagem. Ainda na margem direita do Rio Claro, mas à oeste, o Nível Ia parece mais dissecado, isolando morros.

Na margem esquerda do Rio Claro, o outro subcompartimento (Nível II), mais baixo e mais dissecado, com reentrâncias maiores, isolando nitidamente morros ainda menores e as duas extremidades do anfiteatro da Escarpa (Nível IIb). Os morros dos Níveis I e II estão ligados por 'pontes' de 820 a 840m de altitude. Este subcompartimento é interrompido pelo corredor entre o Rio Claro e o Rio Guaratuba, por onde passa a estrada e com morros mais baixos (Nível III).

Acompanhando as bacias dos rios Claro e Guaratuba aparece o Nível IV, mostrando bem nitidamente o vale encaixado e a garganta do Guaratuba antes de descer a Escarpa.

3) Modelo tridimensional do Alto Guaratuba sobreposto ao modelo sombreado (ANEXO 3)

A concavidade da Escarpa é visível neste modelo, assim como os esporões que correspondem a interflúvios. Sua borda é marcada por vários entalhes e é nítida a garganta do Rio Guaratuba. A base da Escarpa conduz a um patamar, que marca a passagem para a planície litorânea.

No Planalto os subcompartimentos apresentam rugosidade diferenciada e estão posicionados como degraus ou patamares.

O primeiro e mais alto patamar aparece na margem direita do Rio Claro, ao norte (Nível Ia) e nas extremidades da borda da Escarpa (Nível Ib), com vertentes muito inclinadas e topos mais pontiagudos alinhados na direção NE-SW. As altitudes vão diminuindo para oeste, onde os morros são mais convexos.

O segundo patamar aparece na margem esquerda do Rio Claro (Nível II) e (ANEXO 3), com morros mais elevados, porém mais baixo que o anterior. Os topos continuam alinhados na direção NE-SW, mas parecem menos pontiagudos e vão diminuindo e dando lugar a morros mais baixos de topo convexo.

O terceiro patamar aparece no corredor que existe entre o Rio Claro e o Rio Guaratuba na direção NW-SE, com topos alinhados nesta mesma direção (Nível III).

A bacia do Rio Guaratuba destaca-se por apresentar a planície fluvial de seu afluente principal muito ampla, além de ser nítida a garganta do Rio Guaratuba. A bacia do Rio Claro torna-se mais ampla de leste para oeste (Nível IV).

4) Carta clinográfica do Alto Guaratuba (ANEXO 4)

Na Escarpa predominam as declividades elevadas, acima de 46%. As declividades de 12 a 20% marcam o início do contato da Escarpa com a planície litorânea. Essa diferença de declividade mostra a concavidade da Escarpa, como as outras cartas já mostraram.

No Planalto as declividades elevadas predominam no norte da carta e nas extremidades da borda da Escarpa (Níveis Ia e Ib), mostrando vales profundos e encaixados.

Em direção ao sul as declividades diminuem progressivamente até a borda da Escarpa (Níveis II e III). O corredor entre o Rio Claro e o Rio Guaratuba apresenta declividades baixas (de 0 a 12%) no Nível III.

É possível confirmar que o Rio Claro apresenta um entalhe maior à leste, com declividades mais elevadas (acima de 46%) e vale mais amplo à oeste, com declividades baixas (de 0 a 12%). O Rio Guaratuba apresenta declividades menores (de 0 a 12%) à leste e declividades maiores (acima de 46%) no cotovelo (Nível IV).

Se ao norte, as altas declividades mostram formas de reentrâncias concentradas formando vales encaixados, em direção ao sul essas formas parecem ser mais dissecadas, dando lugar à declividades mais baixas e vales mais amplos, até atingirem as extremidades do anfiteatro, onde as declividades voltam a aumentar.

5) Carta de orientação das vertentes do Alto Guaratuba (ANEXO 5)

Esta carta confirma a orientação NE-SW das cadeias de morros observadas no Modelo tridimensional do Alto Guaratuba sobreposto ao modelo sombreado (ANEXO 3).

A Escarpa apresenta, de modo geral, vertentes voltadas para NW-SE e NE-SW em direção ao Rio Guaratuba.

No Planalto, o subcompartmento norte (Nível Ia) apresenta alinhamento geral NE-SW. Esse alinhamento torna-se menos nítido próximo ao cotovelo do Rio Guaratuba (Níveis III e IV).

No conjunto do Planalto, as vertentes mais longas estão voltadas para o NW, principalmente as localizadas no norte da carta, na margem direita do Rio Claro e à oeste da carta, na sua margem esquerda, até a borda da Escarpa. (Níveis Ib, II)

O corredor que existe entre o Rio Claro e o Rio Guaratuba é um divisor entre um trecho com vertentes longas, à oeste, e um trecho com vertentes curtas, à leste e próximo ao Rio Guaratuba (Nível III).

6) Níveis topográficos, morfologia e estrutura do Alto Guaratuba (ANEXO 6)

A Escarpa, nesse trecho, assemelha-se a um grande anfiteatro e apresenta muitos esporões, que convergem para o Rio Guaratuba e correspondem a interflúvios de dois tipos principais: esporões em cristas e esporões mamelonados. Os primeiros localizam-se na alta vertente, apresentam cristas principais e secundárias e são, muitas vezes, interrompidos por colos e os segundos localizam-se na média vertente e aparecem em menor número. A legenda dos esporões foi adaptada de DOMINGUES (1983).

Pela morfologia observamos que a área de pesquisa apresenta uma densidade grande de pequenos morros com formas circulares ou alongadas e ruptura convexa no Planalto. Os morros que apresentam ruptura côncava localizam-se na bacia do Rio Claro.

De modo geral, os morros aparecem alinhados na direção NE-SW, acompanhando a direção dos alinhamentos dos cursos d'água e apresentam níveis topográficos que variam de 800 a pouco mais de 900m. Estes níveis correspondem aos subcompartimentos observados nas outras cartas. O nível mais alto, ao norte da carta, até 970m (Nível Ia), o subcompartimento localizado no centro da carta, com altitudes mais baixas, por volta de 860m e nas extremidades da borda da Escarpa (Níveis II e Ib), o corredor entre os rios Claro e Guaratuba, por volta de 840m e pequenos morros de 820 a 840m (Nível III), que separa o Nível II e as bacias dos rios Claro e Guaratuba a menos de 820m (Nível IV).

Os alinhamentos que observamos no Planalto parecem formar um reticulado, pois muitos deles aparecem na direção NE-SW e outros na direção NW-SE. Esses alinhamentos condicionam a drenagem em treliça no Planalto.

O Rio Guaratuba corre oblíquo às estruturas do gnaiss milonítico (FOTO 7 e 8) em seu cotovelo, posicionando-se perpendicular a elas antes de descer a Escarpa (FOTO 9).

Déborah de Oliveira

FOTO 7 – Foliações miloníticas do gnaiss, concordante com a direção geral NE-SW e mergulhos a SE

Déborah de Oliveira

FOTO 8 – Rio Guaratuba correndo oblíquo às estruturas do gnaiss no final do cotovelo

Déborah de Oliveira

FOTO 9 – Rio Guaratuba correndo perpendicular às estruturas do gnaiss antes de descer a Escarpa

7) Drenagem do Alto Guaratuba (ANEXO 7)

A área de pesquisa é abrangida por parte de três bacias hidrográficas: a do Rio Claro, a do Rio Guaratuba e a do Ribeirão Guacá.

A Escarpa apresenta como rio principal o Guaratuba, que apresenta uma energia e um poder de entalhamento maior quando muda de direção de E-W para N-S, ultrapassando a borda de Escarpa em forma de garganta e descendo para o litoral bem encaixado em seu vale. Percebemos no seu perfil longitudinal a mudança brusca de declividade quando desce a Escarpa, com desnível de 800 a 25m. (PERFIL 7) Na sua margem direita, o Rio Guaratuba apresenta muitos cursos d'água conseqüentes, que correm mais ou menos paralelos entre si. Na sua margem esquerda, porém, a drenagem apresenta-se semelhante à drenagem dendrítica, onde os maiores cursos d'água são conseqüentes e controlados pelo declive topográfico regional. Esse padrão de drenagem é chamado pinado.

No Planalto a drenagem está relacionada à presença de fraturas e orientada, de forma geral, no sentido NE-SW. A drenagem originária na Bacia do Rio Guaratuba dirige-se diretamente ao Oceano Atlântico (FOTOS 10 e 11), a drenagem originária da Bacia do Rio Claro dirige-se para a bacia do Rio Tietê e a drenagem da bacia do Ribeirão Guacá deságua no Rio Itapanhaú, que deságua no Oceano Atlântico, em Bertioga. O perfil longitudinal do Rio Claro mostra que ele apresenta degraus mais suaves que o Rio Guaratuba (PERFIL 8), com desnível de 850 a 800m.

A área de pesquisa apresenta um grande divisor de águas que separa a bacia do Rio Claro da bacia do Rio Guaratuba, disposto na direção NE-SW.

De modo geral, predomina no Planalto o padrão de drenagem em treliça, que ocorre sobre controle estrutural acentuado e é composto por rios principais conseqüentes, recebendo afluentes subseqüentes que fluem em direção transversal aos primeiros, com confluências em ângulos retos.

Déborah de Oliveira

FOTO 10 – Rio Guaratuba na planície litorânea, com a Escarpa ao fundo

Déborah de Oliveira

FOTO 11 – Rio Guaratuba desaguando no mar

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC (1988)

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

A bacia do Rio Guaratuba apresenta como divisor de águas também a crista da borda da Escarpa, que possui muitas cabeceiras de drenagem. Muitas dessas cabeceiras deságuam no Rio Guaratuba ainda no Planalto, mas outras que nascem na Escarpa aí deságuam nesse rio. Em alguns trechos da borda da Escarpa alguns cursos d'água que nascem no Planalto conseguem ultrapassar essa barreira através de gargantas e descem diretamente pelos paredões da Escarpa até o Rio Guaratuba. Em outros, verifica-se que há uma proximidade muito grande entre cabeceiras de drenagem cujos cursos d'água correm em direções opostas, isto é, para o Planalto ou para a Escarpa, supondo-se que essas cabeceiras poderão encontrar-se.

Toda a área do Planalto apresenta muitas rupturas de declive côncavas e em geral, predominam os vales em 'V'.

No Planalto como um todo predomina a angularidade média da rede de drenagem, relacionada à tectônica na área e na Escarpa predomina a angularidade baixa, condicionada pelas altas declividades. (QUADRO 3)

A angularidade refere-se às mudanças bruscas de direção da drenagem. A alta angularidade é evidência de uma mudança brusca da drenagem, ao passo que a baixa angularidade é uma mudança pouco marcante. A alta e a média angularidades devem indicar influência de fatores estruturais.

Temos os seguintes resultados da participação dos ângulos de confluência nas bacias hidrográficas:

QUADRO 3 – Angularidade da drenagem das bacias hidrográficas da área de pesquisa

angularidade	Bacia do Rio Guaratuba no Planalto		Bacia do Rio Guaratuba na Escarpa		Bacia do Rio Claro		Bacia do Ribeirão Guacá	
	n ^o rios	%	n ^o rios	%	n ^o rios	%	n ^o rios	%
baixa	100	29,8	110	75,3	76	33,4	19	27,9
média	214	63,8	35	23,9	127	55,9	47	69,1
alta	21	6,2	1	0,6	24	10,5	2	2,9

8) Vegetação do Alto Guaratuba (ANEXO 8)

A área de pesquisa apresenta vegetação típica de Floresta Pluvial Tropical. Procurou-se utilizar a classificação já proposta por ROSSI (1999) para o Planalto. A vegetação predominante em grandes manchas na área de pesquisa, tanto no Planalto (Níveis Ia e Ib, II e III) como na Escarpa é a mata alta (FOTO 12), com 20 a 25m de altura, aparência rugosa na foto-aérea e cores cinza-escuro, onde é possível ver algumas árvores mais altas no dossel, conforme já observou ROSSI (1999). A mata média (15m de altura) aparece pouco na foto-aérea, em grandes manchas a oeste da área de pesquisa e tem uma rugosidade fina a média, portanto, menos rugosa que a mata alta e cores cinza-médio.

Apresenta também manchas de mata baixa (8m de altura), que acompanha boa parte da estrada da Estação de Captação do Rio Guaratuba, com aparência lisa na foto-aérea e cores cinza-médio, seguindo boa parte dos alinhamentos NE-SW (Nível II), o corredor entre os rios Claro e Guaratuba e os topos dos morros (Nível III) e acompanhando o Rio Guaratuba (Nível IV).

O campo sujo aparece somente onde houve desmatamento, sempre próximo à estrada.

O campo úmido aparece onde localiza-se a topossequência estudada por ROSSI (1999) e coincide com o aparecimento de Gleissolo com seixos rolados. Apresenta-se como uma clareira dentro da mata, com vegetação baixa e esparsa e solo totalmente encharcado (FOTO 13).

A mata secundária aparece somente à oeste da foto-aérea, numa grande mancha, onde supõe-se que houve desmatamento.

Deborah de Oliveira

FOTO 12 – Vegetação de mata alta (20 a 25m de altura) predominante no Planalto. Vista do alojamento da Estação Biológica de Boracéia-USP

Deborah de Oliveira

FOTO 13 – Campo úmido onde encontramos Gleissolo com seixos rolados, próximo à topossequência estudada por ROSSI (1999)

6) Balanço geral das características da Bacia do Alto Guaratuba

A Escarpa tem a forma de um grande anfiteatro côncavo. Sua borda apresenta muitos entalhes que se aproximam da drenagem do Planalto, iniciando a formação de gargantas (PERFIL 6). Ela apresenta muitos esporões, que convergem para o Rio Guaratuba e correspondem a dois tipos principais: esporões em cristas e esporões mamelonados. Os primeiros localizam-se na alta vertente, apresentam cristas principais e secundárias e são, muitas vezes, interrompidos por colos e os segundos localizam-se na média vertente e aparecem em menor número (ANEXO 6). Apresentam declividades elevadas, acima de 46% na alta vertente. Para a média vertente as declividades diminuem pouco, atingindo 20 a 30%. Os esporões em cristas seriam mais recentes que os mamelonados, pois estes últimos teriam sofrido maior intensidade de intemperismo. (ANEXO 4)

A Escarpa apresenta como rio principal o Guaratuba com energia e um poder de entalhamento maior quando muda de direção de NE-SW para N-S, ultrapassando a borda de Escarpa em forma de garganta e descendo para o litoral bem encaixado em seu vale. Na sua margem direita, o Rio Guaratuba apresenta muitos cursos d'água conseqüentes, que correm mais ou menos paralelos entre si. Na sua margem esquerda, porém, a drenagem apresenta-se semelhante à drenagem dendrítica, onde os maiores cursos d'água são conseqüentes e controlados pelo declive topográfico regional (padrão de drenagem pinado). (ANEXO 7)

Na Escarpa predomina a angularidade baixa da rede de drenagem, condicionada pelas altas declividades. (QUADRO 3)

O Planalto está subdividido em quatro níveis ou subcompartimentos, bem visíveis nas cartas topográfica e modelo hipsométrico sombreado (ANEXOS 1 e 2):

a) NÍVEIS Ia E Ib: Localizado ao norte da área na margem direita do Rio Claro, é o subcompartimento mais elevado, com altitudes até 970m (Nível Ia). Torna-se mais dissecado de leste para oeste, com vertentes muito inclinadas e topos alinhados na direção NE-SW. O Nível Ib aparece nas extremidades do grande anfiteatro da Escarpa, atingindo 930/910m. Fora da área mapeada este subcompartimento atinge 980m de altitude. Predominam as declividades elevadas (acima de 46%);

b) NÍVEL II: Localizado entre os rios Claro e Guaratuba, é mais dissecado que o anterior e está posicionado na direção NE-SW. Apresenta altitudes de 850 a 900m;

c) NÍVEL III: Aparece na borda da Escarpa, nas duas margens do Rio Guaratuba e é o mais dissecado de todos. Apresenta vários pequenos morros de aproximadamente 820 a 840m de altitude na borda da Escarpa, que coincidem com pontos cotados da carta topográfica (ANEXO 1). Neste subcompartimento, mais exatamente, na estrada para a Estação de Captação do Rio Guaratuba, localiza-se a topossequência estudada por ROSSI (1999), onde encontra-se Espodossolo Hidromórfico com cascalho (FIGURA 2). Apresenta também um corredor, posicionado na direção NW-SE, entre as bacias dos rios Claro e Guaratuba. Neste corredor há duas cabeceiras de drenagem opostas, uma indo para o Rio Claro e outra para o Rio Guaratuba. A diferença altimétrica das duas cabeceiras de drenagem em relação ao nível de base das bacias do Rio Guaratuba e do Rio Claro é de 10m. Esse corredor apresenta declividades baixas (de 0 a 12%), e as vertentes das encostas voltadas ao Rio Claro com maior declividade do que às do Guaratuba. (ANEXO 4)

d) NÍVEL IV: corresponde aos fundos dos vales dos rios Claro e Guaratuba, mais o afluente deste último pela margem direita, atingindo 800 a 790m, respectivamente. O vale do Rio Claro está mais entalhado à leste, com vertentes de declividades mais elevadas (acima de 46%), que a oeste apresentam menor declive (de 12 a 30%). O vale do Guaratuba, da mesma forma, apresenta vertentes com declividades menores à oeste e maiores antes do cotovelo (até 30-46%).

Na parte central das cartas, a disposição dos subcompartimentos com a borda do grande anfiteatro da Escarpa mostra, grosso modo, três patamares, como se fossem degraus, diminuindo em altitude para a borda da Escarpa. (PERFIS 2, 3 e ANEXO 3)

Os alinhamentos que observamos no Planalto parecem formar um reticulado, pois muitos deles aparecem na direção NE-SW, condicionando a drenagem em treliça. Separando as bacias dos rios Claro e Guaratuba, aparece um grande divisor de águas, disposto na direção NE-SW (ANEXOS 5 e 6), a mesma dos dois rios.

A direção geral NE-SW dos grandes feixes de cisalhamento, que controlam as estruturas de menor grandeza, foi responsável pela organização da drenagem em treliça do Planalto. O embasamento cristalino composto por gnaisses de grã fina a média do Planalto é mais suscetível a agentes geoquímicos, fazendo com que as rochas percam matéria e transformem-se em zonas preferenciais para a instalação da drenagem.

No Planalto como um todo predomina a angularidade média da rede de drenagem, confirmando que existe grande influência de fatores estruturais. A bacia do Rio Guaratuba apresenta como divisor de águas dois patamares, tão elevados quanto o nível Ia (Ib), a leste e oeste das cartas, situados na borda da Escarpa. Muitos afluentes do Guaratuba têm suas nascentes no

Planalto, mas outros deságuam nesse rio já na Escarpa. Verifica-se que há uma proximidade muito grande entre cabeceiras de drenagem cujos cursos d'água correm em direções opostas, supondo-se que poderão ocorrer novas capturas.

A área de pesquisa apresenta vegetação típica de Floresta Pluvial Tropical ou Mata Atlântica. (ANEXO 8)

A vegetação predominante em grandes manchas na área de pesquisa, tanto no Planalto como na Escarpa é a mata alta de 20 a 25m de altura (FOTO 12). No entanto, apresenta manchas de mata baixa (8m de altura), que acompanham o Rio Guaratuba, seguindo boa parte dos alinhamentos NE-SW, os topos dos morros e o corredor entre os rios Claro e Guaratuba. A mata baixa é a vegetação que mais se relaciona com a morfologia e a estrutura na área de estudo, facilitando a fotointerpretação.

O campo úmido, como foi visto, aparece onde localiza-se a topossequência estudada por ROSSI (1999) e coincide com o aparecimento de Gleissolo com seixos rolados. Apresenta-se como uma clareira dentro da mata, com vegetação baixa e esparsa e solo totalmente encharcado. Corresponde a um terraço do antigo leito do Rio Guaratuba. (FOTO 13)

O Rio Guaratuba, em seu cotovelo de captura, como descrito, posiciona-se perpendicularmente às estruturas do gnaisse (FOTO 9), quando então desce a Escarpa, para tornar-se um rio de planície litorânea (FOTOS 10 e 11).

7) Considerações finais

A reunião dos resultados obtidos mostra a interferência da tectônica na construção do relevo e da erosão na sua modelagem.

O conjunto das escarpas festonadas que compõem a Serra do Mar tem como origem as fases tectônicas antigas, reativadas no Cenozóico, quando imprimem as macro feições regionais.

O Planalto é composto por patamares escalonados que, na parte central da área estudada, diminuem de altitude até a borda da Escarpa. Os níveis mais elevados foram designados Ia e Ib, por constituírem, ao norte e ao sul, dois patamares com direção geral NE-SW.

Os produtos cartográficos mostram que tanto o Rio Claro como o Rio Guaratuba seguem os alinhamentos estruturais NE-SW, direção geral brasileira. Os níveis embutidos entre Ia e Ib formam patamares e o conjunto apresenta aspecto de "horst e gráben". Assim, a tectônica foi responsável pela elaboração desses níveis, que hoje estão sendo destruídos pela ação da erosão. É possível que constituam testemunhos de um subcompartimento superior, localmente separado por uma área deprimida onde se encaixaram as duas bacias hidrográficas, os rios Claro e Guaratuba, separadas por um nível topográfico mais baixo, o NII. É também nesse subcompartimento deprimido que vão aparecer níveis mais baixos, acompanhando os dois vales (NIII e NIV).

O Rio Guaratuba foi capturado pela erosão regressiva da Escarpa da Serra do Mar, por recuo de cabeceira e, conseqüentemente, por transbordamento. O recuo erosivo da Escarpa rompeu o Nível Ib, permitiu a captura do Rio Guaratuba e fez com que ele saísse da sua direção original NE-SW e abrisse uma garganta, descendo a Escarpa, numa direção geral N-S. Este rio possui um vale muito encaixado exatamente em seu cotovelo de captura,

provavelmente pelo aumento da energia erosiva na elevada declividade da Escarpa.

Campos úmidos identificados nas fotos-aéreas correspondem ao terraço fluvial do Rio Guaratuba, que havia sido assinalado anteriormente por ROSSI (1999) como uma cascalheira. Tratam-se de testemunhos de antigo curso do Rio Guaratuba, que dirigia-se para o Rio Claro, anteriormente à sua captura.

A partir dos resultados foi possível elaborar uma proposta de evolução da bacia do Alto Guaratuba (passado, presente e prognóstico). Esses modelos hipotéticos correspondem a ensaios feitos no computador a partir do Modelo hipsométrico sombreado (ANEXO 2), que resultaram nas FIGURAS 13, 14 e 15).

No passado não aparece o anfiteatro da Escarpa; foi construído ligando as curvas de nível das duas extremidades W e E, quando a erosão regressiva ainda não havia se manifestado. O Rio Guaratuba não descia a Escarpa, mas ia em direção ao Rio Claro, passando pelo corredor deprimido que ligava esses dois rios. (FIGURA 13)

O presente é uma cópia simplificada do Modelo hipsométrico sombreado e corresponde à situação atual do Rio Guaratuba. (FIGURA 14)

No prognóstico para a evolução futura da área, a erosão regressiva continua e atinge o alinhamento NE-SW, onde atualmente está encaixado o Rio Guaratuba (FIGURA 15). Neste caso, o corredor entre o Rio Claro e o Rio Guaratuba poderia ser o palco de uma nova captura, desta vez do primeiro pelo segundo, através do corredor que antes teria funcionado em sentido inverso. Poderão ocorrer novas capturas, principalmente pelas cabeceiras de drenagem próximas à borda da Escarpa (FIGURAS 16, 17, 18, 19 e 20).

A Escarpa da Serra do Mar apresenta alguns cursos d'água que fluem para o litoral, tal qual o Guaratuba, entre os quais o Cubatão, o Mogi, o Quilombo, o

Jurubatuba, que deságuam em Santos, o Rio Branco em Itanhaém, os rios Itapanhaú, Itatinga e Juqueriquerê no litoral norte de São Paulo, o Ribeira no litoral sul de São Paulo.

Face aos resultados obtidos nesta pesquisa, sugere-se o estudo desses rios, que saem do Planalto para o litoral, para a interpretação de suas evoluções e da evolução flúvio-erosiva da Serra do Mar.

FIGURA 13 - MODELO DE EVOLUÇÃO DA BACIA DO ALTO GUARATUBA (PASSADO)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC, 1988.

Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003)

FIGURA 14 - BACIA DO ALTO GUARATUBA (PRESENTE)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC, 1988.

Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003)

FIGURA 15 - MODELO DE EVOLUÇÃO DA BACIA DO ALTO GUARATUBA (PROGNÓSTICO)

Fonte: Cartas topográficas Serra Guaratuba e Fazenda Florestal do Rio Grande, escala 1:10.000, IGC, 1988.

Organizado por OLIVEIRA, D. de (2003)

FIGURA 16 - Situação atual do Rio Guaratuba

Fonte: Carta topográfica Salesópolis, IBGE, escala 1:50.000, 1984.
Organizado por: OLIVEIRA. D. de (2003)

FIGURA 17 - Seqüência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (1)

Fonte: Carta topográfica Salesópolis, IBGE, escala 1:50.000, 1984.
Organizado por: OLIVEIRA. D. de (2003)

FIGURA 18 - Seqüência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (2)

Fonte: Carta topográfica Salesópolis, IBGE, escala 1:50.000, 1984.
Organizado por: OLIVEIRA. D. de (2003)

FIGURA 19 - Seqüência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (3)

Fonte: Carta topográfica Salesópolis, IBGE, escala 1:50.000, 1984.
Organizado por: OLIVEIRA. D. de (2003)

FIGURA 20 - Seqüência de sucessivas futuras capturas do Rio Guaratuba (4)

Fonte: Carta topográfica Salesópolis, IBGE, escala 1:50.000, 1984.
Organizado por: OLIVEIRA. D. de (2003)

8) Referências bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia 18*, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 23p., 1969.

AB'SÁBER, A. N. Domínio dos 'mares de morros' no Brasil. *Geomorfologia 2*, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1966.

AB'SÁBER, A. N. O problema das conexões antigas e da separação da drenagem do Paraíba e do Tietê. *Geomorfologia 26*, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, p. 38-49, 1957.

AB'SÁBER, A. N. A terra paulista. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, nº 23, p. 5-38, 1956.

AB'SÁBER, A. N. A geomorfologia do Estado de São Paulo. In: *Aspectos Geográficos da Terra Bandeirante*. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, IBGE, 1954, 295p.

ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 28(2): 135-150, 1998.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. *Boletim DGM/DNPM*, Rio de Janeiro, 241: 1-36, 1967.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: *Geologia do Estado de São Paulo*, São Paulo: IGG, 1964, p. 167-263 (IGG, Bol 41).

ALMEIDA, F.F.M. O Planalto Paulistano. In: AZEVEDO, A . *A cidade de São Paulo*. São Paulo: 1958, v. 1, p. 113-167.

ANDRADE, M.A.B. & LAMBERTI, A. A vegetação In: *A Baixada Santista*. São Paulo: EDUSP, 1965, v. 1, p. 151-178.

BACCARO, C. A. D. *Os processos de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar em Cubatão (SP)*. 1982. 164f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BETHUNE, P. Geomorphic studies in the Appalachians of Pennsylvania. *Am. Jour. Sci.*, vol. 246, nº 1, p. 1-22, 1948.

BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvios e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, nºs. 16 e 17, 1965.

BORGES, M. da S., COSTA, J. B. da S., HASUI, Y. PIRES NETO, A. G. & MORALES, N. Compartimentação Neotectônica do Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belo Horizonte, *Anais*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, 1998, p. 74.

BOWMAN, I. A typical case of stream capture in Michigan. *Journal of Geology*, vol. 12, p. 326-334, 1904.

BRASIL. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica/Comissão de Solos, 1960. 634p. (Boletim 12)

CHRISTOFOLETTI, A. Capturas fluviais. In: *Enciclopédia Mirador Internacional*. São Paulo: 1975. vol. 5, p. 2049-2051.

CRUZ, O. *A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP. Contribuição à geomorfologia litorânea tropical*. 1974. Tese (Doutorado) - Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DAVIS, W.M. The Seine, the Meuse and the Moselle. *Geographical Essays*, Dover Publications, INC, p. 587-616, 1909.

DAVIS, W.M. The Seine, the Meuse and the Moselle. *National Geographic Magazine*, vol. VII, nº 6-7: 189-238, 1896 a.

DAVIS, W.M. La Seine, la Meuse et la Moselle. *Annales de Géographie*, Paris, Armand Colin et Cie. Éditeurs, tome V, p. 25-49, 1896 b.

DE MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. *Revista Brasileira de Geografia*, São Paulo, anos V e VI, nºs 4 e 2, p. 3 a 30 e 3 a 26, 1943/44.

DOMINGUES, E. N. *Estudo de processos geomorfológicos do escoamento fluvial e evolução de vertentes na Serra do Cubatão, Serra do Mar-SP*. 1983. 153f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

EBERT, H. D. ; NEVES, M. A.; HASUI, Y.; SZATMARI, P. & AIRES, J. R. Evolução dos cinturões de cisalhamento entre os blocos São Paulo, Vitória e Brasília através da tectônica colisional oblíqua: uma modelagem física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4, Belo Horizonte, *Anais*, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. Bol. 12: 254-258.

FENNEMAN, N. M. *Physiography of Eastern United States*. New York-London: Mc Graw-Hill Book Co., 1938. 714p.

FORBES, R.H. The desiccation problem in West Africa: the capture of the Sourou by the Black Volta. *Geographical Review*, vol. 22, issue 1, p. 97-106, 1932.

FURIAN DIAS, S. M. *Morphogenèse/pédogenèse en milieu tropical humide de la Serra do Mar, Brésil: contribution de l'altération et de la*

pédogenèse a une dynamique actuelle de glissement. 1994., 178f. Tese (Doutorado) - Université de Caen-Universidade de São Paulo, Caen-São Paulo.

GONTIJO, A. H. F. *Morfotectônica do médio vale do Rio Paraíba do sul: região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro*. 1999. 259f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas-UNESP, Rio Claro.

HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E. & COSTA, J. B. S. Megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos. *Geociências*, São Paulo, 12(1): 7-31, 1993.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos da tectônica ressurgente no Brasil. *Bol. Soc. Bras. Geologia*, 11: 1-31, 1990.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, vol. 56, p. 275-370, 1945.

HUBERT, H. Sur un important phénomène de capture dans l'Afrique Occidentale. *Annales de Géographie*, vol. 21, p. 251-262, 1912.

MACHADO, L. *Estruturação hortoniana de bacias hidrográficas do planalto paulistano e das escarpas da Serra do Mar-SP*. 1979. 215f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Geografia, Faculdade de

Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MACHADO FILHO, J. G. *Estabilidade e condicionantes geológicos, geomorfológicos e estruturais, num trecho da Serra de Cubatão*. 2000. 172f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MILLER, A. M. Wind gaps. *Science*, Washington, p. 571-573, 1915.

MODENESI-GAUTTIER, M. C.; HIRUMA, S. T. & RICCOMINI, C. Morphotectonics of a high plateau on the northwestern flank of the Continental Rift of Southeastern Brazil. *Geomorphology*, 43, p. 257-271, 2002.

MORAES REGO, L.F. Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese. *Boletim Geográfico (C.N.G.)*, Rio de Janeiro, ano IV, nº 38, p. 127-132, 1946.

OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. *Mapa pedológico do Estado de São Paulo - Legenda expandida*. Campinas. Embrapa/IAC, 1999.

PEREIRA, P. R. B. *A cartografia ambiental para o município de São Sebastião-SP: análise e reflexão*. 2000. 95f. Dissertação (Mestrado) -

Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

POUQUET, J. Réflexions relatives aux captures fluviales: importance des facteurs tectoniques. *Revue de Géographie Alpine*, Université de Grenoble, tome LIV, 2, p. 217-232, 1966.

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

RICCOMINI C.; PELLOGIA, A. U. G.; SALONI, J. C. L.; KOHNKE, M. W.; FIGUEIRA, R. M. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system (southeastern Brazil). *Journal of South America Earth Sciences*, v. 2, nº 2, p. 191-197, 1989.

RITTER, D.F. The significance of stream capture in the evolution of a piemont region, southern Montana *Z. Geomorph. N. F.*, Berlim-Stuttgart, 16, 1, p. 83-92, 1972.

RODRIGUES, R. *Características geológicas e geotécnicas intervenientes na estabilidade de massa coluviais da Serra do Cubatão-SP*. 1992. 116f., Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ROSS, J.L.S. Relevo brasileiro: uma proposta de classificação. *Revista do DG-USP*, nº 4, p. 25-39, 1985.

ROSSI, M. *Fatores formadores da paisagem litorânea: a Bacia do Guaratuba, São Paulo - Brasil*. 1999. 168f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, E. O. Características climáticas. In: *A Baixada Santista*, São Paulo: EDUSP, 1965. v. 1, p. 95-150.

SCHOBENHAUS, C., CAMPOS, D. A., DERZE, G. R. & ASMUS, H. E. *Geologia do Brasil - texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais*. Brasília, Departamento da Produção Mineral, 1984, 501 p. Escala 1:2.500.000.

SILVA, J. C. C. da. *Contribuições aos estudos da geodinâmica ambiental do segmento leste do Pórtico Guanabarrino, Niterói, RJ*. 1999. 155f., Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SOARES, P. C. & FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia geomorfológica*, Campinas, 16(32): 71-104, 1976.

THOMPSON, H.D. Drainage evolution in the Southern Appalachians. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 50, p. 1.323-1.356, 1939.

TOMINAGA, L. K. *Análise morfodinâmica das vertentes da Serra do Juqueriquerê em São Sebastião-SP*. 2000. 162f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VARGAS, M. S. *Mapeamento morfológico de um trecho das vertentes da Serra do Mar entre as praias das Galhetas e do Guaecá, São Sebastião, SP*. 1995. 96f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WESTEN, V. *Ilwis 2.1 for Windows- The integrated land and water information system (User's Guide)*. Holanda: ITC, 1997. 511p.

ANEXOS

ANEXO 1 - Carta Topográfica do Alto Guaratuba

ANEXO 2 - Modelo Hipsométrico Sombreado do Alto Guaratuba

ANEXO 3 – Modelo Tridimensional do Alto Guaratuba sobreposto ao Modelo Sombreado

Base Cartográfica do IGC (1988), escala 1:10.000
Folhas: Serra Guaratuba e Fazenda Florestal
do Rio Grande

--- Estrada s/ pavimentação
--- Drenagem

EBB Estação Biológica de Boracéia
0 Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)
N Níveis topográficos

ANEXO 5 - Carta de Orientação das Vertentes do Alto Guaratuba

ANEXO 6 – Níveis Topográficos, Morfologia e Estrutura do Alto Guaratuba

HIDROGRAFIA

- Cursos d'água principais
- A – Bacia do Rio Claro
- B – Bacia do Rio Guaratuba
- C – Bacia do Ribeirão Guacá

ESTRUTURA GEOLÓGICA

- Alinhamentos

ATIVIDADES ANTRÓPICAS

- Adutora
- Estrada sem pavimentação

EBB Estação Biológica de Boracéia-USP

FORMAS

- Ruptura convexa
- Ruptura côncava
- Interflúvio principal
- Garganta
- Escarpa
- Esporão principal em crista
- Esporão em crista
- Esporão mamelonado
- Colo

Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)

N

Níveis topográficos

NÍVEIS TOPOGRÁFICOS

- >900 m **NI**
- 840-900 **NII**
- 820-840 **NIII**
- <820 **NIV**

FONTE: Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo, Aerofoto Natividade (1962), escala 1:25.000 (sem correção), 7 9367, 7 9368, 7 9369.

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

ANEXO 7 – Drenagem do Alto Guaratuba

HIDROGRAFIA

- Curso d'água
- Nicho de nascente
- Meandro abandonado
- A - Bacia do Rio Claro
- B - Bacia do Rio Guaratuba
- C - Bacia do Ribeirão Guacá

ATIVIDADES ANTRÓPICAS

- Adutora
- Estrada sem pavimentação
- EBB Estação Biológica de Boracéia-USP

FORMAS

- Ruptura côncava
- Vales em "V"
- Vales dissimétricos
- Vales em "U" ou berço
- Salto, cascata
- Rápido
- Interflúvio principal
- Garganta
- Escarpa
- Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)
- N Níveis topográficos

FONTE: Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo, Aerofoto Natividade (1962), escala 1:25.000 (sem correção), 7 9367, 7 9368, 7 9369.

Organizado por: OLIVEIRA D. de (2003)

ANEXO 8 – Vegetação do Alto Guaratuba

MATA ATLÂNTICA

- ① – Mata baixa
- ② – Mata média
- ③ – Mata alta
- ④ – Mata secundária
- ⑤ – Campo sujo
- ⑥ – Campo úmido
- ⑦ – Ausência de vegetação (afloramento de rocha)

ATIVIDADES ANTRÓPICAS

- Adutora
- Estrada sem pavimentação

EBB Estação Biológica de Boracéia-USP

FONTE: Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo, Aerofoto Natividade (1962), escala 1:25.000 (sem correção), 7 9367, 7 9368, 7 9369.

Organizado por: OLIVEIRA, D. de (2003)

HIDROGRAFIA

- Cursos d'água principais
- A – Bacia do Rio Claro
- B – Bacia do Rio Guaratuba
- C – Bacia do Ribeirão Guacá

FORMAS

- Interflúvio principal
- Escarpa

- Localização da cascalheira registrada por ROSSI (1999)
- N Níveis topográficos