



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Trabalho de Graduação  
Curso de Graduação em Geografia

AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA E CONFLITO DE  
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ÁREAS SERRANAS E COSTEIRAS:  
PROPOSTA APLICADA EM CARAGUATATUBA (SP) E SÃO SEBASTIÃO (SP)

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis (orientador)

Rio Claro (SP)  
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

CLAUDIA VANESSA DOS SANTOS CORRÊA

AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE  
MASSA E CONFLITO DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM  
ÁREAS SERRANAS E COSTEIRAS: PROPOSTA APLICADA  
EM CARAGUATATUBA (SP) E SÃO SEBASTIÃO (SP)

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
- Câmpus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Geografia.

Rio Claro - SP

2018

## RESUMO

Os movimentos de massa constituem um dos desastres que apresenta o maior grau de recorrência em todo o mundo, sendo causadores de danos e prejuízos às sociedades, particularmente em cidades densamente povoadas em zonas de relevo acidentado. As áreas mais susceptíveis a ocorrência desses processos no Brasil estão situadas no sopé da Serra do Mar, da Serra da Mantiqueira e da Serra Geral, e no litoral norte do Estado de São Paulo foi registrado um grande evento de escorregamentos e corridas de massa generalizados em 1967 que afetou a região de Caraguatatuba e São Sebastião, onde se encontra uma malha dutoviária associada a Unidades de Tratamento da Petrobras, outros empreendimentos, estruturas e uma grande área urbana em crescimento. O objetivo geral desta pesquisa é avaliar e identificar as áreas de risco a movimentos de massa nas porções serranas e costeiras na região de Caraguatatuba e São Sebastião (SP), no que tange as distintas formas de uso atuais nestas localidades através do emprego da compartimentação fisiográfica, do mapeamento do uso e ocupação da terra e de técnicas de geoprocessamento envolvendo análise multicriterial. O tipo de uso predominante na região é florestal, seguido de áreas de pastagem e área urbana. Foram delimitadas 18 unidades fisiográficas e aquelas com maior densidade textural e maior amplitude altimétrica e com maiores declividades são as mais suscetíveis a movimentos de massa. O mapa de risco apontou que áreas urbanas situadas no sopé da Serra do Mar são as que possuem maiores riscos a movimentos de massa. Recomenda-se que as exigências quanto ao tipo de uso nas proximidades do Parque Estadual da Serra do Mar sejam respeitadas e consideradas, uma vez que a cobertura vegetal pode atenuar a ocorrência desses eventos. Ademais, salienta-se que as orientações quanto ao zoneamento urbano presentes nos planos diretores dos municípios de São Sebastião e de Caraguatatuba devem ser acatadas, as quais consideram, dentre outros fatores, os potenciais a movimentos de massa da região.

**Palavras-chave:** Serra do Mar. Movimentos de Massa. Uso e Ocupação da terra. Compartimentação fisiográfica. Análise Multicriterial.

## ABSTRACT

Mass movements constitute one of the most recurrent disasters in the world, causing damage and loss to societies, particularly in densely populated cities in hilly areas. The areas most susceptible to the occurrence of these processes in Brazil are located in the foothills of the Serra do Mar, Serra da Mantiqueira and Serra Geral, and on the north coast of the São Paulo State was recorded a large event of landslides and flows in 1967 that affected the region of Caraguatatuba and São Sebastião, where there is a pipeline network associated with Petrobras Treatment Units, other developments, structures and a large urban area in growth. The aim of this research is to evaluate and identify the areas of risk to mass movements in the mountainous and coastal portions in the region of Caraguatatuba and São Sebastião (SP), regarding the different forms of current use in these localities using physiographic compartmentalization, land use mapping and geoprocessing techniques involving multicriteria analysis. The results showed that the predominant type of use in the region is forest, followed by pasture and urban areas. Eighteen physiographic units were delimited and those with higher textural density and large altimetric amplitude and with higher slopes are the most susceptible to mass movements. The risk map pointed out that urban areas located in the foothills of the Serra do Mar are the ones that present higher risks to mass movements. It is recommended that the requirements regarding the type of use near the State Park of Serra do Mar be respected and considered, since the vegetation cover can attenuate the occurrence of these events. In addition, the guidelines on urban zoning present in the laws of the municipalities of São Sebastião and Caraguatatuba should be obeyed, which consider, among other factors, the mass movement potential of the region.

**Keywords:** Serra do Mar. Mass Movements. Land Use. Physiographic Compartmentalization. Muticriterial Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema da ocorrência do processo de queda de blocos .....	18
<b>Figura 2.</b> Esquema para ocorrência de tombamentos de blocos .....	19
<b>Figura 3.</b> Esquema da ocorrência do processo de rolamento de blocos .....	20
<b>Figura 4.</b> Esquema da ocorrência do deslocamento de blocos .....	21
<b>Figura 5.</b> Esquema da ocorrência do processo de rastejo .....	22
<b>Figura 6.</b> (A) Esquema da ocorrência de escorregamentos circulares; (B) Escorregamento rotacional do acidente do Monte Serrat, em Santos (1928), com 80 mortes e destruição de parte da antiga Santa Casa .....	23
<b>Figura 7.</b> Esquema da ocorrência de escorregamentos planares ou translacionais em solo. ....	24
<b>Figura 8.</b> Escorregamento translacional raso deflagrado nas encostas da Serra do Mar no vale do Rio Moji, em Cubatão (SP), durante as fortes chuvas de janeiro de 1985 .....	25
<b>Figura 9.</b> (A) Esquema da ocorrência do escorregamento em cunha; Escorregamento em cunha em: (B) Quartzito em Rio Acima, MG; (C) Talude de filito alternado com quartzito da Formação Cercadinho em Belo Horizonte, MG.....	26
<b>Figura 10.</b> Esquema da ocorrência das corridas (flows) .....	27
<b>Figura 11.</b> Corrida do tipo primária, cuja deflagração está associada ao fluxo de materiais de escorregamentos translacionais e rotacionais em direção ao canal de drenagem .....	27
<b>Figura 12.</b> Corrida do tipo secundária, cuja formação se dá nas drenagens principais de uma bacia hidrográfica .....	28
<b>Figura 13.</b> Corrida de detritos deflagrada entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011 na Bacia do Rio da Posse, Teresópolis (RJ), evento que ficou conhecido como “Megadesastre da região serrana do Rio de Janeiro”.....	29
<b>Figura 14.</b> Corrida de detritos em Guaratuba (PR), no ano de 2017, cujo processo danificou a fibra ótica em uma faixa dutoviária da Transpetro (oleoduto OSPAR) .....	29
<b>Figura 15.</b> Exemplo de traçado do divisor de água na carta topográfica .....	51
<b>Figura 16.</b> Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa. ....	52
<b>Figura 17.</b> Etapas da realização da compartimentação fisiográfica .....	62
<b>Figura 18.</b> Aspectos geográficos da área de estudo .....	71
<b>Figura 19.</b> Bacias hidrográficas que compõe a área de estudo .....	71
<b>Figura 20.</b> Mapa geológico da área de estudo .....	73
<b>Figura 21.</b> Perfil topográfico seccionando a bacia do rio Santo Antônio (Caraguatatuba, SP) na região de escarpa e planície .....	74
<b>Figura 22.</b> Mapa de declividade da área de estudo, em graus ( <sup>0</sup> ). Elaborado pela autora a partir das cartas topográficas do IBGE em 1:50.000 .....	75
<b>Figura 23.</b> Modelo Digital do Terreno (MDT) da área de estudo, com hipsometria exibida em metros. Elaborado pela autora a partir das cartas topográficas do IBGE em 1:50.000 .....	76
<b>Figura 24.</b> (a) TEBAR, em São Sebastião; (b) UTGCA, em Caraguatatuba .....	79
<b>Figura 25.</b> Vista das escarpas (Unidade IV) para a planície litorânea (Unidade IA) de Caraguatatuba.....	88
<b>Figura 26.</b> Planície litorânea em São Sebastião (Unidade I) e ao fundo Escarpas da Serra do Mar (Unidade VIII) .....	88
<b>Figura 27.</b> Processo de corrida de lama no evento de 18/03/1967 na Bacia Santo Antônio, em Caraguatatuba (SP), em planície costeira (unidade fisiográfica IA). ....	89

<b>Figura 28.</b> Depósito de blocos em planície fluvial na unidade IB, indicando ocorrência de corridas de detritos .....	90
<b>Figura 29.</b> Cicatrizes de escorregamento e ocorrência das corridas de detritos do evento de 1967 na região de Caraguatatuba identificadas por Olga Cruz .....	91
<b>Figura 30.</b> Rampa de tálus da unidade II com depósito de blocos métricos (Granito) .....	92
<b>Figura 31.</b> Morro isolado em planície costeira com evidências de rastejo .....	93
<b>Figura 32.</b> “Paredão” de alto declive na unidade 4, com afloramento rochoso .....	94
<b>Figura 33.</b> Duto OSVAT na unidade 5.....	95
<b>Figura 34.</b> Relevo de escarpas da Serra do Mar com topos angulosos na unidade fisiográfica VIII .....	97
<b>Figura 35.</b> Aspecto geral da morfologia na unidade XVI. Destaque para os vales abertos, vertentes convexas e topos arredondados .....	100
<b>Figura 36.</b> Depósito da corrida de detritos de 1967 próximo à unidade da UTGCA, segundo relatos dos trabalhadores locais, pesquisadores que conhecem a área e moradores do entorno .....	107
<b>Figura 37.</b> Escorregamento na bacia Santo Antônio, em Caraguatatuba, em março de 2017, 50 anos após o evento de 1967 .....	108

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Principais tipos de movimentos gravitacionais de massa associados a encostas. ....	18
<b>Quadro 2.</b> Agentes e causas dos movimentos gravitacionais de massa . ....	30
<b>Quadro 3.</b> Efeitos adversos (A) e benéficos (B) da vegetação sobre a estabilidade das encostas .....	35
<b>Quadro 4.</b> Principais casos brasileiros, na região da Serra do Mar, de processos de movimentos de massa .....	38
<b>Quadro 5.</b> Características das propriedades texturais de imagens.....	44
<b>Quadro 6.</b> Cores e classes definidas para uso e ocupação da terra de acordo com as orientações do IBGE (2013).....	58
<b>Quadro 7.</b> Agrupamento qualitativo do coeficiente Kappa .....	59
<b>Quadro 8.</b> Critérios adotados para análise e fotointerpretação geomorfológica e geológica e delimitação das unidades de compartimentação fisiográfica .....	64
<b>Quadro 9.</b> Esquema dos pesos e notas atribuídos para realização da avaliação multicriterial. ....	68
<b>Quadro 10.</b> Síntese do evento ocorrido em 18 de março de 1967.....	80
<b>Quadro 11.</b> Distribuição das classes de uso da terra na área de estudo em área e porcentagem.....	81
<b>Quadro 12.</b> Aspectos geológicos-geotécnicos das unidades fisiográficas delineadas. ....	84
<b>Quadro 13.</b> Peso e notas atribuídos para o plano de informação “Compartimentação Fisiográfica” e suas unidades. ....	102
<b>Quadro 14.</b> Peso e notas atribuídos para o plano de informação “Uso e Ocupação da terra” e suas classes. ....	102

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1.</b> Cálculo do índice de Kappa .....	59
<b>Equação 2.</b> Cálculo do risco a movimentos de massa na ferramenta <i>Raster Calculator</i> .....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\hat{K}$  = Índice de concordância Kappa;

$N$  = número total de observações.

$P11$  = Peso de influência do plano de informação 1;

$P12$  = Peso de influência do plano de informação 2.

$r$  - número de linhas na matriz;

$R$  = Risco a movimentos de massa;

$S1$  = Plano de informação 1;

$S2$  = Plano de informação 2;

$x_{ii}$  = número de observações na linha $[i]$  e coluna $[i]$ ;

$x_i + e x + i$  = totais marginais da linha $[i]$  e coluna $[i]$ , respectivamente.

## LISTA DE SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CRED - Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres

D.A. – Divisor de águas

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GASTAU - Gasoduto Caraguatatuba – Taubaté

GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IG – Instituto Geológico do Estado de São Paulo

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

MDT – Modelo Digital do Terreno

OMS - Organização Mundial da Saúde

OSBAT - Oleoduto São Sebastião/Cubatão

OSPAR - Oleoduto Santa Catarina/ Paraná

OSPLAN - Oleoduto São Sebastião/Paulínia

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SP – Estado de São Paulo

TEBAR - Terminal Aquaviário Almirante Barroso

USP – Universidade de São Paulo

UNESP – Universidade Estadual Paulista

UTGCA - Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato

UTM - Universal Transversal de Mercator

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS</b> .....	11
1.1. Objetivos gerais e específicos.....	16
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	17
2.1. Movimentos de massa.....	17
2.1.1. Agentes e causas dos movimentos de massa .....	30
2.1.2. Fatores condicionantes dos movimentos de massa .....	31
2.1.3. Histórico de movimentos de massa na Serra do Mar .....	36
2.2. Avaliação do risco a processos de movimentos de massa .....	41
2.2.1. A técnica de compartimentação fisiográfica .....	42
2.2.2. O uso e ocupação da terra nas análises de risco a movimentos de massa.....	45
2.2.3. A técnica de análise multicriterial na avaliação de risco a movimentos de massa .....	47
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	50
3.1. Levantamento bibliográfico e definição da área de estudo .....	50
3.1.1. Delimitação e caracterização da área de pesquisa .....	50
3.1.2. Pesquisa bibliográfica em obras de referência .....	53
3.2. Aquisição, organização, elaboração e tratamento dos dados cartográficos.....	53
3.2.1. Levantamento dos produtos cartográficos e de sensoriamento remoto.....	53
3.2.2. Georreferenciamento dos produtos cartográficos.....	54
3.2.3. Geração de produtos auxiliares para a compartimentação fisiográfica.....	54
3.3. Elaboração do mapa de uso e ocupação da terra .....	56
3.3.1. Identificação e mapeamento das classes de uso e ocupação da terra.....	56
3.3.2. Avaliação da exatidão e precisão do mapeamento de uso e ocupação da terra ..	58
3.4. Elaboração do mapa de compartimentação fisiográfica.....	60
3.4.1. Delimitação das unidades fisiográficas .....	60
3.4.2. Caracterização geológica-geotécnica .....	62
3.4.3. Estruturação do banco de dados .....	63
3.4.4. Trabalho de campo preliminar.....	63
3.5. Mapa de risco a movimentos de massa.....	66
3.5.1. Ponderação de pesos e notas.....	66
3.5.2. Análise multicriterial .....	68
3.5.3. Trabalho de campo final.....	69
3.6. Análises dos resultados, síntese e conclusões.....	69
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	70

4.1. Características gerais .....	70
4.2. O evento de 1967 .....	79
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>81</b>
5.1. Uso e ocupação da terra .....	81
5.2. Compartimentação fisiográfica e caracterização geológico-geotécnica .....	83
5.2.1. Unidade IA – Planície Costeira .....	88
5.2.2. Unidade IB – Planície Fluvial .....	90
5.2.3. Unidade II – Rampas de colúvio e tálus .....	91
5.2.4. Unidade III – Morros isolados granítico-gnáissicos .....	92
5.2.5. Unidade IV – Escarpas e Morros em Granitos e Gnaisses.....	93
5.2.6. Unidade V – Escarpas com cristas orientadas gnáissicas.....	94
5.2.7. Unidade VI – Morros em gnaise migmatítico .....	95
5.2.8. Unidade VII – Morros planálticos gnáissicos .....	96
5.2.9. Unidade VIII – Escarpas gnáissicas migmatíticas .....	96
5.2.10. Unidade IX – Escarpas retilíneas gnáissicas.....	97
5.2.11. Unidade X – Relevo montanhoso em gnaise.....	97
5.2.12. Unidade XI – Relevo montanhoso com afloramentos rochosos .....	98
5.2.13. Unidade XII – Relevo montanhoso granítico-gnáissico .....	98
5.2.14. Unidade XIII – Morros planálticos graníticos-gnáissicos.....	99
5.2.15. Unidade XIV – Morros graníticos-gnáissicos .....	99
5.2.16. Unidade XV – Monolitos graníticos-gnáissicos.....	99
5.2.17. Unidade XVI – Mar de morros granítico-gnáissico .....	100
5.2.18. Unidade XVII – Relevo montanhoso em micaxistos e quartzitos .....	101
5.3. Áreas de risco na região de Caraguatatuba e São Sebastião (SP).....	101
5.3.1. Muito baixo risco a movimentos de massa.....	102
5.3.2. Baixo risco a movimentos de massa .....	103
5.3.3. Médio risco a movimentos de massa .....	104
5.3.4. Alto risco a movimentos de massa.....	104
5.3.5. Muito alto risco a movimentos de massa.....	105
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>106</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>134</b>

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Os movimentos de massa constituem, juntamente com as enchentes, um dos desastres que apresenta o maior grau de recorrência em todo o mundo, sendo ambos causadores de danos e prejuízos às sociedades, particularmente em cidades densamente povoadas em zonas de relevo acidentado (RIFFEL et al., 2016). Estimativas mostram que a quantidade de movimentos de massa registrados no mundo supera as de outras ameaças naturais, como sismos, furacões e vulcões (CHEN; LEE, 2012). No cenário nacional, segundo dados do Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres (CRED) da Organização Mundial da Saúde (OMS), o Brasil está entre os dez países mais afetados por desastres naturais no mundo (EM-DAT, 2008; BERTONE; MARINHO, 2013; ARAÚJO; ROSA, 2014; SAITO, 2014; SILVA et al., 2016). Não obstante, Augusto Filho (1994) e Gramani (2001) elaboraram o levantamento dos acidentes mais importantes envolvendo movimentos de massa no Brasil e concluíram que as áreas mais susceptíveis a ocorrência desses processos no cenário nacional são aquelas situadas no sopé da Serra do Mar, da Serra da Mantiqueira e da Serra Geral, estendendo-se desde a região Sul até a região Norte.

Tais fenômenos ocorrem continuamente em diferentes escalas de tempo e espaço, como parte da evolução, dinâmica e modelagem natural das encostas do relevo da Serra do Mar, pois sob condições de clima tropical em relevo escarpado, como é o caso do litoral paulista, sua ocorrência dar-se-á de modo localizado e generalizado, geralmente decorrentes de eventos pluviométricos intensos (SELBY, 1993; FERNANDES; AMARAL, 1996; FERREIRA, 2013).

Na classificação de Augusto Filho (1995), tais processos são agrupados em quatro grandes tipos: rastejos, escorregamento, quedas e corridas. Cada um desses processos é subdividido a partir de critérios que variam de acordo com o material envolvido, com o tipo de mecânica e a velocidade de movimentação (AUGUSTO FILHO; CERRI, 1988).

Embora possuam ocorrência natural, nas áreas urbanas estes processos assumem, em geral, proporções catastróficas, uma vez que são feitas diversas modificações na paisagem natural que acabam se relacionando com os fatores naturais, propiciando a deflagração destes processos (BRUNSDEN; PRIOR, 1984;

FERNANDES; AMARAL, 1996; LARSEN; TORRES-SÁNCHEZ, 1998; ZERKAL; ZERKAL, 2004; LISTO; VIEIRA, 2012; SAMIA et al., 2017). Portanto, a intervenção humana potencializa e acelera esses processos (MOURA, 2014). Na Serra do Mar ocorrem esporadicamente escorregamentos de encostas desencadeados por eventos climáticos de alta intensidade. Com o aumento populacional das últimas décadas, em sua maioria sem planejamento adequado, a ocorrência de processos de dinâmica superficial, como os escorregamentos, vem aumentando significativamente, principalmente nos países em desenvolvimento (ALCÁNTARA-AYALA, 2002). A ocupação de encostas íngremes e de margens de córregos sem obedecer a critérios técnicos é um fator que aumenta os danos provocados quando esses eventos ocorrem (WRIGHT; KRONE, 1990). Michel e Kobiyama (2016) ressaltam que esta ocupação se dá tanto pela inexistência de percepção de perigo/risco por parte da população, quanto pela escassez de ferramentas de ordenamento de ocupação territorial por parte dos gestores.

Nesse sentido, no município de Caraguatatuba, no Estado de São Paulo, em 1967 ocorreu um dos mais expressivos movimentos de massa registrados no estado e no Brasil, ocasionado por fortes chuvas que caíram sobre a região. Estima-se que mais de 30 mil árvores desceram as encostas da Serra do Mar e atingiram as porções baixas do relevo. Cerca de 400 moradias foram total ou parcialmente destruídas e, oficialmente, foram contabilizados 120 mortos e milhares de pessoas desabrigadas (GOMES et al., 2008).

O sistema de montanhas representado pela Serra do Mar constitui a mais destacada feição orográfica da borda atlântica do continente sul-americano. É caracterizada por um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1.000 km de extensão, localizadas entre o Estado do Rio de Janeiro e o norte de Santa Catarina (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998). Sob o aspecto socioeconômico, destaca-se por ser uma área onde existem importantes rodovias que ligam o planalto ao litoral, estradas de ferro, dutovias e indústrias, além de estar atualmente em processo de expansão urbana e de atrair um grande fluxo anual de turistas. Cerca de 90% dos produtos de todo o Estado de São Paulo são escoados pelo Porto de Santos, pelas Rodovias Imigrantes e Anhanguera, que cortam a Serra do Mar (CORRÊA et al., 2017b).

No Brasil, as pesquisas sobre movimentos de massa ganharam grande impulso com o trabalho de Guidicini e Nieble (1984), que apresenta uma sistemática de

classificação de movimentos de massa, seus agentes e causas, além de métodos para cálculo de estabilidade de taludes. Os desastres, no Brasil, segundo Furlan et al. (2011), são resultado de uma combinação da ocorrência de eventos adversos com a vulnerabilidade física e/ou socioeconômica, destacando-se, portanto, a necessidade de conhecer espacialmente quais áreas são suscetíveis à ocorrência de eventos adversos e quais possuem características potencializadoras do risco e perigo às populações. Regmi et al. (2010) destacam que a identificação das áreas de risco associadas com movimentos de massa é um importante componente da gestão de desastres naturais e uma base fundamental para promover a ocupação humana e a implantação de projetos de infraestrutura de forma segura. Ademais, para Bonuccelli (1999), como tentativa de solucionar ou minimizar os problemas relacionados aos movimentos de massa, primeiramente deve-se proceder ao levantamento dos processos, das características do meio físico, zoneamento ou hierarquização das áreas sujeitas à ocorrência de movimentos de massa e processos correlatos, permitindo assim, uma previsão de futuros problemas e intervenções.

Nesse sentido, para a mensuração, avaliação, identificação, previsão e monitoramento dos processos de movimentos de massa o geoprocessamento e a modelagem se configuram como ferramentas eficientes e de baixo custo, conforme proposições de Roper e Dutta (2005). Delavar e Naghibi (2003) complementam, salientando que as técnicas de sensoriamento remoto, aliadas às de geoprocessamento, auxiliam nas tomadas de decisão. Segundo Coutinho et al. (1998), a análise do meio ambiente através da utilização de algoritmos matemáticos encontrados nos SIG (Sistemas de Informação Geográfica) tem se mostrado mais eficiente e rápida no auxílio da visualização e delimitação de unidades homogêneas. Não obstante, a utilização da modelagem em estudos geoambientais é cada vez mais frequente, principalmente com o uso e difusão dos SIG, que auxiliam no entendimento dos mecanismos de modelagem natural da paisagem, sejam por intervenções naturais ou antrópicas, impactos das mudanças no uso e na cobertura da terra, e por previsões sobre alterações futuras em quaisquer ambientes (REIS; ZAINÉ, 2016). Ainda, o uso de SIG permite obter mapas com rapidez e precisão a partir da atualização dos bancos de dados, sendo uma ferramenta importante no estudo de potencialidades do ambiente, e, no caso da avaliação de áreas com

susceptibilidade a movimentos de massa, constitui-se etapa importante para a definição de práticas adequadas de ocupação urbana e indicação de áreas de risco a esses processos. Portanto, o uso do geoprocessamento pode ser entendido como sendo o levantamento das condições socioambientais nos quais são identificadas a extensão e a possível expansão territorial de um processo ambiental, como os movimentos de massa (VANACÔR, 2006; BISPO et al., 2011; LORENTZ et al., 2016).

Assim, diversos trabalhos técnicos e científicos foram desenvolvidos no cenário nacional e mundial, buscando definir, avaliar, caracterizar e gerenciar as áreas de riscos associados a movimentos de massa (GRITZNER et al., 2001; ÇEVİK; TOPAL, 2003; AUGUSTO FILHO, 2004; FERNANDES et al. 2004; RABACO, 2005; ROPER; DUTTA, 2005; GOMES, 2006; MARTINI et al., 2006; GOMES et al., 2008; AUGUSTO FILHO et al., 2010; KOBİYAMA et al., 2010; REGMI et al. 2010; MARQUES et al., 2011; MICHEL; KOBİYAMA, 2016; EFFGEN; MARCHIORO, 2017, entre outros).

De modo a contribuir com as discussões acerca desta problemática, esta pesquisa busca avaliar as áreas de risco a movimentos de massa no que tange as distintas formas de uso e ocupação da terra nas porções serranas e costeiras nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião (SP), sendo que as justificativas e as premissas para o desenvolvimento dessa pesquisa podem ser sintetizadas da seguinte forma:

- Os processos de movimentos de massa (escorregamentos, corridas e quedas de blocos) são recorrentes na região da Serra do Mar, devido aos aspectos geomorfológicos, geológicos e de cunho pluviométrico que suas feições associadas impõem (GRAMANI, 2001; TOMINAGA, 2007; NERY, 2016; MENDES et al., 2018);

- Os movimentos de massa vêm tornando-se cada vez mais frequentes nos últimos anos, o que demanda o mapeamento das áreas de risco a esses processos, de modo a assegurar vidas humanas e subsidiar estudos envolvendo zoneamentos urbanos e ambientais (REGMI et al., 2010; HEMASINGHE et al., 2018);

- A implantação de empreendimentos requer estudos acerca da susceptibilidade ambiental a fim de que a ocorrência de acidentes envolvendo movimentos de massa seja cada vez menor (BAPTISTA, 2009; DRAGIĆEVIĆ et al., 2014; MOURA, 2014);

- A combinação de estudos envolvendo atributos fisiográficos e dados de uso da terra fornece informações acerca da identificação de possíveis áreas de risco a movimentos de massa de uma determinada localidade (OLIVEIRA, 2004; TOMINAGA, 2007; CORRÊA, 2013; CORRÊA et al., 2014; PILACHEVSKY et al., 2015; CERRI et al., 2018a); e,

- Nas áreas urbanas esses processos assumem proporções calamitosas e, atualmente, muitas áreas susceptíveis a movimentos de massa vêm sendo ocupadas no litoral norte do Estado de São Paulo de forma desordenada e descontrolada, sem obedecer a critérios técnicos adequados, configurando muitos desses locais como áreas de risco (GABELINI, 2017; CERRI et al., 2018a; SILVA, 2018; SISTO, 2018).

Frente a esses pressupostos, este trabalho está estruturado da seguinte maneira: o capítulo 1 expõe as principais problemáticas do tema e as justificativas e premissas para a realização desta pesquisa, acrescentado aos objetivos principais e específicos que a norteia. O capítulo 2, por conseguinte, é dedicado à discussão e caracterização dos principais movimentos de massa, seguido de um breve histórico da ocorrência desses processos na área de estudo. Ademais, também serão discutidas as técnicas de avaliação de áreas de risco a distintos processos de movimentos de massa, com foco no método de compartimentação fisiográfica, mapeamento do uso e ocupação da terra e análise multicriterial em ambiente SIG.

O capítulo 3 corresponde aos métodos e técnicas que possibilitaram a realização deste trabalho, que abrangem desde a delimitação das unidades fisiográficas, ao mapeamento das classes referentes ao uso e ocupação da terra até a aplicação da técnica de análise multicriterial, baseada na sobreposição de diferentes planos de informação com a finalidade de produzir um produto cartográfico único, que permita identificar quais são as áreas de risco a movimentos de massa na área de estudo. Em seguida, no capítulo 4, a área alvo de investigação será caracterizada em relação aos seus aspectos geológicos, geomorfológicos, bióticos, pedológicos e climáticos, de modo que estas informações sejam utilizadas posteriormente para embasar as etapas elencadas no capítulo 3. O capítulo 5 vai apresentar os resultados obtidos pela metodologia empregada, concomitantemente a sua discussão e análise. Por fim, o capítulo 6 será destinado às conclusões do trabalho e recomendações futuras, obtidas pelas reflexões dos resultados.

### 1.1. Objetivos gerais e específicos

O objetivo principal deste trabalho é avaliar e identificar as áreas de risco a movimentos de massa nas porções serranas e costeiras na região de Caraguatatuba e São Sebastião (SP), no que tange as distintas formas de uso atuais nestas localidades através do emprego da compartimentação fisiográfica, do mapeamento do uso e ocupação da terra e de técnicas de geoprocessamento envolvendo análise multicriterial. Estes locais foram selecionados como proposta de pesquisa por apresentarem processos históricos de movimentos de massa e expansão atual de sua malha urbana.

Mediante essas considerações, os objetivos específicos desse trabalho são:

- Delimitar unidades fisiográficas que possuam homogeneidade interna entre si, de modo a identificar quais são aquelas mais susceptíveis a processos de movimentos de massa (escorregamentos, corridas de massa e quedas de blocos);
- Identificar as diferentes classes de uso da terra na área de estudo e avaliar quais são os tipos de uso mais expressivos;
- Identificar e apontar as áreas de risco a movimentos de massa na região, frente ao tipo de uso da terra delimitado.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica sobre a temática da pesquisa, que engloba desde a caracterização dos principais tipos de movimentos de massa, sua ocorrência histórica na área de estudo e o processo de avaliação de áreas de risco a esses processos no que tange à aplicação de técnicas de compartimentação fisiográfica, ao mapeamento de uso e ocupação da terra e ao emprego de técnicas de geoprocessamento para combinação e ponderação de distintos planos de informação.

### 2.1. Movimentos de massa

Segundo Augusto Filho (1994) os movimentos gravitacionais de massa são definidos como movimentos induzidos pela aceleração gravitacional, com exceção daqueles onde o material é carregado diretamente por um meio de transporte como água, gelo, neve ou ar, neste caso denominados processos de transporte de massa. Ainda, segundo Costa e Baker (1984), tais movimentos envolvem o deslocamento de rocha e/ou solo vertente abaixo se espalhando em direção à jusante.

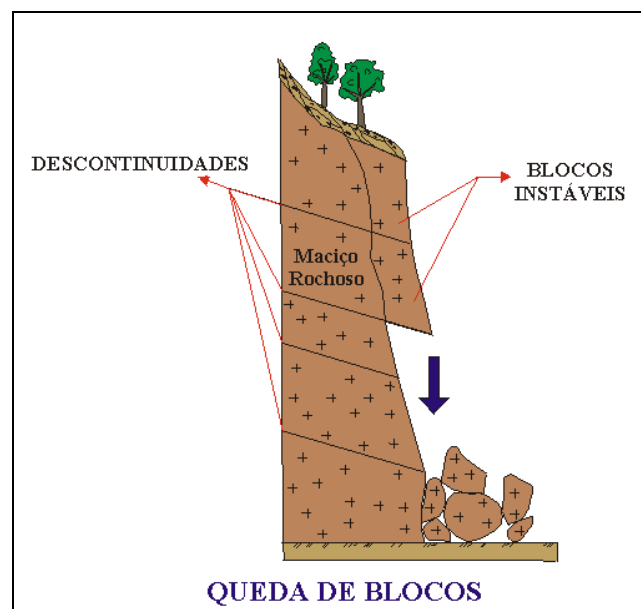
Augusto Filho (1992) elaborou uma classificação dos movimentos de massa no âmbito da dinâmica ambiental brasileira, fundamentada em estudos conduzidos na região da Serra do Mar. O quadro a seguir resume os principais pontos levantados pelo autor, relacionando os processos com as suas características principais, tipo de materiais mobilizados e a geometria do movimento.

O processo de queda de blocos (*falls*) é caracterizado pelo deslocamento gravitacional de blocos de rocha com ausência de superfície de movimentação (TOMINAGA et al., 2009), que segundo Reis (2001) é subdividido em 4 tipos: queda, tombamento, rolamento e deslocamento.

No processo de queda, blocos de rochas se desprendem do maciço e se deslocam em queda livre encosta abaixo, com ocorrência em volumes e litologias diversas. Esse processo está associado a fraturas no maciço rochoso e o movimento é essencialmente vertical, onde os fragmentos de rocha se movimentam por encostas abruptas, sem contato com nenhuma superfície, portanto, em queda livre (INFANTI-JÚNIOR; FORNASARI-FILHO, 1998) (Figura 1).

**Quadro 1.** Principais tipos de movimentos gravitacionais de massa associados a encostas. Adaptado de Lopes (2006), baseado em Augusto Filho (1992).

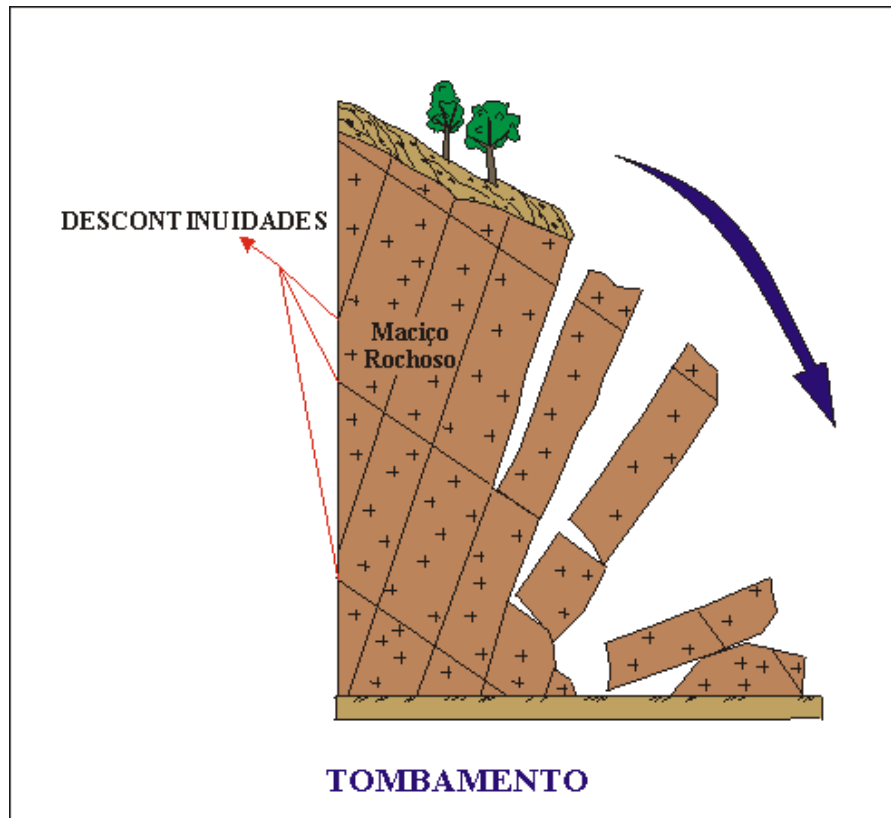
Processos	Dinâmica/ Geometria/ Material
Quedas ( <i>falls</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem planos de deslocamento</li> <li>• Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado</li> <li>• Velocidades muito altas (vários m/s)</li> <li>• Material rochoso</li> <li>• Pequenos a médios volumes</li> <li>• Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc.</li> </ul>
Rastejos ( <i>creep</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vários planos de deslocamento</li> <li>• Velocidade muito baixa (cm/ano) a baixa</li> <li>• Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes</li> <li>• Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada</li> </ul>
Escorregamentos ( <i>slides</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poucos planos de deslocamento (externos)</li> <li>• Velocidades médias (m/h) a altas (m/s)</li> <li>• Pequenos a grandes volumes de material</li> <li>• Geometria e materiais variáveis               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planares: solos poucos espessos, solos e rochas com 1 plano de fraqueza</li> <li>- Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas</li> <li>- Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza</li> </ul> </li> </ul>
Corridas ( <i>flows</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muitas superfícies de deslocamento</li> <li>• Movimento semelhante ao de um líquido viscoso</li> <li>• Desenvolvimento ao longo das drenagens</li> <li>• Mobilização de solo, rocha, detritos e água</li> <li>• Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas</li> </ul>



**Figura 1.** Esquema da ocorrência do processo de queda de blocos. Fonte: Reis (2001).

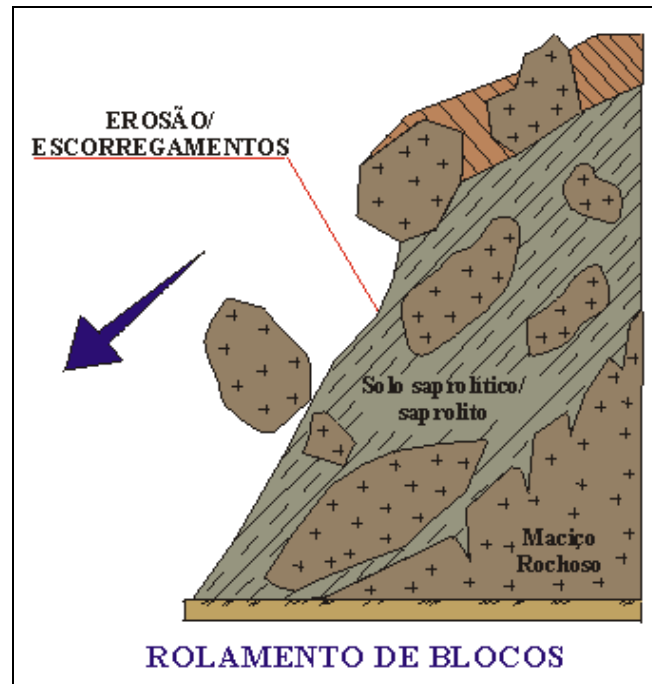
O tombamento consiste no movimento de rotação de blocos rochosos, condicionado por estruturas geológicas no maciço rochoso sub-verticais, no qual os

fragmentos de rocha desprendem-se do maciço na superfície das discontinuidades (INFANTI-JÚNIOR; FORNASARI-FILHO, 1998). Em geral, ocorre em áreas com encosta bastante abruptas, principalmente em pedreiras de basalto, granito, diabásio e regiões serranas, como a região da Serra do Mar (REIS, 2001) (Figura 2).



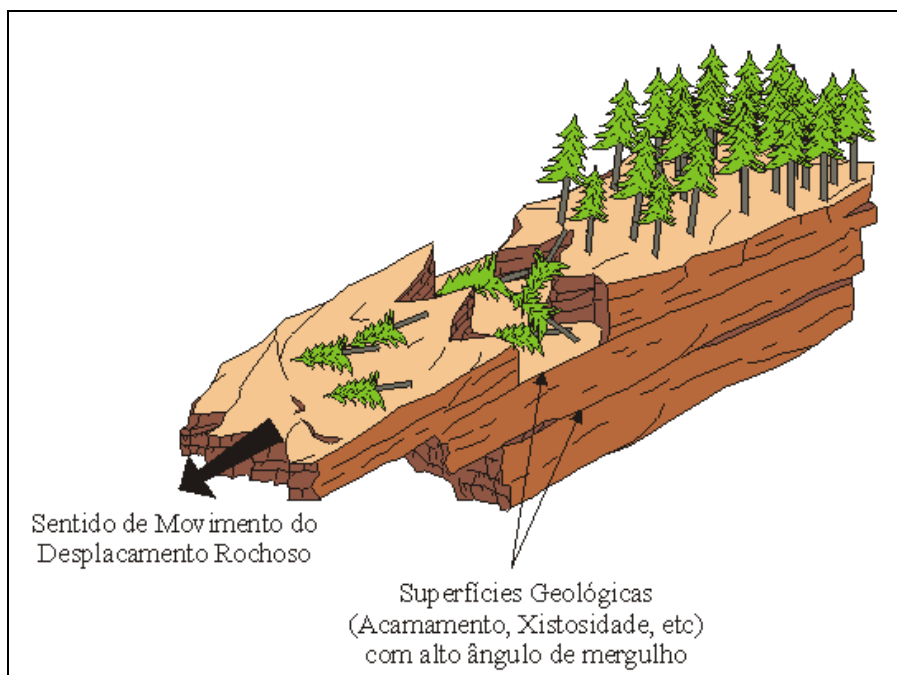
**Figura 2.** Esquema para ocorrência de tombamentos de blocos. Fonte: Reis (2001).

O rolamento de blocos consiste no movimento de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorre geralmente pela perda de apoio do maciço devido ao intemperismo de rochas ígneas ou metamórficas, gerando grandes blocos rochosos em superfície (matacões) ou saprolito que contém blocos de rochas envoltos em uma matriz de solo alterado (INFANTI-JÚNIOR; FORNASARI-FILHO, 1998; REIS, 2001) (Figura 3).



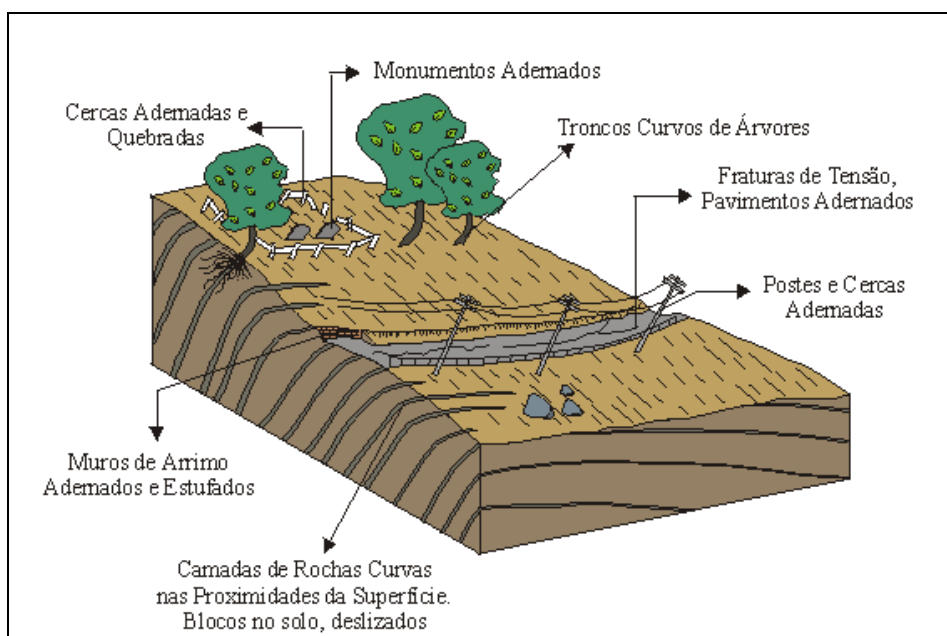
**Figura 3.** Esquema da ocorrência do processo de rolamento de blocos. Fonte: Reis (2001).

O último processo de queda a ser caracterizado é o deslocamento, movimento em queda livre ou por deslizamento de blocos rochosos ao longo de superfícies estruturais (xistosidade, acamamento), que ocorre devido às variações térmicas ou por alívio de pressão (REIS, 2001). Segundo Montgomery (1992), esse processo é desenvolvido geralmente devido a presença de descontinuidades inclinadas, associado a encostas íngremes (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema da ocorrência do deslocamento de blocos. Fonte: Reis (2001).

O processo de rastejo (*creep*) consiste em um movimento lento e contínuo de material de encosta com limites indefinidos. Envolve, muitas vezes, grandes volumes de solos, sem que apresente uma diferenciação visível entre o material em movimento e o estacionário. A causa da movimentação nos rastejos é a ação da gravidade, associada também aos efeitos das variações de temperatura e umidade. O processo de expansão e contração da massa de material, devido à variação térmica, provoca o movimento vertente abaixo (TOMINAGA et al., 2009). A ocorrência de rastejo pode ser indentificada através da observação de indícios indiretos, como encurvamento de árvores, postes e cercas, fraturamento da superfície do solo e de pavimentos, além do "embarrigamento" de muros de arrimo (INFANTI-JÚNIOR; FORNASARI-FILHO, 1998) (Figura 5).



**Figura 5.** Esquema da ocorrência do processo de rastejo. Fonte: Reis (2001).

Os escorregamentos (*slides*) são os processos de movimentos de massa mais frequentes na região sudeste do Brasil e principalmente na Serra do Mar, e se consistem em movimentos rápidos de porções de terrenos (solos e rochas), com volumes definidos, deslocando-se sob ação da gravidade, para baixo e para fora do talude ou da vertente (TOMINAGA et al., 2009).

Em termos gerais, um escorregamento ocorre quando a relação entre a resistência ao cisalhamento do material e a tensão de cisalhamento na superfície potencial de movimentação decresce até atingir uma unidade, no momento do escorregamento (GUIDICINI; NIEBLE, 1984). Ou seja, no momento em que a força gravitacional vence o atrito interno das partículas, responsável pela estabilidade, a massa de solo movimenta-se encosta abaixo. Normalmente, a infiltração de água no maciço de solo provoca a diminuição ou perda total do atrito entre as partículas. Quando o solo atinge o estado de saturação com perda total do atrito entre as partículas, em processo conhecido como solifluxão, passa a se mobilizar encosta abaixo, formando os movimentos de escoamento do tipo corridas (*flows*) (TOMINAGA et al., 2009).

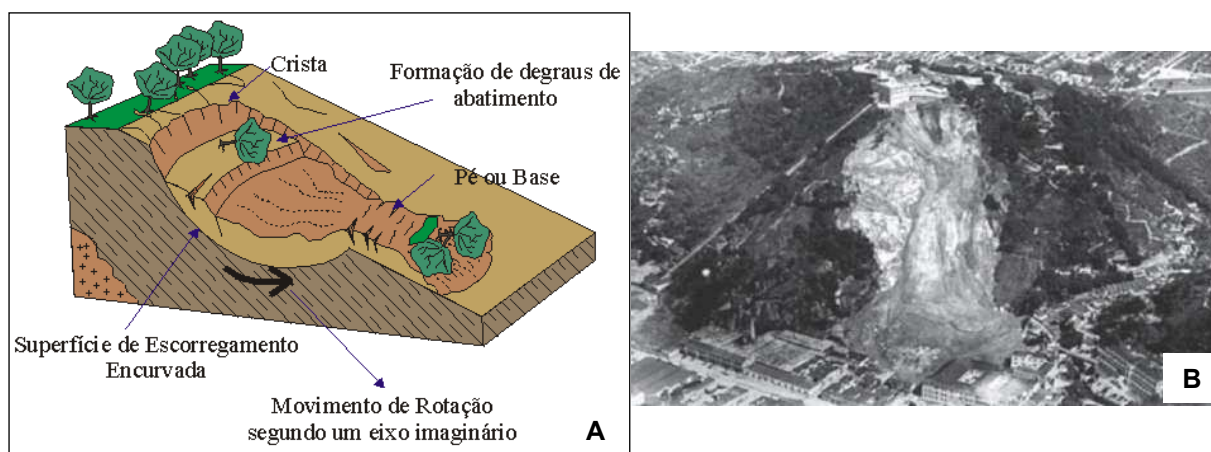
De maneira geral, segundo Guidicini & Nieble (1984) e Cunha (1991), os escorregamentos são caracterizados por movimentos rápidos (m/h a m/s), de duração relativamente curta, com limites laterais e profundidades bem definidos, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Sem dúvida

são os processos mais marcantes na evolução natural das encostas, seja pela frequência com que ocorrem, como pelo potencial em causar danos ao homem (LOPES, 2006).

Considerando-se a geometria e a natureza dos materiais instabilizados, os escorregamentos podem ser subdivididos em três tipos: escorregamentos rotacionais ou circulares, escorregamentos translacionais ou planares e escorregamentos em cunha (TOMINAGA et al., 2009).

Os escorregamentos do tipo rotacionais ou circulares apresentam superfície de deslizamento encurvada, correspondendo ao movimento rotacional, segundo um eixo imaginário (Figura 6). Ocorrem geralmente em aterros, pacotes de solo ou depósitos mais espessos, rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas (REIS, 2001). Ainda, segundo Fernandes e Amaral (1996), o início do movimento para este tipo de escorregamento muitas vezes é provocado pela execução de cortes na base destes materiais, como na implantação de uma estrada, ou para construção de edificações, ou ainda pela erosão fluvial no sopé da vertente.

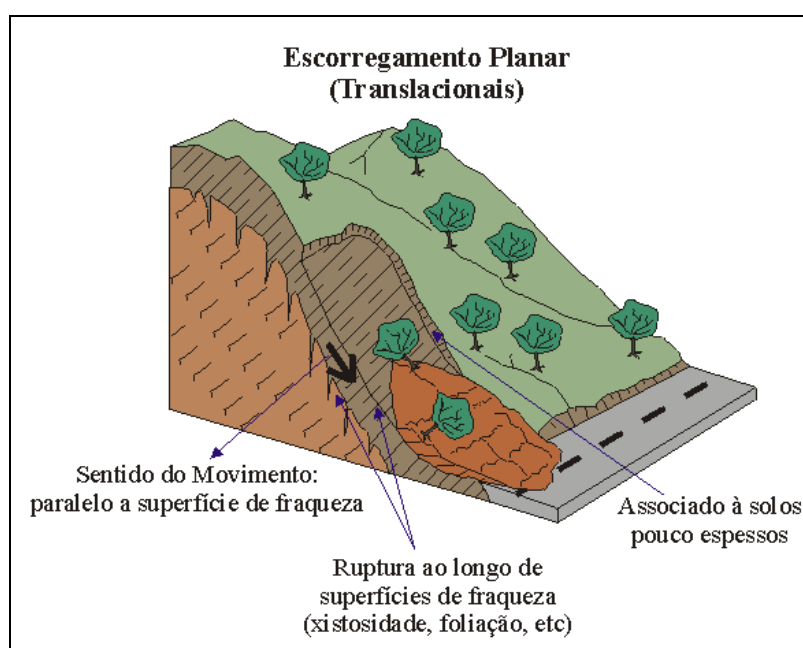
O escorregamento rotacional de solo é um fenômeno frequente nas encostas do sudeste brasileiro, mobilizando geralmente o manto de alteração. Podem se tornar processos catastróficos com o deslizamento súbito do solo residual que recobre a rocha ao longo de uma superfície qualquer de ruptura ou ao longo da própria superfície da rocha (TOMINAGA et al., 2009).



**Figura 6.** (A) Esquema da ocorrência de escorregamentos circulares. Fonte: Reis (2001); (B) Escorregamento rotacional do acidente do Monte Serrat, em Santos (1928), com 80 mortes e destruição de parte da antiga Santa Casa. Fonte: Tominaga et al. (2009).

Os escorregamentos translacionais são os mais frequentes entre todos os tipos de movimentos de massa. Formam superfícies de ruptura planar associadas às heterogeneidades dos solos e rochas que representam descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas derivadas de processos geológicos, geomorfológicos ou pedológicos. Segundo Reis (2001), a ocorrência desses processos em maciços rochosos é condicionada pela xistosidade, faturamento e foliação, e o sentido do movimento é paralelo ao plano de ruptura (INFANTI-JÚNIOR; FORNASARI-FILHO, 1998).

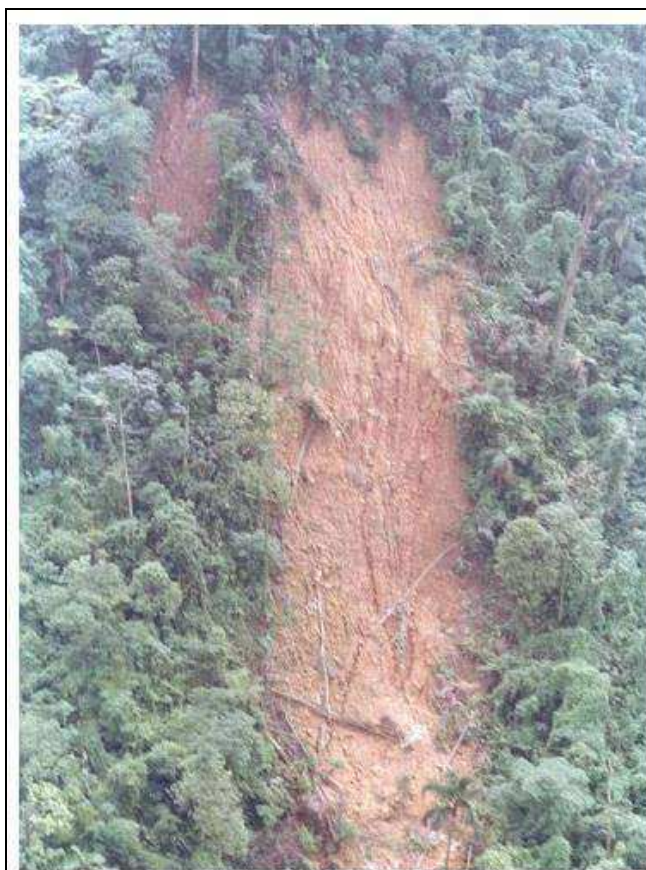
A morfologia dos escorregamentos translacionais caracteriza-se por serem rasos, com o plano de ruptura, na maioria das vezes, a 0,5 a 5,0 m de profundidade e com maiores extensões no comprimento. Ocorrem em encostas tanto de alta como de baixa declividade e podem atingir centenas ou até milhares de metros (FERNANDES; AMARAL, 1996; GUIDICINI; NIEBLE, 1984).



**Figura 7.** Esquema da ocorrência de escorregamentos planares ou translacionais em solo. Fonte: Reis (2001).

Os materiais transportados pelos escorregamentos translacionais podem ser constituídos de rocha, de solo e de solo e rocha (TOMINAGA et al., 2009). Ademais, vários autores destacam que este tipo de escorregamento representa a forma mais freqüente entre todos os tipos de movimentos de massa, particularmente na Serra do Mar (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; IPT, 1988; WOLLE, 1988; WOLLE; CARVALHO,

1989; FERNANDES; AMARAL, 1996; REIS, 2001; LOPES, 2006) (Figura 8). Lopes (2006) ressalta que a ocorrência de escorregamentos translacionais na Serra do Mar dar-se-à em seus trechos superiores, onde as encostas são íngremes e retilíneas e os horizontes de solo são bastante delgados, que comumente apresentam espessuras pouco variáveis e contatos subparalelos à superfície do terreno, favorecendo a deflagração desses processos.

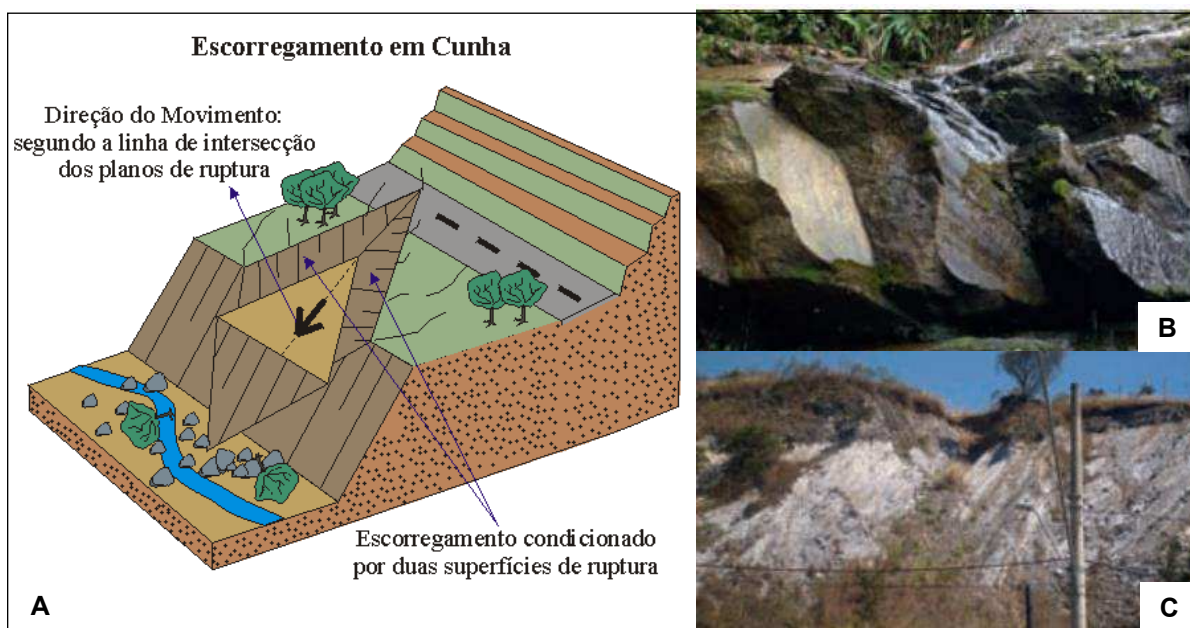


**Figura 8.** Escorregamento translacional raso deflagrado nas encostas da Serra do Mar no vale do Rio Moji, em Cubatão (SP), durante as fortes chuvas de janeiro de 1985 (Fonte: Arquivo da Prefeitura do município de Cubatão).

Os escorregamentos translacionais, em geral, ocorrem durante ou logo após períodos de chuvas intensas. É comum que a superfície de ruptura coincida com a interface solo-rocha, a qual representa uma importante descontinuidade mecânica e hidrológica. A ação da água nestes movimentos é mais superficial e as rupturas ocorrem em curto espaço de tempo, devido ao rápido aumento da umidade durante eventos pluviométricos de alta intensidade (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Os escorregamentos em cunha configuram-se como um movimento ao longo de um eixo formado pela intersecção de estruturas planares em maciços rochosos,

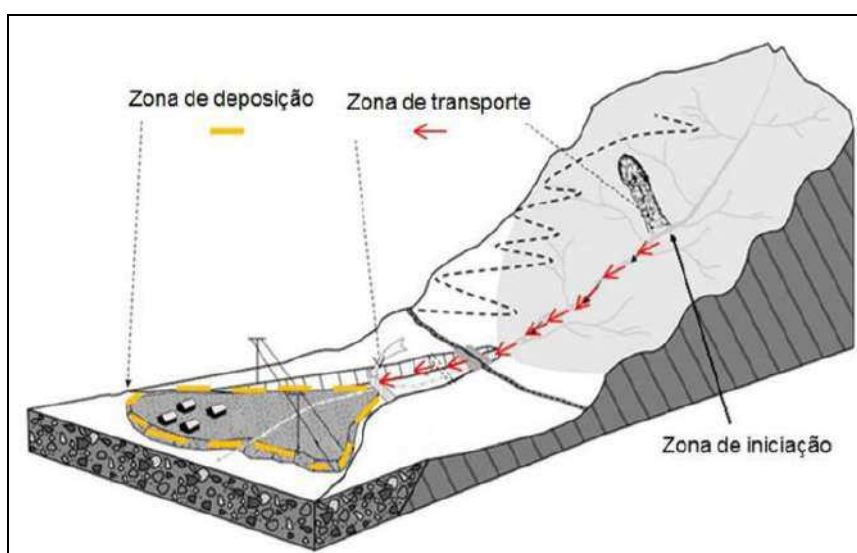
que desloca o material na forma de um prisma. São comuns em taludes de corte ou encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, natural ou antrópico (REIS, 2001) (Figura 9a). Segundo Tominaga et al. (2009), possuem ocorrência mais restrita às regiões que apresentam um relevo fortemente controlado por estruturas geológicas (Figura 9b; 9c).



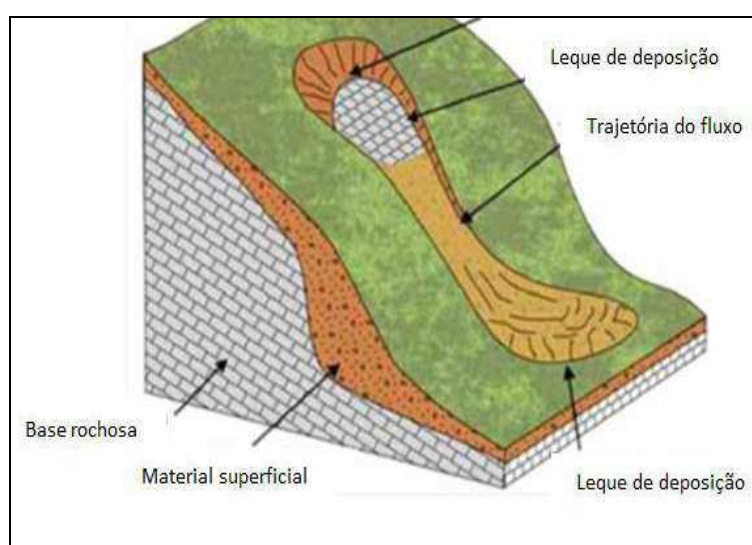
**Figura 9.** (A) Esquema da ocorrência do escorregamento em cunha. Fonte: Reis (2001); Escorregamento em cunha em: (B) Quartizito em Rio Acima, MG; (C) Talude de filito alternado com quartizito da Formação Cercadinho em Belo Horizonte, MG. Fonte: Parizzi (2004).

Finalmente, as corridas (*flows*) são formas rápidas de escoamento de caráter essencialmente hidrodinâmico, ocasionadas pela perda de atrito interno das partículas de solo, em virtude da destruição de sua estrutura interna, na presença de excesso de água. Caracterizados pelas dinâmicas da mecânica dos sólidos e dos fluidos, estes movimentos são gerados a partir de grande aporte de materiais como solo, rocha e árvores que, ao atingirem as drenagens, formam uma massa de elevada densidade e viscosidade. A massa deslocada pode atingir grandes distâncias com extrema rapidez, mesmo em áreas pouco inclinadas, com consequências destrutivas muito maiores que os escorregamentos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; FERNANDES; AMARAL, 1996; GRAMANI, 2001; LOPES, 2006) (Figura 10). Segundo Reis (2001), os mecanismos de geração de corridas podem ser classificados quanto a origem: primárias e secundárias. Nas corridas primárias, as corridas envolvem os materiais provenientes das encostas, oriundas dos

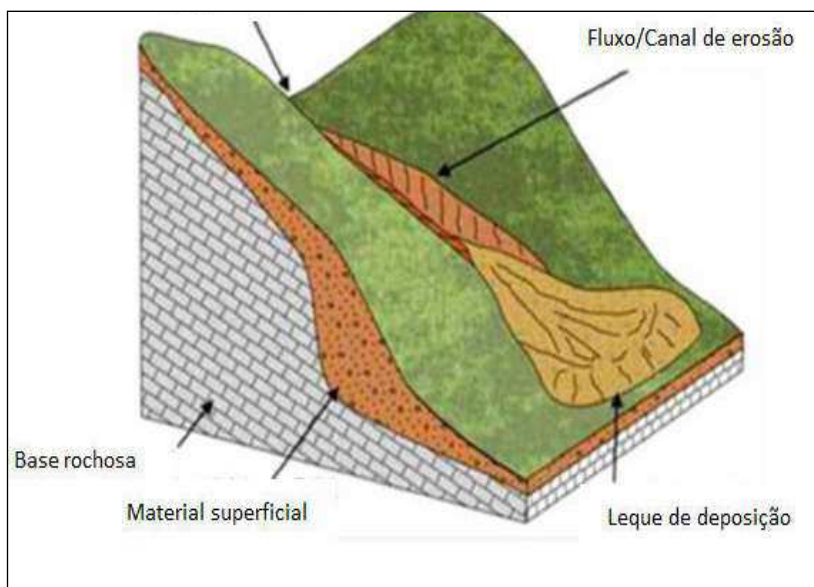
processos de escorregamentos nas vertentes, condicionados pelas precipitações acumuladas, que alcançam rapidamente o canal de drenagem, ao passo que nas corridas secundárias o processo ocorre na drenagem principal, a partir da remobilização de detritos acumulados no leito ou nas margens e/ou barramentos naturais, acrescidos do material oriundo de escorregamentos nas encostas e torrentes de água geradas na bacia, a partir da concentração e do escoamento rápido da água ao longo das redes de drenagens (CAMPBELL, 1975; TAKAHASHI, 1981; IPT, 1987; 1988; AUGUSTO FILHO, 1993; KANJI et al., 2003) (Figura 11 e 12).



**Figura 10.** Esquema da ocorrência das corridas (flows). Fonte: Nunes e Sayão (2014).



**Figura 11.** Corrida do tipo primária, cuja deflagração está associada ao fluxo de materiais de escorregamentos translacionais e rotacionais em direção ao canal de drenagem. Fonte: Sancho (2016).



**Figura 12.** Corrida do tipo secundária, cuja formação se dá nas drenagens principais de uma bacia hidrográfica. Fonte: Sancho (2016).

Considerando as características do material mobilizado, as corridas podem ser classificadas em 3 tipos básicos: corrida de terra (*earth flow*), corrida de lama (*mud flow*) e corrida de detritos (*debris flow*) (REIS, 2001). Nos processos de corrida de terra (*earth flow*), o fluxo possui baixa quantidade de água, apresentando baixa velocidade relativa e o material predominante é solo. Nas corridas de lama (*mud flow*), o material mobilizado possui alto teor de umidade, textura plástica e o processo possui média velocidade relativa e alto poder destrutivo. Esta classe de corrida caracteriza-se, de maneira geral, como movimentos rápidos que acontecem inesperadamente, associados a locais com solos facilmente desagregados e a aterros. As corridas de detritos (*debris flows*) são constituídas por materiais predominantemente grosseiros, compostos por blocos de rocha de vários tamanhos, grande volume de solo, detritos (galhos e outros materiais vegetais), outros materiais em encostas, como as estruturas construídas pelo homem, e quantidades variáveis de água, apresentando um maior poder destrutivo em relação às demais corridas (INFANTI-JÚNIOR; FORNASARI-FILHO, 1998; GRAMANI, 2001; REIS, 2001; FRANCO, 2010) (Figura 13 e 14).

Segundo Massad et al. (1997), os processos de corridas na Serra do Mar ocorrem durante picos de precipitação que incidem sobre um terreno saturado por chuvas prolongadas.



**Figura 13.** Corrida de detritos deflagrada entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011 na Bacia do Rio da Posse, Teresópolis (RJ), evento que ficou conhecido como “Megadesastre da região serrana do Rio de Janeiro”. Na figura é possível visualizar o poder destrutivo do processo e a deposição de diferentes materiais na porção de declive mais suave da bacia. Fonte: Nery (2016).



**Figura 14.** Corrida de detritos em Guaratuba (PR), no ano de 2017, cujo processo danificou a fibra ótica em uma faixa dutoviária da Transpetro (oleoduto OSPAR). Fonte: Arquivo pessoal Claudia Vanessa dos Santos Corrêa.

Destaca-se que para o presente trabalho serão considerados os movimentos de massa queda de blocos (*falls*), corridas (*flows*) e escorregamentos (*slides*) nas análises, uma vez que estes processos são configurados na literatura como aqueles que possuem maior poder destrutivo e, portanto, maior fator de risco.

### 2.1.1. Agentes e causas dos movimentos de massa

Segundo Lopes (2006), um mesmo agente, ou uma mesma causa, pode ser responsável por diferentes formas de movimentos. Assim, o autor define causa como o modo de atuação de um determinado agente, sendo que um agente pode se expressar por meio de uma ou mais causas. Guidicini e Nieble (1984) subdividiram as causas da ocorrência de movimentos de massa em internas, externas e intermediárias e os agentes em predisponentes e efetivos, preparatórios e efetivos imediatos (Quadro 2).

**Quadro 2.** Agentes e causas dos movimentos gravitacionais de massa. Fonte: Lopes (2006) adaptado de Guidicini e Nieble (1984).

<b>CAUSAS</b>	Internas		Efeito das oscilações térmicas; redução dos parâmetros de resistência ao cisalhamento por intemperismo (aumento da pressão hidrostática, diminuição da coesão e ângulo de atrito interno do material).
	Externas		Mudanças na geometria da encosta; efeitos de vibrações; mudanças naturais na inclinação das encostas por processos naturais ou artificiais.
	Intermediárias		Elevação do nível piezométrico em massas homogêneas; elevação da coluna d'água em descontinuidades; rebaixamento rápido do lençol freático; erosão subterrânea retrogressiva ( <i>piping</i> ); diminuição do efeito da coesão aparente.
<b>AGENTES</b>	Predisponentes		Condições geológicas (mineralógica, tectônica e estratigráfica), geomorfológicas (inclinação e forma das vertentes) e climatológicas (regime hidrológico), além da ação gravitacional, calor e vegetação.
	Efetivos	Preparatórios	Pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação do nível de lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humana, inclusive deflorestamento.
		Imediatos	Chuvas intensas, fusão do gelo e neves, erosão, terremotos, ondas, vento, ação do homem, etc.

### 2.1.2. Fatores condicionantes dos movimentos de massa

De acordo com Lopes (2006), os principais fatores condicionantes dos movimentos gravitacionais de massa relacionam-se aos meios físico ou biótico, que contribuem para o desencadeamento dos processos, especialmente os escorregamentos (*slides*) e podem ser agrupados em seis grandes fatores geoambientais: geologia, pedologia, geomorfologia, clima, cobertura vegetal e ação antrópica. Assim, este sub-capítulo será dedicado às discussões de cada um deles, com foco nas características da Serra do Mar, área de estudo do respectivo trabalho.

No que tange à geologia, existe o consenso na literatura de que os fatores geológicos são os mais importantes nos processos de instabilização das vertentes, tanto em encostas naturais, quanto em taludes produzidos por ações antrópicas através de cortes e escavações (AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998; LOPES, 2006; EVANS et al., 2007; LO, 2015; BUDETTA, 2011; BORRELLI et al., 2014; CEVASCO et al., 2014). Os mais importantes fatores geológicos que contribuem na deflagração dos movimentos gravitacionais de massa são composição físico-química das diferentes litologias, suas propriedades mecânicas, estruturas geológicas e grau de intemperismo (WOLLE, 1988). Nesse contexto, Wiggers (2013) salienta que rochas com elevado grau de alteração são as mais suscetíveis a processos de queda, rolamento ou deslocamento. Ademais, locais de contato solo e rocha representam importantes discontinuidades devido às mudanças de comportamento dos materiais com relação à infiltração, favorecendo a ocorrência de escorregamento translacional do solo (WIGGERS, 2013).

Wolle (1988) ressalta que o fator geológico é o mais marcante na evolução natural das encostas da Serra do Mar, e considerando a grandeza de macro-escala, estudos conduzidos por Cerri et al. (2018b) revelaram que os escorregamentos que ocorrem na região de Caraguatatuba seguem preferencialmente as direções das foliações SW-NE e da falha Bertioga-Caraguatatuba. Já em micro-escala, a geologia muda de local para local, apesar dos padrões de escorregamentos não refletirem esta mudança, justamente por envolver em grande maioria somente as camadas delgadas de solo superficial (WOLLE, 1988).

Quanto aos fatores pedológicos, Lopes (2006) ressalta que a evolução pedológica, principalmente em meio tropical úmido, como na Serra do Mar, desempenha importante papel no tocante a movimentos de massa, principalmente os do tipo escorregamentos. Sob estas condições climáticas, as ações físicas, químicas e biológicas são mais intensas, o que favorece um maior intemperismo, e, portanto, a formação de maiores espessuras de solo. Na Serra do Mar paulista ocorre uma predominância de solos saprolíticos, que são resultantes da decomposição e/ou desagregação *in situ* da rocha matriz pela ação das intempéries (chuvas, insolação, geadas), mantendo ainda de maneira nítida a estrutura da rocha que lhe deu origem (VAZ, 1996). Lopes (2006) salienta que os solos saprolíticos variam muito em constituição, principalmente devido às heterogeneidades mineralógicas e estruturais das rochas cristalinas da Serra do Mar. Por outro lado, há também heterogeneidade no sentido normal à superfície topográfica, em função dos progressivos graus de alteração, que condicionam os escorregamentos translacionais paralelos à superfície das encostas (WOLLE, 1988).

Outro fator condicionante fundamental ao condicionamento de movimentos de massa é o relevo. Diversos estudos nas regiões da Serra do Mar demonstram que os escorregamentos, especialmente os translacionais, são fortemente controlados pelo relevo, uma vez que este condiciona a dinâmica hidrológica e, em última análise, as características dos solos (CRUZ, 1990; FERNANDES et al., 1994; FERNANDES et al., 2001; GRAMANI et al., 2005; LOPES, 2006; KANJI et al., 2008; CORRÊA et al., 2015; GOMES et al., 2015; NERY, 2016). Os condicionantes geomorfológicos mais importantes na estabilidade das encostas são as formas das vertentes e as variáveis morfométricas como declividade (inclinação das encostas), área de contribuição, aspecto (orientação) e amplitude como indicativo do índice de dissecação (LOPES, 2006).

A respeito da declividade, segundo IPT (1987) e Fernandes e Amaral (1996), os escorregamentos ocorrem em encostas com declividade acima de 20°, sendo que a maior densidade de movimentos não ocorre em declividades maiores que 35°, mas sim entre 21° a 35°. Tal comportamento foi atribuído a variações na cobertura vegetal e ao fato de que nas altas encostas as espessuras de solo são menores, no qual o material já teria sido removido por movimentos pretéritos. No contexto da Serra do Mar, segundo Wolle e Carvalho (1989) as coberturas terrosas estão

limitadas a 50° de declividade, porém predominam na região encostas com declives entre 35° e 40°, as quais são constantemente afetadas pelos escorregamentos translacionais rasos (LOPES, 2006; CORRÊA, 2018).

Além do fator declividade, a forma da vertente também influencia o desenvolvimento de movimentos de massa. Segundo IPT (1988), perfis retilíneos tendem a apresentar maiores declividades que vertentes convexas, sendo mais suscetíveis a escorregamentos do tipo translacional. Encostas côncavas, por sua vez, apresentam, em média, maiores espessuras de solos e, portanto, grande volume de material a ser mobilizado (colúvio ou tálus), potencializando uma ruptura mais profunda (DIETRICH et al., 1986). Ademais, destaca-se que esta forma de encosta (côncava) configura-se como uma zona de convergência de fluxo de água (*'hollows'*), e, em eventos pluviométricos extremos, desencadeiam com maior potencialidade processos de escorregamentos e corridas de detritos primárias (LOPES, 2006). Conduzindo estudos na região da Serra do Mar, Wolle (1988) concluiu que em seu domínio os escorregamentos translacionais predominam nas encostas retilíneas das cotas mais elevadas, nas quais, geralmente concentram-se os maiores índices pluviométricos, que potencializam a instabilidade de suas vertentes.

Os aspectos climáticos, segundo IPT (1988) e Wolle (1988), representam um papel fundamental na deflagração dos movimentos de massa, tanto como agente predisponente, isto é, como preparador do potencial de instabilização das encostas, quanto como causa imediata e deflagratória das instabilizações, geralmente na forma de chuvas intensas (SIDLE; BOGAARD, 2016; GUPTA et al., 2017). Augusto Filho (2001) e Castro (2006) salientam que a maioria dos casos de escorregamento em encostas ocorre na época de chuvas, grande parte no final da estação.

Assim, de acordo com Tatizana et al. (1987) e Delmonaco et al. (1995), as ações das precipitações nas encostas são:

- Alteração dos parâmetros de resistência dos materiais: diminuição da coesão aparente, eliminação das tensões capilares (ou poropressões negativas), dissolução da cimentação;
- Aumento da sollicitação externa: aumento do peso específico dos materiais que formam a encosta;

- Avanço da frente de saturação no maciço, provocando o desenvolvimento de poropressões positivas nos solos, subpressões nas discontinuidades rochosas e forças de percolação;

- Alteração do perfil da encosta por erosão de materiais (TATIZANA et al., 1987; DELMONACO et al., 1995).

Analisando correlações entre chuva e deflagração de escorregamentos no Brasil, considerando ambientes de clima tropical, Guidicini e Iwasa (1976) concluíram que índices pluviométricos acima de 250 mm a 300 mm diários são suficientes para desencadear movimentos de massa praticamente em qualquer situação, e que valores diários em torno de 20% da pluviosidade média anual são favoráveis à deflagração de grandes episódios de escorregamentos. Estudos feitos nas encostas da Serra do Mar próximos a Cubatão por Wolle e Hachich (1989) relatam a necessidade de uma duração mínima de chuvas, acumuladas a partir de quatro dias (TATIZANA et al.; 1987a, 1987b), para que se produza o avanço da frente de saturação e que os escorregamentos sejam deflagrados por chuvas intensas, com precipitação maior que 180 mm/ dia. Concluindo esse cenário, Wolle e Carvalho (1989) mostraram que a ação combinada de chuva precedente e chuva intensa de curta duração são as responsáveis pelos movimentos de massa, pois mais rapidamente ocorre a saturação em superfície, com maior velocidade de avanço da frente de saturação. A respeito dessa assertiva, Gramani (2001) destaca que os eventos de escorregamentos e corridas generalizadas em Caraguatatuba no ano de 1967 (18/03/1967) seguiram esse padrão, sendo que o temporal que atingiu a região no momento da ocorrência destes fenômenos “foi antecedido por uma chuva fraca e os escorregamentos ocorreram depois de 4 horas de chuvas fortes ao redor de 225 mm em 24 horas” (GRAMANI, 2001).

Outro fator relevante no desencadeamento de processos de movimentos de massa é a presença ou não da cobertura vegetal. Segundo Guidicini e Nieble (1984), existe um consenso entre os pesquisadores que a vegetação desempenha um papel importante na proteção do solo, e sua retirada favorece o aparecimento de processos erosivos e de movimentos coletivos de solos. Behling (2017) complementa, ressaltando que

A vegetação é importante na porção do solo contra a ação das chuvas, pois diminui o escoamento superficial no terreno e, conseqüentemente, aumenta a infiltração da água (BEHLING, 2017, p. 65).

Pinheiro (2000), baseado nas análises de Greenway (1987), elaborou um quadro que mostra o efeito da vegetação na estabilidade das encostas, distinguindo entre os efeitos hidrológicos e mecânicos, adversos (A) e benéficos (B), apontando qual parte da vegetação atua em cada um desses efeitos (Quadro 3).

**Quadro 3.** Efeitos adversos (A) e benéficos (B) da vegetação sobre a estabilidade das encostas. Fonte: Adaptado de Pinheiro (2000).

<b>Efeito Hidráulico</b>	<b>Efeito Mecânico</b>
<p><b>Interceptação das chuvas pelas folhas resulta em:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Absorção e evaporação reduzindo a água disponível para a infiltração (B);</li> <li>- Redução da energia das gotas de chuva e conseqüentemente da erosão (B);</li> <li>- Aumento no tamanho das gotas que caem, aumentando assim a chuva localizada (A).</li> </ul> <p><b>Caules e folhas interagindo com o fluxo de superfície resultam em:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior armazenamento e maior volume de água armazenada (A/B);</li> <li>- Grande irregularidade no fluxo de água, reduzindo a sua velocidade (B).</li> </ul> <p><b>Raízes provocam no solo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aberturas na superfície permitindo a infiltração (A);</li> <li>- Retirada de umidade, a qual é perdida na atmosfera por transpiração (B);</li> <li>- Redução da poro-pressão e aumento da sucção e conseqüentemente da resistência do solo (B);</li> <li>- Aumento da quantidade de canalículos no solo, resultando em aumento da permeabilidade (A).</li> </ul>	<p><b>Raízes agregam as partículas de solos, resultando em:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Restrição de movimento de solo, reduzindo a erodibilidade (B);</li> <li>- Aumento da resistência ao cisalhamento através da formação de uma matriz de raízes (B).</li> </ul> <p><b>Raízes que penetram em grandes profundidades provocam:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ancoragem em um estrato firme (B);</li> <li>- Suporte da camada de solo acima das árvores no talude, por arqueamento e contraventamento (B).</li> </ul> <p><b>Crescimento de árvores altas de maneira que:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O peso pode tornar-se uma sobrecarga no talude e aumentar a força normal e a força de instabilização do talude (A/B);</li> <li>- Quando expostas ao vento, forças dinâmicas são transmitidas ao solo (A).</li> </ul> <p><b>Caules e folhas cobrem a superfície do solo, então:</b></p> <p>O impacto do trânsito é absorvido, protegendo a superfície contra danos (B);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- As folhas caem no solo, cobrindo-o e protegendo contra a erosão (B).</li> </ul>

A respeito das ações antrópicas sobre o ambiente, Lopes (2006) e Wiggers (2013) ressaltam que embora os movimentos de massa sejam parte da dinâmica natural de áreas com encostas íngremes, a ação do homem interfere na evolução natural desses processos, ora induzindo, ora potencializando os processos de instabilização.

Nesse sentido, para Augusto Filho (1994), Macedo e Santoro (2001) e Wiggers (2013), as principais ações antrópicas que induzem a potencializam os movimentos de massa são:

- Remoção da cobertura vegetal;
- Lançamento e concentração de águas pluviais e/ou servidas;
- Vazamento na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas;
- Execução de cortes com geometria inadequada (altura/inclinação);
- Execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação);
- Lançamento de lixo nas encostas;
- Vibrações produzidas por tráfego pesado, explosões, etc.

### **2.1.3. Histórico de movimentos de massa na Serra do Mar**

De acordo com Collins e Znidarcic (1997), em áreas tropicais e costeiras são comuns os movimentos de massa, que causam enorme destruição em sua trajetória, envolvendo diversos tipos de solos e ambientes geológicos.

Assim, no Brasil, ao longo de sua história, foram registradas diversas ocorrências de movimentos de massa e são identificados como os mais atingidos os Estados de Pernambuco, Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (POLANCO, 2010). Nesse sentido, as áreas mais susceptíveis a ocorrência desses processos no Brasil são as áreas situadas no sopé da Serra do Mar, da Serra da Mantiqueira e da Serra Geral, estendendo-se desde a região Sul até a região Norte (POLANCO, 2010). A mesma autora destaca que a localização de grandes concentrações urbanas, importantes setores industriais e rodovias nestes locais é um fator agravante do risco, pois estas áreas são as mais susceptíveis aos movimentos gravitacionais de massa, caracterizando-se como áreas de formação, desenvolvimento e de deposição natural dos materiais transportados.

Nesse sentido, este sub-capítulo irá dedicar-se à discussão dos principais casos de movimentos de massa que ocorreram na extensão da Serra do Mar. Destaca-se que seu domínio constitui-se em um ambiente com condições propícias para a ocorrência de escorregamentos, corridas de detritos e quedas de blocos, devido à elevada declividade de suas encostas (com ângulos maiores que 35°) e

suas chuvas intensas e concentradas (CRUZ, 1974; IPT, 1987; TATIZANA et al., 1987; WOLLE, 1988; WOLLE; CARVALHO, 1989; CRUZ, 1990; GRAMANI, 2001; LOPES, 2006; SELUCHI; CHOU, 2009; PELLEGATTI; GALVANI, 2010; VIEIRA et al., 2010; GOMES et al., 2015; VIEIRA; RAMOS, 2015; CERRI et al., 2018a; CERRI et al., 2018b). Assim, o quadro a seguir irá expor os principais casos de movimentos de massa que ocorreram na região da Serra do Mar, que no Brasil concentram a maior incidência destes processos (Quadro 4).

**Quadro 4.** Principais casos brasileiros, na região da Serra do Mar, de processos de movimentos de massa. Em vermelho destacam-se ocorrências na área de estudo. Fonte: Gramani (2001), Kanji et al. (2003), Corrêa et. al (2015), Kobiyama e Michel (2014), Polanco (2010), Sakai (2014), Nery (2016) e Corrêa (2018).

Caso	Local	Tipo do evento	Área	Precipitação	Velocidade	Volume (m <sup>3</sup> )	Perdas
Santos – 10/03/1928	Monte Serrat - área urbana de Santos (SP)	Escorregamento rotacional e corrida de detritos	Encosta do Monte Serrat	-	-	2.000.000 m <sup>3</sup>	81 mortes e destruição parcial do hospital Santa Casa
Santos – vários dias de março de 1956	Morros da área urbana de Santos (SP)	Escorregamentos e corrida de detritos	Área urbana de Santos (SP)	954 mm/ 1 mês	-	5.500 m <sup>3</sup>	64 mortes e destruição de 150 casas
Santos – Fevereiro de 1959	Área urbana de Santos (SP)	Escorregamentos	-	-	-	-	5 mortes
Rio de Janeiro – 10/01/1966	Área urbana do Rio de Janeiro (RJ)	Escorregamentos	Área urbana do Rio de Janeiro (RJ)	250 mm/ 12 horas	-	-	250 mortos, mais de mil feridos e 50 mil desabrigados
Serra das Araras – 23/01/1967	60 km da cidade de Rio de Janeiro	Escorregamentos e corridas de detritos	170 km <sup>2</sup>	275 mm/12 horas	-	>10x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1700 mortos, >100 casas destruídas, danos em rodovias
Caraguatatuba - 18/03/1967	Caraguatatuba (SP)	Escorregamentos e corridas de detritos <sup>1</sup>	7 a 15 km de extensão	586 mm/24 horas	-	7,6x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	120 mortos, 400 casas destruídas, danos em rodovias
Viaduto IV da ferrovia Santos - Jundiá, 1971	Santos (SP)	Escorregamentos e corrida de detritos	-	-	-	1x10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> (estimado)	Viaduto de aço destruído, o que exigiu obras de estabilização de encosta
Tubarão – Março de 1974	Bacia do Rio Tubarão (Santa Catarina)	Escorregamentos, corridas de lama e de detritos	-	742 mm/16 dias	-	-	199 mortes
Grota Funda, 1975/1976	Paranapiacaba (SP)	Escorregamento e corrida de detritos	300.000 m <sup>2</sup>	381 mm/1 mês	30 km/h	1.000.000 m <sup>3</sup>	Pilares da ponte ferroviária danificados.
Santos – 16/12/1979	Morros da área urbana de Santos (SP)	Escorregamentos	-	264 mm/ 48 horas	-	-	13 mortos e destruição de 16 casas
Cubatão – Janeiro de 1985	Escarpas da Serra do Mar (Vale do Rio Mogi) em Cubatão (SP)	Escorregamentos generalizados, corridas de lama, enchentes e inundações	2,64 km <sup>2</sup>	379,4 mm/ 48 horas	-	-	Assoreamento do Rio Mogi e inundação da Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) (Petrobras)
Cubatão – Janeiro de 1988	Escarpas da Serra do Mar em Cubatão (SP)	Escorregamentos e corrida de lama	-	-	-	-	10 mortos e danos na Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) (Petrobras)
Rio de Janeiro – Fevereiro de 1988	Morro Dona Marta (Rio de Janeiro, RJ)	Escorregamentos, corridas de detritos e de lama	Bairro Botafogo	-	-	5.000 m <sup>3</sup>	32 mortes, 40 feridos, 300 desabrigados e danos ao Hospital Santa Genoveva
Petrópolis - Fevereiro de 1988	Petrópolis (RJ)	Escorregamentos e corrida de detritos	-	776mm/24 dias	-	-	171 mortos
Blumenau - 14/10/1990	Bairros Glória e Progresso (Blumenau, SC)	Escorregamentos, corridas de detritos e de lama	-	88,9 mm/ 7 dias	-	-	21 mortes, 764 feridos e 67 residências destruídas
São José – Novembro de 1991	Áreas urbanas e rurais de São José (SC)	Escorregamentos, enchentes e inundações	3.000 m <sup>2</sup> (apenas o escorregamento)	404,8 mm/ 24 horas	-	20.000 m <sup>3</sup>	5 mortes e 15 mil desabrigados
Cubatão – 06/02/1994	Bacia do Rio das Pedras (Cubatão, SP)	Escorregamentos translacionais rasos, corrida de detritos e de lama	2,64 km <sup>2</sup>	280 mm/ 24 horas	10 m/s (corridas de detritos)	300.000 m <sup>3</sup>	Destruição de 8 barragens de gabião e prejuízos à Refinaria Presidente Bernardes (RPBC)

<sup>1</sup> Segundo o IPT (1988), os processos variaram de comportamento, no tempo e no espaço, alterando suas características dinâmicas conforme o escoamento, passando de “*debris flows*” (corrida de detritos/blocos de rocha), “*mud flows*” (corrida de lama) e “*mud flood*” (enchente com alta concentração de material sólido).

Continuação do quadro 4.

							(Petrobras)
Timbé do Sul – Dezembro de 1995	SC/ RS	Escorregamentos e corrida de detritos	23,1 km <sup>2</sup> e 18 km de extensão	>500 mm/1 hora	>5 m/s	3x10 <sup>6</sup> 15 metros de altura	29 mortos, 20 casas destruídas, perdas (agricultura e gado)
Bacia do Rio das Pedras - 1996	Cubatão (SP)	Escorregamentos e corrida de detritos	2,64 km <sup>2</sup>	-	-	16.000 m <sup>3</sup>	Apenas trabalho de limpeza
Rodovia de Ubatuba - 1996	Ubatuba (SP)	Escorregamentos rotacionais, queda de blocos e corrida de detritos	-	442 mm/13 horas	-	-	Rodovia foi danificada, o que exigiu obras de estabilização da encosta
Rio de Janeiro – 13 e 14 de Fevereiro de 1996	Morros da área urbana do Rio de Janeiro (RJ)	Escorregamentos planares e corridas de detritos	2,13 km <sup>2</sup> com 1,6 km de extensão (Bacia do Quitite) 2,53 km <sup>2</sup> (Bacia do Papagaio) e outras bacias	300 mm/48 horas	5,3 m/s	495.820 m <sup>3</sup> (considerando os processos ocorridos em todos os morros)	59 mortes, várias casas destruídas e muitos desabrigados
Rodovia Anchieta – 12/12/1999	Km 42 da rodovia (Rio Pilões) – Cubatão (SP)	Escorregamentos e corrida de detritos	Bacia do Rio Pilões (3,2 km de extensão)	128 mm/ 24 horas 200 mm/ 48 horas 274 mm/ 72 horas (dias 10, 11 e 12, respectivamente)	-	300.000 m <sup>3</sup>	200 m de área afetada e tráfego interrompido por várias semanas
Petrópolis – 24/12/2001	Área urbana e rural de Petrópolis (RJ)	Escorregamentos e corridas de detritos	-	300 mm/ 24 horas	-	-	51 mortes, 22 pessoas desaparecidas e 5.017 desalojadas
Vale do Itajaí – Novembro de 2008	Bacia do Rio Itajaí (SC)	Escorregamentos translacionais, rotacionais e corrida de detritos e de lama	-	185,8 mm/48 horas	-	-	78.000 pessoas desalojadas, 135 mortes e 2 desaparecidos no Estado
Teresópolis – 21/12/2002	Área urbana de Teresópolis (RJ)	Escorregamentos	Município de Teresópolis (RJ)	140 mm/ 4 horas	-	-	14 mortes e 193 desabrigados
Angra dos Reis – 09/12/2002	Área urbana e rural de Angra dos Reis (RJ)	Escorregamentos e corridas de detritos e de lama, acompanhadas de inundação	-	240 mm/ 24 horas	-	20 toneladas	42 mortes, 100 feridos e mais de 500 pessoas desabrigadas
Petrópolis – 11/01/2003	Área urbana e rural de Petrópolis (RJ)	Escorregamentos	Bairro do Contorno	140 mm/ 40 minutos	-	-	17 mortes
Nova Friburgo – 04/01/2007	Área urbana e rural Nova Friburgo (RJ)	Escorregamentos	-	254 mm/ 72 horas	-	-	11 mortes e 4.196 desabrigados
Angra dos Reis – 01/01/2010	Área urbana e rural de Angra dos Reis (RJ)	Escorregamentos	87% do município foi afetado	420 mm/ 36 horas (entre 31/12/2009 a 01/01/2010)	-	-	53 mortes
Niterói e Rio de Janeiro – 05 a 08/04/2010	Área urbana de Niterói (RJ) (Bairro Viçoso Jardim) e área urbana do Rio de Janeiro (RJ) (Jardim	Escorregamentos	Morro do Bumba (Niterói) e Morro dos Prazeres (Rio de Janeiro)	248 mm/ 13 horas (05/04/2010)	-	-	176 mortes e 15.000 desabrigados (no total, para os dois locais)

Continuação do quadro 4.

	Botânico)						
Córrego D'antas e Córrego das Vieiras – Janeiro de 2011	Nova Friburgo (RJ)	Escorregamentos e corrida de detritos	52 km <sup>2</sup> (Bacia do Córrego D'antas) 33 km <sup>2</sup> (Bacia do Córrego das Vieiras) 7,5 km de extensão	266 mm/48 horas	8,5 m/s	-	429 mortes, pessoas desaparecidas, 3.220 desalojados, 2.031 desabrigados e inúmeros prejuízos
Bairro da Posse - Janeiro de 2011	Teresópolis (RJ)	Escorregamentos translacionais e corrida de detritos	12 km <sup>2</sup> 4,8 km de extensão	270 mm/24 horas	-	-	343 mortes, pessoas desaparecidas, 9.110 desalojados, 6.727 desabrigados e inúmeros prejuízos
Córrego do Cuiabá – Janeiro de 2011	Petrópolis (RJ)	Escorregamentos translacionais, rotacionais, corrida de detritos e de terra	36 km <sup>2</sup> 15 km de extensão	-	-	100.000 m <sup>3</sup>	71 mortes, pessoas desaparecidas, 6.223 desalojados, 191 desabrigados e inúmeros prejuízos
Serra da Prata – 11/03/2011	Morretes e Paranaguá (PR)	Escorregamentos e corrida de detritos	50 km <sup>2</sup>	348 mm/72 horas	-	-	Prejuízos por destruição total ou parcial de casas, ruas, estradas, pontes e lavouras. 21 pessoas feridas e 1 óbito
Ribeirão Cágado - 2013	Cubatão (SP)	Escorregamentos e corrida de detritos	0,26 km <sup>2</sup>	273,6 mm/24 horas	-	-	Danos na adutora da Sabesp
Córrego Guarda-Mão – Janeiro de 2014	Itaoca (SP)	Escorregamentos e corrida de detritos	7,16 km <sup>2</sup>	210 mm / 2 horas	-	-	Destruição de plantações, moradias, pontes, estradas, 25 mortos e 2 desaparecidos
Petrópolis – 17 a 18/03/2013	Área urbana de Petrópolis (RJ)	Escorregamentos e corridas de detritos	Bairros Quitandinha, Independência, Alto da Serra, Sargento Boening, Siméria e Lopes, Trovão	355 mm/ 24 horas (17/03/2013)	-	-	33 mortes e 1.463 desabrigados
Cubatão – 22/02/2013	Área urbana de Cubatão (SP)	Escorregamentos e corridas de detritos	Bairros Cota 95, Cota 200, Água Fria, Caminho dos Pilões, Vila São José, Vila Noel, Vila Esperança e Mantiqueira	200 mm/ 2 horas	-	-	1.500 desabrigados

## 2.2. Avaliação do risco a processos de movimentos de massa

Este sub-capítulo irá dedicar-se às discussões relacionadas ao emprego das técnicas utilizadas para avaliação do risco a processos de movimentos de massa, com ênfase no método de compartimentação fisiográfica, no mapeamento do uso e ocupação da terra e na análise multicriterial como um procedimento que viabiliza a combinação de diferentes componentes a partir da ponderação de pesos distintos para cada plano de informação. Entretanto, previamente faz-se necessário distinguir alguns termos que equivocadamente se confundem: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade, acidente e risco.

O termo **susceptibilidade** refere-se à predisposição de uma área à ocorrência de um determinado fenômeno, independente do seu poder de destruição e período de recorrência (CERRI; AMARAL, 1998; GABELINI, 2017). Riffel et al. (2016) salientam que a suscetibilidade está ligada apenas ao sistema natural, sem levar em consideração a ação antrópica, representando somente a fragilidade do ambiente. Desse modo, considerando processos de movimentos de massa, a avaliação da suscetibilidade pressupõe a consideração de vários fatores (de ordem geológica e geomorfológica) que condicionam a ocorrência dos escorregamentos (GABELINI, 2017).

O termo **perigo** refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e em um período especificado (TOMINAGA et al., 2009).

A **vulnerabilidade**, segundo o Ministério da Integração Nacional, é definida como o grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo (BRASIL, 2012). Tominaga et al. (2009) resumem o termo como “grau de suscetibilidade do elemento exposto ao perigo”.

Segundo Cerri e Amaral (1998), o **acidente** ocorre quando

a ocorrência de um fenômeno geológico pode gerar perdas e danos materiais e humanos ou referir-se a um evento quando não há registro de danos relacionados a ele.

**Risco**, segundo os mesmos autores, refere-se a uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência

de processo geológico, induzido ou não. Resumidamente, risco está relacionado à possibilidade da ocorrência de um evento (como movimentos de massa) tenha consequências sociais e econômicas (CERRI; AMARAL, 1998).

Portanto, aplicando-se os conceitos de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, pode-se afirmar que as áreas de risco são resultado da ocupação de áreas suscetíveis a fenômenos ou processos naturais, tais como movimentos de massa, oferecendo perigo para a população e sujeitando-a a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais.

### **2.2.1. A técnica de compartimentação fisiográfica**

A compartimentação fisiográfica é o método utilizado para agrupar os elementos constituintes do meio físico de acordo com suas semelhanças e diferenças (OLIVEIRA, 2004). Segundo Vedovello (2000), consiste em dividir uma determinada região em áreas que apresentem, internamente, características fisiográficas homogêneas e distintas das áreas adjacentes.

A compartimentação é efetuada pela análise dos elementos componentes do meio físico, que podem ser de natureza geológica ou geomorfológica, e da identificação de aspectos locais desses elementos, ou seja, das suas formas de ocorrência (VEDOVELLO; MATTOS, 1993; 1998). Cardoso et al. (2009), Silva et al. (2010) e Zaine (2011) corroboram tal afirmação, salientando que para a compartimentação ser realizada deve ter como referência, principalmente, as propriedades texturais (relevo, forma e estrutura de drenagem) do meio analisado.

De acordo com Pilachevsky (2013), alguns procedimentos de individualização das unidades do meio físico facilitam a interpretação das propriedades texturais, dentre eles, as técnicas de sensoriamento remoto. Assim, Soares et al. (1982) salientam que as estruturas geológicas podem ser refletidas em superfície e esse reflexo é passível de identificação através de produtos de sensores remotos, por meios específicos de técnicas de análise e interpretação. Vedovello (2008) complementa, salientando que as imagens são capazes de demonstrar a organização espacial do meio físico, sobre os quais é possível traçar limites.

Nesse contexto, Veneziani e Anjos (1982) sistematizaram um método lógico baseado na análise dos elementos de relevo e da rede de drenagem, das formas

resultantes e de suas propriedades, subsidiado por estudos preliminares de Soares e Fiori (1976), Guy (1966) e Rivereau (1969). Soares et al. (1978) adaptaram essas metodologias para análise em imagens de sensoriamento remoto orbital, seguindo os mesmos preceitos. Nesse método, o processo de fotointerpretação envolve inicialmente a identificação dos elementos da imagem com os objetos e a análise das relações entre as imagens e, finalmente, a descoberta ou avaliação do significado e função dos objetos e suas relações. Assim, nesse método três etapas são fundamentais, a saber:

- Fotoleitura - reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição;
- Fotoanálise - reconhecimento das leis e da complexidade de organização dos elementos de textura para a caracterização das formas de interesse;
- Fotointerpretação - estabelecimento de uma correlação entre a imagem produzida pelo sensor e o modelo do fenômeno no terreno (VENEZIANI; ANJOS, 1982; SOARES; FIORI, 1976; SOARES et al., 1978).

A fotoleitura exige o conhecimento das técnicas e processos de obtenção da fotografia ou imagem de sensoriamento remoto orbital, tais como a câmera ou o sensor, a geometria da imagem, as propriedades da visão estereoscópica, as emulsões de impressão e as formas de energia captáveis. Constitui um requisito para o bom desempenho na análise e interpretação das imagens (VENEZIANI; ANJOS, 1982; SOARES; FIORI, 1976; SOARES et al., 1978).

Na fotoanálise, por conseguinte, os interesses são fundamentalmente os elementos naturais da paisagem. O relevo e a drenagem constituem os objetos principais da avaliação da imagem para a obtenção de informações geológicas. Estão envolvidas nessa etapa a análise de elemento de textura, a densidade de textura, a estrutura, forma e as zonas de repartição e limites (VENEZIANI; ANJOS, 1982; SOARES; FIORI, 1976; SOARES et al., 1978). Assim, o quadro a seguir sumariza as características de cada uma das propriedades texturais de imagens.

**Quadro 5.** Características das propriedades texturais de imagens. Fonte: Adaptado de Mattos (2011).

<b>PROPRIEDADE TEXTURAL</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
Elemento de textura	Menor superfície contínua e homogênea distinguível na imagem e passível de repetição
Densidade de textura	Quantidade de elementos texturais por unidade de área da imagem
Estrutura	Padrão de organização no espaço dos elementos texturais
Forma	Conjunto de elementos texturais estruturados por um padrão. É caracterizada pela propriedade dos elementos texturais (de relevo e drenagem), densidade de textura, estrutura, grau de estruturação e ordem de estruturação
Zonas de repartição e limites	Zonas de repartição dos elementos texturais onde se repetem e possuem a mesma estrutura. Limites separam as zonas homólogas com propriedades texturais e/ou estruturais diferentes

No quadro 5 nota-se o destaque para os aspectos texturais. Isso ocorre porque as variações na textura do relevo e da drenagem constituem a propriedade fundamental na análise da imagem, visto que permitem separar feições com significados diferentes ou associar feições com os mesmos significados (SOARES; FIORI, 1976).

A última etapa do método lógico é a fotointerpretação, na qual são estabelecidas correlações entre a textura na imagem e as características e propriedades geotécnicas dos materiais que são imageados, ou seja, é realizada uma relação entre os níveis de cinza da imagem e a superfície do terreno. Esta relação deriva dos fatores que controlam as propriedades da imagem, os quais são relacionados com as formas de relevo e a drenagem. Um dos fatores é o morfogenético, responsável pela modelagem das formas de relevo e da drenagem. Deve-se considerar os fatores clima, tectônica, nível base, descarga de água e sedimento. Além destes, outro fator deve ser considerado: o tempo, que representa a perspectiva histórica da evolução do sistema (VENEZIANI; ANJOS, 1982; SOARES; FIORI, 1976; SOARES et al., 1978).

### **2.2.2. O uso e ocupação da terra nas análises de risco a movimentos de massa**

Previamente às discussões a respeito da importância do mapeamento do uso e ocupação nas avaliações de risco a movimentos de massa, é relevante esclarecer que o presente trabalho optou pelo uso do termo “uso e ocupação da terra” por se constituir em um conceito mais amplo do que “uso e mapeamento do solo”, uma vez que terra compreende todas as condições do ambiente físico, do qual o solo é apenas uma parte (YOUNG, 1976 apud WEILL, 1990).

Considerando que o conceito de risco a movimentos de massa está associado não apenas aos processos naturais, mas também aos processos induzidos pelo homem, torna-se essencial incorporar em estudos de mapeamento de risco a componente “uso e ocupação da terra”. É importante ressaltar que a suscetibilidade de uma área com relação a incidência de um determinado movimento de massa caracteriza a sua ocorrência, ao passo que o risco envolve a possibilidade de que esse processo seja acompanhado de danos e perdas (PITANGA et al., 2015).

Assim, o mapeamento do uso e ocupação da terra procura representar a forma como o espaço está sendo ocupado pelas diversas atividades desenvolvidas pelo homem. Nardini (2009) corrobora e complementa tal assertiva, salientando que o levantamento do uso da terra, em uma determinada região, torna-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Ademais, o conhecimento das características da ocupação de um determinado uso como um dos fatores condicionantes do perigo e da vulnerabilidade é de fundamental importância nas avaliações de risco a movimentos de massa (FUJIMOTO et al., 1996; HOLL et al., 2001; ROSSINI-PENTEADO et al., 2007).

Conforme já discutido em capítulos anteriores, as formas de uso da terra atuam decisivamente na deflagração de movimentos de massa, especialmente em áreas ocupadas para habitação. A retirada da vegetação contribui para rápida saturação do solo durante chuvas intensas. Escavações e a instalação de casas e prédios em terrenos inclinados podem desestabilizar a cobertura superficial. A abertura de ruas e caminhos seguindo a declividade das encostas contribui para concentração de fluxos d'água superficiais e subsuperficiais, gerando zonas de saturação propícias a ocorrência de movimentos (DIAS; HERMANN, 2002). Portanto, o grande agente

deflagrador da instabilidade de nossas encostas corresponde à ação humana, por meio da modificação da dinâmica natural, o que é claramente evidenciado pelos inúmeros exemplos de escorregamentos associados a intervenções no meio físico com cortes e aterros para a construção de moradias em encostas íngremes (TOMINAGA et al., 2009). Resumidamente, Cerri e Amaral (1998) destacam que a intensificação das atividades humanas tem aumentado a frequência dos movimentos de massa, visto que eles podem ser induzidos, acelerados e potencializados pelas alterações decorrentes do uso e ocupação da terra.

Assim, no Brasil, nas últimas décadas, observou-se um intenso processo de urbanização da população, onde o último censo populacional mostrou que 84% (160.925.804 de habitantes) da população brasileira vive em áreas urbanas (IBGE, 2010). Nesse sentido, observa-se uma tendência da população em viver em áreas urbanas, que, muitas vezes, não apresentam condições de infraestrutura adequada, acarretando em problemas sociais e ambientais (SILVA-JÚNIOR, 2015). Ademais, essa concentração nos grandes centros urbanos não tem sido acompanhada de ações governamentais eficientes para o ordenamento do uso e ocupação, levando principalmente a população mais carente a ocupar áreas naturalmente inadequadas e suscetíveis a processos geológicos sem os mínimos preceitos técnicos e observância da legislação vigente (PFALTZGRAFF, 2007). Nesse contexto, emerge a preocupação com a ocorrência de desastres naturais, que podem ser definidos como o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, que causa sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto (MARCELINO, 2008).

Como suporte à utilização dessas abordagens, as técnicas de sensoriamento remoto integrado à tecnologia de sistemas de informações geográficas, são ferramentas de grande utilidade para a realização de pesquisas aplicadas ao estudo de identificação e mapeamento do uso das terras (SAIZ; FILHO, 1996). Rodriguez (2000) destaca que a análise do uso e cobertura da terra, mediante informações de sensoriamento remoto, constitui-se em uma técnica de grande utilidade ao voltar-se para o planejamento e ocupação do meio físico, pois além de possibilitar uma avaliação e monitoramento das áreas ocupadas pelo homem, fornece produtos capazes de subsidiar a observação, o planejamento e a gestão de áreas para uma

melhor utilização racional dos recursos naturais e prevenção de desastres. Mazzocato (1998) ressalta que o uso integrado das geotecnologias tem levado ao desenvolvimento de trabalhos em que a atividade humana constitui o alvo principal de atenção, tendo em vista que as mudanças se materializam no espaço (NOVO, 2010).

Nesse sentido, inúmeros trabalhos no cenário nacional e internacional envolvendo análises de uso e ocupação da terra como uma componente na avaliação do risco a movimentos de massa vêm sendo publicados, tais como Tominaga (2007), Di et al. (2008), Marques (2011), Cevasco et al. (2014), Galve et al. (2014), Promper et al. (2014), Gaprindashvili e Van Westen (2016), Corrêa et al. (2017a), Oliveira et al. (2017), Rodrigues e Listo (2017), Guillard-Gonçalves e Zêzere (2018), dentre outros.

### **2.2.3. A técnica de análise multicriterial na avaliação de risco a movimentos de massa**

De acordo com Marcelino (2008), uma das principais ferramentas para a avaliação do risco a movimentos de massa são as geotecnologias, representadas especialmente pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS). As geotecnologias possibilitam a coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados, que devido a complexidade dos movimentos de massa, seriam praticamente inviáveis de serem tratados utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais. Com estas ferramentas produzem-se informações em pouco tempo e com baixo custo, combinando dados espaciais multi-fontes, a fim de analisar as interações existentes entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e dar suporte as tomadas de decisões (BONHAM-CARTER, 1996; VAN WESTEN et al., 2008; FEIZIZADEH et al., 2014).

Marcelino (2008) ainda destaca que as geotecnologias podem ser empregadas em diferentes fases na gestão de riscos a movimentos de massa. Na **prevenção**, que concentra basicamente as avaliações de risco, os dados geoambientais, que podem ser obtidos com o auxílio das imagens de satélite e GPS, são transformados em planos de informações no SIG. Dependendo do software utilizado, são

selecionados modelos matemáticos que são aplicados no cruzamento das informações, para obtenção dos planos resultantes, como os mapas de perigo, vulnerabilidade e risco. Na fase de **preparação**, momentos antes do impacto, as geotecnologias são utilizadas na definição de rotas de evacuação, identificação de abrigos e centros de operações de emergência, criação e gerenciamento de sistemas de alerta e elaboração de modelos meteorológicos e hidrológicos utilizados na previsão. Nesta fase, as imagens de satélites e fotografias aéreas geralmente são utilizadas para fornecer as informações de base para a caracterização das áreas afetadas, bem como realizar o monitoramento dos desastres. Nas ações de **resposta**, com um SIG é possível gerenciar de maneira eficiente e rápida as situações mais problemáticas, como as ações de combate a sinistros (conter efeitos adversos) e de socorro às populações afetadas (busca e salvamento). No SIG, um banco de dados associados a um mapa da área urbana, poderá fornecer informações completas sobre abrigos, hospitais, polícia, bombeiro, dentre outros. Já o GPS é extremamente útil nas operações de busca e salvamento em áreas que foram devastadas. Essas áreas ficam muitas vezes descaracterizadas dificultando a orientação e a localização de ruas e edificações. Na **reconstrução**, as geotecnologias também são amplamente empregadas na realização do inventário, avaliação dos danos e na identificação de áreas seguras para a relocação e reconstrução das comunidades afetadas, que serão posteriormente inseridas em um banco de dados para serem utilizadas novamente na fase de prevenção e preparação (MARCELINO, 2008).

Especificamente na etapa de avaliação de risco, classificada como preventiva por Marcelino (2008), foco do presente trabalho, podem ser empregadas várias técnicas de geoprocessamento e modelagem, através do emprego de operadores espaciais como booleanos, análise multicriterial, árvores de decisão, fuzzy ou bayseanos (LOPES, 2006). Dentre estas destaca-se a análise multicriterial, que integra e sobrepõe ponderadamente múltiplos planos de informação em um produto cartográfico único, possibilitando avaliar de maneira igualitária aspectos ambientais e socioeconômicos, configurando-se como uma ferramenta poderosa para o processo de tomada de decisões, como a avaliação de riscos a movimentos de massa (PENIDO et al., 1998; LUCENA, 1999; MALCZEWSKI, 1999; FERREIRA et al., 2008; TUDES; YIGITER, 2010). Ding et al. (2006) salientam que como existem

vários agentes deflagradores destes processos (e.g. características do relevo, movimentos tectônicos, processos erosivos, profundidade do lençol freático) e as possibilidades de interação são complexas, é quase impossível determinar a relação espacial entre esses fatores através de métodos convencionais. Assim, Feizizadeh et al. (2014) salientam que as análises espaciais associadas com métodos de avaliação multicriterial tem sido largamente utilizadas na elaboração de mapa de riscos a movimentos de massa porque esse tipo técnica permite que informações de diferentes fontes possa ser consideradas e combinadas, facilitando o processo de tomada de decisões. Segundo Malczewski (2006), a técnica da análise multicriterial é útil nas análises mais complexas porque ela permite que os critérios sejam organizados hierarquicamente, além de possibilitar o estabelecimento de relações entre os componentes distintos de um problema a ser estudado.

Assim, mapas de risco a movimentos de massa podem ser produzidos pela técnica de análise multicriterial através da sobreposição dos planos de informação relacionados à litologia de um dado local, sua geologia estrutural, topografia, clima, cobertura vegetal, uso e cobertura da terra e condições hidrogeológicas (HUTCHINSON, 1988; ANBAZHAGAN; RAMESH, 2014; REGMI et al., 2014). Esses mapas podem ser utilizados para identificar e delimitar as áreas mais propícias a riscos e instabilidades, auxiliando planejadores e tomadores de decisões a selecionarem locais que são mais favoráveis e aptos ao estabelecimento de obras de infraestrutura, prédios, rodovias e de proteção ambiental (XU et al. 2012; ANBAZHAGAN; RAMESH, 2014).

Nesse sentido, inúmeros trabalhos no cenário nacional e internacional vêm empregando a análise multicriterial como técnica para sobrepor ponderadamente distintos planos de informação, de modo a obter produtos cartográficos únicos para subsidiar a avaliação de riscos a movimentos de massa, e.g. Pandey et al. (2008), Castro-Gomes et al. (2010), Varanda et al. (2010), Fernandes-da-Silva e Cripps (2011), Bathrellos et al. (2012), Corominas et al. (2014), Costa e Costa (2014), Sujatha e Rajamanickam (2015), Nascimento (2016), Gheshlaghi e Feizizadeh (2017). Os respectivos autores, de modo geral, sobreporam e ponderaram por inferência de distintos pesos dados geológico-geotécnicos e socioeconômicos, cujo resultado foi o mapa de risco a movimentos de massa.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este capítulo é dedicado às discussões dos principais métodos, técnicas e procedimentos que foram empregados nesta pesquisa, conforme apresentado na figura 16.

#### **3.1. Levantamento bibliográfico e definição da área de estudo**

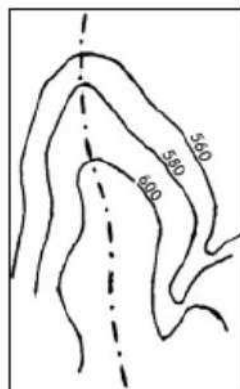
##### **3.1.1. Delimitação e caracterização da área de pesquisa**

As bacias hidrográficas selecionadas para a realização deste projeto estão inseridas nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião (SP) e compreendem às bacias do Rio Bacuí, Maçaguaçu, Guaxinduba, Santo Antônio, Pau D'alho, Canivetal, Ribeirão da Lagoa, Rio Grande, Camburu, Piraçununga, Rio Claro, Perequê, Perequê-Mirim, São Tomé, Enseada, São Francisco, Vila Baby, Barequeçaba e Ribeirão Grande. Estes locais foram selecionados como objetos de pesquisa devido a ocorrências frequente de movimentos de massa, à diversidade geológica e morfológica existentes e principalmente por caracterizarem-se por áreas de alta suscetibilidade a estes processos geológicos, tais como escorregamentos, corridas e quedas de blocos. Ademais, a região também possui relevância econômica, ambiental e social, devido à existência de extensas faixas dutoviárias, à presença de um Terminal operado pela Transpetro em São Sebastião (SP), grandes remanescentes florestais e malha urbana em crescente expansão.

A delimitação da área da pesquisa seguiu os preceitos da hidrologia, seguindo as orientações de Pedrazzi (2004). Nestas, as bacias hidrográficas são demarcadas a partir de uma planta planialtimétrica, na qual é traçada uma linha divisora de águas que permite individualizar e distinguir as bacias hidrográficas circunvizinhas. Assim, segundo as diretrizes do respectivo autor, deve-se considerar as seguintes assertivas para o traçado do divisor de águas (D.A.) de uma bacia hidrográfica:

- O divisor de águas não deve cruzar e cortar nenhum curso d'água;
- Os pontos mais elevados apontados na carta topográfica, também denominados de “pontos cotados”, geralmente fazem parte do D.A.;

- O D.A. deve passar igualmente afastado quando estiver entre duas curvas de mesmo nível;
- O D.A. deve cortar as curvas de nível de forma mais perpendicular possível (Figura 15) (PEDRAZZI, 2004).



**Figura 15.** Exemplo de traçado do divisor de água na carta topográfica. Fonte: Pedrazzi (2004).

Assim, esta etapa foi realizada com o auxílio das imagens orbitais do *software Google Earth Pro* (versão 7.3.2.5491), da coletânea de imagens do *Basemap* do *software ArcGIS 10.2.2* (ESRI, 2014; 2018) e de cartas topográficas georreferenciadas em escala 1:50.000 (IBGE, 1973; 1974a; 1974b; 1975), com as respectivas curvas de nível e a drenagem local vetorizadas. Nesse sentido, cada uma das bacias hidrográficas supracitadas foi delimitada em ambiente SIG. Após esse procedimento, a região foi caracterizada segundo seus aspectos geológicos, geomorfológicos, pluviométricos e socioeconômicos, subsidiado pela etapa de levantamento bibliográfico (3.1.2).

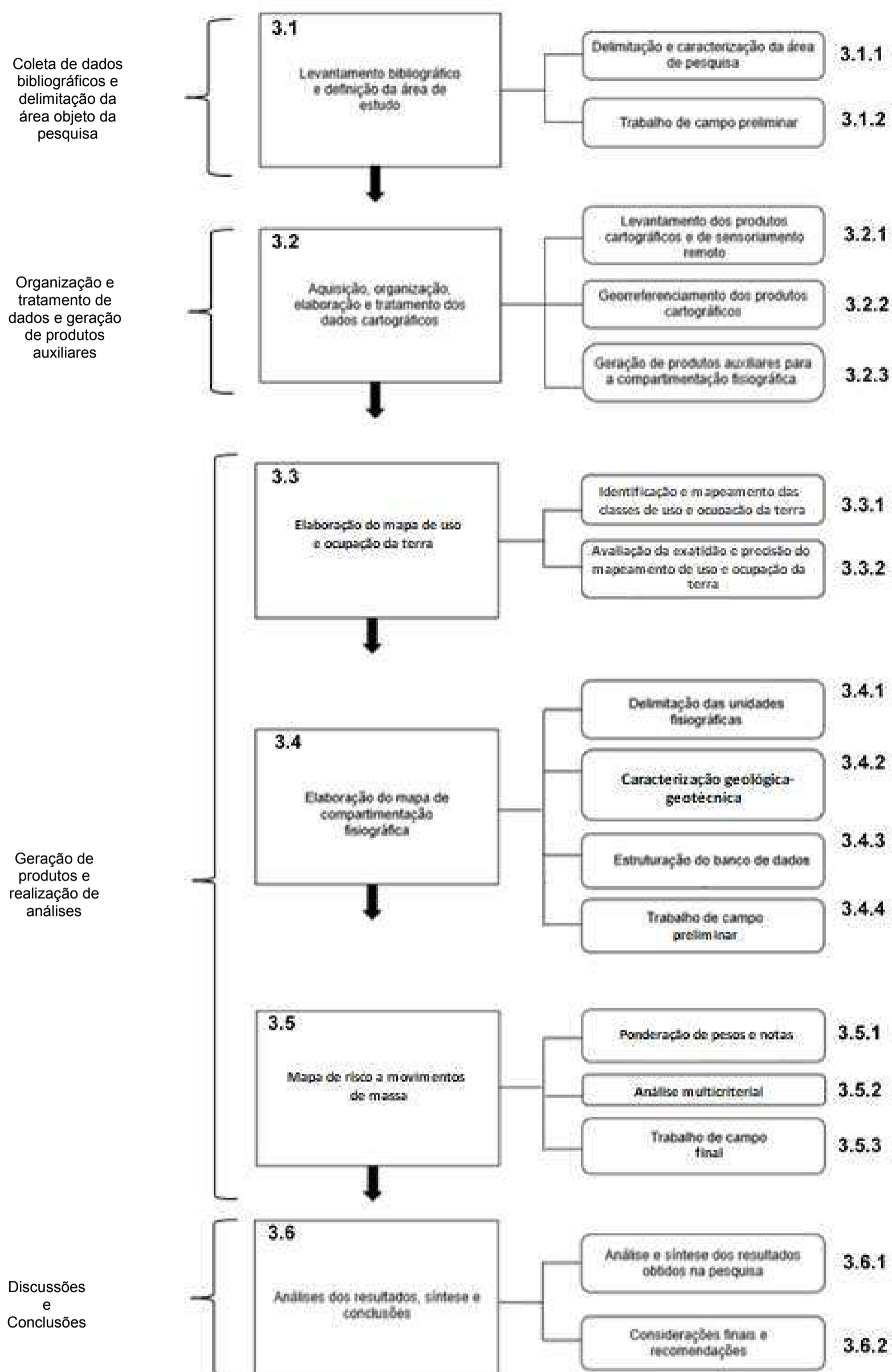


Figura 16. Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa.

### **3.1.2. Pesquisa bibliográfica em obras de referência**

Esta etapa foi baseada no levantamento das principais obras de referência acerca da temática movimentos de massa e sua ocorrência no Brasil, especialmente na região da Serra do Mar, na qual inserem-se as áreas alvo de estudo da pesquisa. Ademais, os processos, a dinâmica, os parâmetros naturais e antrópicos que condicionam estes processos foram investigados, bem como o emprego de Sensoriamento Remoto e SIG na identificação das áreas de risco a sua ocorrência.

Algumas das principais palavras-chave utilizadas no levantamento bibliográfico foram compartimentação fisiográfica, movimentos de massa, escorregamentos, corridas de massa, queda de blocos, análise multicriterial e mapas de risco a movimentos de massa, movimentos de massa na Serra do Mar e suas correspondências em inglês (*physiographic compartmentalization, mass movements, landslides, flows, falls, multicriteria analysis, risk maps to mass movements, mass movements in Serra do Mar*).

## **3.2. Aquisição, organização, elaboração e tratamento dos dados cartográficos**

### **3.2.1. Levantamento dos produtos cartográficos e de sensoriamento remoto**

Nesta fase foram realizados os levantamentos de produtos de sensoriamento remoto e da base cartográfica que comporam a pesquisa. Em relação à base cartográfica, foram adquiridas as cartas topográficas (formatos .pdf e vetorial) correspondentes às áreas das bacias selecionadas como objeto de estudo em escala 1:50.000 através da plataforma do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (IBGE, 1973; 1974a; 1974b; 1975).

Sobre as imagens de sensoriamento remoto, foram utilizadas imagens orbitais da plataforma *Basemap* do *software ArcGIS 10.2.2* (ESRI, 2014; 2018) e do *Google Earth Pro* (versão 7.3.2.5491). Ambas coletâneas são continuamente atualizadas e alimentadas com imagens orbitais de alta resolução.

Ademais, foram também utilizados mapas geomorfológicos e geológicos da área de estudo (CPRM, 1982a; 1982b; 1991; IG, 1996a; IG, 1996b; FLORENZANO; CSORDAS, 1993; ROSS; MOROZ, 1997) e arquivos vetoriais da malha de dutovias brasileiras, de estradas municipais, estaduais e federais, e dos limites territoriais dos municípios e estados brasileiros (ANP, 2017; DNIT, 2015; IBGE, 2016a; 2016b).

### **3.2.2. Georreferenciamento dos produtos cartográficos**

Os dados supracitados foram georreferenciados primeiramente em seu *datum* e sistema de coordenadas originais, em ambiente SIG (*software ArcGIS 10.2.2*). Segundo Martins (2010), o processo de georreferenciamento consiste “em relacionar as coordenadas da imagem com as coordenadas reais do local”. Assim, primeiramente foram georreferenciadas as cartas topográficas em escala 1:50.000, que foram definidas como a base cartográfica do respectivo projeto. Em seguida, foi aplicado o mesmo procedimento para os outros dados cartográficos. Seguindo as orientações do IBGE (2005), que estabeleceu a utilização do *datum* SIRGAS2000 em projetos cartográficos brasileiros, os mapas e arquivos vetoriais que estavam com outros *datums* foram submetidos à transformação geodésica pelo método *Molodensky*, que transforma diretamente coordenadas geodésicas, dadas em latitude, longitude e altura elipsoidal, por meio do aumento da componente horizontal e vertical, sem necessidade de uma conversão intermediária das coordenadas geodésicas para o sistema geodésico cartesiano (FRAU et.al., 2012). Ademais, adotou-se nesse projeto o sistema de coordenadas planas/ projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) como vigente, de modo a facilitar os cálculos envolvendo álgebras de mapas e o manuseio dos produtos cartográficos no trabalho de campo.

### **3.2.3. Geração de produtos auxiliares para a compartimentação fisiográfica**

Nesta fase, mapas temáticos ligados a parâmetros morfométricos foram confeccionados, de modo a auxiliar a etapa de compartimentação fisiográfica, além de caracterizar a área de estudo em seu aspecto geomorfológico. Para tal, inicialmente os arquivos vetoriais de drenagem, pontos cotados e curvas de nível

correspondentes às cartas topográficas supracitadas do IBGE foram submetidos a uma etapa de geoprocessamento simples no SIG *ArcGIS 10.2.2* utilizando-se a ferramenta “*Clip*”, que permite que um dado geográfico vetorial seja recortado de acordo com uma camada máscara que define a região de interesse. Nesse sentido, optou-se em exceder os limites da área de estudo em 600 metros, através da criação de um *buffer*, para minimizar possíveis distorções nas bordas durante a confecção dos mapas de cunho morfométrico. Assim, foram confeccionados os mapas de declividade, o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o mapa de hidrografia local, em escala 1:50.000.

A elaboração desses produtos cartográficos deu-se à através do geoprocessamento das curvas de nível e hidrografia oriundas das cartas topográficas do IBGE supracitadas. Em ambiente SIG foi realizado o processamento digital com a aplicação em cadeia das ferramentas algorítmicas “*Create TIN*”, “*TIN to Raster*” e “*Slope*”. Os processos “*Create TIN*” e “*TIN to Raster*” permitiram a geração de um arquivo *raster*, contendo em cada pixel um valor numérico associado relativo a sua cota altimétrica (Modelo Digital do Terreno – MDT/ hipsometria). O MDT representa matematicamente uma superfície tridimensional representativa da superfície real da área de estudo.

O comando “*Slope*”, por sua vez, permitiu a geração de outro *raster* contendo a informação angular do terreno associado a cada pixel do arquivo. Neste trabalho a unidade adotada para o mapa de declividade foi graus, e 5 intervalos foram geradas, adaptando-se a classificação de Gabelini (2017). A respectiva autora, analisando susceptibilidade a escorregamentos sob a ótica fisiográfica e quantitativa na mesma área de estudo deste projeto, estabeleceu os seguintes intervalos de declividade: 0-10°, 10-15°, 15-30°, 30-45° e maior que 45°. Nesse contexto, para esta pesquisa foram inferidas as seguintes divisões para a declividade da área: 0-5°, 5-20°, 20-35°, 35-50° e maior que 50°. As adaptações das classes de Gabelini (2017) foram realizadas de acordo com as análises feitas nessa pesquisa e baseada em trabalhos que trataram de restrições ao uso e ocupação do solo e de movimentos de massa na Serra do Mar (BACCARO, 1982; AGUIAR; SANTOS, 1991; DE BIASI, 1995; OKIDA, 1996; AUGUSTO FILHO, 2001; TOMINAGA et al., 2004). Não obstante, para o MDT a divisão das classes foi realizada em intervalos de 100 em 100 metros,

de modo a facilitar a etapa de fotoanálise na compartimentação fisiográfica, proposta por Zaine (2011).

Outros subprodutos também foram vetorizados, representados pelos mapas geológico (CPRM, 1982; CPRM, 1991; IG, 1996) e geomorfológico (FLORENZANO; CSORDAS, 1993). Destaca-se que o mapa geomorfológico elaborado por Florenzano e Csordas (op.cit.) foi utilizado somente para nortear as atividades de campo e auxiliar a etapa de fotointerpretação, na compartimentação fisiográfica, uma vez que sua escala é incompatível com a escala cartográfica aqui adotada.

### **3.3. Elaboração do mapa de uso e ocupação da terra**

#### **3.3.1. Identificação e mapeamento das classes de uso e ocupação da terra**

Segundo Begon et al. (2007), conhecer o uso e ocupação da terra permite entender a situação ambiental de uma área em avaliação, de forma a disponibilizar uma ampla gama de informações que servem de base para diagnósticos ambientais, planejamento e tomada de decisões, bem como o processo de avaliação de áreas de risco a movimentos de massa. Nesse sentido, existe a necessidade de uma atualização das informações de uso e ocupação da terra, para que suas tendências possam ser analisadas e monitoradas de forma adequada (LOCH, 2008). As primeiras classificações de uso da terra baseavam-se em trabalhos de campo, porém, atualmente, com o advento das imagens orbitais na década de 70, esses instrumentos foram incorporados na respectiva técnica como importantes ferramentas auxiliares. Nesse sentido, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, assim como as fotografias aéreas, permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a presença ou ausência da cobertura vegetal em cada momento (CAMPOS et al., 2004).

Portanto, a utilização de ferramentas geotecnológicas e imagens de sensoriamento remoto são opções excelentes e fundamentais para a identificação das classes de uso da terra, uma vez que o mapeamento baseado nas inspeções de

campo geralmente é oneroso financeiramente e demanda muito tempo, especialmente em áreas de estudo de grandes extensões.

Nesse contexto, de acordo com Cruz (1981), a interpretação de imagens de sensoriamento remoto é um processo pelo qual as “informações são obtidas por técnicas de observação, desenvolvimentos lógicos e acurados, chegando a conclusões” (CRUZ, 1981, p. 8). A função da interpretação é caracterizar as feições de interesse, de modo a facilitar a identificação de outras feições com características similares na imagem. Para tanto, são realizadas associações dos objetos por dedução (do geral para o particular), por indução (do particular para o geral) e por analogia, neste momento, relacionamos as propriedades do objeto com seu entorno (NOVO, 2010).

Assim, o mapeamento do uso e ocupação da terra foi realizado de modo manual, ou seja, não automático, e digitalmente em ambiente SIG (*ArcGIS 10.2.2*) a partir da interpretação visual das imagens orbitais da plataforma *Basemap* (ESRI, 2018). A coletânea de imagens do *Google Earth Pro* foi utilizada de maneira auxiliar para esclarecer eventuais dúvidas em relação à identificação de alvos específicos, uma vez que possui a opção *Street View*, recurso que disponibiliza vistas panorâmicas de 360° na horizontal e 290° na vertical e permite que o usuário visualize partes de algumas regiões do mundo ao nível do solo.

Novo (2010) destaca que durante a análise visual são executados procedimentos de detecção (identificação dos objetivos visíveis), reconhecimento (atribuição de nomes aos objetos detectados), análise (interpretação pelo analista da informação obtida), dedução (conclusão a respeito da informação, que dependerá de informações de contexto, conhecimento espectral de alvos, conhecimento do problema estudado e região de estudo), classificação (determinação final da classe de informação de uso) e avaliação de precisão (são comparadas uma série de pontos da imagem classificada com dados de trabalhos de campos confirmando ou refutando a classificação efetuada). Nesse sentido, essa pesquisa seguiu as proposições da respectiva autora e técnicas fotointerpretativas descritas por Ceron e Diniz (1966), Loch (1984; 2008), Marchetti e Garcia (1986) e Florenzano (2002), foram empregadas nas fases de detecção, reconhecimento, análise e dedução, no qual os elementos tonalidade, forma, textura, estrutura, contraste e sombra das feições são utilizados para distinguir os alvos na imagem. Ademais, a orientação do

IBGE (2013) quanto à definição e estabelecimento das classes foram consideradas, a qual sugere um sistema de classificação de uso da terra derivado da análise, conhecimento prévio dos tipos de uso do local e aperfeiçoamento, além de uma padronização de cores das classes no mapa final. Assim, as classes consideradas para a área em questão foram Área de Mineração, Área Descoberta, Área Urbana, Capoeira, Cicatriz de Escorregamento, Complexo Industrial, Corpo D'água Continental, Cultura Permanente, Cultura Temporária, Floresta, Pastagem, Piscicultura, Praia e Silvicultura (Quadro 6).

**Quadro 6.** Cores e classes definidas para uso e ocupação da terra de acordo com as orientações do IBGE (2013).

<b>CORES</b>	<b>CLASSES</b>
	Área de Mineração
	Área Descoberta
	Área Urbana
	Cicatriz de Escorregamento
	Complexo Industrial
	Corpo D'água Continental
	Cultura Permanente
	Cultura Temporária
	Floresta
	Pastagem
	Piscicultura
	Praia
	Silvicultura

### 3.3.2. Avaliação da exatidão e precisão do mapeamento de uso e ocupação da terra

Seguindo os pressupostos de Novo (2010), no que tange à etapa de avaliação da precisão do mapeamento das classes de uso da terra, sua qualidade e exatidão foi avaliada através da utilização do índice Kappa, que se configura como um dos parâmetros mais utilizados e eficientes para este tipo de análise (COHEN, 1960) (Equação 1). De acordo com Perroca e Gaidzinski (2003), o coeficiente Kappa retrata o grau de concordância dos dados, gerando um aspecto de confiabilidade e precisão dos dados classificados.

**Equação 1.** Cálculo do índice de Kappa. Fonte: Cohen (1960).

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_i + *x+i)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_i + *x+i)} \quad (1)$$

No qual:

$\hat{K}$  = Índice de concordância Kappa;

$r$  = número de linhas na matriz;

$x_{ii}$  = número de observações na linha[i] e coluna[i];

$x_i + e x + i$  = totais marginais da linha[i] e coluna[i], respectivamente;

$N$  = número total de observações.

O índice Kappa é obtido através da adoção de uma referência para comparação dos mapeamentos produzidos, também denominado de “verdade de campo” ou “referência terrestre” (LOBÃO et al., 2005). No caso deste trabalho, as referências terrestres foram obtidas através da realização de dois trabalhos de campo realizados (subcapítulos 3.4.4. e 3.5.5.). Desta maneira, é realizada uma tabulação cruzada indicando a proporção de casos presentes e/ou ausentes no mapa, cujos resultados são resumidos na forma de uma matriz de significância, na qual os elementos da diagonal principal indicam a significância da classificação (COHEN, 1960; RUDORFF et al., 2007).

O resultado obtido pelo coeficiente Kappa, varia no intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1, melhor a qualidade dos dados classificados. Vários são os índices para agrupar esses dados quantitativos para qualitativos, e, dentre eles, pode ser destacado o de Fonseca (2000) (Quadro 7).

**Quadro 7.** Agrupamento qualitativo do coeficiente Kappa. Fonte: Fonseca (2000).

Índice Kappa	Desempenho
<0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Assim, este procedimento foi realizado em ambiente SPRING 5.5.4 através da ferramenta validação. Esta, por sua vez, associa valores obtidos pelo processo automático de classificação com dados reais denominados de “referência terrestre”, coletados no trabalho de campo (CORRÊA, 2013).

### **3.4. Elaboração do mapa de compartimentação fisiográfica**

A elaboração do mapa de compartimentação fisiográfica compreendeu a dois procedimentos básicos: a compartimentação fisiográfica propriamente dita e a caracterização geológico-geotécnica (VEDOVELLO, 2008).

#### **3.4.1. Delimitação das unidades fisiográficas**

A realização da compartimentação fisiográfica seguiu as recomendações da interpretação pelo método lógico (GUY, 1966; SOARES; FIORI, 1976), que segundo Vedovello (2000) é passível de repetição por outros intérpretes ou aplicação em outras áreas. Neste método os estudos de textura, forma e estrutura das feições seguem as etapas de fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação. Segundo Soares e Fiori (1976), a etapa de fotoleitura compreende o reconhecimento dos elementos de textura de interesse na imagem; a fotoanálise faz a associação e ordenação das partes da imagem analisada e a fotointerpretação trata da análise da imagem visando à descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens (SOARES; FIORI, 1976).

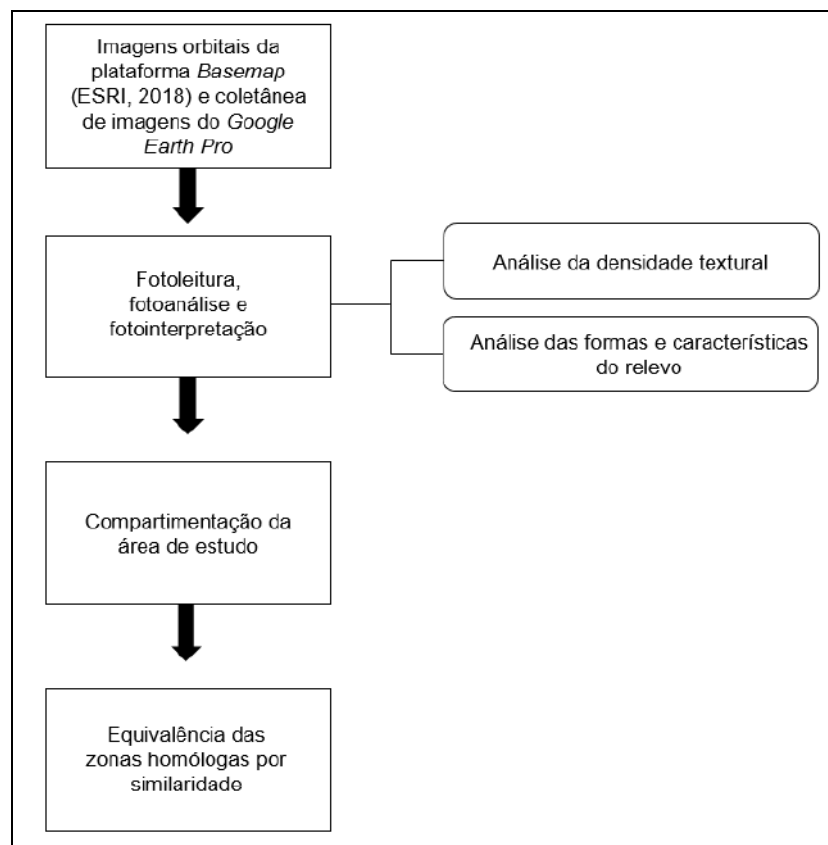
Uma vez que nesta pesquisa foram utilizadas imagens orbitais de sensoriamento remoto ao invés de fotografias aéreas, as adaptações propostas por Soares et al. (1978) e Veneziani e Anjos (1982) foram adotadas.

Nesse sentido, a fotoleitura consistiu na identificação das técnicas e dos processos realizados para a obtenção da imagem de satélite, bem como suas características (resolução espectral e espacial, bandas espectrais, dentre outras). Nessa etapa também foi realizado o reconhecimento geral das feições da paisagem presentes na imagem.

A etapa de fotoanálise consistiu, conforme Soares et al. (1978), na análise da forma, da textura e da estrutura dos elementos do relevo e da drenagem. Essa análise foi baseada nos itens 1 e 2 do quadro 8 proposto por Zaine (2011). O método do respectivo autor tem por finalidade a obtenção de uma carta geológico-geotécnica, seccionada em várias unidades de terreno, que incluem características referentes ao relevo, geologia e uso da terra, cujas informações são sintetizadas mediante a análise integrada, baseando-se no método lógico proposto por Soares e Fiori (1976).

Por fim, a fotointerpretação consistiu na identificação do significado das formas e características das unidades delimitadas no contexto de sua função para o ambiente.

Em síntese, o método de compartimentação fisiográfica adotado neste trabalho é pautado na análise fotogeológica de Zaine (2011) (Quadro 8) e reúne, dentre outras características, critérios morfométricos e geológicos fundamentais que contribuem na deflagração de movimentos de massa, tais como densidade de drenagem, declividade, forma do vale e forma da encosta, características do manto de alteração e relação de escoamento superficial/ infiltração, o que permite identificar locais com maior suscetibilidade a esses processos. A figura a seguir lista resumidamente as etapas da realização da compartimentação fisiográfica.



**Figura 17.** Etapas da realização da compartimentação fisiográfica. Adaptado de Pilachevsky (2013).

### 3.4.2. Caracterização geológica-geotécnica

A caracterização geológico-geotécnica foi baseada nos resultados da interpretação das imagens e também na realização de trabalhos de campo. É necessário salientar que esta etapa foi considerada como um subproduto obtido a partir das análises fisiográficas, e, portanto, são consideradas de caráter preliminar, podendo ser detalhadas em estudos mais específicos.

As análises foram pautadas no item “Aplicações” da “Análise das formas e características do relevo” do quadro 8 proposto por Zaine (2011) e na verificação da unidade geológica e ocorrência de processos de movimentos de massa na área de estudo.

### 3.4.3. Estruturação do banco de dados

De modo a facilitar o manuseio dos dados documentais, arquivos vetoriais, imagens e outras informações, foi criado um banco de dados do respectivo projeto, cuja estrutura encontra-se no Apêndice 5. Para imagens georreferenciadas e arquivos vetoriais, o sistema de coordenada adotado foi a plana UTM e o *datum* SIRGAS2000, conforme as orientações do IBGE (IBGE, 2005).


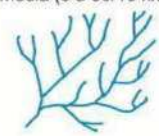





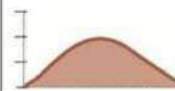
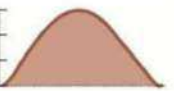















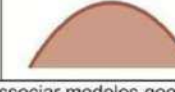

### 3.4.4. Trabalho de campo preliminar

A realização do trabalho de campo teve como finalidade o conhecimento da área de estudo, no que tange suas características ambientais e socioeconômicas.

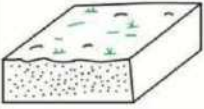





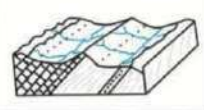

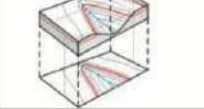
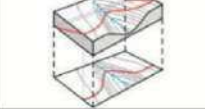
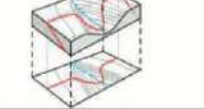
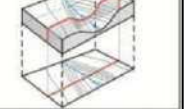




No que tange os aspectos ambientais, o local foi caracterizado em relação aos elementos do meio físico através da identificação e correlação dos dados contidos nos mapas geológico, geomorfológico, hipsométrico, de declividade, hidrográfico e evidências de processos de movimentos de massa. Ademais, observações em relação ao uso e cobertura da terra também foram registradas, principalmente em relação à expansão da malha urbana. Assim, como resultados, foram geradas fichas de campo com a caracterização dos aspectos físicos da área de estudo e possíveis ocorrências de movimentos de massa recentes e pretéritos.

Também foram verificadas e caracterizadas *in situ* as unidades fisiográficas previamente delimitadas e ajustados os modelos de compartimentação da área (limite das unidades), tendo como base o mapa preliminar ou das unidades fotointerpretadas.

**Quadro 8.** Critérios adotados para análise e fotointerpretação geomorfológica e geológica e delimitação das unidades de compartimentação fisiográfica. Fonte: Zaine (2011).

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo	Baixa (0 a 5/10 km <sup>2</sup> )	Média (5 a 30/10 km <sup>2</sup> )	Alta (> 30/ km <sup>2</sup> )
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem			
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)
2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande (> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)</small>		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
Registros de processos geológicos	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

Continuação do quadro 8.

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Tropa				
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)				
	c) Regra dos Vs				
	d) Sinuosidade* (drenagem)				
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al, (1995)</small>			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espaçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Homogênea	Mista	Heterogênea	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Baixo	Médio	Alto	
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta	
	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	
4. Análise complementar		CLASSES			
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos				
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto	
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos	
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilosas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos		
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**	
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reflorestamento)	
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente	
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente	
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)	
* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.					
** Corpos d'água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.					

### **3.5. Mapa de risco a movimentos de massa**

A elaboração do mapa de risco a movimentos de massa nas porções serranas e costeiras na região de Caraguatatuba e São Sebastião (SP) compreendeu a duas etapas: ponderação de pesos e notas aos planos de informação compartimentação fisiográfica e uso e ocupação da terra (3.5.1.) e análise multicriterial (3.5.2.). Os sub-capítulos a seguir irão descrever as técnicas e metodologias empregadas em cada uma dessas sub-etapas.

#### **3.5.1. Ponderação de pesos e notas**

Preliminarmente à análise multicriterial, foram atribuídos pesos e notas aos planos de informação “Compartimentação Fisiográfica” e “Uso e Ocupação da terra”, segundo a susceptibilidade de cada um aos processos de movimentos de massa. Nesse sentido, os pesos foram ponderados entre 0 a 100% para cada plano de informação e as notas aferidas entre 1 a 10 para as classes de uso da terra e de 1 a 3 para as unidades fisiográficas, considerando-se em ordem crescente o grau de susceptibilidade aos processos de movimentos de massa (Quadro 9). Quanto aos resultados do mapeamento do uso e ocupação da terra, as notas de cada classe foram empregadas seguindo os pressupostos de Guidicini e Nieble (1984), Cerri e Amaral (1998), Guerra (2013), Lino de Faria (2013) e Bortolucci et al. (2015). Para Guidicini e Nieble (op.cit.) na região de baixa suscetibilidade a movimentos de massa predominam as áreas de mata e de cultura perene. A cobertura vegetal atua como proteção e interceptação à água da chuva, à ação do vento e aos raios solares diretos, promovendo a diminuição da velocidade do escoamento superficial, enquanto o sistema radicular atua no aumento da resistência ao cisalhamento do solo, fornecendo estruturação e reduzindo a infiltração de água, aumentando, portanto, a coesão do solo (GUIDICINI; NIEBLE, 1984). Segundo Cerri e Amaral (1998), o potencial ao risco a movimentos de massa está intimamente relacionado está intrinsecamente relacionado aos danos ou à perda econômica, e, baseando-se nesta proposição, Lino de Faria (2013) atribuiu as seguintes ponderações nas classes de uso e ocupação da terra mapeadas: o peso maior foi dado às classes correspondentes às Áreas Edificadas por se entender que caso ocorresse algum

evento de movimento de massa nessa classe o dano seria maior, uma vez que são áreas ocupadas por edificações comerciais e residenciais. A classe Área Agrícola foi considerada a segunda classe com o maior potencial de risco, pois compreende áreas com cultivo de hortaliças e, portanto, gera renda aos produtores. A classe Vegetação Rasteira ou Pastagem foi considerada a classe com o terceiro maior potencial de risco, uma vez que os possíveis danos iriam atingir apenas áreas que se destinam à alimentação de gado ou repouso da terra. Já as classes Vegetação Mista (rasteira e de médio porte), Vegetação Arbórea ou Arbustiva e Corpo d'água foram consideradas as classes com o menor peso por se tratarem de áreas onde caso ocorresse algum movimento de massa, os prejuízos não seriam significativos como nas classes anteriores (LINO DE FARIA, 2013). Na concepção de Guerra (2013) áreas urbanas, culturas sazonais, áreas de mineração e de solo exposto estão associadas às áreas de alta suscetibilidade. Estes tipos de uso indicam instabilidade e falta de proteção aos solos. Nas áreas urbanas, as construções e a pavimentação impedem a infiltração, causando efeitos negativos devido ao aumento do escoamento superficial e redução na recarga da água subterrânea. Os solos sem cobertura vegetal estão expostos diretamente ao impacto da chuva e da ação dos ventos, aumentando os efeitos do escoamento superficial (GUERRA, 2013). Bortolucci et al. (2015), analisando suscetibilidade a escorregamentos na região de entorno de reservatórios, baseando-se nas proposições de Guidicini e Nieble e Guerra (2013), atribuiu um peso de 45% para o plano de informação "Uso e Ocupação da terra" e, para as classes, nota 1 para áreas de floresta nativa, e cultura perene, 2 para pastagens, culturas temporárias e áreas urbanas com crescimento ordenado e 3 para locais de solo exposto, áreas de mineração e áreas com crescimento urbano desordenado (BORTOLUCCI et al., 2015).

Em relação às unidades fisiográficas, as notas foram atribuídas segundo os próprios resultados obtidos pelo mapa de compartimentação fisiográfica, considerando-se na tabela de aspectos geológicos-geotécnicos a coluna "Potencial a movimentos gravitacionais de massa", cujas notas variaram de 1 (baixo potencial) a 3 (alto potencial) (Quadro 8). Ademais, seguindo a assertiva de Bortolucci et al. (2015), o peso de 55% foi estabelecido para o plano de informação "Compartimentação Fisiográfica".

**Quadro 9.** Esquema dos pesos e notas atribuídos para realização da avaliação multicriterial.

Plano de informação	Peso de influência <sup>2</sup>	Notas das unidades fisiográficas e classes de uso
Compartimentação fisiográfica	55%	1, 2 e 3 (baixa, média e alta suscetibilidade a movimentos de massa, respectivamente)
Uso e ocupação da terra	45%	1, 2, 3, 4 e 5 (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta suscetibilidade a movimentos de massa, respectivamente)

### 3.5.2. Análise multicriterial

A geração do mapa de risco a movimentos de massa se deu a partir dos dados resultantes da compartimentação fisiográfica e do mapeamento do uso e ocupação da terra, que foram integrados através da abordagem multi-temática em ambiente *ArcGis 10.2.2* com a aplicação da ferramenta *Raster calculator*, por meio do método de sobreposição ponderada, também conhecido como análise multicriterial (CORRÊA, 2013). Assim, inicialmente os arquivos vetoriais das unidades fisiográficas e de classes de uso da terra foram submetidos à etapa de geoprocessamento para conversão em arquivo matricial através da ferramenta *Feature to Raster*, sendo que, em seguida, com o auxílio do algoritmo *Reclassify*, os mesmos arquivos matriciais foram reclassificados de acordo com as notas predefinidas nas unidades fisiográficas e nas classes de uso da terra da etapa anterior (3.5.1.). Por fim, a ferramenta *Raster calculator*, que realiza operações com álgebras de mapas, foi utilizada para geração do mapa de risco a movimentos de massa, de modo que nesta foi estabelecida uma equação a partir da soma dos planos de informação “Compartimentação Fisiográfica” e “Uso e Ocupação da terra”, multiplicados pelo peso de influência estabelecidos na etapa 3.5.1 (Equação 2).

**Equação 2.** Cálculo do risco a movimentos de massa na ferramenta *Raster Calculator* (ESRI, 2014).

$$R = ([S1] * PI1) + ([S2] * PI2) \quad (2)$$

<sup>2</sup> O peso de influência dos planos de informação seguiu as proposições de Bortolucci et al. (2015). Os pesos variam de 0 a 100% e o grau de suscetibilidade a movimentos de massa aumenta em ordem crescente (0% - menor suscetibilidade; 100% - maior suscetibilidade).

No qual:

$R$  = Risco a movimentos de massa;

$S1$  = Plano de informação 1;

$PI1$  = Peso de influência do plano de informação 1;

$S2$  = Plano de informação 2;

$PI2$  = Peso de influência do plano de informação 2.

### **3.5.3. Trabalho de campo final**

A última campanha de campo compreendeu a verificação *in situ* dos produtos cartográficos obtidos e consistiu, principalmente, na validação e identificação das áreas de risco produzidas a partir da análise multicriterial. Ademais, devido à extensão e dificuldade de acesso da área de estudo, pontos não coletados no primeiro trabalho de campo foram obtidos e outras localidades foram exploradas, especialmente nas porções sul, no município de São Sebastião (SP).

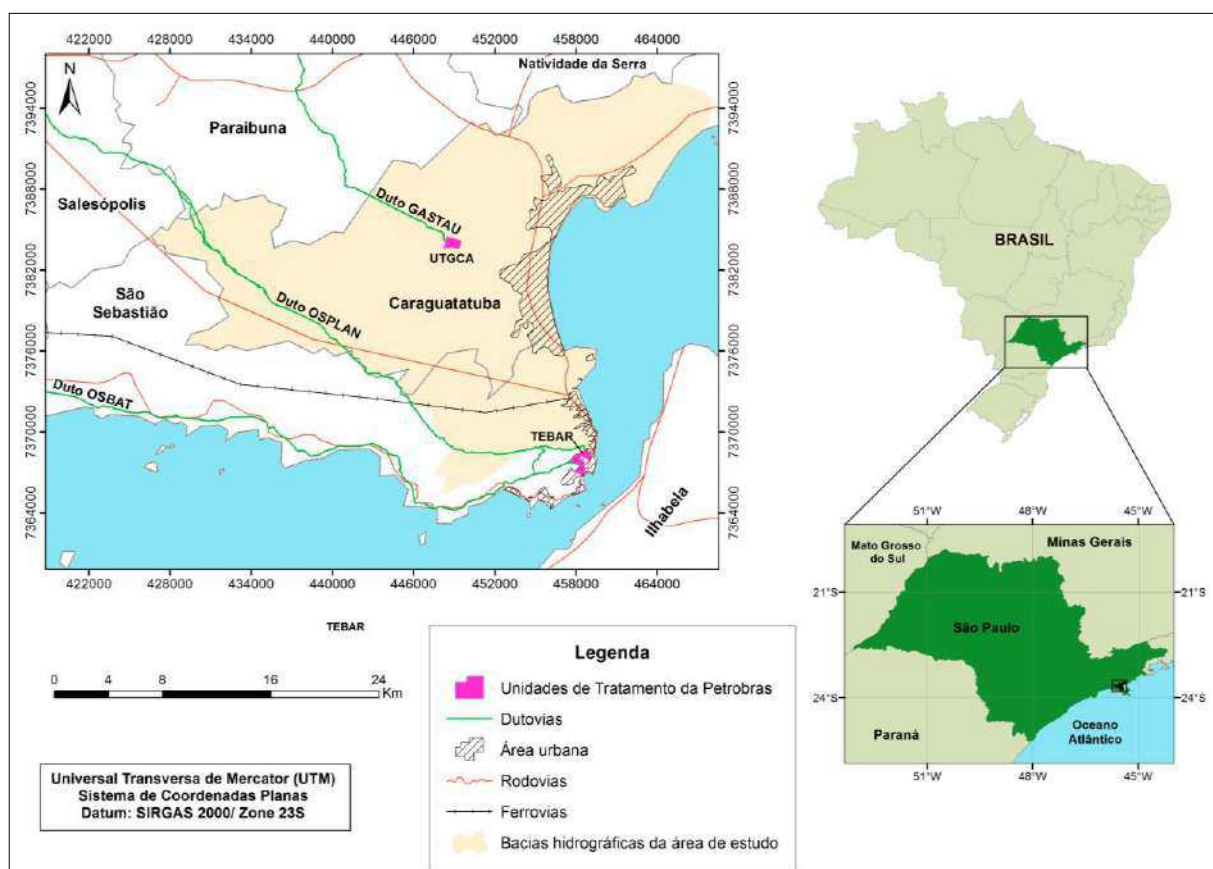
### **3.6. Análises dos resultados, síntese e conclusões**

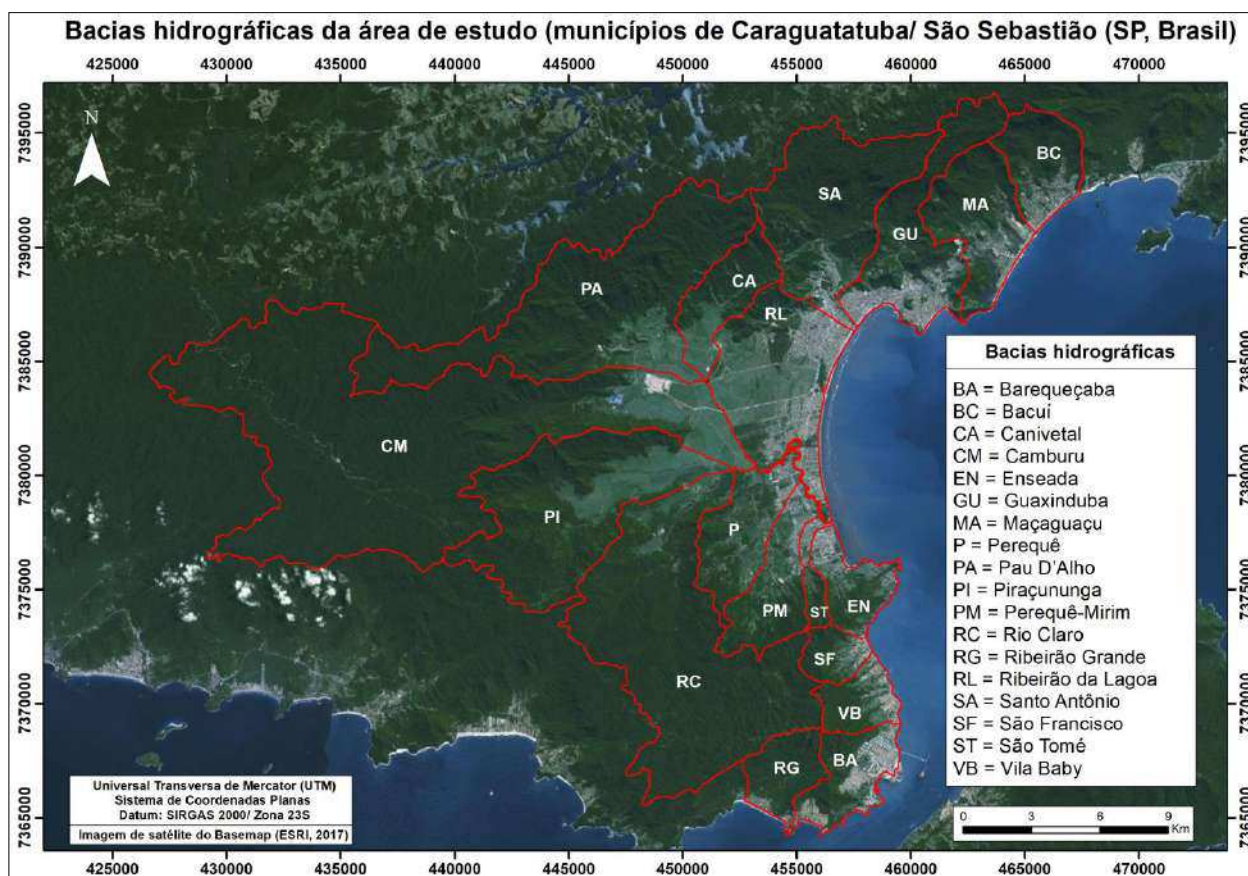
A última etapa do trabalho consistiu-se na integração e discussão dos resultados obtidos pelo mapeamento do uso e ocupação da terra, pela compartimentação fisiográfica e pelo mapa de risco. Ademais, conjuntamente foram delineadas as considerações finais da pesquisa, a partir da reflexão dos resultados, acrescentadas por algumas recomendações no que tange à gestão territorial e planejamento ambiental da região, envolvendo as áreas de risco a movimentos de massa.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. Características gerais

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas dos rios Bacuí, Maçaguaçu, Guaxinduba, Santo Antônio, Pau D'alho, Canivetal, Ribeirão da Lagoa, Rio Grande, Camburu, Piraçununga, Rio Claro, Perequê, Perequê-Mirim, São Tomé, Enseada, São Francisco, Vila Baby, Barequeçaba e Ribeirão Grande Santo Antônio, do Rio Juqueriquerê e do Rio São Francisco, localizadas nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião (SP), no contexto geomorfológico do Planalto Atlântico e da Província Costeira, na Serra do Mar paulista (Figura 18 e 19). A Província Costeira é dividida por Almeida (1964) em Serras Costeiras e Zona da Baixada Litorânea. As planícies possuem ocorrência restrita distribuídas por um litoral bastante recortado, onde são frequentes as enseadas e praias. A costa é abruptamente interceptada pela borda oriental do Planalto Atlântico com ocorrência de pontões rochosos perpendiculares à direção geral desta estrutura, os quais favorecem a formação de baías.





**Figura 18.** Aspectos geográficos da área de estudo. Elaborado pela autora.

**Figura 19.** Bacias hidrográficas que compõe a área de estudo. Elaborado pela autora.

Almeida (1964) ainda destaca que a ação dos movimentos neotectônicos, representada pelos movimentos de blocos de falhas, é responsável pelo desenvolvimento de *rifts* e soergimento da Serra do Mar e Mantiqueira. Esses movimentos ocorreram basicamente ao longo de antigas linhas de fraqueza do Pré-cambriano, com direção predominante leste-nordeste determinando a linha de costa atual. Esta área encontra-se totalmente inserida no Embasamento Cristalino em trecho do cinturão de cisalhamento transcorrente Paraíba do Sul. Com relação à litologia da região serrana, destaca-se a ocorrência de rochas polimetamórficas de idade arqueana (migmatitos, gnaisses, granito-gnaisses, biotita gnaisses), granitóides foliados do proterozóico superior, rochas cataclásticas cambro-ordivicianas e intrusões básicas localizadas, de idade mesozóica (geralmente na forma de diques). Dentre as principais estruturas geológicas da área, cita-se a falha Bertioiga-Caraguatatuba (CPRM, 1982a; 1991).

Os depósitos do quaternário são marcados por depósitos coluvionares, aluvionares e costeiros. Os colúvios situados no pé da serra apresentam vários

metros de espessura e são preservados em afloramentos nas margens das principais drenagens e sobre rochas alteradas. A ocorrência de grandes blocos rochosos imersos em matriz argilo-arenosa e sucessivas inversões granulométricas sugere que os depósitos coluvionares estão associados a processos de corridas de massa. Ao longo dos canais de drenagem, depósitos aluvionares recentes possuem grande quantidade de material arenoso e matações, que podem ser remobilizados e transportados por corridas (GRAMANI, 2001). As planícies costeiras são compostas basicamente por depósitos marinhos antigos, recentes e atuais (CRUZ, 1990) (Figura 20).

No contexto geomorfológico, a área de estudo está inserida na unidade morfoescultural do Planalto Atlântico, sustentado pelo embasamento cristalino, exibindo um relevo bastante dissecado, com encostas íngremes e alta densidade de drenagem associadas com as falhas, fraturas e contatos litológicos (ROSS; MOROZ, 1997).

Ademais, a área de estudo também se situa na unidade morfoescultural Serrania Costeira e Zona da Baixada Litorânea. A Serrania Costeira representa o *front* da serra, com altitudes de até 1200 metros, apresentando feições como escarpas festonadas, espigões, serras alongadas, morros paralelos e morros isolados. As Baixadas Litorâneas são representadas por relevos baixos com altitudes inferiores a 70 metros, apresentando elevações que separam pequenas planícies e enseadas (CRUZ, 1974).

Cruz (1974) compartimentou o relevo do município de Caraguatatuba em três unidades distintas: planalto, escarpa e planícies litorâneas (Figura 21). Segundo o IPT (1987), o substrato rochoso do planalto e da escarpa é composto por granitos-gnaisses, migmatitos e micaxistos. Predominantemente, o modelado no planalto é de um relevo mamelonizado com altitudes entre 800 a 900 e acima de 900 m, com amplitude topográfica variando entre 20 a 200 m (até 400 m em alguns pontos) e presença de escarpas retilinizadas. A rede de drenagem nas cabeceiras é do tipo dendrítica, passando a retilínea, retangular e em treliça, em resposta ao arranjo estrutural, principalmente nos médios e baixos cursos (NERY, 2016).

Mapa geológico da região entre Caraguatatuba e São Sebastião (SP)

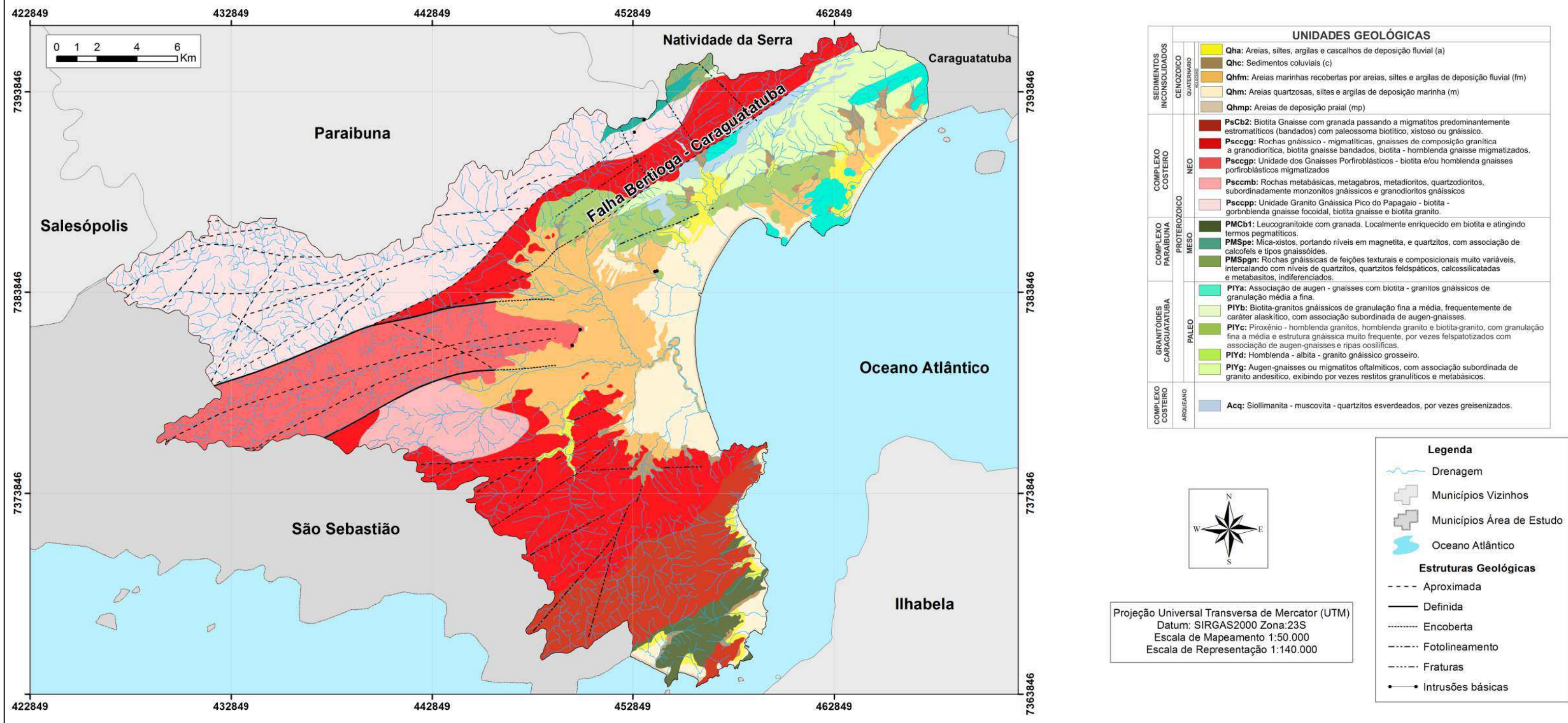
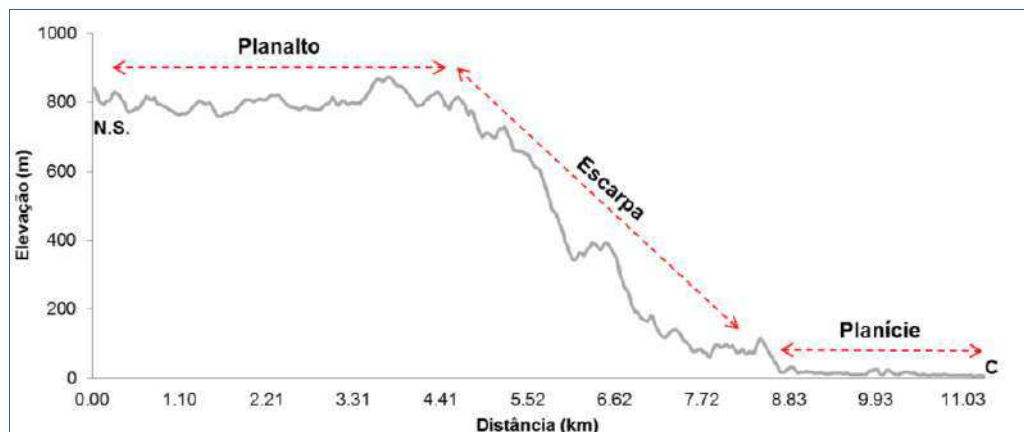


Figura 20. Mapa geológico da área de estudo. Fonte: CPRM (1982a; 1991); IG (1996a).

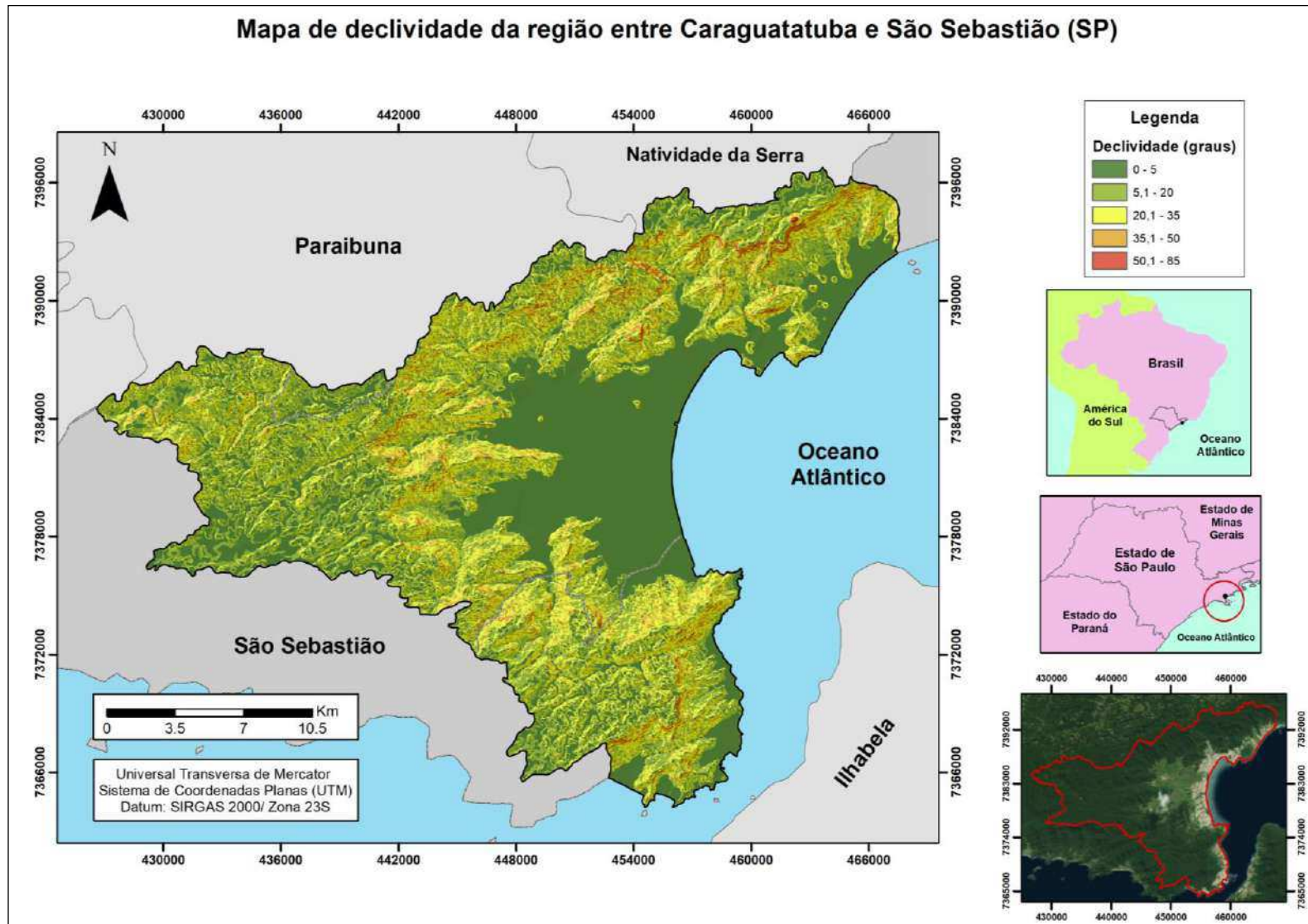


**Figura 21.** Perfil topográfico seccionando a bacia do rio Santo Antônio (Caraguatatuba, SP) na região de escarpa e planície. Fonte: Nery (2016).

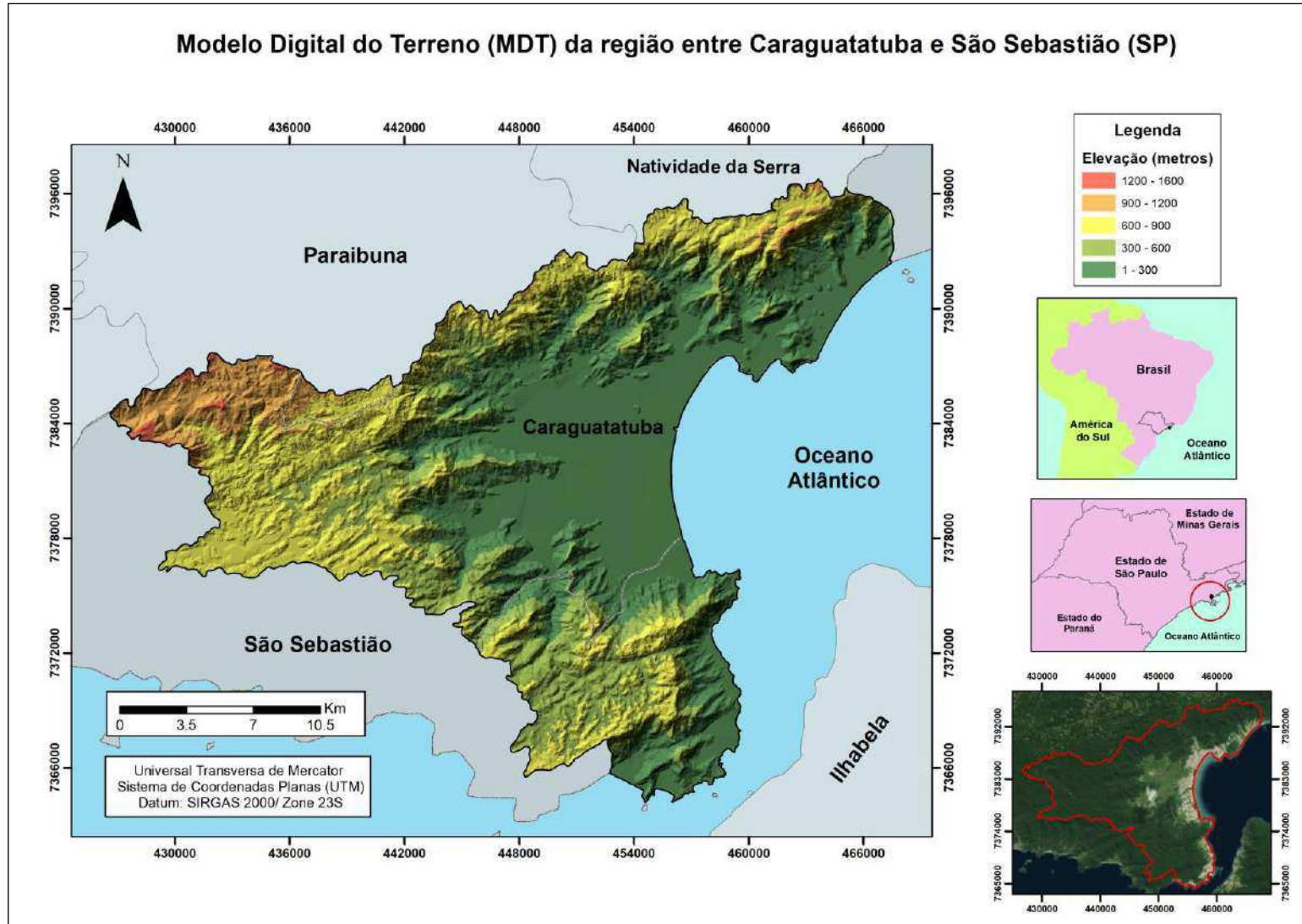
As escarpas são caracterizadas pelo grande controle estrutural, onde prevalecem encostas do tipo côncavo-convexo, íngremes nas partes mais altas (maior que  $22^\circ$ ), com ocorrência de baixos níveis e patamares intermediários e rampas de desgastes, com encostas mais suaves (CRUZ, 1974). As amplitudes topográficas alcançam até 800 m, em extensos perfis retinizados. Sistemas de drenagens formam pequenas bacias em forma de anfiteatro e os vales apresentam formato em “V”, sendo profundamente entalhados e interrompidos por soleiras. Colúvios e tálus formam-se por meio de movimentos de massa e/ou por escoamento superficial, preferencialmente na época da estação chuvosa (NERY, 2016). A recorrência desses processos pode ser inferida através da superposição de camadas correspondentes a diferentes épocas de deposição, observadas por Cruz (1974) e Fúlfaro et al. (1976).

As planícies litorâneas são compostas por depressões úmidas, terraços fluviais e colúvio-aluviais, e terraços e taludes de detritos colúviais de pé de encosta. Os traçados das drenagens neste compartimento são condicionados à evolução e progressão dos depósitos (CRUZ, 1974).

Ainda sobre o contexto geomorfológico da área, dada a importância dos aspectos morfométricos na incidência de movimentos de massa, são apresentados nas figuras 22 e 23 os mapas de declividade da área de estudo e o Modelo Digital do Terreno (MDT), ambos elaborados com a base topográfica em escala 1:50.000.



**Figura 22.** Mapa de declividade da área de estudo, em graus ( $^{\circ}$ ). Elaborado pela autora a partir das cartas topográficas do IBGE em 1:50.000 (IBGE, 1973; 1974a; 1974b; 1975).



**Figura 23.** Modelo Digital do Terreno (MDT) da área de estudo, com hipsometria exibida em metros. Elaborado pela autora a partir das cartas topográficas do IBGE em 1:50.000 (IBGE, 1973; 1974a; 1974b; 1975).

Em Caraguatatuba a costa apresenta um brusco desvio para o norte, com recuo da escarpa para o interior e consequente preenchimento deste anfiteatro serrano por uma vasta planície litorânea (Figuras 22 e 23). Por suas dimensões, a planície litorânea constitui uma exceção no litoral norte do Estado de São Paulo. Ao norte e a nordeste da baixada de Caraguatatuba, a escarpa aproxima-se do mar, tornando a mergulhar seus esporões no oceano, sem apresentar condições para o desenvolvimento de planícies maiores (CRUZ, 1974) (Figuras 22 e 23).

Sobre os aspectos pedológicos, os solos da região apresentam-se de forma irregular nas escarpas, sendo mais espessos nas áreas de cumes e variando a espessuras delgadas ao longo das encostas, consistindo, em sua maior parte, de solos de alteração capeados por fina camada de colúvio (IPT, 1987). A camada do manto de alteração/colúvio é composta por materiais arenosos, areno argilosos e argilo arenosos. As espessuras das zonas de decomposição da rocha e de rocha pouca decomposta, onde ocorrem os movimentos de massa, variam entre 7,15 e 55 m e 8,10 e 16,50 m, respectivamente (CRUZ, 1974). O regolito também varia de acordo com a constituição rocha matriz. Rochas com composição quartzo-feldspáticas geram regolitos menos espessos e mais arenosos do que rochas mais ricas em micas (principalmente biotita), onde o solo é tendencialmente mais argiloso e mais espesso (GRAMANI, 2001).

Condicionado à topografia e às características do material acima da rocha sã, o nível freático pode ser raso, situado na delgada camada do manto de alteração/colúvio, ou profundo, no contato entre a zona de decomposição e a zona da rocha pouco alterada. Em encostas mais íngremes, o nível freático pode restringir-se à rocha sã. Oscilações do nível freático nas encostas são condicionadas às variações de precipitação sazonais e diárias (CRUZ, 1974).

Com relação ao clima, no litoral do Estado de São Paulo são observadas características de clima tropical, sem estação seca bem definida, com diminuição dos volumes de precipitação durante o inverno e o aumento no verão (SELUCHI; CHOU, 2009; SANTOS; GALVANI, 2012). Na classificação de Köppen o clima da região é classificado como tipo Af, que indica clima tropical chuvoso com chuvas o ano inteiro (SANCHEZ et al., 1999). Tavares et al. (2004) apontam que, de forma geral, o litoral norte possui alta variabilidade de precipitação, principalmente entre os meses de fevereiro e março. Este efeito sazonal do regime pluviométrico é

decorrente da influência das massas tropicais e sistemas frontais, que somados à influência topográfica, condicionam maiores valores de precipitação no Litoral Norte (SANT-ANNA NETO, 1994; BARBOSA, 2007; PELLEGATTI; GALVANI, 2010).

Cruz (1974) caracterizou o Litoral Norte como uma das áreas mais úmidas do país, devido às águas superficiais abundantes e rede de drenagem densa e contínua, somado ao regime de chuvas torrenciais, de alta intensidade, com máximas entre 100 a 200 mm em 24 horas e 40 a 50 mm por hora. Associadas às escarpas da Serra do Mar, estas características resultam em vários eventos de dinâmica superficial, como os escorregamentos e corridas de massa generalizados ocorridos na área de estudo em 1967. Caraguatatuba, especificamente, apresenta uma menor variabilidade de precipitação em relação aos demais municípios, devido à sua posição geográfica mais recuada, que ameniza a relação da circulação atmosférica com a orografia, resultando em sombras de chuvas (TAVARES et al., 2004). Sua precipitação média anual é de 1784 mm (SANTOS; GALVANI, 2012).

Relacionando-se com os aspectos climáticos, nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião ocorre o predomínio do bioma Mata Atlântica, que é estratificada em três formações florestais principais: mata de encosta (com árvores altas com dossel descontínuo), mata de planície litorânea, e mata de altitude (existentes a partir dos 1.100 metros de altitude, a vegetação é mais baixa que a da mata de encosta). Em função da distribuição escalonada das encostas, o porte arbóreo pode variar entre 25 a 30 m de altura, com diâmetro de tronco entre 1 e 3 m e copas densas e largas (SMA, 1992). Esta variedade fisionômica deve-se às variações na região da forma do relevo, altitude, declividade, litologia, pedologia e condições climáticas (SANCHEZ et al., 1999).

Sobre os aspectos socioeconômicos, os municípios de Caraguatatuba e São Sebastião (SP) possuem um total de 196.337 habitantes e uma área de 884.776 km<sup>2</sup> (GABELINI, 2017). Entretanto, a área urbanizada é restrita principalmente à porção litorânea, uma vez que acima da cota de 100 metros o uso é destinado teoricamente à conservação através do Parque Estadual da Serra do Mar.

Marandola Júnior et al. (2013) salientam que o Litoral Norte atualmente configura-se como uma região com um dos mais acentuados processos de expansão e crescimento urbano do Estado de São Paulo. Segundo os mesmos autores, o local passou por uma de suas décadas de maior crescimento urbano e

econômico, no contexto de grandes transformações que envolvem a exploração de gás e petróleo, a expansão do porto de São Sebastião, a consolidação de um novo tipo de turismo e da própria urbanização, especialmente em Caraguatatuba, sede e polo irradiador da maior parte das transformações. O setor petrolífero na região é indicado pela presença de um terminal em São Sebastião (TEBAR - Terminal Aquaviário Almirante Barroso), um em Caraguatatuba (UTGCA - Unidade de Tratamento de Gás Natural Monteiro Lobato) (Figura 24) e 3 dutos (GASTAU, OSPLAN E OSBAT – Figura 18).



**Figura 24.** (a) TEBAR, em São Sebastião; (b) UTGCA, em Caraguatatuba. Fonte: <<https://petronoticias.com.br/archives/54469>>.

#### 4.2. O evento de 1967

Os movimentos de massa que assolaram a região de Caraguatatuba em 1967 foram deflagrados por fortes chuvas em março de 1967 e são considerados uns dos mais expressivos já registrados no mundo (GRAMANI, 2001). Neste, escorregamentos generalizados e simultâneos atingiram as principais drenagens da região serrana, foram canalizados e transformaram-se em processos de corridas, com grande mobilização de material vegetal. Os movimentos de massa ocorreram num raio de 7 a 15 quilômetros de extensão e variaram de comportamento, no tempo e no espaço, alterando suas características conforme o escoamento, passando de corrida de detritos a corridas de lama (IPT, 1988).

No mês de março de 1967 foram registrados cerca de 946 mm de chuva nos postos pluviométricos de Caraguatatuba, sendo que 260 mm e 325 mm ocorreram nos dias 17 e 18, respectivamente (NERY, 2016). O temporal foi antecedido por uma chuva fraca e os escorregamentos ocorreram depois de 4 horas de chuvas fortes ao

redor de 225 mm em 24 horas (GRAMANI, 2001). Segundo Cruz (1990), as vertentes com mais de 22° foram as mais atingidas. A sequência e descrição dos eventos ocorridos no dia 18/03/1967 está sintetizada no Quadro 10.

Cruz (1974) relatou que os rios perderam seu leito original, vagando em uma planície de lama. A estrada da serra desapareceu impossibilitando até mesmo o reconhecimento da sua trajetória e em outras localidades as vias também foram atingidas por escorregamentos, dificultando o acesso aos bairros (CRUZ, 1974).

Para este evento, estimou-se um grande volume de sedimentos mobilizados, e cerca de 30 mil árvores desceram as encostas e morros, se espalhando pela cidade e resultando na destruição de 400 casas. Segundo registros oficiais, ocorreram 436 mortes, entretanto, o número foi maior (CRUZ, 1974; IPT, 1987; NERY, 2016).

**Quadro 10.** Síntese do evento ocorrido em 18 de março de 1967. Fonte: Gramani (2001) adaptado por Reis e Zaine (2018).

Horário	Fase	Síntese do Evento
6:00 – 12:00	Preliminar	Começam a cair as primeiras barreiras.
12:00 – 16:00	Enchente Inicial	Nível do rio Santo Antônio se elevou em alguns metros e em alguns pontos a água extravasou nas margens.
16:15 – 17:00	Escorregamentos	Escorregamentos generalizados. A superfície de ruptura atingia, na maior parte dos casos, a rocha sã, expondo muitas cicatrizes.
16:15 – 17:00	Corrida de detritos	Os materiais dos escorregamentos que atingiram as linhas de drenagem foram mobilizados (solo, rocha, árvore, água) canalizados, retidos e acumulados em barramentos naturais. Com o aumento do material acumulado e aumento da pressão, ocorreu o rompimento violento destes, gerando corridas de detritos. Segundo testemunhas, o fato foi precedido de forte barulho, com o material movimentando-se em forma de onda. Próximo a Caraguatatuba, transformou-se em uma corrida de lama e inundação por madeiras (galhadas).
17:00 – 18:00	Enchente por bloqueio	A ponte metálica localizada próxima à desembocadura do rio Santo Antônio foi completamente bloqueada por troncos de árvores, trazidos pelos “debris flows”, formando um represamento natural, originando uma enchente de grandes dimensões. A região à montante transformou-se num imenso reservatório de água e sedimentos em suspensão. Como consequência a ponte entrou em colapso e liberou o material.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Uso e ocupação da terra

O mapeamento do uso e ocupação da terra resultou na identificação de 13 classes, cuja distribuição espacial apresenta-se no Apêndice 1. O quadro a seguir exhibe as métricas das ocorrências de cada classe em relação à área total.

**Quadro 11.** Distribuição das classes de uso da terra na área de estudo em área e porcentagem.

	<b>CLASSES</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem de ocorrência (%)</b>
	Área de Mineração	118,50	0,230
	Área Descoberta	143,83	0,280
	Área Urbana	494,62	0,960
	Cicatriz de Escorregamento	337,55	0,660
	Complexo Industrial	235,65	0,460
	Corpo D'água Continental	50,08	0,090
	Cultura Permanente	40,33	0,070
	Cultura Temporária	194,77	0,380
	Floresta	43688,66	84,890
	Pastagem	6074,37	11,80
	Piscicultura	9,70	0,002
	Praia	71,95	0,130
	Silvicultura	7,96	0,048
	Total	51467,97	100,00

O mapeamento do uso e ocupação da terra, apresentado no Apêndice 1, foi avaliado quanto a sua acurácia verificada pela matriz de erros, utilizando-se o índice de concordância Kappa, que considera a proporção de amostras corretamente classificadas correspondentes à razão entre a soma da diagonal principal da matriz de erros (amostras corretamente classificadas) e a soma de todos os elementos dessa matriz (número total da amostra), tendo como referência o número total de classes (COHEN, 1960). Assim, o resultado obtido com a utilização do estimador de acerto Kappa (matriz de erros) no software SPRING 5.5.4 para a classificação realizada foi de 0,93, valor considerado excelente ( $0,8 < k \leq 1,0$ ) segundo as proposições de Fonseca (2000), indicando que a classificação alcançou resultados satisfatórios.

A classe com maior representatividade é a “Floresta”, distribuída principalmente no sentido leste-oeste na área de estudo (Quadro 10/ Apêndice 1). Conforme supracitado, a região está inserida na Unidade de Conservação “Parque Estadual da Serra do Mar”, de modo que acima da cota de 100 metros o uso deve ser reservado exclusivamente, em teoria, para vegetação nativa.

A classe de “Pastagem” ocupa a segunda posição em representatividade de uso, e sua distribuição espacial é notória principalmente na grande planície costeira de Caraguatatuba. Este tipo de uso é predominante na Fazenda Serramar, antiga Fazenda dos Ingleses, sendo que uma das principais atividades econômicas do local é a agropecuária, conforme observado nas atividades de campo.

A área urbana foi a terceira maior classe de representatividade segundo as análises de frequência do uso e ocupação da terra da região, entretanto sua ocorrência não se dá de maneira tão expressiva como as classes anteriores (Quadro 10). De acordo com o mapeamento realizado, sua distribuição espacial possui grande representatividade nas planícies costeiras da área de estudo, especialmente em Caraguatatuba. Ademais, também são observadas manchas urbanas nas planícies restritas de São Sebastião, entretanto em menor ocorrência. Porém, cabe salientar que também ocorrem núcleos urbanos nas regiões de sopé de encosta (Apêndice 1).

Também foram identificadas e mapeadas as cicatrizes de escorregamento, entretanto, como não foram realizadas análises temporais, tornou-se impossível datar com exatidão a ocorrência desses eventos. Assim, observa-se que sua distribuição, apesar de esparsa na área de estudo, possui uma pequena concentração na região nordeste, nas porções serranas e proximais costeiras de Caraguatatuba, sendo que estas últimas nota-se a presença de núcleos urbanos. Outro aspecto relevante é a ocorrência dessas feições em locais de grande amplitude altimétrica e de maiores declividades (Apêndice 1).

Outro tipo de uso interessante identificado foi o “Complexo Industrial”, representados pelo TEBAR (Terminal Aquaviário Almirante Barroso), em São Sebastião e a UTGCA (Unidade de Tratamento de Gás Natural Monteiro Lobato), em Caraguatatuba (Quadro 11/ Apêndice 1).

## **5.2. Compartimentação fisiográfica e caracterização geológico-geotécnica**

A utilização do método lógico de interpretação, que seguiu as proposições de Guy (1966), Soares e Fiori (1976), Soares et al. (1978) e Zaine (2011), gerou como produto 18 unidades fisiográficas delimitadas em escala 1:50.000 na região de Caraguatatuba e São Sebastião (SP), distribuídas no Planalto Atlântico e na Serrania Costeira (Apêndice 2/ Quadro 12). Considerando que a compartimentação subsidiou o entendimento fisiográfico da Serra do Mar quanto a sua suscetibilidade a movimentos de massa, os tópicos a seguir irão discutir sucintamente os principais aspectos geológico-geotécnicos de cada uma das unidades identificadas, cujas pranchas encontram-se disponíveis no Apêndice 3.

Quadro 12. Aspectos geológicos-geotécnicos das unidades fisiográficas delineadas.

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de escosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
IA	Areias de deposição praial, areias quartzosas, siltes e argilas de deposição marinha e areias marinhas recobertas por areias, siltes e argilas de deposição fluvial	Planície costeira	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Não se aplica	Pequena	Muito Baixa	Não se aplica	Aberto	Aplainado	Planície costeira bem extensa em Caraguatatuba (SP)
IB	Areias, siltes, argilas e cascalhos de deposição fluvial	Planície fluvial	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Não se aplica	Pequena	Muito Baixa	Não se aplica	Aberto	Aplainado	Depósitos de corridas de detritos
II	Sedimentos coluvionares e corpos de tálus	Rampas de colúvio e tálus	Baixa	Baixa	Média	Média	Grande	Pequena	Média	Convexa	Aberto	Aplainado	Evidências de escorregamento
III	Granitos e gnaisses em corpos insulares	Morros isolados	Baixa	Baixa	Média	Média	Grande	Pequena	Média	Convexa	Não se aplica	Aplainado	Morros isolados graníticos-gnáissicos
IV	Granito e Gnaisse Pico do Papagaio	Escarpas em anfiteatros com espigões digitados e Morros	Alta/Média	Alta/Média	Média	Média	Média	Grande	Alta	Retilíneas e Côncavas	Fechado	Anguloso	Cristas angulosas
V	Gnaisse Migmatítico (Metabásicas associadas)	Escarpas com espigões digitados	Média	Média	Médio	Média	Média	Grande	Alta	Côncavas a Retilíneas	Fechado	Arredondado a anguloso	Cristas orientadas
VI	Gnaisse Migmatítico (Metabásicas associadas)	Morros paralelos	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média a baixa	Côncava	Fechado	Aplainado a arredondado	Não se aplica
VII	Gnaisse Migmatíticos	Morros	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Côncava a Retilínea	Fechado	Arredondado a anguloso	Não se aplica

<b>VIII</b>	Granito e Gnaiss Migmatítico	Escarpas com espigões digitados e morros	Média	Média	Média	Média	Pequena	Média	Média	Côncava a Retilínea	Fechado	Anguloso	Escarpas angulosas
<b>IX</b>	Gnaiss Migmatítico	Escarpas com espigões digitados	Baixa	Media	Baixa	Média	Pequena	Grande	Alta	Retilínea	Fechado	Anguloso	Cristas orientadas
<b>X</b>	Gnaiss Migmatítico	Montanhoso	Média	Média	Média	Média	Média	Pequena	Média a baixa	Côncava a retilínea	Fechado	Arredondado a anguloso	Não se aplica
<b>XI</b>	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	Média	Média	Baixa a média	Média a alta	Pequena	Média	Média	Retilínea	Fechado	Arredondado	Não se aplica
<b>XII</b>	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Convexa e Retilínea	Fechado	Anguloso	Cristas angulosas
<b>XIII</b>	Granito Gnáissico Pico do Papagaio (Rochas metabásicas isoladas subordinadas)	Morros arredondados	Média	Média	Média	Média	Média	Alta	Média	Convexa a retilínea	Fechado	Arredondado a anguloso	Vertentes retilizadas
<b>XIV</b>	Granito Gnáissico (Metabásicas)	Morros paralelos	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Convexa a côncava	Fechado a aberto	Arredondado	Vertentes convexizadas
<b>XV</b>	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	Média	Média	Baixa a média	Baixa a média	Média	Grande	Alta	Retilínea	Fechado	Anguloso a arredondado	Não se aplica
<b>XVI</b>	Granito Gnáissico (Micaxistos e quartzitos)	Mar de morros	Baixa	Baixa	Média	Média	Média	Pequena	Média a baixa	Côncava a retilínea	Fechado	Arredondado	Mar de morros
<b>XVII</b>	Granito Gnáissico (Micaxistos e quartzitos)	Montanhoso	Média	Média	Média	Média	Grande	Grande	Alta	Convexa a retilínea	Fechado	Arredondado	Não se aplica

**Quadro 12.** Aspectos geológicos-geotécnicos das unidades fisiográficas delineadas.

Unidade fisiográfica	Fotointerpretação			Observações de campo	
	Características geotécnicas			Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais de massa		
IA	Não se aplica	Espesso	Baixo	Registros históricos de corrida de lama e inundações	Área urbana, floresta, cultura temporária, mineração, complexo industrial, cultura permanente
IB	Não se aplica	Espesso	Baixo	Registros de campo evidenciaram a ocorrência de corridas de detritos em várias planícies fluviais da área de estudo e inundações	Cultura permanente, floresta, área urbana, silvicultura
II	Profundo	Espesso	Alto	Registros de campo evidenciaram a ocorrência de escorregamentos em algumas rampas de colúvio/tálus, além de corrida de detritos	Área urbana, floresta, pastagem, silvicultura, complexo industrial
III	Profundo	Intermediário	Médio	Foram observados pontos de rastejo em campo	Floresta, pastagem, cultura temporária, área urbana
IV	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Alto	Nas atividades de campo foram observados registros de escorregamento (material coluvionar e cicatrizes de escorregamento)	Floresta (em grande parte), pastagem, área urbana
V	Intermediário	Intermediário	Alto	Foram observadas nas atividades de campo evidências de escorregamentos recentes e antigos (cicatrizes de escorregamento)	Floresta (em sua maioria), pastagem, mineração, área urbana
VI	Intermediário	Intermediário	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta
VII	Intermediário	Intermediário	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta
VIII	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Alto	Nas atividades de campo e de escritório foram observados registros de escorregamento (material coluvionar e cicatrizes de escorregamento)	Floresta, pastagem, mineração, cultura temporária, área urbana
IX	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Alto	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta, pastagem

**Quadro 12.** Aspectos geológicos-geotécnicos das unidades fisiográficas delineadas.

<b>X</b>	Intermediário	Intermediário	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta
<b>XI</b>	Raso a sub aflorante	Intermediário a raso/ sub aflorante	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta
<b>XII</b>	Intermediário	Intermediário a raso/ sub aflorante	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta
<b>XIII</b>	Intermediário	Intermediário	Médio	Não foram observados processos geológicos na Unidade nas atividades de fotointerpretação	Floresta
<b>XIV</b>	Intermediário	Intermediário	Baixo	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta
<b>XV</b>	Intermediário	Intermediário	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)	Floresta
<b>XVI</b>	Intermediário	Intermediário	Médio	Nas atividades de campo foram observados registros de escorregamento	Floresta
<b>XVII</b>	Intermediário	Intermediário	Médio	Não foram observados processos geológicos na Unidade nas atividades de fotointerpretação	Floresta

### 5.2.1. Unidade IA – Planície Costeira

A unidade IA se refere a toda planície costeira da área de estudo, constituída por sedimentos inconsolidados quaternários. Ela se encontra embutida em um recôncavo longitudinal festonado da Serra do Mar, formando um arco de aproximadamente 180°. No município de São Sebastião a planície costeira tem porte menor, pois é recortada pelos costões rochosos que chegam ao mar.



**Figura 25.** Vista das escarpas (Unidade IV) para a planície litorânea (Unidade IA) de Caraguatatuba. Fonte: Gabelini (2017).

A respectiva unidade apresenta baixa densidade textural, e, portanto, baixa densidade de drenagem e de relevo. Ademais, morfometricamente caracteriza-se pela sua baixa amplitude altimétrica e declividades muito baixas, não ultrapassando 5°.



**Figura 26.** Planície litorânea em São Sebastião (Unidade I) e ao fundo Escarpas da Serra do Mar (Unidade VIII). Fonte: Gabelini (2017).

Nesta unidade os vales são abertos, a permeabilidade é considerada alta, a relação de escoamento e infiltração também é alta, com espesso material inconsolidado. O potencial à ocorrência de escorregamentos é baixo, porém no evento de 18/03/1967 esta planície, especialmente nas proximidades da Bacia Santo Antônio, comportou-se como a zona de deposição dos escorregamentos e corridas de detritos generalizados que desceram as encostas da Serra do Mar e os canais de drenagem, conforme relatado por Cruz (1974) (Figura 27). Gramani (2001) ressalta que no respectivo evento foram registrados nesta unidade processos de corridas de lama e inundações, cuja consequência foi o rompimento de uma ponte localizada na mesma bacia hidrográfica. Ademais, outros processos geológicos observados nos trabalhos de campo nesta unidade foram os erosivos lineares.



**Figura 27.** Processo de corrida de lama no evento de 18/03/1967 na Bacia Santo Antônio, em Caraguatatuba (SP), em planície costeira (unidade fisiográfica IA). Fonte: Cruz (1974).

A planície é predominantemente ocupada por área de mata nativa, área urbana, área industrial, área de mineração, área descoberta, piscicultura, pastagem, cultura temporária, cultura permanente, área de dutovias e porto.

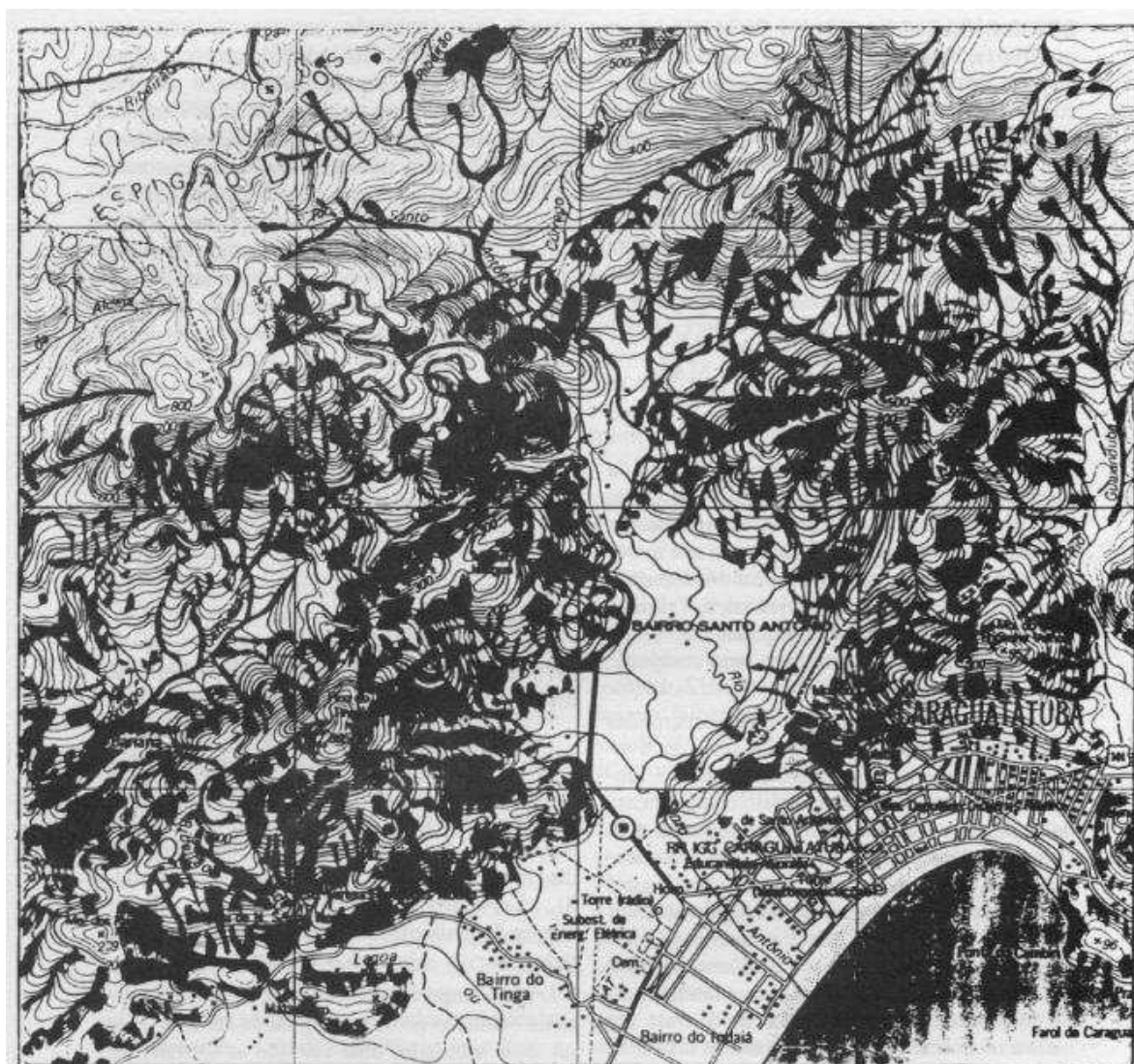
### 5.2.2. Unidade IB – Planície Fluvial

A unidade IB é constituída por sedimentos essencialmente de origem fluvial, tais como areias, siltes, argilas e cascalhos. Assim como na unidade anterior, sua densidade textural é baixa, bem como a declividade. A amplitude altimétrica é pequena, a espessura dos materiais inconsolidados é grande e os vales são abertos.

Quanto ao potencial a movimentos de massa, a respectiva unidade fisiográfica é enquadrada por ter alto potencial à ocorrência de corridas de massa. Nesse sentido, durante as atividades de campo foram encontrados vestígios que indicam essa assertiva, conforme evidenciado na figura 28. Ademais, Cruz (1974), ao realizar o mapeamento das cicatrizes de escorregamento do evento de 1967 na região, considerou também a ocorrência de corridas de detritos no local, identificada principalmente nas planícies fluviais dos canais de drenagem (Figura 29).



**Figura 28.** Depósito de blocos em planície fluvial na unidade IB, indicando ocorrência de corridas de detritos. Foto: Arquivo pessoal Claudia Vanessa dos Santos Corrêa.



**Figura 29.** Cicatrizes de escorregamento e ocorrência das corridas de detritos do evento de 1967 na região de Caraguatatuba identificadas por Olga Cruz. Fonte: Cruz (1974).

### 5.2.3. Unidade II – Rampas de colúvio e tálus

A unidade II é composta por sedimentos coluvionares e corpos de tálus. Segundo Moreira e Pires Neto (1998), sua existência está relacionada a ocorrência de escorregamentos e queda de blocos, por processos de alteração de encostas e pela ação da gravidade, muito comum no sopé de serras da região Sudeste do Brasil.

A fisiografia da unidade é caracterizada por pequena amplitude topográfica e média declividade, além de possuir média permeabilidade, média relação de escoamento superficial/infiltração, topo rochoso profundo e espesso material inconsolidado. Esta unidade possui alto potencial a movimentos de massa,

principalmente a escorregamentos e quedas de blocos, fato evidenciado em campo (Figura 30).



**Figura 30.** Rampa de tálus da unidade II com depósito de blocos métricos (Granito). Foto: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

#### **5.2.4. Unidade III – Morros isolados granítico-gnáissicos**

A unidade III caracteriza-se por morros isolados nas planícies fluviais e costeira, composta por rochas graníticas que podem variar de gnaisses a migmatitos. Localiza-se nas porções baixas do relevo, de modo que possui pequena amplitude altimétrica e declividade predominante média. Os processos geológicos que podem ocorrer são o rastejo e escorregamentos (Figura 31).



**Figura 31.** Morro isolado em planície costeira com evidências de rastejo. Foto: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

Essas áreas possuem média permeabilidade, média relação de escoamento superficial/infiltração, grande espessura do manto de alteração, topo rochoso profundo, material inconsolidado intermediário, médio potencial a escorregamentos e baixo potencial a corrida de detritos. Quanto ao uso e ocupação da terra, predomina nesta unidade áreas de pastagem, cultura temporária, área urbana e floresta.

#### **5.2.5. Unidade IV – Escarpas e Morros em Granitos e Gnaisses**

Na unidade fisiográfica IV o relevo é caracterizado por escarpas em anfiteatros, escarpas em espigões digitados e morros. Sob a ótica geológica, é composta por gnaisses de composição granítica a granodiorítica migmatizados, biotita-hornblenda gnaisses e biotita granitos, que tendem a formar solos pouco desenvolvidos.

A respectiva unidade apresenta grande amplitude altimétrica (cerca de 800 m) e declividade predominantemente alta ( $> 30^\circ$ ), com vales fechados encaixados em estruturas geológicas (zonas de falhas e fraturas) que influem na sinuosidade da drenagem, tendendo a padrão de estruturação retilínea.

A permeabilidade e relação escoamento superficial/infiltração são médias, o manto de alteração é médio e a espessura dos materiais inconsolidados é delgada a inexistente. Foi possível observar em campo a ocorrência de afloramentos rochosos, cicatrizes de escorregamentos e “paredões” nas encostas com alto declive,

demonstrando alto potencial a movimentos de massa (Figura 32). Ademais, possui suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa, que podem ocorrer caso o material mobilizado das encostas por escorregamentos atinja canais de drenagem.



**Figura 32.** “Paredão” de alto declive na unidade 4, com afloramento rochoso. Foto: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

Identificaram-se como uso da terra as classes de floresta, em grande maioria, pastagem e presença de área urbana. Cabe destacar que acima da cota de 100 metros a região de Caraguatatuba e São Sebastião insere-se no domínio do Parque Estadual da Serra do Mar, cuja intervenção antrópica é muito pequena, praticamente nula.

#### **5.2.6. Unidade V – Escarpas com cristas orientadas gnáissicas**

A unidade V é composta por rochas gnáissicas migmatíticas em relevo de escarpas com espigões digitados, assim como a Unidade IV, porém, com menor estruturação do relevo. Apresenta grande amplitude topográfica (cerca de 500 m) e declividade predominantemente alta. A unidade caracteriza-se pelos seus vales fechados em encostas de forma predominantemente côncava, com topos arredondados a angulosos.

A permeabilidade e a relação escoamento/infiltração são intermediárias, bem como a espessura do manto de alteração e topo rochoso. Em relação ao uso e ocupação, predominam áreas de mata nativa, pastagem, mineração e área urbana.

Quanto ao potencial a ocorrência de movimento de massas, esta unidade, é considerada de alto potencial, principalmente a escorregamentos. Foram observadas, em campo, escorregamentos recentes, cicatrizes, blocos no sopé da encosta, blocos isolados e gnaisses bem alterados. Ademais, o potencial a corridas de massa é médio, que podem ocorrer caso o material mobilizado das encostas por escorregamentos atinja canais de drenagem, especialmente aqueles situados em vales fechados. Ademais, cabe salientar que nesta unidade há a travessia do duto OSVAT, inclusive de modo aéreo (Figura 33).



**Figura 33.** Duto OSVAT na unidade 5. (a) indicação da faixa dutoviária; (b) Passagem aérea. Foto: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

### 5.2.7. Unidade VI – Morros em gnaiss migmatítico

A respectiva unidade é caracterizada por relevo em morros paralelos, composta predominantemente por rochas gnáissicas migmatíticas. Possui amplitude local média, de aproximadamente 120 metros.

Como o relevo de morros é mais suave que o do relevo escarpado, a declividade desta unidade varia de média a baixa. As encostas são predominantemente côncavas, com topos aplainados a arredondados e drenagens em vales fechados.

Esta unidade possui média permeabilidade e média relação escoamento/infiltração, espessura média do manto de alteração, profundidade do

topo rochoso intermediária, com médio potencial a movimentos de massa. Dada à dificuldade de acesso ao local, não foram levantados pontos de campo.

#### **5.2.8. Unidade VII – Morros planálticos gnáissicos**

A unidade fisiográfica VII é caracterizada por morros com topos arredondados, pela amplitude topográfica média (aproximadamente 300 m) e declividade média, havendo predominância de encostas côncavas e drenagens em vales fechados.

A permeabilidade e relação escoamento/infiltração são intermediárias e a profundidade do topo rochoso e a espessura dos materiais inconsolidados foram identificadas como médias. Em relação ao potencial de ocorrência de movimentos de massa, esta unidade foi considerada média, sendo que nas atividades fotointerpretativas foram identificadas cicatrizes de escorregamento. A unidade inteira abrange áreas de mata nativa por estar inserida no domínio do Parque Estadual da Serra do Mar.

#### **5.2.9. Unidade VIII – Escarpas gnáissicas migmatíticas**

Composta por rochas gnáissicas migmatíticas, esta unidade é caracterizada por relevo em escarpas com espigões digitados, com drenagens em vales fechados, encostas côncavas (predominantemente) a retilíneas, com topos angulosos (Figura 34). Possui média amplitude altimétrica e declives também medianos.

A permeabilidade e relação escoamento/infiltração são consideradas médias, porém a espessura do manto de alteração é pequena assim como a profundidade do topo rochoso. Considerou-se alto potencial a movimento de massa, principalmente a escorregamentos, corroborado pela identificação de cicatrizes de escorregamento nas atividades de fotointerpretação. Em relação ao uso e ocupação, esta unidade contém áreas de floresta, pastagem, mineração, cultura temporária e área urbana.



**Figura 34.** Relevo de escarpas da Serra do Mar com topos angulosos na unidade fisiográfica VIII. Em destaque a construção do túnel do Contorno Sul da Rodovia dos Tamoios (SP- 99). Foto: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

#### **5.2.10. Unidade IX – Escarpas retilíneas gnáissicas**

A Unidade IX é caracterizada pelo relevo em escarpas com espigões digitados, com grande amplitude local e declividade, além da presença de cristas orientadas. Geologicamente, é composta por rochas gnáissicas migmatíticas, em encostas predominantemente retilíneas, vales fechados e topos angulosos.

A permeabilidade foi considerada baixa, com média relação de escoamento/infiltração, pequena espessura de manto de alteração, topo rochoso raso a sub aflorante em área considerada de alto potencial a movimentos de massa. Esta unidade contém áreas de floresta e pastagem.

#### **5.2.11. Unidade X – Relevo montanhoso em gnaïsse**

Esta unidade é representada por relevo montanhoso com rochas gnáissicas migmatíticas. Tem média densidade de elementos de drenagem e de relevo. O modelado é montanhoso, cuja declividade pode variar de média a baixa. Suas

encostas são côncavo-retilíneas, que formam vales profundos e fechados, com topos arredondados a angulosos. A permeabilidade é considerada média, a relação escoamento/infiltração média, a espessura do manto de alteração e a profundidade do topo rochoso foram consideradas intermediárias.

Esta área foi enquadrada com médio potencial a ocorrência de movimentos de massa, e quanto ao uso e ocupação a área é composta essencialmente por floresta.

#### **5.2.12. Unidade XI – Relevo montanhoso com afloramentos rochosos**

A unidade fisiográfica XI possui modelado montanhoso de rochas graníticas e gnáissicas. É caracterizada por uma média amplitude topográfica com declividade predominantemente média (15 – 30°), com drenagens em vales fechados.

Esta unidade possui permeabilidade baixa à média, relação escoamento/infiltração média a alta, pequena espessura do manto de alteração e topo rochoso raso. Apesar da sua média potencialidade a movimentos de massa, foram identificadas nas atividades fotointerpretativas feições que indicam sua possível ocorrência. O uso predominante da terra é por floresta.

#### **5.2.13. Unidade XII – Relevo montanhoso granítico-gnáissico**

A unidade fisiográfica XII se caracteriza pelo relevo de montanhoso, com média densidade de elementos de drenagem e relevo e litologia composta de rochas graníticas e gnáissicas.

Está localizada em áreas de encostas convexas a retilíneas, formando vales fechados e topos angulosos. Sua amplitude é média, com declividade média. Não obstante, a permeabilidade, relação escoamento/infiltração, espessura do manto de alteração, profundidade do topo rochoso e espessura dos materiais inconsolidados foram consideradas médias, com médio potencial a movimentos de massa. Em relação ao uso e ocupação da terra, nesta unidade há o predomínio de áreas de floresta.

#### **5.2.14. Unidade XIII – Morros planálticos graníticos-gnáissicos**

A unidade XIII se caracteriza pelo relevo de morros arredondados, com média densidade de elementos de drenagem e relevo, sua litologia é composta por rochas graníticas e gnáissicas, com rochas metabásicas.

O modelado é dominado por encostas convexas a retilíneas, formando vales fechados e topos arredondados a angulosos. Sua amplitude é alta, variando de 700 a 1200 m, com declividade média.

A permeabilidade, relação escoamento/infiltração, espessura do manto de alteração, profundidade do topo rochoso e espessura dos materiais inconsolidados foram consideradas médias, com médio potencial a movimentos de massa. Cabe salientar que durante as atividades de fotointerpretação não foram observadas cicatrizes de escorregamento nessas unidades. Sobre o uso e ocupação da terra, esta unidade é dominada pela fisionomia florestal.

#### **5.2.15. Unidade XIV – Morros graníticos-gnáissicos**

A unidade fisiográfica XIV destaca-se pelo relevo de morros paralelos, sustentados por rochas graníticas e gnáissicas associadas a rochas metabásicas. A densidade dos elementos de drenagem e relevo é média, com encostas convexas a côncavas, formando vales fechados a abertos, com topos arredondados.

A amplitude local é média, bem como a declividade. A permeabilidade, relação escoamento/infiltração, espessura do manto de alteração, profundidade do topo rochoso e espessura dos materiais inconsolidados foram consideradas médias, com baixo potencial à ocorrência de movimentos de massa.

#### **5.2.16. Unidade XV – Monolitos graníticos-gnáissicos**

A Unidade XV caracteriza-se por um relevo montanhoso sustentado por rochas graníticas e gnáissicas, com afloramentos rochosos. Possui grande amplitude local e altas declividades, acompanhadas por encostas retilíneas, topos angulosos a arredondados e drenagens em vales fechados. As altas declividades estão associadas aos afloramentos rochosos tipo “Pão de Açúcar”.

A permeabilidade varia de baixa a média, bem como a relação escoamento/infiltração. A espessura do manto de alteração e a profundidade do topo rochoso foram classificadas como intermediárias. Ademais, devido às altas declividades e o relevo montanhoso com vales fechados, considerou-se a unidade com potencial médio à ocorrência de movimentos de massa. O uso da terra na unidade é predominantemente de floresta nativa.

### 5.2.17. Unidade XVI – Mar de morros granítico-gnáissico

A unidade fisiográfica XVI representa a Borda do Planalto Atlântico, caracterizada pelo relevo com modelado de Mar de Morros, com rochas graníticas e gnaisses com micaxistos e quartzitos. Segundo Ab'Saber (1970), o modelado “Mar de Morros” tem como principal característica o relevo forte ondulado e montanhoso, com morros em meia-laranja, resultantes da dissecação fluvial. A respectiva unidade possui baixa densidade de elementos de drenagem e de relevo, pequena amplitude local e declividades que variam de média a baixa. O relevo de mar de morros é reconhecido pelas encostas côncavas, nesse caso formando vales fechados a abertos, com topos arredondados (Figura 35).



**Figura 35.** Aspecto geral da morfologia na unidade XVI. Destaque para os vales abertos, vertentes convexas e topos arredondados. As ondulações no vale possivelmente indicam depósitos de antigos escorregamentos (em vermelho). Foto: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

A permeabilidade, relação escoamento/infiltração, espessura do manto de alteração, profundidade do topo rochoso e espessura dos materiais inconsolidados foram consideradas médias, com médio potencial a movimentos de massa. Em

relação ao uso e ocupação da terra, a unidade está inserida predominantemente em florestas do domínio do Parque Estadual da Serra do Mar.

#### **5.2.18. Unidade XVII – Relevo montanhoso em micaxistos e quartzitos**

A respectiva unidade é caracterizada por seu relevo montanhoso em rochas graníticas e gnáissicas, com micaxistos e quartzitos. Foram observadas nas atividades fotointerpretativas grandes amplitudes altimétricas e declividade alta. Suas encostas são convexas a retilíneas, formando vales fechados e topos arredondados. Nesta unidade há ausência de morros com afloramentos rochosos.

Quanto às características geológico-geotécnicas, a unidade possui média permeabilidade, média relação de escoamento superficial/infiltração, grande espessura do manto de alteração, profundidade do topo rochoso intermediária, material inconsolidado intermediário, e médio potencial a movimentos de massa. Em relação ao uso e ocupação da terra, há o predomínio do uso florestal na Unidade XVII, principalmente por situar-se no domínio do Parque Estadual da Serra do Mar.

#### **5.3. Áreas de risco na região de Caraguatatuba e São Sebastião (SP)**

As áreas de risco a movimentos de massa foram estabelecidas a partir da integração pelo método de sobreposição dos mapas de compartimentação fisiográfica com os dados resultantes do mapeamento de uso e cobertura da terra. Esse mapeamento consistiu na divisão de unidades homogêneas segundo o risco de localidades à ocorrência de processos de movimentos de massa nas porções serranas e costeiras na região de Caraguatatuba e São Senastião (SP). Para tal, foram atribuídos diferentes pesos para cada plano de informação e distintas notas para as diferentes unidades fisiográficas e para as classes de uso da terra, cujos valores variam de 1 a 3 e 1 a 5, respectivamente, sendo que menores valores equivalentem à classe de mais baixa suscetibilidade aos movimentos de massa maiores valores correspondentem a classe de mais alta suscetibilidade. Os quadros

a seguir exibem a atribuição dos pesos e notas em relação às unidades fisiográficas e classes de uso e ocupação da terra.

**Quadro 13.** Peso e notas atribuídos para o plano de informação “Compartimentação Fisiográfica” e suas unidades.

<b>Peso de influência da compartimentação fisiográfica</b>	<b>Unidades fisiográficas</b>	<b>Nota</b>
55%	IA, IB, XIV	1
	III, VI, VII, X, XI, XII, XIII, XV, XVI, XVII	2
	II, IV, V, VIII, IX	3

**Quadro 14.** Peso e notas atribuídos para o plano de informação “Uso e Ocupação da terra” e suas classes.

<b>Peso de influência do uso e ocupação da terra</b>	<b>Classes</b>	<b>Nota</b>
45%	Corpo d’água continental, Floresta, Piscicultura e Praia	1
	Cultura permanente	2
	Silvicultura	3
	Área de mineração, Cicatriz de Escorregamento, Cultura Temporária e Pastagem	4
	Área Descoberta, Área Urbana e Complexo Industrial	5

Assim, foram obtidas no total 5 áreas de risco (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto risco), conforme demonstrado no apêndice 4. Os tópicos seguintes expõem alguns comentários e análises acerca de cada classe de risco.

### **5.3.1. Muito baixo risco a movimentos de massa**

As áreas de muito baixo risco a movimentos de massa são observadas no setor oeste e em algumas porções centrais e à leste da área de estudo (Apêndice 4). No setor oeste há uma predominância de mata nativa, em detrimento da presença da Unidade de Conservação “Parque Estadual da Serra do Mar”. Ademais, nestas

áreas de relevo de morros paralelos não são observadas grandes amplitudes altimétricas, nem mesmo grandes declividades. Neste setor não são registradas a presença de núcleos urbanos e, portanto, o risco a movimentos de massa no local corroboradamente é muito baixo.

Nas porções centrais as áreas com risco muito baixo a movimentos de massa devem-se principalmente à presença de fragmentos florestais, que amortizam a ocorrência de escorregamentos, e.g., apesar desses locais ocasionalmente registrarem processos de corridas de massa, por situarem-se nas desembocaduras de bacias hidrográficas.

Por fim, as áreas com muito baixo risco à leste estão associadas a locais com presença de fragmentos florestais da borda do Parque Estadual da Serra do Mar e pela influência da planície costeira de Caraguatatuba, que por sua baixa declividade e baixa amplitude altimétrica não é capaz de produzir movimentos de massa, apenas processos hidrológicos, como inundações e enchentes. Destaca-se que em todas essas localidades (porções centrais e à leste) não são observados núcleos urbanos em seu interior, apenas em áreas proximais.

### **5.3.2. Baixo risco a movimentos de massa**

As áreas com baixo risco a movimentos de massa são observadas por toda a extensão da área de estudo (Apêndice 4). Apesar de estarem localizadas principalmente nas áreas de escarpas da Serra do Mar, o risco é baixo devido ao tipo de uso inferido, sobretudo por floresta nativa (Apêndice 1). Conforme salientado em capítulos anteriores, a presença de indivíduos arbóreos, especialmente os nativos, diminuem e mitigam a ocorrência de movimentos de massa. Ademais, não são observados nestes locais a presença de núcleos urbanos.

Embora ocorram movimentos de massa nestes locais, considerando que a potencialidade a esses processos pode ser alta, devido às suas características fisiográficas, como não são registrados núcleos urbanos, o risco não é considerável.

### **5.3.3. Médio risco a movimentos de massa**

As áreas com médio risco a movimentos de massa são observadas especialmente no setor central e em pequenos setores isolados à leste na área de estudo (Apêndice 4).

O setor central, representado pela grande planície costeira de Caraguatatuba (SP), possui uma grande malha urbana e é atualmente o local com maior crescimento e expansão do município (CORRÊA, 2018). Observa-se que estes locais são enquadrados como médio risco por situarem-se principalmente nos sopés das encostas, no qual são encontrados grande quantidade de material coluvionar, passíveis de serem mobilizados até áreas urbanas proximais, e, caso encontrarem canais de drenagem, podem transformarem-se rapidamente em processos de corridas de massa, como no evento de 1967 (CRUZ, 1974; GRAMANI, 2001; NERY, 2016; CORRÊA, 2018).

Ademais, são também encontradas outras áreas de médio risco em porções à leste, cujo tipo de uso da terra (pastagem e cultura temporária) pode favorecer a ocorrência de movimentos de massa, em conjunto com as características fisiográficas intrínsecas destas localidades (sopés de encostas).

### **5.3.4. Alto risco a movimentos de massa**

As áreas de alto risco a movimentos de massa situam-se principalmente nos sopés de encosta, e nestas localidades o risco é maior aos processos de corridas, especialmente corridas de detritos e de lama, que podem alcançar grandes distâncias devido à natureza do material mobilizado (Apêndice 4). Na região de São Sebastião, aonde as planícies são mais restritas e as escarpas mais próximas da costa, os maiores riscos nos núcleos urbanos são a escorregamentos, e, inclusive, foram registrados nos trabalhos de campos estes processos, de incidência recente. Ainda, observa-se que o TEBAR, terminal da Petrobras em São Sebastião, está inserido na classe de alto risco a movimentos de massa. Este situa-se no sopé das escarpas da Serra do Mar no respectivo município.

Nas planícies mais abertas e amplas, situadas próximas à costa, o principal risco deve-se a corridas de lama, como as que ocorreram no evento de 1967,

especialmente na Bacia do Santo Antônio, na qual situa-se um bairro periférico de Caraguatatuba.

Por fim, à leste da área de estudo o risco deve-se principalmente a escorregamentos, no qual observa-se a presença de núcleos urbanos estruturados ao longo da linha costeira.

#### **5.3.5. Muito alto risco a movimentos de massa**

A classe de muito alto risco a movimentos de massa está situada sobretudo nas áreas de sopé de encosta, com presença de núcleos urbanos, distribuída em toda a área de estudo (Apêndice 4). Ademais, áreas com processos geológicos recorrentes, nas quais foram encontradas cicatrizes de escorregamento durante as atividades fotointerpretativas e nos trabalhos de campo, também são enquadradas como setores de alto risco.

Observa-se que existem conflitos de uso nestes locais, uma vez que acima da cota de 100 metros, o uso deve ser destinado exclusivamente para áreas florestais, devido à presença do Parque Estadual da Serra do Mar.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos adotados na referente pesquisa evidenciam a eficiência dos produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, que se configuram como alternativas para o planejamento territorial de grandes regiões, com baixo custo. Desta forma, as metodologias aqui empregadas são passíveis de repetição para outros locais, visto que utilizam ferramentas de fácil aquisição e acesso. A análise multicriterial, por sua vez, permitiu a integração de dados geoambientais e socioeconômicos, que auxiliam na tomada de decisões pelo poder público.

Os dados obtidos pelo mapeamento do uso e ocupação da terra evidenciaram que para a área em questão as classes predominantes são floresta e pastagem, seguidas pela área urbana. Conforme salientado, a predominância da vegetação nativa deve-se à presença da Unidade de Conservação “Parque Estadual da Serra do Mar”. De maneira geral, observou-se que existem conflitos em relação ao uso da terra nas localidades situadas principalmente nas proximidades da Serra do Mar, nas quais a cobertura vegetal nativa deveria ser predominante.

Os resultados produzidos pela etapa de compartimentação fisiográfica e de retro-análise revelaram que os locais com maior potencial a movimentos de massa são aqueles situados principalmente em locais com alta densidade textural. Sua suscetibilidade decorre de suas características fisiográficas: proximidade das escarpas/ relevo serrano com as planícies, altas declividades e alta densidade de drenagem, que viabilizam o processo. Nesse sentido, nota-se que unidades com alta densidade textural e que possuem contato com as áreas mais planas da área de estudo – como a unidade IV, que possui contato com a unidade II e a IB – possuem alto potencial à geração de corridas de massa, conforme observado no evento de 1967. A localidade da UTGCA (Unidade de Tratamento de Gás de Caraguatatuba) e do duto GASTAU (Gasoduto Caraguatatuba/Taubaté) possui alto potencial à ocorrência desses processos, e durante as atividades de campo, inclusive, foi possível observar depósitos das corridas de 1967 próximos a essa unidade, conforme relatos de moradores locais e trabalhos já publicados sobre o evento na área (Figura 36).



**Figura 36.** Depósito da corrida de detritos de 1967 próximo à unidade da UTGCA, segundo relatos dos trabalhadores locais, pesquisadores que conhecem a área e moradores do entorno. Foto: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

Outras unidades fisiográficas foram identificadas com alto potencial para movimentos de massa, especialmente escorregamentos, como as unidades nas quais inserem-se os dutos OSBAT (Oleoduto São Sebastião/Cubatão) e OSPLAN (Oleoduto São Sebastião/Paulínia). Ademais, a bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, no município de Caraguatatuba, que abriga em seu interior um bairro periférico, possui grande potencial a escorregamentos, sendo que inclusive, 50 anos após a tragédia de 67, foram registrados novamente processos de movimentos de massa no local (Figura 37).

A porção sul da área de estudo possui um litoral recortado, com pequenas reentrâncias, restritas planícies costeiras e fluviais. A ocorrência em campo de pequenos escorregamentos nestes locais foi constatada, e, inclusive, muitos destes locais foram enquadrados como de alto risco a movimentos de massa.

Os locais com baixo risco a movimentos de massa não apresentam núcleos urbanos e o tipo de uso predominante é florestal. Sua distribuição ocorre por toda a área de estudo. Por outro lado, os locais com núcleos urbanos e próximos ao sopé da Serra do Mar possuem alto risco a movimentos de massa.



**Figura 37.** Escorregamento na bacia Santo Antônio, em Caraguatatuba, em março de 2017, 50 anos após o evento de 1967. Fonte: Jornal Estadão, 16/03/2017.

Outro aspecto importante refere-se à gestão de risco de áreas a movimentos de massa. Foi observado nos trabalhos de campo que a expansão urbana de Caraguatatuba segue em direção a sua grande planície costeira, e na maioria das vezes esses locais são considerados seguros para as atividades humanas que envolvem desde a instalação de moradias até empreendimentos econômicos. Entretanto, é necessário cautela na ocupação desses locais, especialmente no caso da área de estudo, que possui registro histórico de ocorrência de movimentos de massa.

Por fim, recomenda-se fortemente que as exigências quanto ao tipo de uso nas proximidades do Parque Estadual da Serra do Mar sejam respeitadas e consideradas, uma vez que embora os movimentos de massa ocorram de modo natural nas paisagens, a cobertura vegetal pode atenuar a ocorrência desses eventos. Ademais, embora não tenham sido exploradas neste trabalho, salienta-se que nos planos diretores dos municípios de São Sebastião e de Caraguatatuba as orientações quanto ao zoneamento urbano devem ser acatadas, as quais consideram, dentre outros fatores, os potenciais a movimentos de massa da região.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, v. 20, p. 26-52. 1970.

AGUIAR, L.S.J.; SANTOS, R.P. **Carta Morfodinâmica da Serra do Mar na Região de Cubatão-SP**. São Paulo: CETESB, 1991. Relatório Técnico. 37 p. 09 mapas.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p. 107–124. 2002.

ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. **Boletim do Instituto de Geografia e Geologia**, São Paulo, n. 41, p. 169-263. 1964.

ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 2, p. 135-150. 1998.

ANBAZHAGAN, S.; RAMESH, V. Landslide hazard zonation mapping in ghat road section of Kolli hills, India. **Journal of Mountain Science**, v. 11, n. 5, p. 1308–1325, 2014.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Malha Dutoviária Brasileira**. 2017. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/armazenamento-e-movimentacao-de-produtos-liquidos/orientacoes-sobre-os-arquivos-de-dados-georreferenciados-solicitados-para-atendimento-a-resolucao-anp-n-52-2015>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

ARAÚJO, R.O.; ROSA, T.C.S. Socio-environmental vulnerability and disaster risk reduction: the role of Espírito Santo State (Brazil). **Ambiente e Sociedade**, v. 17, n. 4, p. 117–132. 2014.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas - COBRAE, 1, 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 1992, p.721-733.

AUGUSTO FILHO, O. O estudo das corridas de massa em regiões serranas tropicais: um exemplo de aplicação no município de Ubatuba, SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 7, 1993, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ABGE, 1993, v. 2, p. 63-72.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco de escorregamento: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. 172 f.

AUGUSTO FILHO, O. Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE-Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 77–100, 1995.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de risco de escorregamento quantificada em ambiente de SIG como subsídio para implantação de seguros em áreas urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, 2001. 196 p.

AUGUSTO FILHO, O. Mass movements identification, modeling, analysis and mapping: some experiences in the southern of Brazil, Sao Paulo state. In: Lacerda, W.A.; Ehrlich, M.; Fontoura, S.A.B., Sayao, A.S.F. (eds). **Landslides: evaluation and stabilization**. Balkema, Taylor & Francis Group, London, p. 57–68. 2004.

AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L.E.S. **Programa Serra do Mar: Carta geotécnica da Serra do Mar nas folhas de Santos e Riacho Grande**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, p. 49, 1988.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J.C. Estabilidade de taludes. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. P. 243-269.

AUGUSTO FILHO, O.; HIRAI, J. N. OLIVEIRA, A. S; LIOTTI, E.S. GIS applied to geotechnical and environmental risk management in a Brazilian oil pipeline. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment (Print)**, v. 69, p. 631-641, 2010.

BACCARO, C.A.D. **Os processos de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar em Cubatão (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1982. 165 p.

BAPTISTA, A.C. **Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa, erosão e escoamento superficial em Nova Friburgo, RJ**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BARBOSA, J.P.M. Estudo sobre a evolução dos eventos extremos de precipitação no setor Paulista da Serra do Mar. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, São Paulo, 2007. **Anais...** São Paulo, p. 1-21, 2007.

BATHRELLOS, G.D.; GAKI-PAPANASTASSIOU, K.; SKILODIMOU, H.D.; PAPANASTASSIOU, D.; CHOUSIANITIS, K.G. Potential suitability for urban planning and industry development using natural hazard maps and geological-geomorphological parameters. **Environmental Earth Sciences**, v. 66, p. 537-548, 2012.

BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752 p.

BEHLING, A.A. **Fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo/RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2017. 151 p.

BERTONE, P.; MARINHO C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: A visão do planejamento. In: Congresso CONSAD de Gestão Pública, 6, Brasília, 2013. **Anais...** Brasília: CONSAD, p. 1-24, 2013.

BISPO, P.C.; ALMEIDA, C.M.; VALERIANO, M.M.; MEDEIROS, J.S.; CREPANI, E. Análise da suscetibilidade aos movimentos de massa em São Sebastião (SP) com o uso de métodos de inferência espacial. **Geociências**, v. 30, n. 3, p. 467–478. 2011.

BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS**. Ottawa: Pergamon, 1996. 398 p.

BONUCCELLI, T. **Estudos dos movimentos gravitacionais de massa e processos correlatos da área urbana de Ouro Preto, MG**. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, USP, São Carlos. 1999.

BORRELLI, L.; ANTRONICO, L.; GULLÀ, G.; SORRISO-VALVO, G.M. Geology, geomorphology and dynamics of the 15 February 2010 Maierato landslide (Calabria, Italy). **Geomorphology**, v. 208, p. 50–73, 2014.

BORTOLUCCI, A.P.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C.; COURA, M.M.; RUIZ, W.D.; DEMARCHI, F.B. Avaliação da suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos nas encostas marginais de barragens de terra: estudo de caso na

bacia hidrográfica do Rio das Araras. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 15, Bento Gonçalves, 2015. **Anais...** Bento Gonçalves: ABGE, 2015. CD-ROM

BRASIL. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012.

BRUNSDEN, D.; PRIOR, D. B. **Slope Instability**. Chichester: John Wiley, 1984.

BUDETTA, P. Application of the Swiss Federal Guidelines on rock fall hazard: a case study in the Cilento region (Southern Italy). **Landslides**, v. 8, n. 3, p. 381–389, 2011.

CAMPBELL, R.H. Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California. **U. S. Geological Survey Professional Paper**, 851, p. 51, 1975.

CAMPOS, S.; JÚNIOR, A.A.A.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G.; PIROLI, E.L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, 2004.

CARDOSO, D.; RIEDEL, P.S.; VEDOVELLO, R.; BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K. Compartimentação fisiográfica do município de Peruíbe, litoral de São Paulo - uma abordagem metodológica como subsídio à avaliação geotécnica de terrenos. **Pesquisas em Geociências**, v.3, n. 36, p. 251-262, 2009.

CASTRO, J.M.G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006. 154 p.

CASTRO-GOMES, G.L.C.; SANTOS-OLIVEIRA, A.M.; SATO, S.E. Zonas de risco a escorregamentos no município de Guarulhos/SP, Brasil. **Geotecnia**, v. 119, p. 69-93, 2010.

CERON, A.O.; DINIZ, J.A.F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 28, n. 2, p. 161-173, 1966.

CERRI, L.E.S.; AMARAL, C.P. Riscos Geológicos. In: BRITO, S.N.A.; OLIVEIRA, A.M.S. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 301-310.

CERRI, R.I.; REIS, F.A.G.V.; GRAMANI, M.; GABELINI, B.M.; ZAINE, J.E.; SISTO, F.P.; GIORDANO, L.C. Análise da influência de atributos fisiográficos e morfométricos na definição da suscetibilidade de bacias hidrográficas à ocorrência de corridas de massa. **Geologia USP, Série científica**, v. 18, n. 1, p. 3-30, 2018a.

CERRI, R.I.; REIS, F.A.G.V.; GRAMANI, M.; ROSOLEN, V.; LUVIZOTTO, G.L.; GIORDANO, L.C.; GABELINI, B.M. Assessment of landslide occurrences in Serra do Mar mountain range using kinematic analyses. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, n. 325, 2018b.

CEVASCO, A.; PEPE, G.; BRANDOLINI, P. The influences of geological and land use settings on shallow landslides triggered by an intense rainfall event in a coastal terraced environment. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 73, p. 859–875, 2014.

ÇEVİK, E.; TOPAL, T. GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey). **Environmental Geology**, v. 44, n. 8, p. 949–962. 2003.

CHEN, C.Y.; LEE, W.C. Damages to school infrastructure and development to disaster prevention education strategy after Typhoon Morakot in Taiwan. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, v. 21 n. 5, p. 541-55. 2012.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, p. 37-46, 1960.

COLLINS, B.; ZNIDARCIC, D. **Triggering Mechanisms of Rainfall Induced Debris Flows**. In: 2nd Panam. Symp. Landslides, 2o COBRAE. Rio de Janeiro, 1997. p. 277-286.

COROMINAS, J.; VAN WESTEN, C.; FRATTINI, P.; CASCINI, L.; MALET, J.-P.; FOTOPOULOU, S.; CATANI, F.; VAN DEN EECKHAUT, M.; MAVROULI, O.; AGLIARDI, F.; PITILAKIS, K.; WINTER, M.G.; PASTOR, M.; FERLISI, S.; TOFANI, V.; HERVÁS, J.; SMITH, J.T. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 73, p. 209–263, 2014.

CORRÊA, C.V.S. **Zoneamento geoambiental da região compreendida pelas folhas topográficas São José dos Campos e Jacareí-SP**. Dissertação (Mestrado

em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 2013.

CORRÊA, C.V.S.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C.; BRITO, H.D. Emprego de técnicas de sensoriamento remoto na compartimentação fisiográfica da região abrangida pelas folhas topográficas São José dos Campos e Jacareí (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n.6, p. 1281-1294, 2014.

CORRÊA, C.V.S.; REIS, F.A.G.V.; AMARAL, A.M.C.; COURA, M.M.; GIORDANO, L.C.; CHAVES, C.J. Caracterização geológico-geomorfológica dos principais movimentos de massa na região sudeste do Brasil entre os anos de 1967 e 2011 como subsídio a estudos de retroanálise. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 15, Bento Gonçalves, 2015. **Anais...** Bento Gonçalves: ABGE, 2015. CD-ROM

CORRÊA, C.V.S.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C.; BRESSANE, A.; CHAVES, C.J.; AMARAL, A.M.C.; BRITO, H.D.; MEDEIROS, G.A. Geo-environmental zoning using physiographic compartmentalization: a proposal for supporting sustainable decision-making. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89 n. 3, p. 1503-1530, 2017a.

CORRÊA, C.V.S.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C.; CHAVES, C.J.; AMARAL, A.M.C. Utilização da compartimentação fisiográfica como subsídio na indicação de áreas susceptíveis a movimentos de massa: estudo de caso em Caraguatatuba e São Sebastião (SP). In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 17, Campinas, 2017. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2017b.

CORRÊA, C.V.S. **Modelagem morfométrica para avaliação da potencialidade de bacias hidrográficas a corridas de detritos: proposta aplicada em Caraguatatuba (SP) e São Sebastião (SP)**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Rio Claro, 2018. 275 p.

COSTA, J.E.; BAKER, V.R.S. **Surficial Geology**. New York: John Wiley, 1984. 498 p.

COSTA, N.M.C.; COSTA, V.C. Detecção de áreas de risco de escorregamento, baseada no uso de sig, em locais de atratividade ecoturística na cidade do Rio de

Janeiro (Brasil). In: Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica, 1., Coimbra. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2014.

COUTINHO, A.C.; MIRANDA, E.E.; MIRANDA, J.R. Mapeamento da superfície terrestre através da utilização do método de segmentação por crescimento de regiões e classificação supervisionada de imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9, Santos. **Anais...** São Paulo: Imagem Multimídia, Seção de Comunicações Técnicos-Científicas, 1996.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geológico da Folha Caraguatatuba**. SF-23-Y-D-VI-1. São Paulo: CPRM, 1982a. Escala 1:50.000.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geomorfológico da Folha Caraguatatuba**. SF-23-Y-D-VI-1. São Paulo: CPRM, 1982b. Escala 1:50.000.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geológico da Folha Pico do Papagaio**. SF-23-Y-D-V-2. São Paulo: CPRM, 1991. Escala 1:50.000.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP – contribuição à geomorfologia litorânea tropical**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, USP, 1974. 181p.

CRUZ, O. Alguns conhecimentos básicos para a fotointerpretação. **AerofotoGeografia**, v. 25, 1981.

CRUZ, O. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar. **Revista do Instituto Geológico**, v. 11, n. 1, p. 9-20, 1990.

CUNHA, M.A. (Coord.). **Manual de Ocupação de Encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1991. 223 p.

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: Os Métodos de Representação e sua Confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 9, p. 45-60, 1995.

DELAVAR, M. R.; NAGHIBI, F. Pipeline Routing Using Geospatial Information System Analysis. In: Scandinavian Research Conf. on Geographical Information Science, 9, Escandinávia. **Anais...** Escandinávia, 2003.

DELMONACO, G.; IPPOLITO, F.; MARGOTTINI, C. The CEC Project. Meteorological Factors influencing slope stability and slope movement type:

evaluation of hazard prone areas. In: Hydrological and Hydrogeological Risks: **Proceedings of the First Review Meeting**, 1., p. 259-283. 1995.

DI, B.F.; CHEN, N.S.; CUI, P.; LI, Z.L.; HE, Y.P.; GAO, Y.C. GIS-based risk analysis of debris flow: an application in Sichuan, southwest China. **International Journal of Sediment Research**, v. 23, p.138–148, 2008.

DIAS, F.P.; HERRMANN, M.L.P. Susceptibilidade a deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis – SC. **Revista Caminhos de Geografia**, v.3, n. 6, p. 57–73, 2002.

DIETRICH, W.E.; WILSON, C.J.; RENEAU, S.L. Hollows, colluvium, and landslides in soil-mantled landscapes. In: ABRAHMS, A.D. (Ed.) **Hillslope Processes**. Boston: Allen & Unwin, 1986. p. 362-388.

DING, J.; YANG, Z.; SHANG, Y.; ZHOU, S.; YIN, J. A new method for spatio-temporal prediction of rainfall-induced landslide. **Science in China Series D**, v. 49, n. 4, p. 421–43, 2006.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Shapefile da Malha Rodoviária Brasileira**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

DRAGIĆEVIĆ, S.; LAI, T.; BALRAM, S. GIS-based multicriteria evaluation with multiscale analysis to characterize urban landslide susceptibility in data-scarce environments. **Habitat International**, v. 45, p. 114–125. 2014.

EFFGEN, J.F.; MARCHIORO, E. Mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa no município de Vila Velha-ES, com o uso de Análise de Processos Hierarquizados (AHP). **Geociências**, v. 36, n. 4, p. 731 - 742, 2017.

EM-DAT. **International Disaster Database**. 2008. Disponível em: <[www.emdat.be](http://www.emdat.be)>. Acesso em: 02 ago. 2018.

ESRI 2014. **ArcGIS Desktop: Release 10.2.2**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

ESRI. **Basemap: World Imagery**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2018.

EVANS, S.G.; GUTHRIE, R.H.; ROBERTS, N.J.; BISHOP, N.F. The disastrous 17 February 2006 rockslide-debris avalanche on Leyte Island, Philippines: a catastrophic landslide in tropical mountain terrain. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 7, p. 89–101, 2007.

FEIZIZADEH, B.; ROODPOSHTI, M.S.; JANKOWSKI, P.; BLASCHKE, T. A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping. **Computers & Geosciences**, v. 73, p. 208–221, 2014.

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. p. 123- 194.

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. Condicionantes geológicos dos escorregamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, 2001. p. 51-71.

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **CATENA**, v. 55, n. 2, p. 163-181. 2004.

FERNANDES-DA-SILVA, P.C.; CRIPPS, J.C. Geo-environmental Terrain Assessments Based on Remote Sensing Tools: A Review of Applications to Hazard Mapping and Control. **Environmental Management in Practice**, v. 5, p. 85-118, 2011.

FERREIRA, F.S. **Análise da influência das propriedades físicas do solo na deflagração dos escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. 113 p.

FERREIRA, M.V.; RIEDEL, P.S.; LOPES, E.S.S.; MERINO, E.R. Comparação entre diferentes critérios para elaboração de mapas de suscetibilidade aos escorregamentos: exemplo do município de Cubatão, Serra do Mar Paulista. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 4, n. 60, p. 385-400, 2008.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 101 p.

FLORENZANO, T. G.; CSORDAS, S. M. **Mapa geomorfológico da Região do Médio Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 1993. Escala: 1:250.000.

FONSECA, L.M.G. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2000. 105 p.

FRANCO, Y.B. **Novo equipamento para a avaliação do comportamento mecânico de dutos enterrados e análise concomitante das deformações no solo via correlação de imagens digitais**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. 193 p.

FRAU, C.M.; PINO, L.M.; ROJAS, Y.O.; HERNÁNDEZ, Y.M. Modelamiento geométrico del cambio de coordenadas UTM causadas por mudanza de referencial geodésico. Caso SIRGAS – Chile. **Boletim Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 18, n. 4, p.583-604, 2012.

FUJIMOTO, N.S.V.M.; HOLL, M.C.; VEDOVELLO, R.; SILVA, P.C.F.; MAFFRA, C.Q.T. A Identificação de setores de risco a movimentos de massa no município de São Sebastião, SP. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotecnia, 2., e Encontro Regional de Geotecnia e Meio Ambiente, 1., 1996. **Anais...** São Carlos: ABGE, 1996, p.129-137.

FÚLFARO, V.; PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; STEIN, D.P. Escorregamentos de Caraguatatuba: expressão atual, e registro na coluna sedimentar da planície costeira adjacente. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 1976. **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 1976. v. 2, p. 341-350. CD-ROM.

FURLAN, M.C.; LACRUZ, M.S.P.; SAUSEN, T.M. Vulnerabilidade socioeconômica à ocorrência de eventos extremos: proposta metodológica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 4540-4546.

GABELINI, B.M. **Suscetibilidade a escorregamentos na região entre Caraguatatuba e São Sebastião (SP): análise fisiográfica e quantitativa**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), IGCE – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro. 2017. 121 p.

GALVE, J.; CEVASCO, A.; BRANDOLINI, P.; SOLDATI, M. Assessment of shallow landslide risk mitigation measures based on land use planning through probabilistic modelling. **Landslides**, v. 12, n. 1, p. 1–14, 2014.

GAPRINDASHVILI, G.; VAN WESTEN, C.J. Generation of a national landslide hazard and risk map for the country of Georgia. **Natural Hazards**, v. 80, p. 69–101, 2016.

GHESHLAGHI, H.A.; FEIZIZADEH, B. An integrated approach of analytical network process and fuzzy based spatial decision making systems applied to landslide risk mapping. **Journal of African Earth Sciences**, v. 133, p. 15–24, 2017.

GOMES, R.A.T. **Modelagem de Previsão de Movimentos de Massa a Partir da Combinação de Modelos de Escorregamentos e Corridas de Massa**. Tese (Doutorado) - Geografia, UERJ, Rio de Janeiro, 2006. 180p.

GOMES, C.L.R.; OGURA, A.T.; GRAMANI, M.F.; CORSI, A.C.; ALAMEDDINE, N. Retro-análise da corrida de massa ocorrida no ano de 1967 nas encostas da Serra do Mar, vale dos rios Camburu, Pau D' Alho e Canivetal, município de Caraguatatuba - SP: quantificação volumétrica dos sedimentos depositados nas planícies de inundação. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 12, Recife, 2008. **Anais...** Recife: ABGE, 2008. CD-ROM.

GOMES, M.C.V.; DIAS, V.C.; VIEIRA, B.C. Influência dos parâmetros morfométricos na magnitude de corridas de detritos em Caraguatatuba/SP, Serra do Mar: análise preliminar. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 15, Bento Gonçalves, 2015. **Anais...** Bento Gonçalves: ABGE, 2015.

GRAMANI, M.F. **Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos (“Debris Flows”) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Solos), EPUSP - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001. 372 p.

GRAMANI, M.F.; OLIVITO, J. P. R.; AUGUSTO FILHO, O., MAGALHÃES, F. S. Análise da potencialidade de geração de corridas de massa nos trechos serranos do duto OSBAT. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 11, 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABGE, v.1. p. 1350 – 1365, 2005.

GRITZNER, M.L.; MARCUS, W.A.; ASPINALL, R.; CUSTER, S.G. Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modeling and topographic attributes, Payette River, Idaho. **Geomorphology**, v. 37, p. 149–165, 2001.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Eds.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 12 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. Cap. 4, p. 149-210.

GUIDICINI, G.; IWASA, O.Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos no meio tropical úmido**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1976. 48 p. Publicação 1080.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de taludes naturais e sua escavação**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

GUILLARD-GONÇALVES, C.; ZÉZERE, J.L. Combining Social Vulnerability and Physical Vulnerability to Analyse Landslide Risk at the Municipal Scale. **Geosciences**, v. 8, n. 294, 2018.

GUPTA, V.; TANDON, R.S.; VENKATESHWARLU, B.; BHASIN, R.K.; KAYNIA, A.M. Accelerated mass movement activities due to increased rainfall in the Nainital township, Kumaun Lesser Himalaya, India. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 61, n. 1, p. 29–42, 2017.

GUY, M. Quelques principes e quelques expériences surla methodologie de la photointerpretation. In: Symp. Intern. Photo-Interpretation, 2., Paris, **Acte...** v.1, p. 21-41. 1966.

HEMASINGHE, H.; RANGALI, S.S.S.; DESHAPRIYA, N.L.; SAMARAKOON, L. Landslide susceptibility mapping using logistic regression model (a case study in Badulla District, Sri Lanka). **Procedia Engineering**, v. 212, p. 1046–1053. 2018.

HOLL, M.C.; VEDOVELLO, R.; SILVA, A.P. O uso e ocupação da terra nas avaliações de risco devido a movimentos de massa: exemplo de aplicação para a região do litoral norte do Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 4., Brasília. **Anais...** Brasília: ABGE, 2001.

HUTCHINSON, J.N. General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. In: International Symposium on Landslides, 5th, Lausanne, 1998. **Anais...** Lausanne, 1998, v.1. p. 3-35.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Maresias**. São Paulo: IBGE, 1973. SF-23-Y-D-V-4. Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Caraguatatuba**. São Paulo: IBGE, 1974a. SF-23-Y-D-VI-1. Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha do Pico do Papagaio**. São Paulo: IBGE, 1974b. SF-23-Y-D-V-2. Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de São Sebastião**. São Paulo: IBGE, 1975. SF-23-Y-D-VI-3. Escala 1:50.000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução do Presidente do IBGE nº 1 de fevereiro de 2005**. Altera a

caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: <[http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/rpr_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3 ed. IBGE: Rio de Janeiro, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências - Malha municipal**. IBGE: Rio de Janeiro, 2016a. Disponível em: <[https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 27 mai. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências – Estados brasileiros**. IBGE: Rio de Janeiro, 2016b. Disponível em: <[https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 27 mai. 2018.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do município de São Sebastião**. São Paulo: IG, 1996a. Escala 1:50.000.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geomorfológico do município de São Sebastião**. São Paulo: IG, 1996b. Escala 1:50.000.

INFANTI-JÚNIOR, N.; FORSANARI-FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131-152.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estudos das instabilizações de encostas da Serra do Mar na região de Cubatão, objetivando a caracterização do fenômeno “Corrida de Lama” e a prevenção de seus efeitos**. São Paulo: IPT, 1987. Relatório n. 25636.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Programa Serra do Mar: Estudo geotécnico dos principais mecanismos de instabilização na Serra do Mar**. São Paulo: IPT, 1988. Relatório n. 25957.

KANJI, M.A.; MASSAD, F.; CRUZ, P.T. Debris Flows in Areas of Residual Soils: Occurrence and Characteristics. In: International Workshop on Occurrence and Mechanism of Flows in Natural Slopes and Earthfills, 2003, Sorrento. **Anais...** International Workshop on Occurrence and Mechanism of Flows in Natural Slopes and Earthfills. Naples: Associazione Geotecnica Italiana, 2003. v. 2. p. 1-9.

KANJI, M.A.; CRUZ, P.T.; MASSAD, F. Debris flow affecting the Cubatao Oil Refinery, Brazil. **Landslides**, v. 5, p. 71–82, 2008.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; CORREA, G.P.; MICHEL, G.P. Debris flow occurrences in Rio dos Cedros, Southern Brazil: meteorological and geomorphic aspects. In: WRACHIEN, D.; BREBBIA, C.A. (Orgs.). **Monitoring, Simulation, Prevention and Remediation of Dense Debris Flows III**. Southampton: WITpress, 2010. p.77-88.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P. **Bibliografia dos trabalhos de fluxos de detritos ocorridos no Brasil no período de 1949-2014**. Trabalho Técnico GPDEN, n° 01, p. 15, 2014.

LARSEN, M.C.; TORRES-SANCHEZ, A.J. The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico. **Geomorphology**, v. 24, p. 309- 331. 1998.

LINO DE FARIA, R. **Zoneamento da susceptibilidade à escorregamentos na bacia hidrográfica do Córrego do Young**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF, Juiz de Fora, 2013.

LISTO, F.L.R.; CARVALHO-VIEIRA, B. Mapping of risk and susceptibility of shallow landslide in the city of São Paulo, Brazil. **Geomorphology**, v.169, p. 30–44. 2012.

LO, C.M. Cliff Retreat and Progressive Development of Talus Deposits in Hungtsaiping Rockfall Area, Nan Tou, Taiwan. **Landslides**, v. 12, n. 1, p. 29–54, 2015.

LOBÃO, J.S.B.; FRANÇA-ROCHA, W.J.S.; SILVA, A.B. Aplicação dos índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santa – BA In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. Série didática. Florianópolis: Editora da UFSC, 1984.

\_\_\_\_\_. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 5 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

LOPES, E.S.S. **Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista, na escala de 1:10.000**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, 2006. 302 p.

LORENTZ, J.F.; CALIJURI, M.L.; GOMES-MARQUES, E.; CARREIRO-BAPTISTA, A. Multicriteria analysis applied to landslide susceptibility mapping. **Natural Hazards**, v. 83, p. 41–52. 2016.

LUCENA, L.F.L. A análise multicriterial na avaliação de impactos ambientais. In: Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 3., 1999, Recife. **Anais...** Recife: SBEE, 1999. p.1-13.

MACEDO, E.S.; SANTORO, J. Gerenciamento de Riscos Geológico. In: **Curso de Administração de Emergências para Municípios: treinamento para equipes municipais**. São Paulo: Publicações Cadec, 2001.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York: John Wiley, 1999. 362 p.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journey of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, p. 703–72, 2006.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; MARQUES, C.; PAULA, L.T. de.; CASSANELI, L.B. Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. **Revista Brasileira de Estudos da População**, v. 30, n. 1, p. 35-56. 2013.

MARCELINO, E.V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE, 2008. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MARCHETTI, D.A.B.; GARCIA, G.J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1986. 257 p.

MARQUES, J.A.P. **Estudo de metodologia de avaliação de risco a escorregamento de terra em área urbana: o caso do município de Juiz de Fora – MG**. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído), Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF, Juiz de Fora, 2011.

MARQUES, M. L.; FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; BENTZ, C. M. Utilização de imagens orbitais de alta resolução no monitoramento de faixa de dutos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. Curitiba, 2011. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.

MARTINI, L.C.P.; UBERTI, A.A.A.; SCHEIBE, L.F.; COMIN, J.J.; OLIVEIRA, M. A.T. Avaliação da Suscetibilidade a Processos Erosivos e Movimentos de Massa: Decisão Multicriterial Suportada em Sistemas de Informações Geográficas. **Geociências**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 41-52. 2006.

MARTINS, M. **Geração de ortoimagem a partir de georreferenciamento direto de imagens digitais aérea de pequeno formato com dados *LiDAR***. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2010. 131 p.

MASSAD, F.; CRUZ, P.T.; KANJI, M.A. Comparison between estimated and measured debris flow discharges and volume of sediments. In: Pan-American Symposium on Landslides, 2nd, Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: 1997.

MATTOS, J.T. **Técnicas de Sensoriamento Remoto Aplicadas ao Mapeamento Geológico**. Rio Claro: UNESP. Notas de aula da disciplina “Técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas ao Mapeamento Geológico”, do curso de pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente. 2011.

MAZZOCATO, M.E. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento urbano da bacia do rio Una: município de São Sebastião, SP**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto de Pesquisa Espaciais, INPE, São José dos Campos, 1998. 197 p.

MENDES, R.M.; ANDRADE, M.R.M.; TOMASELLA, J.; MORAES, M.A.E.; SCOFIELD, G.B. Understanding shallow landslides in Campos do Jordão municipality – Brazil: disentangling the anthropic effects from natural causes in the disaster of 2000. **Natural Hazard and Earth System Sciences**, v. 18, p. 15-30. 2018.

MICHEL, G.P.; KOBAYAMA, M. Mapeamento de áreas susceptíveis a fluxos de detritos por meio de modelagem computacional. In: LADWIG, N.I.; SCHWALM, H. (Org.). **Planejamento e gestão territorial: Hidrografia e sustentabilidade**. Florianópolis: Insular, 2016. p.71-89.

MONTGOMERY, C.W. **Environmental Geology**. 3 ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1992. 465p.

MOREIRA, C.V.R.; PIRES NETO, A.G. Clima e Relevo. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

MOURA, C.A. **Análise da suscetibilidade do meio físico a movimentos gravitacionais de massa por meio de sistematização de zoneamento geoambiental**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2014.

NARDINI, R.C. **Determinação do conflito de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão Água-Fria, Bofete (SP), visando a conservação dos recursos hídricos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu, 2009. 61 p.

NASCIMENTO, T.M. **Avaliação de metodologias de mapeamento aplicado à redução de risco à escorregamentos na sede urbana de Santa Teresa–ES**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Vitória, 2016.

NERY, T.D. **Dinâmica das corridas de detritos no Litoral Norte de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2016. 164 p.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

NUNES, A.L.; SAYÃO, A. Debris flows e técnicas de mitigação e convivência. In: Congresso Nacional de Geotecnia, 14, Covilhã, 2014. **Anais...** Covilhã, Portugal: 2014, p. 83-123.

OKIDA, R. **Técnicas de sensoriamento remoto como subsídio ao zoneamento de áreas sujeitas a movimentos gravitacionais de massa e a**

**inundações.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 1996. 147 p.

OLIVEIRA, T.A. **Compartimentação fisiográfica aplicada à avaliação de terrenos: subsídio ao planejamento territorial do município de Cananeia-SP.** Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2004.

OLIVEIRA, S.C.; ZÉZERE, J.L.; GUILLARD-GONÇALVES, C.; GARCIA, R.A.C.; PEREIRA, S. Integration of landslide susceptibility maps for land use planning and civil protection emergency management. In: SASSA, K.; MIKOŠ, M.; YIN, Y. (Eds.). **Advancing Culture of Living with Landslides.** Switzerland: Springer, 2017, v. 1, p. 543–553.

PANDEY, A.; DABRAL, P.P.; CHOWDARY, V.M.; YADAV, N.K. Landslide hazard zonation using remote sensing and GIS: a case study of Dikrong River Basin, Arunachal Pradesh, India. **Environmental Geology**, v. 54, p. 1517-1529, 2008.

PARIZZI, M.G. **Condicionantes e mecanismos de ruptura em taludes da região Metropolitana de Belo Horizonte, MG.** Tese (Doutorado), Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. 213 p.

PEDRAZZI, J.A. **Hidrologia Aplicada.** 2004. Disponível em: <<http://www.facens.br/site/alunos/download/hidrologia>>. Acesso em 15 abr. 2018.

PELLEGATTI, C.H.G.; GALVANI, E. Avaliação da precipitação na Serra do Mar-SP em eventos de diferentes intensidade e duração. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 27, p. 147 – 158. 2010.

PENIDO, L.R.; KUX, H.J.H.; MATTOS, J.T. Aplicação de Técnicas de Sensoriamento Remoto e GIS como subsídio ao planejamento rodoviário. Estudo de Caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., 1998, Santos. **Anais...** São Paulo: Imagem Multimídia. Seção de Comunicações Técnico-Científicas, 2003. CD-ROM.

PERROCA, M.G.; GAIDZINSKI, R.R. Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes - coeficiente Kappa. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 37, n. 1, p. 72-80, 2003.

PFALTZGRAFF, P.A.D.S. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na região metropolitana do Recife.** Tese (Doutorado em Geologia), Centro de

Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, UFPB, Recife, 2007. 151 p.

PILACHEVSKY, T. **Zoneamento Geoambiental do município de São João da Boa Vista (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2013.

PILACHEVSKY, T.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C.; MASCARO, S.A.; MACEDO, J.G.C. Compartimentação fisiográfica aplicada ao planejamento ambiental territorial: estudo de caso no município de São João da Boa Vista (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 67/1, p. 83-96. 2015.

PINHEIRO, R.J.B. **Estudo de alguns casos de instabilidade da encosta da Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. 318 p.

PITANGA, H.N.; SILVA, T.O.; RODRIGUES, F.D.; FERREIRA, M.A.; PINTO, P.M.P. Áreas de risco no município de Ouro Branco-MG: identificação e relação com o crescimento urbano da região do Alto Paraopeba. **Revista de Geografia Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE**, v. 32, n. 3, 2015.

POLANCO, L.S.E. **Correlações empíricas para fluxo de detritos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2010. 110 p.

PROMPER, C.; PUISSANT, A.; MALET, J.P.; GLADE, T. Analysis of land cover changes in the past and the future as contribution to landslide risk scenarios. **Applied Geography**, v. 53, p. 11-19, 2014.

RABACO, L.M.L. **Avaliação de Modelos de Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa numa Faixa de Dutos**. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Computação / Geomática, FEN/UERJ, Rio de Janeiro, 2005. 162p.

REGMI, N.R.; GIARDINO, J.R.; VITEK, J.D. Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA. **Geomorphology**, v. 115, p. 172–187. 2010.

REGMI, A.D.; YOSHIDA, K.; POURGHASEMI, H.R.; DHITAL, M.R.; PRADHAN, B. Landslide susceptibility mapping along Bhalubang — Shiwapur area of mid-Western Nepal using frequency ratio and conditional probability models. **Journal of Mountain Science**, v. 11, n. 5, p. 1266–1285, 2014.

REIS, F.A.G.V. **Curso de Geologia Ambiental via Internet**. Departamento de Geologia Aplicada, Unesp Rio Claro. 2001. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/index.html>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

REIS, F.A.G.V.; ZAINÉ, J.E. (Coords.). **Alertas Meteorológicos para Avaliação de Risco Geológico e Geotécnico nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil / Alertas Meteorológicos Associados a Risco de Origem Geológico e Geotécnico**. Processo Fundunesp: 2.351/2014-CCP – Termo de Cooperação PETROBRAS 0050.0097435.15.9. Relatório final. Rio Claro: UNESP; PETROBRAS, 2018.

RIFFEL, E.S.; GUASSELLI, L.A.; BRESSANI, L.A. Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 285-305. 2016.

RIVEREAU, J.C. **Notas de aula do curso de fotointerpretação**. Curitiba: Instituto de Geologia/UFPR, 1969. 128 p.

RODRIGUES, F.S.; LISTO, F.L.R. Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias na Região Metropolitana de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 765-775.

RODRÍGUEZ, A.C.M. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT**. São José dos Campos: INPE, 2000.

ROPER, W.; DUTTA, S. Remote Sensing and GIS Applications for Pipeline Security Assessment. In: ESRI User Conference Proceedings, 2005, San Diego. **Anais...** ESRI, San Diego, 2005.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. USP/IPT/FAPESP. Escala 1:500.000. 1997.

ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C.J.; GIBERTI, P.P.C. Mapeamento do uso e ocupação do solo urbano aplicado à análise de risco (escala 1:10.000). In: FERREIRA, C.J. (Coord). **Diretrizes para a regeneração socioambiental de áreas degradadas por mineração de saibro (caixas de empréstimo), Ubatuba, SP**. Relatório Técnico 3, FAPESP (Processo FAPESP 03/07182-5), 2007.

RUDORFF, C.M.; RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T.; SUGAWARA, L.M.; VIEIRA, C.A.O. Superfícies de reposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de áreas de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p.118-25, 2007.

SAIZ, C.C.; FILHO, M.V. Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao levantamento e integração de dados do meio físico como subsídio ao planejamento conservacionista. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13., Águas de Lindóia, 1996, **Anais...** Águas de Lindóia: ESALQ, USP, 1996 (CD-ROM).

SAITO, S.M. **Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014. Disponível em: <[http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia\\_saito.pdf](http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf)>. Acesso em: 06 mar. 2018.

SAKAI, R.O. **Estudo do impacto de Debris flows: caso da Bacia do Rio Santo Antônio em Caraguatatuba (Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. 236 p.

SAMIA, J.; TEMME, A.; BREGT, A.; WALLINGA, J.; GUZZETTI, F.; ARDIZZONE, F.; ROSSI, M. Characterization and quantification of path dependency in landslide susceptibility. **Geomorphology**, v. 292, p. 16–24. 2017.

SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; LEITÃO-FILHO, H.F.; CESAR, O. Composição florística de um trecho de floresta ripária na Mata Atlântica em Picinguaba, Ubatuba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, n. 22, p. 31-42. 1999.

SANCHO, A.M.V. **Análise dinâmica de fluxos de detritos em regiões tropicais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. 160 p.

SANTOS, D.D.; GALVANI, E. Caracterização sazonal das precipitações no município de Caraguatatuba – SP, entre os anos de 1943 a 2004. **Revista GEONORTE**, Edição Especial 2, vol. 1, n°5, p. 1196-1203. 2012.

SANT'ANNA NETO, J.L. Dinâmica Atmosférica e o Caráter Transicional do Clima na Zona Costeira Paulista. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 8, p. 35-49. 1994.

SELBY, M.J. **Hillslope: materials and process**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 451 p.

SELUCHI, M.E.; CHOU, S.C. Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 98, p. 67-77. 2009.

SIDLE, R.C. BOGAARD, T.A. Dynamic earth system and ecological controls of rainfall-initiated landslides. **Earth-Science Reviews**, v. 159, p. 275-291, 2016.

SILVA, D.S. **Contribuições metodológicas para análise de vulnerabilidade ambiental em compartimentos topográficos com cobertura vegetal densa no município de Ubatuba-SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2018. 199 p.

SILVA, P.C.F.; VEDOVELLO, R.; FERREIRA, C.J.; CRIPPS, J.C.; BROLLO, M.J.; FERNANDES, A.J. Geo-environmental mapping using physiographic analysis: constraints on the evaluation of land instability and groundwater pollution hazards in the Metropolitan District of Campinas, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 61, n. 8, p. 1657-1675, 2010.

SILVA, V.M.; PEREIRA, M.B.; SOUZA, C.J.O. Educação para o Risco: Percepção e Representação de Risco Ambiental. **Revista de Geografia – PPGeo – UFJF**, v. 6, n. 4, p. 387-399. 2016.

SILVA-JÚNIOR, C.H.L. Lógica Fuzzy e Processo Analítico Hierárquico (AHP) aplicados ao zoneamento de áreas suscetíveis a deslizamentos: uma revisão. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 3, p. 42-58, 2015.

SISTO, F.P. **Comparação entre os modelos Shalstab e Sinmap no estudo de áreas susceptíveis a escorregamentos em São Sebastião – SP**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2018. 115 p.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 32, p. 71–104, 1976.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P.; MATTOS, J.T. A lógica de interpretação de fotografias aéreas convencionais aplicada a imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1. São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: CNPq/INPE. 616-618p. 1978.

SOARES, P.C.; LUZ, M.E.R.; REDAELLI, R.; GUERRA, S.M.S. Análise morfoestrutural em fotos aéreas: aplicação na prospecção de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, Brasília. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1982. p. 157-168.

SUJATHA, E.R.; RAJAMANICKAM, G.V. Landslide hazard and risk mapping using weighted linear combination applied to Tevankarai Stream Watershed, Kodaikkanal, India. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 21, n. 6, p. 1445–1461, 2015.

TAKAHASHI, T. Debris Flows. **Annual Review Fluid Mechanics**, v. 13, p. 57-77. 1981.

TATIZANA, C.; OGURA, A.T.; CERRI, L.E.S.; ROCHA, M.C.M. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos – Serra do Mar, Município de Cubatão. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, v. 2, p. 225-236. 1987.

TAVARES, R.; SANT'ANNA NETO, J.L.; TOMMASSELLI, J.T.G.; PRESSINOTTI, M.M.N.; SANTORO, J. Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associada aos movimentos de massa no Litoral Norte Paulista. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEND/UFSC, p. 680-696. 2004.

TOMINAGA, L.K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: Aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 207 p.

TOMINAGA, L.K.; FERREIRA, C.J.; VEDOVELLO, R.; TAVARES, R.; SANTORO, J.; SOUZA, C.R.G. Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do Litoral Norte de São Paulo: conceitos e técnicas In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5., 2004, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ABGE, p. 205-216, 2004.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, A.; AMARAL, A. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

TUDES, S.; YIGITER, N.D. Preparation of land use planning model using GIS based on AHP: case study Adana-Turkey. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, n. 69, p. 235-245, 2010.

VAN WESTEN, C.J.; CASTELLANOS ABELLA, E.A.; SEKHAR, L.K. Spatial data for landslide susceptibility, hazards and vulnerability assessment: an overview. **Engineering Geology**, v. 102, p. 112–131, 2008.

VANACÔR, R.N. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. 132 p.

VARANDA, E.; MAHLER, C.F.; DIAS-DE-OLIVEIRA, L.C. Análise de risco de escorregamento com uso de SIG. **Geotecnia**, v. 119, p. 57-68, 2010.

VAZ, L.F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. **Solos e Rochas**, v. 19, n. 2, p. 117-136, 1996.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2000.

VEDOVELLO, R. Análise comparativa da técnica de compartimentação fisiográfica de terrenos, por sensoriamento remoto e com a obtenção de unidades básicas de compartimentação fisiográfica de compartimentação (UBCs), em três diferentes regiões do estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 12., 2008, Ipocuca. **Anais...** ABGE: Ipocuca, 2008. CD-ROM.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T. Zoneamento Geotécnico por Sensoriamento Remoto para estudos de Planejamento do Meio Físico: aplicação em expansão urbana. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** INPE: Curitiba, 1993. p. 155-162.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T. A Utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de unidades geotécnicas: Uma abordagem a partir de sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998, Florianópolis. **Anais...** ABGE: Florianópolis, 1998.

VENEZIANI, P; ANJOS, C.E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. 54p.

XU, C.; XU, X.; DAI, F.; XIAO, J.; TAN, X.; YUAN, R. Landslide Hazard Mapping Using GIS and Weight of Evidence Model in Qingshui River Watershed of 2008 Wenchuan Earthquake Struck Region. **Journal of Earth Science**, v. 23, n. 1, p. 97–120, 2012.

WEILL, M.A.M. Metodologias de avaliação de terras para fins agrícolas. **Revista Brasileira Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 4, p. 127-160, 1990.

WIGGERS, M.M. **Zoneamento das áreas de risco a Movimento de Massa na área urbana do Município de Caxias do Sul/RS**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

WOLLE, C.M. **Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encosta**. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1988. 406 p.

WOLLE, C.M.; CARVALHO, C.S. Deslizamentos em encostas na Serra do Mar - Brasil. **Solos e Rochas**, v. 12, p. 27-36, 1989.

WOLLE, C.M.; HACHICH, W. Rain-induced landslides in southeastern Brasil. In: Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 12., 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ISSMPE, p.1639-1642. 1989.

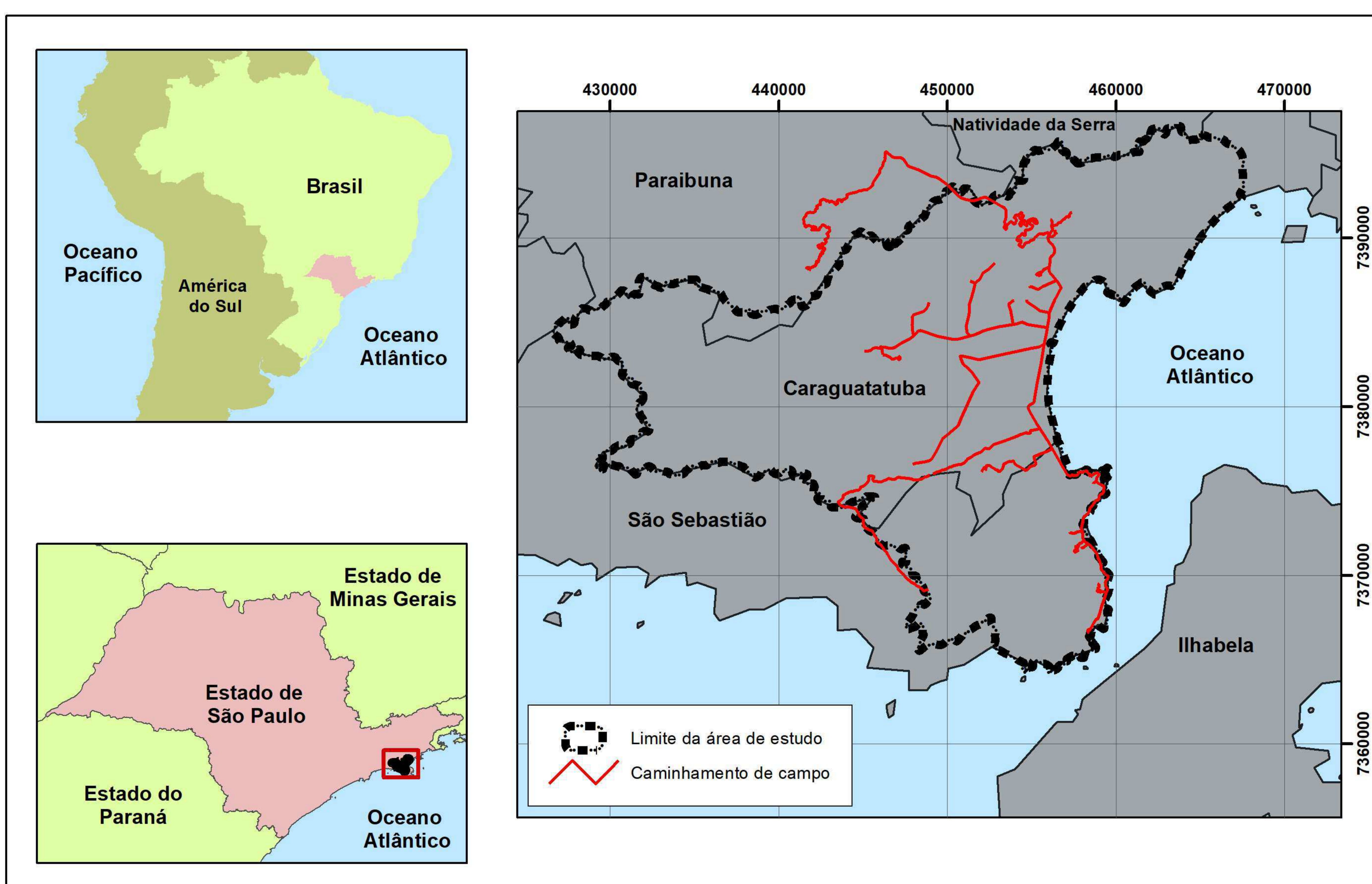
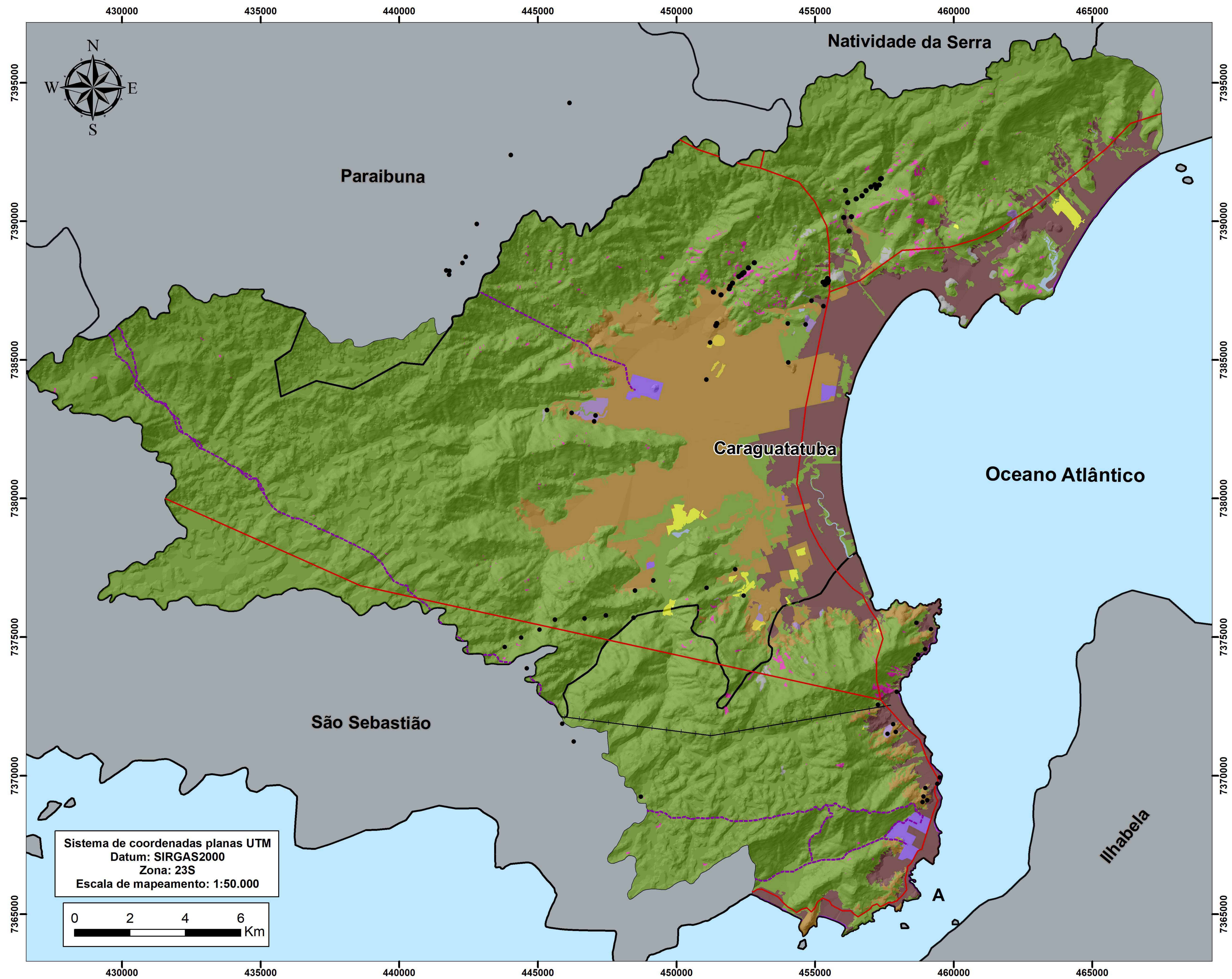
WRIGHT, V.G.; KRONE, R.B. Erosion processes in upland areas. In: FRENCH, R.H. (ed.). **Hydraulics/Hidrology of Arid Lands (H2AL)**. p.142-147. 1990.

ZAINE, J.E. **Método de Fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG**. Tese (Livre docência em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011.

ZERKAL, S.V.; ZERKAL, O.V. Simulation flow landslides by particle method. In: International Symposium on landslides, 9, 2004. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2004.

# APÊNDICES

## **APÊNDICE 1. Mapa de uso e ocupação da terra**



**unesp**  
 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
 "JULIO DE MESQUITA FILHO"

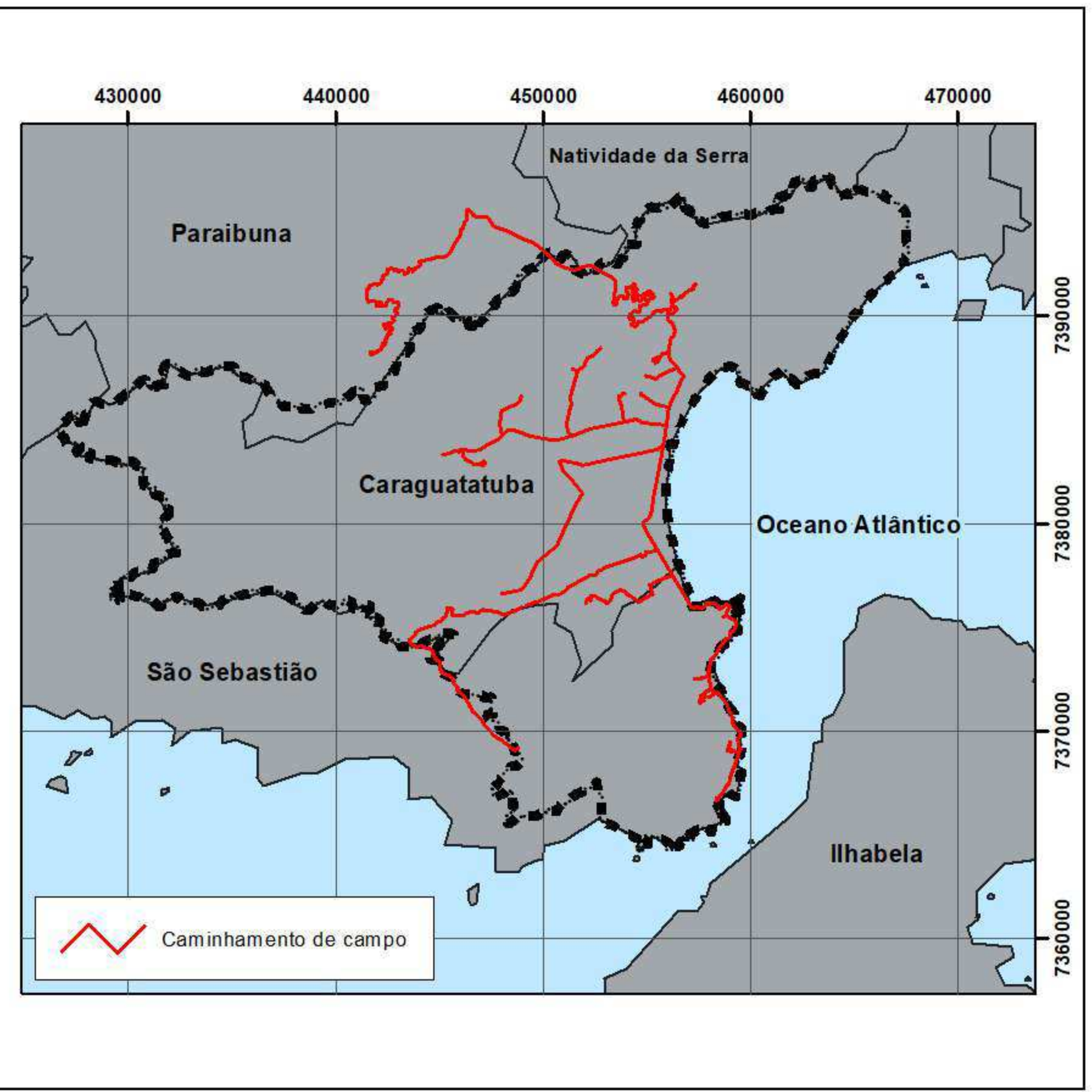
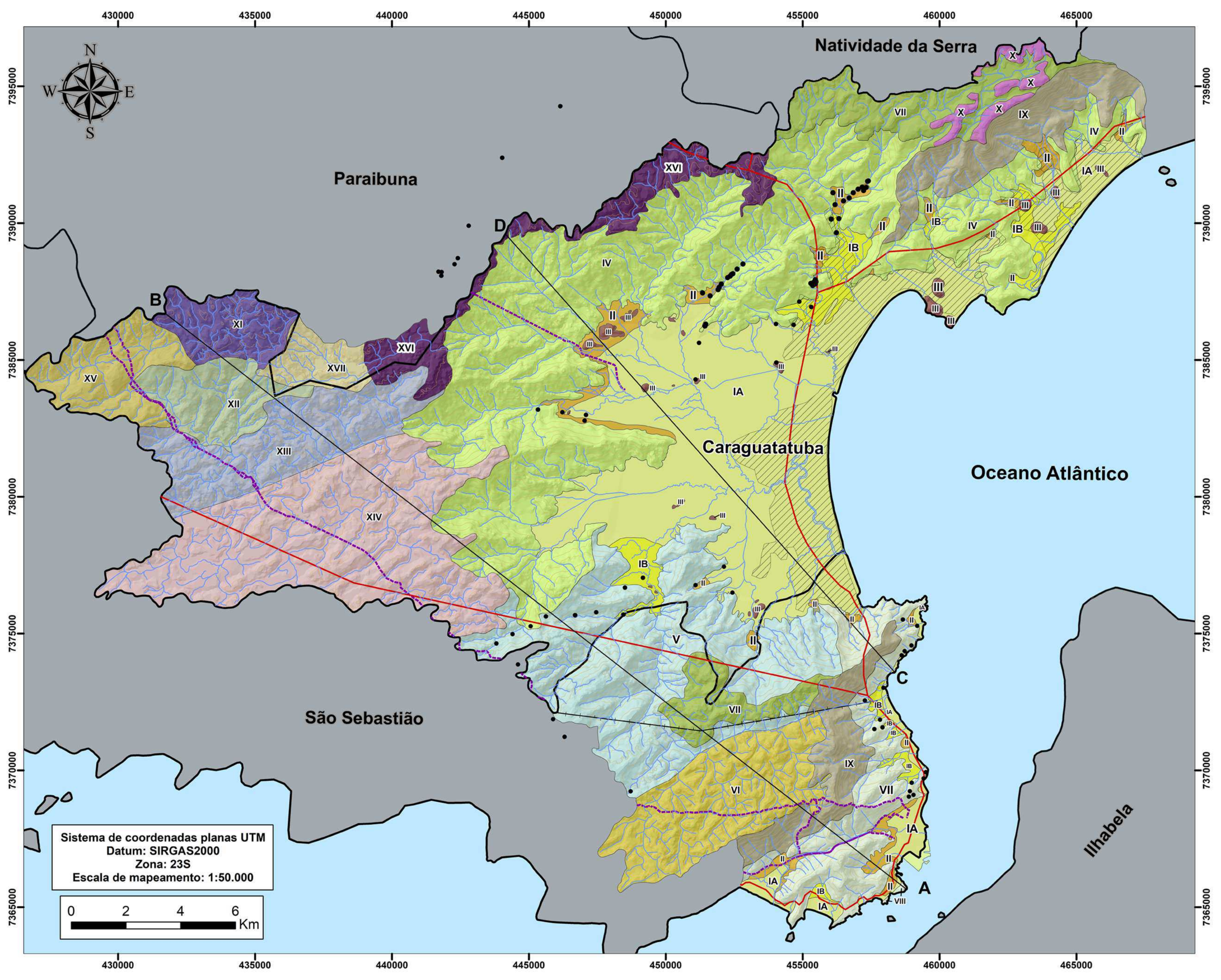
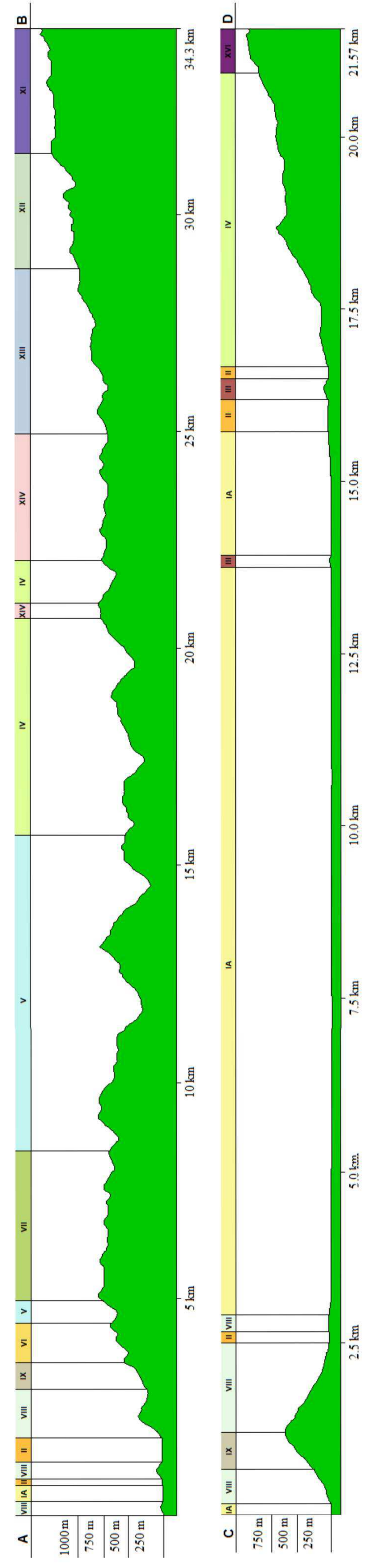
**Apêndice 1: Mapa de uso e ocupação da terra do trecho da Serra do Mar e Planície Costeira entre os municípios de Caraguatatuba e São Sebastião (SP)**

ESCALA DE MAPEAMENTO: 1:50.000  
 ESCALA DE REPRESENTAÇÃO: 1:70.000

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa  
 Trabalho de Conclusão de Curso  
 Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Rio Claro, Outubro de 2018

## **APÊNDICE 2. Mapa de compartimentação fisiográfica**



**Legenda**

- Pontos de campo
- Drenagem
- Rodovias
- Dutovias
- Ferrovias
- Curvas de nível (equidistância de 100 metros)
- Área urbana
- Municípios inseridos na área de estudo

Unidade Fisiográfica	FOTOINTERPRETAÇÃO					
	Permeabilidade (intergranular)	Relação escoamento superficial/infiltração	Características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais de massa
IA	Alta	Alta	Não se aplica	Não se aplica	Espesso	Baixo
IB	Alta	Alta	Não se aplica	Não se aplica	Espesso	Baixo
II	Média	Média	Grande	Profundo	Espesso	Alto
III	Média	Média	Grande	Profundo	Intermediário	Médio
IV	Média	Média	Média	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Alto
V	Médio	Média	Média	Intermediário	Intermediário	Alto
VI	Média	Média	Média	Intermediário	Intermediário	Médio
VII	Média	Média	Média	Intermediário	Intermediário	Médio
VIII	Média	Média	Pequena	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Alto
IX	Baixa	Média	Pequena	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Alto
X	Média	Média	Grande	Intermediário	Intermediário	Médio
XI	Baixa a média	Média a alta	Pequena	Raso a sub aflorante	Intermediário a raso/sub aflorante	Médio
XII	Média	Média	Média	Intermediário	Intermediário a raso/sub aflorante	Médio
XIII	Média	Média	Média	Intermediário	Intermediário	Médio
XIV	Média	Média	Média	Intermediário	Intermediário	Baixo
XV	Baixa a média	Baixa a média	Média	Intermediário	Intermediário	Médio
XVI	Média	Média	Média	Intermediário	Intermediário	Médio
XVII	Média	Média	Grande	Intermediário	Intermediário	Médio

Contexto regional			Unidade Fisiográfica	Nomenclaturas das unidades	Geologia dominante	Geomorfologia	
Província	Zonas	Sub-zonas				Modelado	
PROVÍNCIA COSTEIRA	BAIXADA LITORÂNEA	SERRA DO MAR	IA	Planície Costeira	Sedimentos inconsolidados marinhos, fluviais e flúvio-marinhos	Planície	
			IB	Planície Fluvial	Sedimentos inconsolidados fluviais	Planície	
		SERRA DO MAR	II	Rampas de colúvio e talús	Sedimentos coluvionares e corpos de talús	Rampas de colúvio e talús	
			III	Morros isolados granítico-gnáissicos	Granitos e gnaisse em corpos insulares	Morros isolados	
			IV	Escarpas e morros em granitos e gnaisse	Granito e Gnaisse Pico do Papagaio	Escarpas em anteaços com espigões digitados e Morros	
			V	Escarpas com cristas orientadas gnáissicas	Gnaisse Migmatítico (Metabásicas associadas)	Escarpas com espigões digitados	
			VI	Morros em gnaisse migmatítico	Gnaisse Migmatítico (Metabásicas associadas)	Morros paralelos	
			VII	Morros planálticos gnáissicos	Gnaisse Migmatíticos	Morros	
			VIII	Escarpas gnáissicas migmatíticas	Granito e Gnaisse Migmatítico	Escarpas com espigões digitados e morros	
	IX	Escarpas retlineas gnáissicas	Gnaisse Migmatítico	Escarpas com espigões digitados			
	PLANALTO ATLÂNTICO	PLANALTO DO JUGUERUQUÊ	X	Relevo montanhoso em gnaisse	Gnaisse Migmatítico	Montanhoso	
			XI	Relevo montanhoso com afloramentos rochosos	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	
			XII	Afloramento granítico-gnáissico	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	
			XIII	Morros planálticos graníticos-gnáissicos	Granito Gnáissico Pico do Papagaio (Rochas metabásicas isoladas subordinadas)	Morros arredondados	
			XIV	Morros graníticos-gnáissicos	Granito Gnáissico (Metabásicas)	Morros paralelos	
			XV	Monólitos graníticos-gnáissicos	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	
			XVI	Mar de morros granítico-gnáissico	Granito Gnáissico (Micaxistos e quartzitos)	Mar de morros	
XVII			Relevo montanhoso em micaxistos e quartzitos	Granito Gnáissico (Micaxistos e quartzitos)	Montanhoso		

Unidade Fisiográfica	FOTOANÁLISE							
	Análise da densidade textural				Análise das formas e características do relevo			
	Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos no relevo	Amplitude local	Declividade dominante	Forma das encostas	Forma dos vales	Forma dos topos	
IA	Baixa	Baixa	Pequena	Muito Baixa	Não se aplica	Abertos	Apilados	
IB	Baixa	Baixa	Pequena	Muito Baixa	Não se aplica	Abertos	Apilados	
II	Baixa	Baixa	Pequena	Média	Convexas	Abertos	Apilados	
III	Baixa	Baixa	Pequena	Média	Convexas	Não se aplica	Arredondados	
IV	Alta/Média	Alta/Média	Grande	Alta	Retlineas (predominantemente) e Côncavas	Fechados	Angulosos	
V	Média	Média	Grande	Alta	Côncavas (predominante) a Retlineas	Fechados	Arredondados a angulosos	
VI	Alta	Alta	Média	Média a baixa	Côncavas	Fechados	Apilados a arredondados	
VII	Média	Média	Média	Média	Côncavas (predominante) a Retlineas	Fechados	Arredondados a angulosos	
VIII	Média	Média	Média	Média	Côncavas (predominante) a Retlineas	Fechados	Angulosos	
IX	Baixa	Média	Grande	Alta	Retlineas	Fechados	Angulosos	
X	Média	Média	Pequena	Média a baixa	Côncavas a retlineas	Fechados	Arredondados a angulosos	
XI	Média	Média	Pequena	Média	Retlineas	Fechados	Arredondados	
XII	Média	Média	Média	Média	Convexas (predominantemente) e Retlineas	Fechados	Angulosos	
XIII	Média	Média	Alta	Média	Convexas a retlineas	Fechados	Arredondados a angulosos	
XIV	Média	Média	Média	Média	Convexas a côncavas	Fechados a abertos	Arredondados	
XV	Média	Média	Grande	Alta	Retlineas	Fechados	Angulosos a arredondados	
XVI	Baixa	Baixa	Pequena	Média a baixa	Côncavas a retlineas	Fechados	Arredondados	
XVII	Média	Média	Pequena	Média a baixa	Convexas a retlineas	Fechados	Arredondados	

**unesp**  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

Avaliação de áreas de risco a movimentos de massa e conflito de uso e ocupação da terra em áreas serranas e costeiras: proposta aplicada em Caraguatatuba (SP) e São Sebastião (SP)

**Apêndice 2: Compartimentação fisiográfica do trecho da Serra do Mar e Planície Costeira entre os municípios de Caraguatatuba e São Sebastião (SP)**

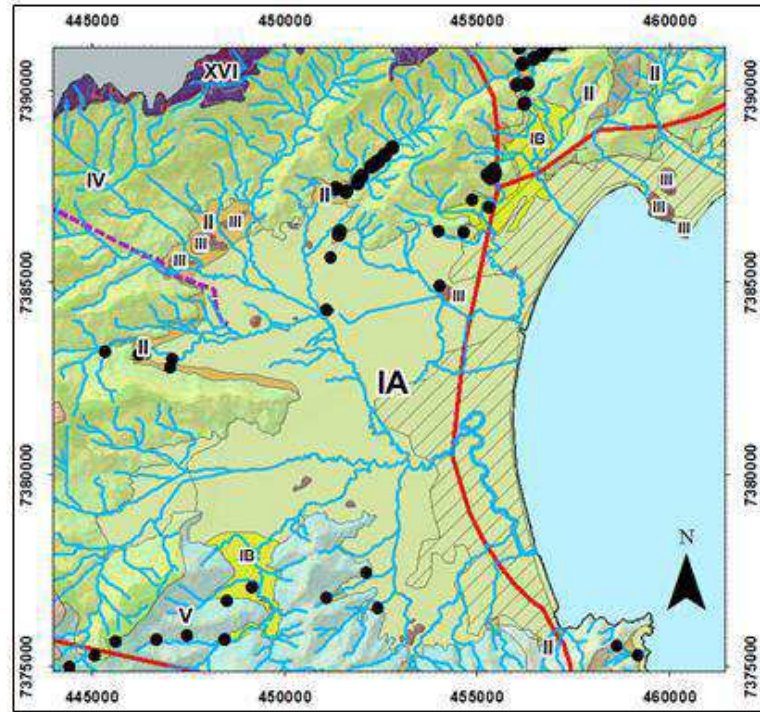
ESCALA DE MAPEAMENTO: 1:50.000  
ESCALA DE REPRESENTAÇÃO: 1:70.000

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa  
Trabalho de Conclusão de Curso  
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Rio Claro, Outubro de 2018

## **APÊNDICE 3. Pranchas das unidades fisiográficas**

**Prancha 1: Caracterização da Unidade fisiográfica IA**



Detalhe da Unidade IA no mapa de compartimentação fisiográfica



Limites da Unidade IA com outras unidades fisiográficas



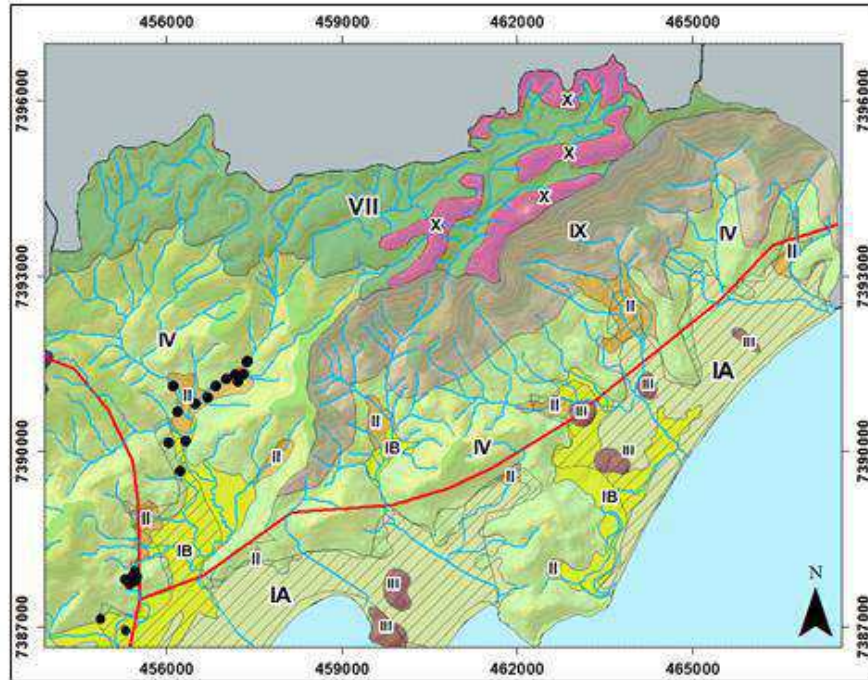
Perfil com argilas e areia média na Unidade Fisiográfica IA.



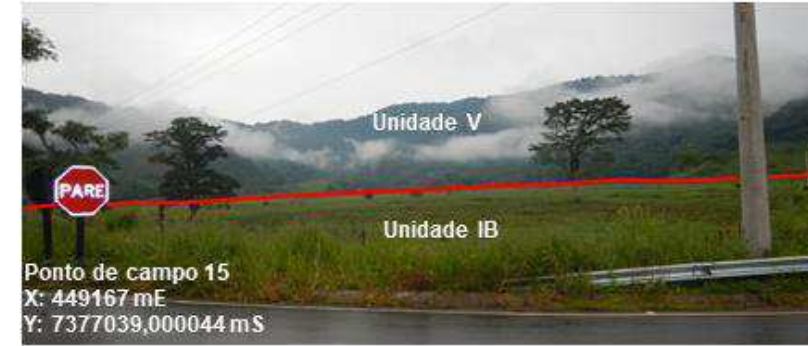
Unidade Fisiográfica IA no município de São Sebastião, com ocorrência mais restrita

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
IA	Areias de deposição praial, areias quartzosas, siltes e argilas de deposição marinha e areias marinhas recobertas por areias, siltes e argilas de deposição fluvial	Planície costeira	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Não se aplica	Pequena	Muito Baixa	Não se aplica	Aberto	Aplainado	Planície costeira bem extensa em Caraguatatuba (SP)
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Características geotécnicas				Potencial a movimentos gravitacionais			Processos geológicos	Uso e cobertura da terra				
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Corridas de detritos		Escorregamentos								
IA	Não se aplica	Espesso	Médio (maior para inundações e corridas de lama)		Baixo	Registros históricos de corrida de lama e inundações			Área urbana, floresta, cultura temporária, mineração, complexo industrial, cultura permanente				

**Prancha 2: Caracterização da Unidade fisiográfica IB**



Detalhe da Unidade IB no mapa de compartimentação fisiográfica



Planície Fluvial da Unidade IB em contato com a Unidade V



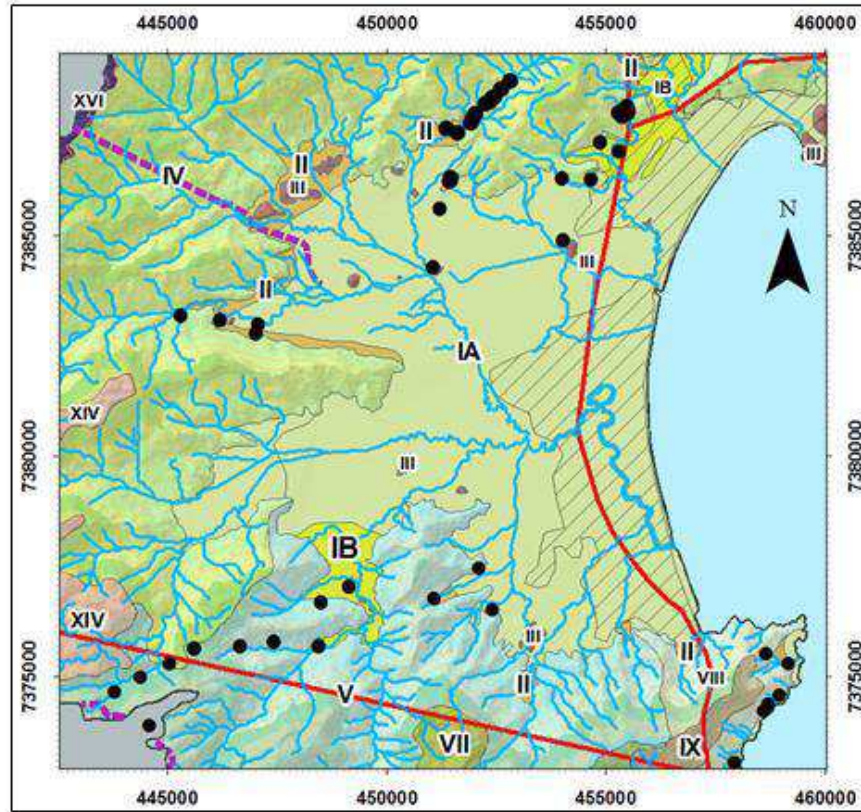
Planície Fluvial da Unidade IB em área urbana, na Bacia do Rio Santo Antônio, com presença de depósitos de blocos (Gnaisses)



Planície Fluvial da Unidade IB, em sua porção mais à montante, cuja drenagem possui em seu leito deposição de blocos Migmatíticos

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
IB	Areias, siltes, argilas e cascalhos de deposição fluvial	Planície fluvial	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Não se aplica	Pequena	Muito Baixa	Não se aplica	Aberto	Aplainado	Depósitos de corridas de detritos
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Características geotécnicas				Processos geológicos							Uso e cobertura da terra	
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais										
IB	Não se aplica	Espesso	Alto	Baixo	Registros de campo evidenciaram a ocorrência de corridas de detritos em várias planícies fluviais da área de estudo e inundações							Cultura permanente, floresta, área urbana, silvicultura	

Prancha 3: Caracterização da Unidade fisiográfica II



Detalhe da Unidade II no mapa de compartimentação fisiográfica

Detalhe do Granito esbranquiçado com granulação média e pouco máfico em rampa de tálus



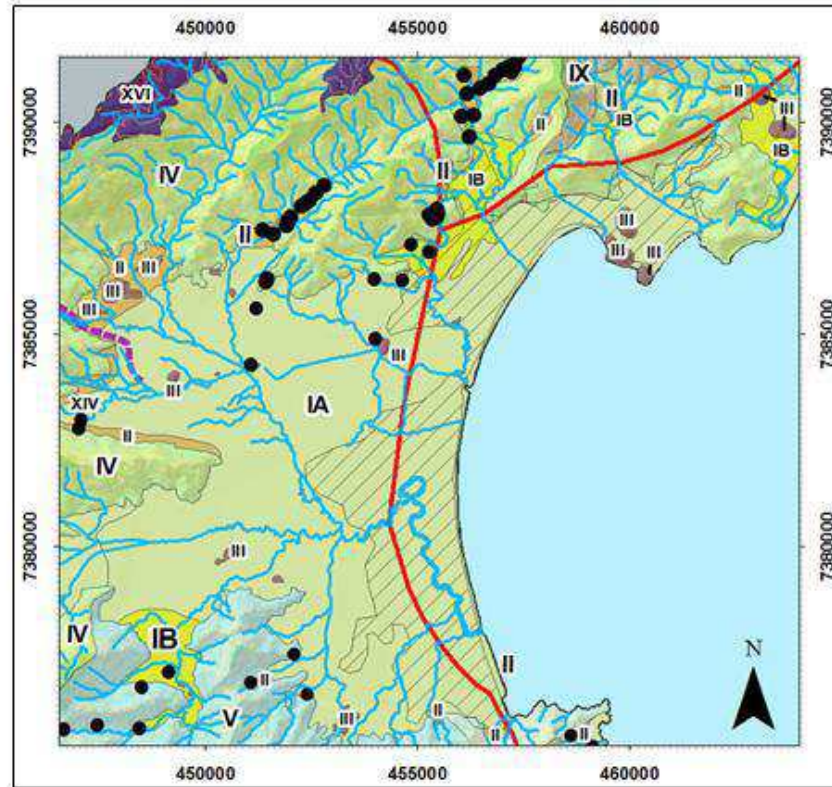
Rampa de tálus com depósito de blocos métricos (Granito)



Depósito coluniar na porção superior da foto (de coloração marrom escura) e solo residual no restante do perfil

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
II	Sedimentos coluvionares e corpos de tálus	Rampas de colúvio e tálus	Baixa	Baixa	Média	Média	Grande	Pequena	Média	Convexa	Aberto	Aplainado	Evidências de escorregamento
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Características geotécnicas		Potencial a movimentos gravitacionais			Processos geológicos	Uso e cobertura da terra				
			Corridas de detritos	Escorregamentos									
II	Profundo	Espesso	Alto	Alto	Registros de campo evidenciaram a ocorrência de escorregamentos em algumas rampas de colúvio/ tálus, além de corrida de detritos			Área urbana, floresta, pastagem, silvicultura, complexo industrial					

Prancha 4: Caracterização da Unidade fisiográfica III



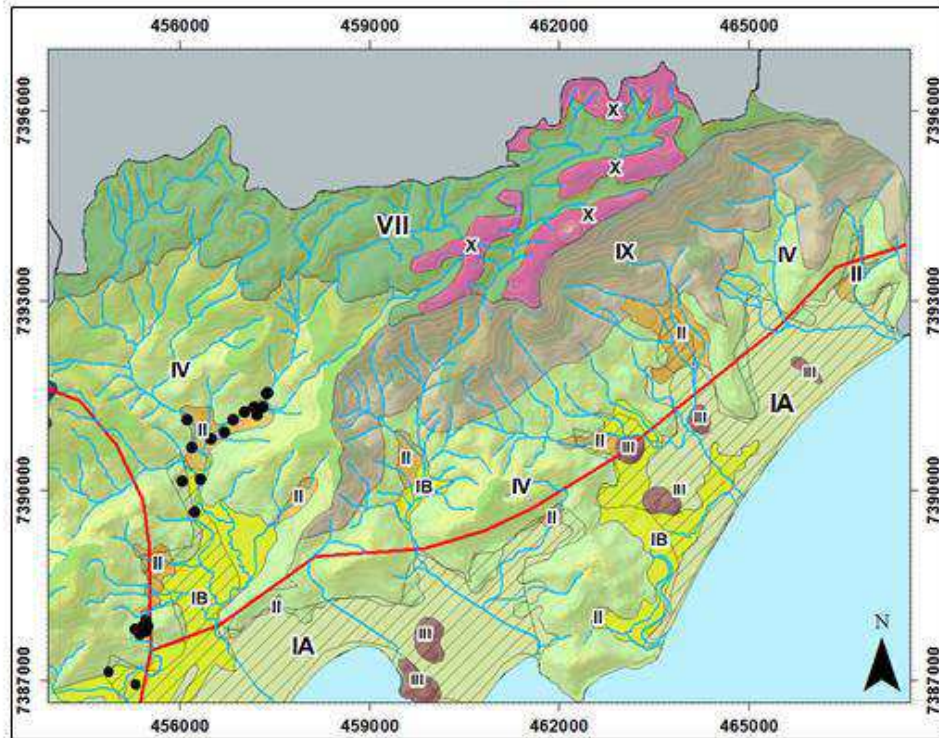
Detalhe da Unidade III no mapa de compartimentação fisiográfica



Morro isolado em planície costeira, principal característica da Unidade III

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
III	Granitos e gnaisses em corpos insulares	Morros isolados	Baixa	Baixa	Média	Média	Grande	Pequena	Média	Convexa	Não se aplica	Aplainado	Morros isolados graníticos-gnáissicos
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Características geotécnicas				Potencial a movimentos gravitacionais			Processos geológicos	Uso e cobertura da terra				
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Corridas de detritos		Escorregamentos								
III	Profundo	Intermediário	Baixo		Médio		Foram observados pontos de rastejo em campo	Floresta, pastagem, cultura temporária, área urbana					

**Prancha 5: Caracterização da Unidade fisiográfica IV**

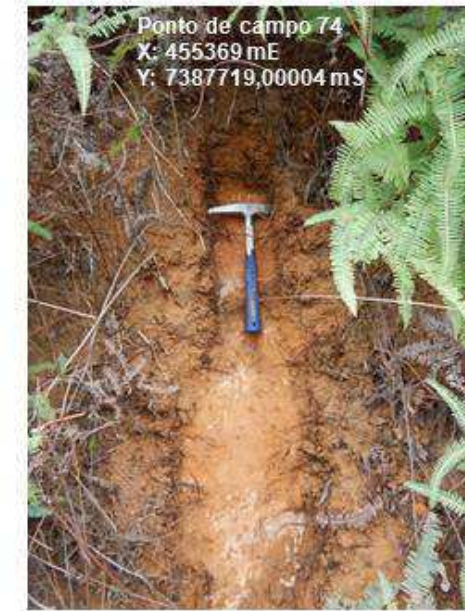
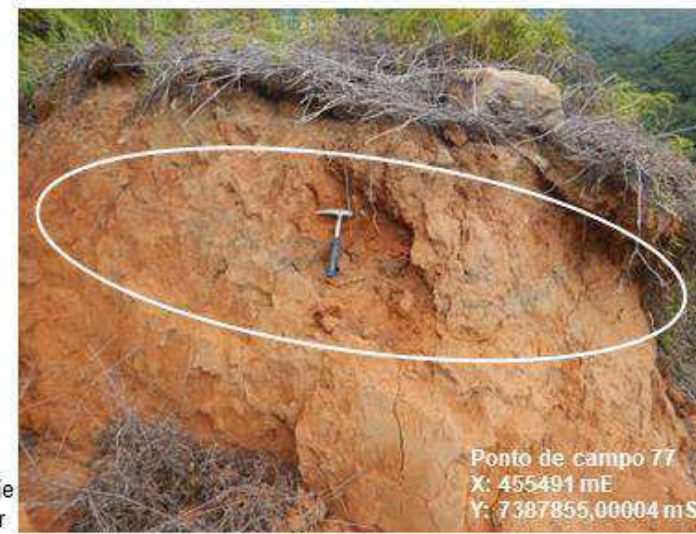


Detalhe da Unidade IV no mapa de compartimentação fisiográfica

Perfil da Unidade IV com presença de colúvio, indicando local de ocorrência de escorregamentos. O destaque em branco indica o nível do material coluvionar



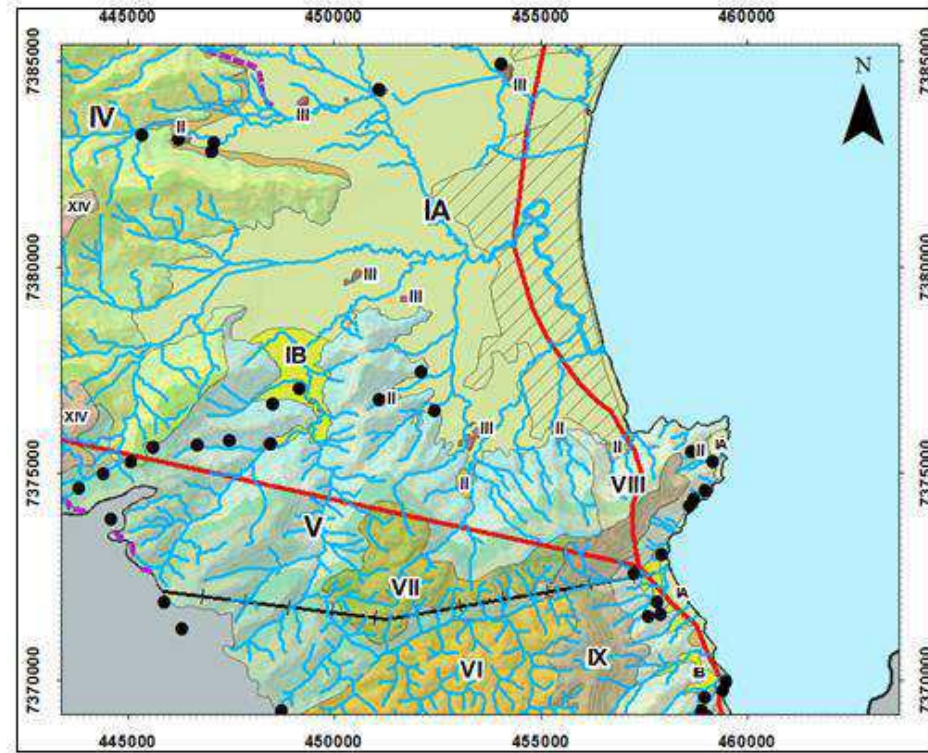
Visão geral da Unidade IV a partir da Unidade IA



Perfil de Gnaiss muito alterado da Unidade IV

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
IV	Granito e Gnaiss Pico do Papagaio	Escarpas em anfiteatros com espigões digitados e Morros	Alta/Média	Alta/Média	Média	Média	Média	Grande	Alta	Retilíneas (predominantemente) e Côncavas	Fechado	Anguloso	Cristas angulosas
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Características geotécnicas				Processos geológicos						Uso e cobertura da terra		
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais										
IV	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Médio	Alto	Nas atividades de campo foram observados registros de escorregamento (material coluvionar e cicatrizes de escorregamento)						Floresta (em grande parte), pastagem, área urbana		

### Prancha 6: Caracterização da Unidade fisiográfica V



Detalhe da Unidade V no mapa de compartimentação fisiográfica

Aspectos fisiográficos da Unidade V e indicação da faixa dutoviária (em vermelho)

Ponto de escorregamento recente na Unidade V



Ponto de campo 17  
X: 447458 mE /  
Y: 7375781,00004 mS



Ponto de campo 29  
X: 444604 mE  
Y: 7373870,00004 mS



Ponto de campo 17  
X: 447458 mE  
Y: 7375781,00004 mS

Gnaiss alterado em relevo de meia-encosta, com granulação mais grosseira na Unidade V

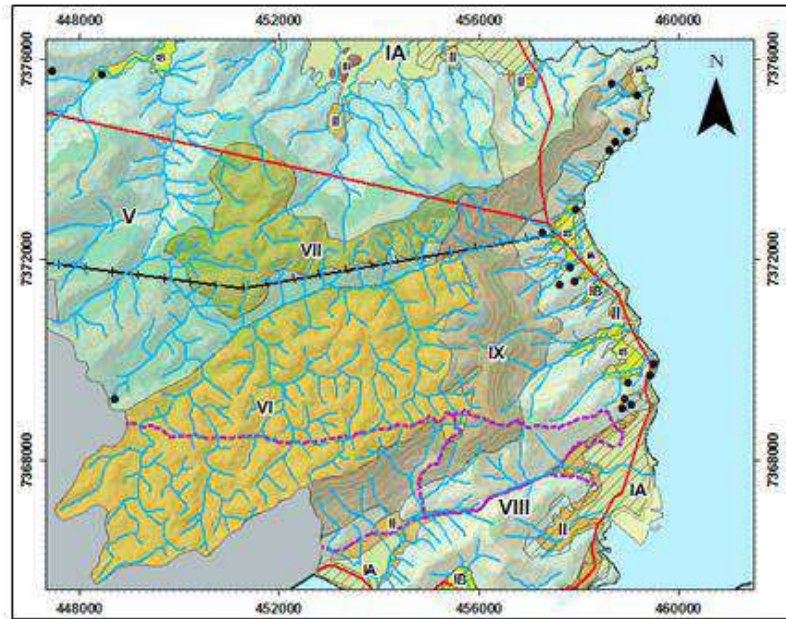


Ponto de campo 29  
X: 444604 mE  
Y: 7373870,00004 mS

Passagem aérea do Duto OSVAT. Apesar do ponto não estar inserido na área de estudo, o local possui as mesmas características fisiográficas da Unidade V

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
V	Gnaiss Migmatítico (Metabásicas associadas)	Escarpas com espigões digitados	Média	Média	Médio	Média	Média	Grande	Alta	Côncavas (predominante) a Retilíneas	Fechado	Arredondado a anguloso	Cristas orientadas
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais		Processos geológicos	Uso e cobertura da terra							
			Corridas de detritos	Escorregamentos									
V	Intermediário	Intermediário	Médio	Alto	Foram observadas nas atividades de campo evidências de escorregamentos recentes e antigos (cicatrizes de escorregamento)	Floresta (em sua maioria), pastagem, mineração, área urbana							

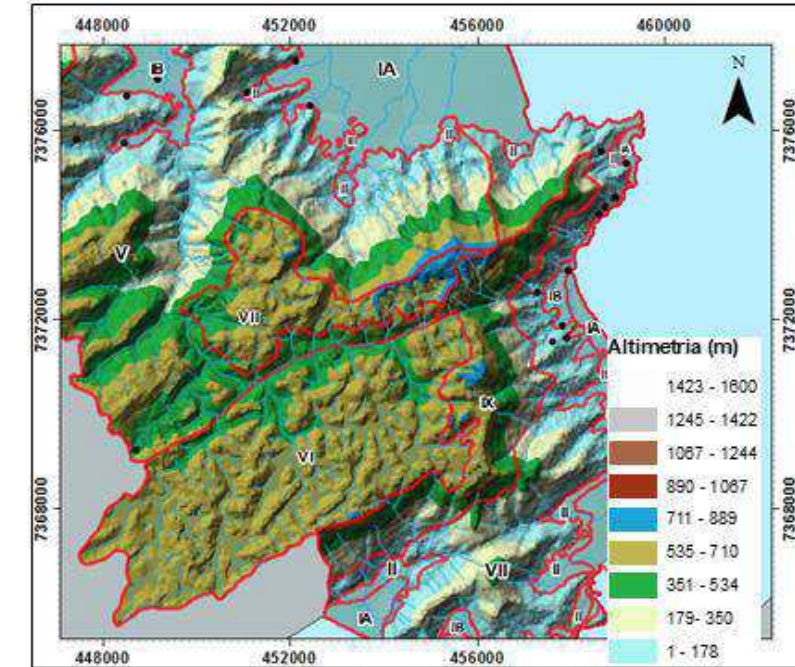
**Prancha 7: Caracterização da Unidade fisiográfica VI**



Detalhe da Unidade VI no mapa de compartimentação fisiográfica



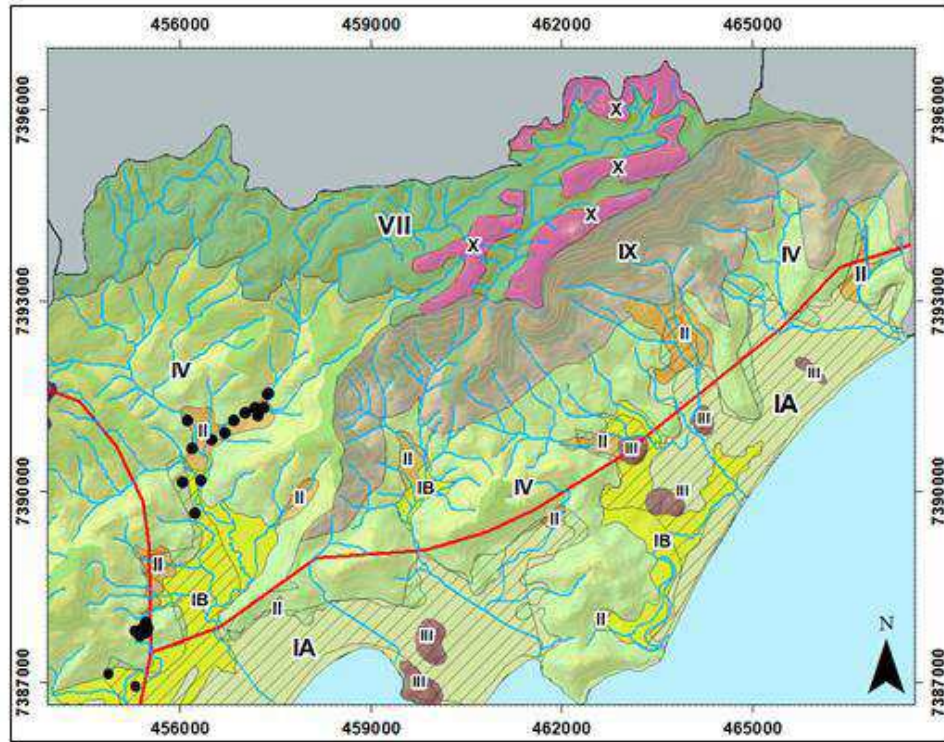
Morros paralelos da Unidade VI com topos aplainados e arredondados



Aspectos do relevo da Unidade fisiográfica VI

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise											
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares	
VI	Gnaiss Migmatítico (Metabásicas associadas)	Morros paralelos	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Média a baixa	Côncava	Fechado	Aplainado a arredondado	Não se aplica
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo									
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Características geotécnicas		Potencial a movimentos gravitacionais		Processos geológicos				Uso e cobertura da terra			
			Corridas de detritos	Escorregamentos										
VI	Intermediário	Intermediário	Médio	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)				Floresta					

**Prancha 8: Caracterização da Unidade fisiográfica VII**



Detalhe da Unidade VII no mapa de compartimentação fisiográfica



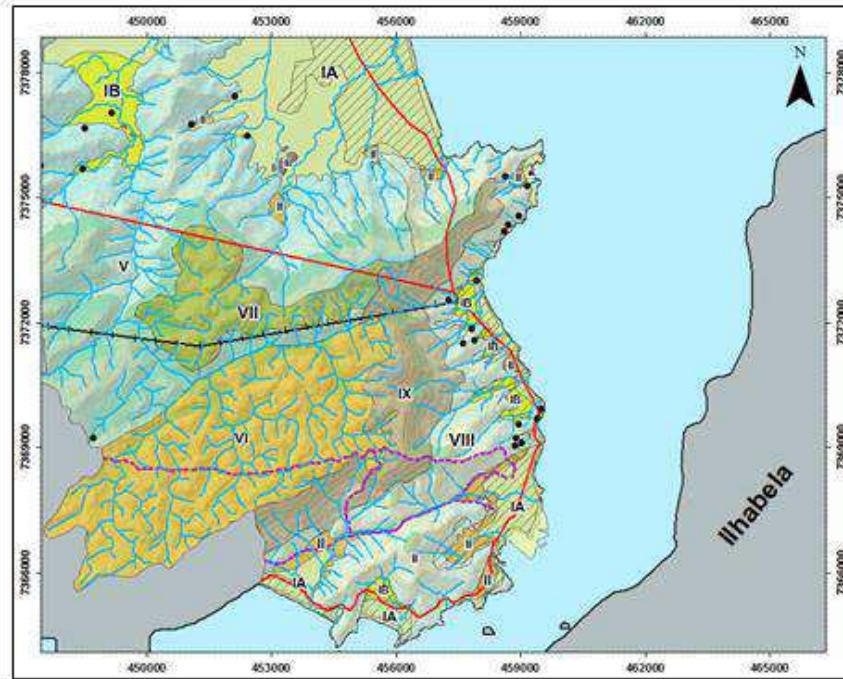
Aspecto geral da Unidade VII



Topos arredondados e angulosos da Unidade VII

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise											
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares	
VII	Gnaiss Migmatíticos	Morros	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Côncava (predominante) a Retilínea	Fechado	Arredondado a anguloso	Não se aplica
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo									
	Características geotécnicas				Potencial a movimentos gravitacionais			Processos geológicos				Uso e cobertura da terra		
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Corridas de detritos		Escorregamentos									
VII	Intermediário	Intermediário	Baixo	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)							Floresta		

**Prancha 9: Caracterização da Unidade fisiográfica VIII**



Detalhe da Unidade VIII no mapa de compartimentação fisiográfica



Ponto de campo 35  
X: 458879 mE  
Y: 7369038,00004 mS

Perfil de gnaiss bem alterado (argiloso) com presença de seixos, sinalizando ocorrência de escorregamentos no local



Detalhe dos seixos no perfil de gnaiss alterado (em vermelho)

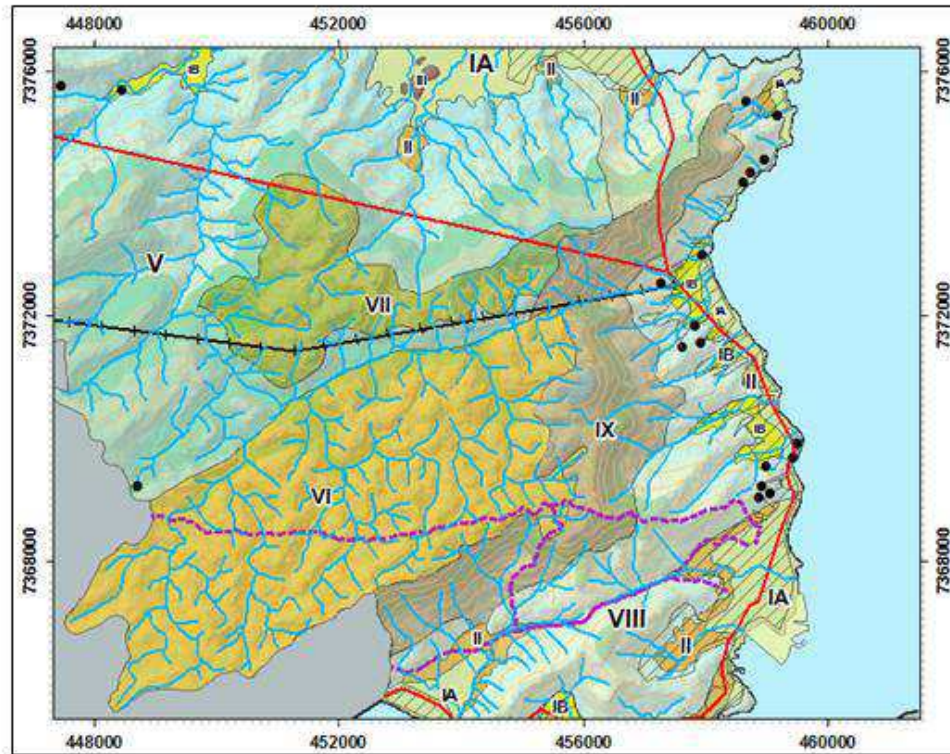


Ponto de campo 38  
X: 459050 mE  
Y: 7369105,00004 mS

Depósito de talus (bloco de Gnaiss em vermelho)

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
VIII	Granito e Gnaiss Migmatítico	Escarpas com espigões digitados e morros	Média	Média	Média	Média	Pequena	Média	Média	Côncava (predominante) a Retilínea	Fechado	Anguloso	Escarpas angulosas
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Características geotécnicas		Processos geológicos					Uso e cobertura da terra			
			Potencial a movimentos gravitacionais										
VIII	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Corridas de detritos	Escorregamentos	Nas atividades de campo e de escritório foram observados registros de escorregamento (material coluvionar e cicatrizes de escorregamento)					Floresta, pastagem, mineração, cultura temporária, área urbana			

**Prancha 10: Caracterização da Unidade fisiográfica IX**



Detalhe da Unidade IX no mapa de compartimentação fisiográfica



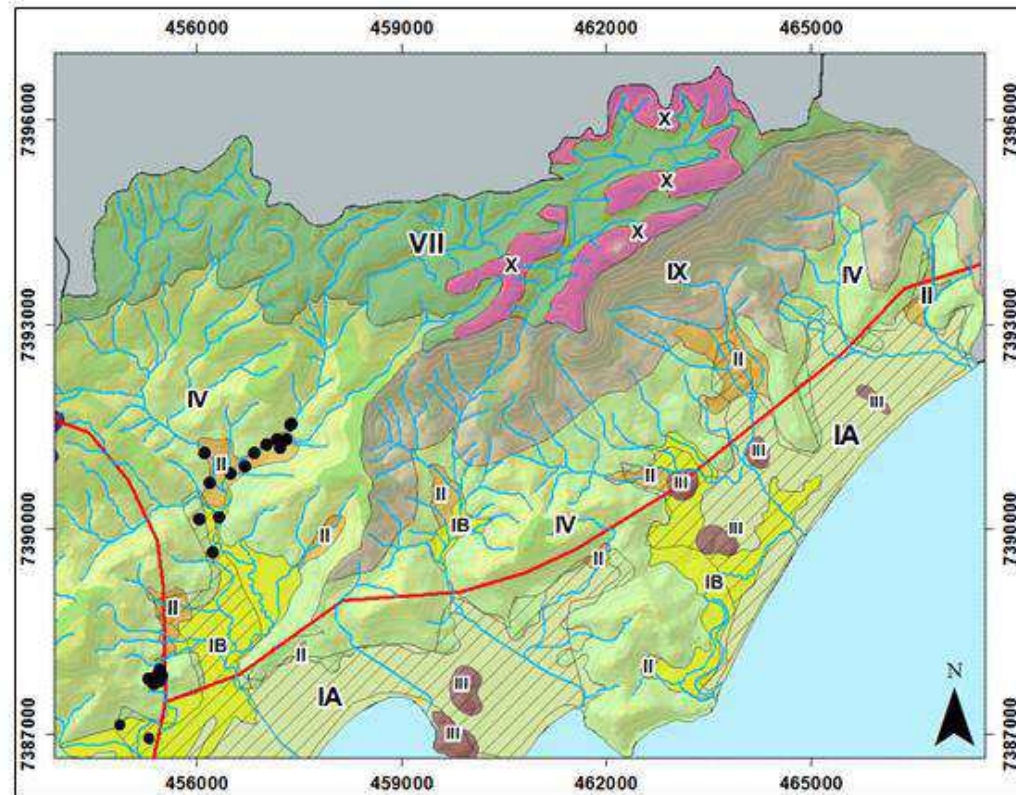
Aspectos do relevo na Unidade IX em Caraguatatuba (superior à direita) e em São Sebastião (inferior )



Topos angulosos da Unidade IX

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
IX	Gnaiss Migmatítico	Escarpas com espigões digitados	Baixa	Media	Baixa	Média	Pequena	Grande	Alta	Retilínea	Fechado	Anguloso	Cristas orientadas
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Características geotécnicas				Potencial a movimentos gravitacionais			Processos geológicos			Uso e cobertura da terra		
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Corridas de detritos		Escorregamentos								
IX	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Médio	Alto	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)							Floresta, pastagem	

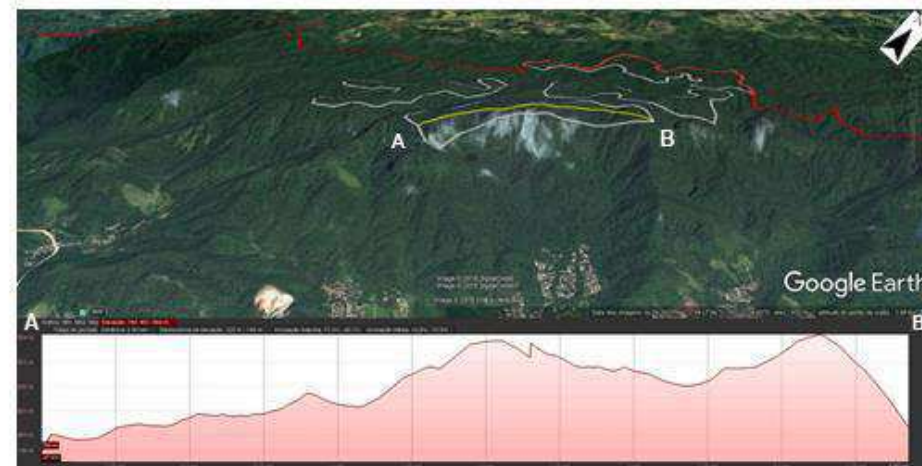
**Prancha 11: Caracterização da Unidade fisiográfica X**



Detalhe da Unidade X no mapa de compartimentação fisiográfica



Aspectos do relevo na Unidade X (em branco)



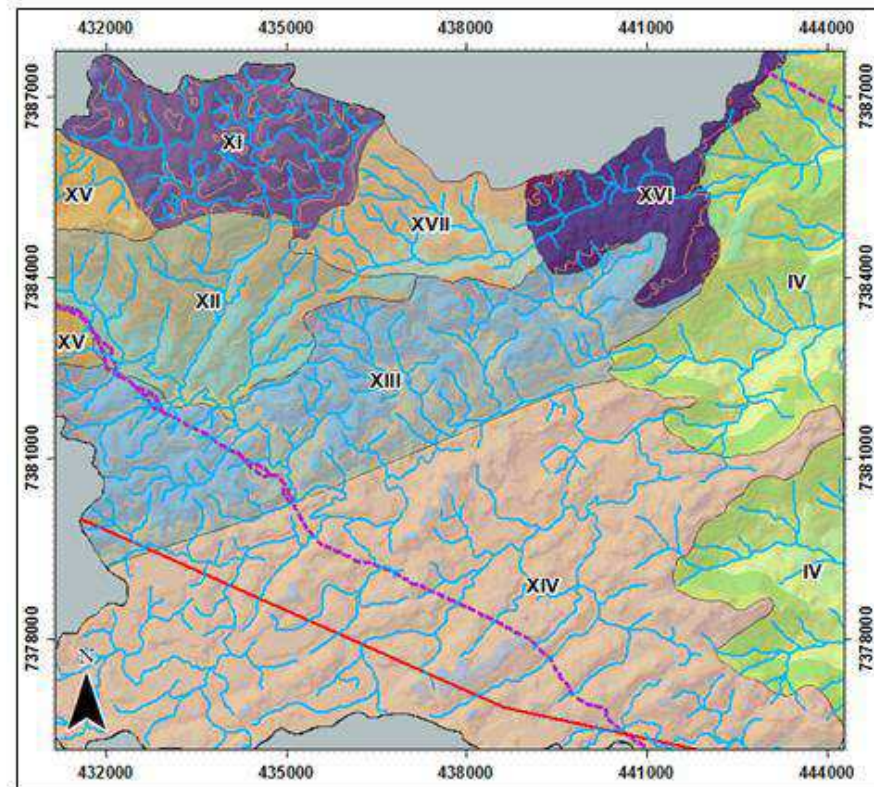
Aspectos do relevo na Unidade X (em branco)

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise											
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares	
X	Gnaiss Migmatítico	Montanhoso	Média	Média	Média	Média	Média	Pequena	Média a baixa	Côncava a retilínea	Fechado	Arredondado a anguloso	Não se aplica	

Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo		
	Características geotécnicas				Processos geológicos		Uso e cobertura da terra
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais				
Corridas de detritos			Escorregamentos				
X	Intermediário	Intermediário	Médio	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)		Floresta

Prancha 12: Caracterização da Unidade fisiográfica XI



Detalhe da Unidade XI no mapa de compartimentação fisiográfica



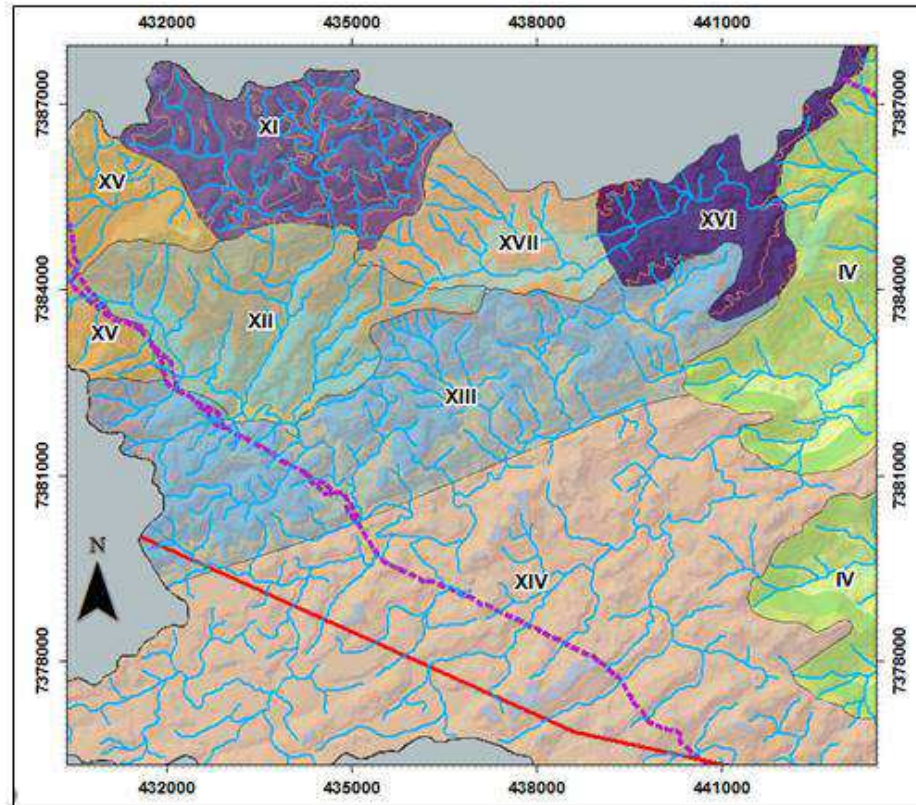
Aspectos fisiográficos da Unidade XI

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
XI	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	Média	Média	Baixa a média	Média a alta	Pequena	Média	Média	Retilínea	Fechado	Arredondado	Não se aplica

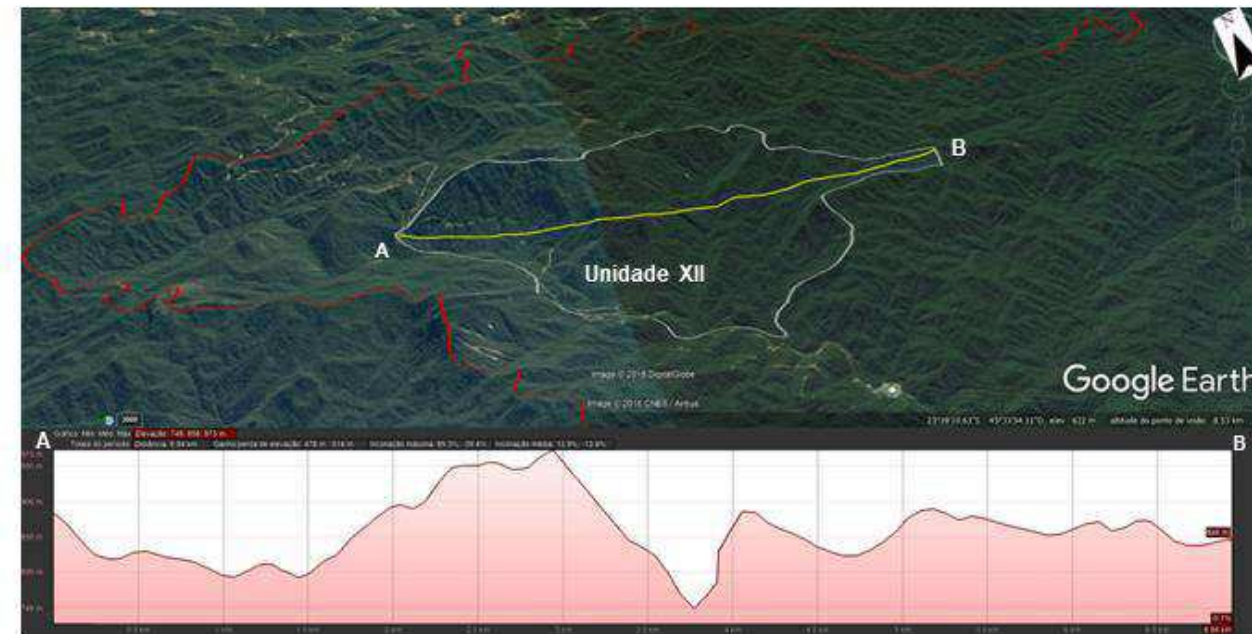
  

Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo		
	Características geotécnicas				Processos geológicos		Uso e cobertura da terra
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais				
			Corridas de detritos	Escorregamentos			
XI	Raso a sub aflorante	Intermediário a raso/ sub aflorante	Médio	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)		Floresta

Prancha 13: Caracterização da Unidade fisiográfica XII



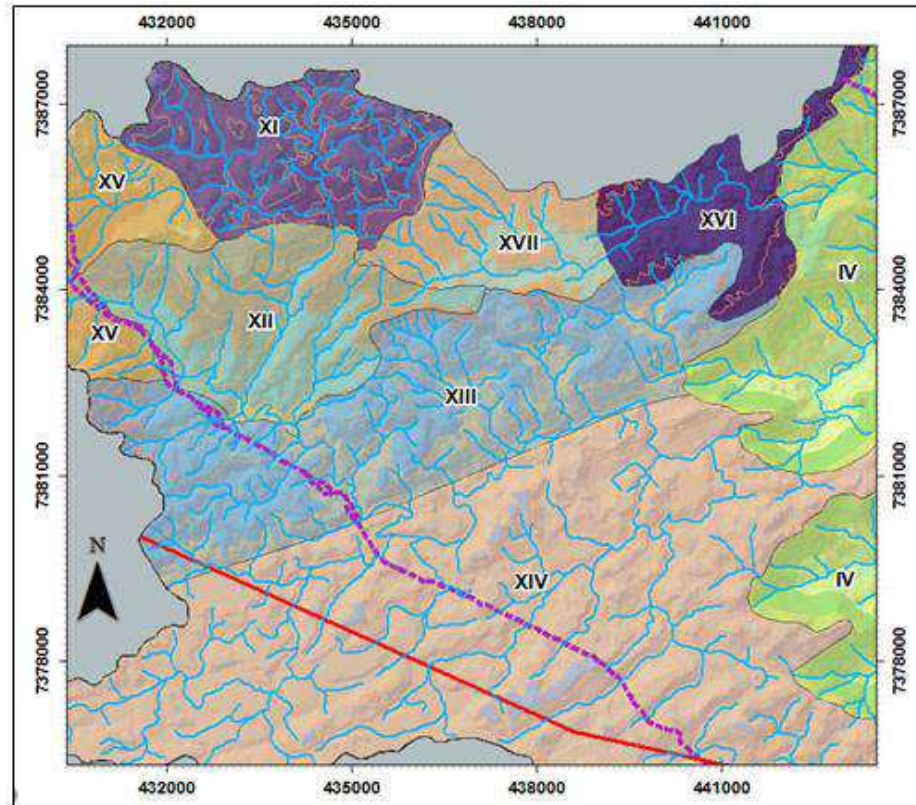
Detalhe da Unidade XII no mapa de compartimentação fisiográfica



Aspectos fisiográficos da Unidade XII

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise											
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares	
XII	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Convexa (predominantemente) e Retilínea	Fechado	Anguloso	Cristas angulosas
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo									
	Características geotécnicas				Processos geológicos							Uso e cobertura da terra		
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais											
XII	Intermediário	Intermediário a raso/ sub aflorante	Médio	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)							Floresta		

**Prancha 14: Caracterização da Unidade fisiográfica XIII**



Detalhe da Unidade XIII no mapa de compartimentação fisiográfica



Aspectos fisiográficos da Unidade XIII

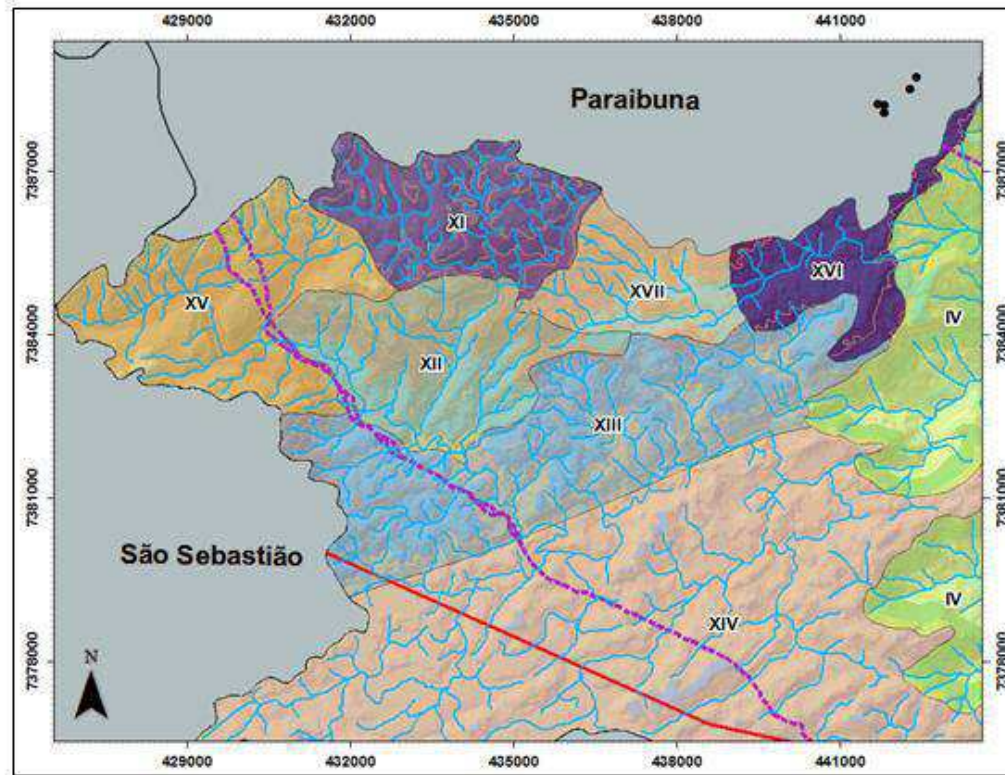
Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
XIII	Granito Gnáissico Pico do Papagaio (Rochas metabásicas isoladas subordinadas)	Morros arredondados	Média	Média	Média	Média	Média	Alta	Média	Convexa a retilínea	Fechado	Arredondado a anguloso	Vertentes retilinizadas

Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo		
	Características geotécnicas				Processos geológicos		Uso e cobertura da terra
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais				
Corridas de detritos			Escorregamentos				
XIII	Intermediário	Intermediário	Médio	Médio	Não foram observados processos geológicos na Unidade nas atividades de fotointerpretação		Floresta

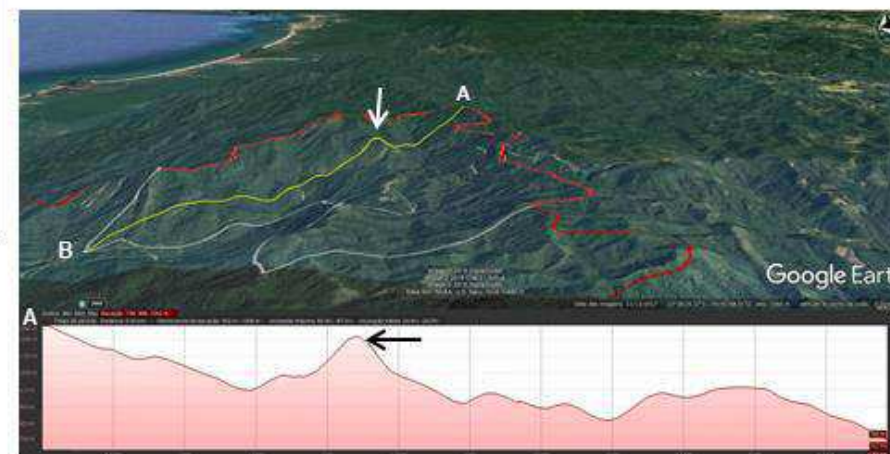
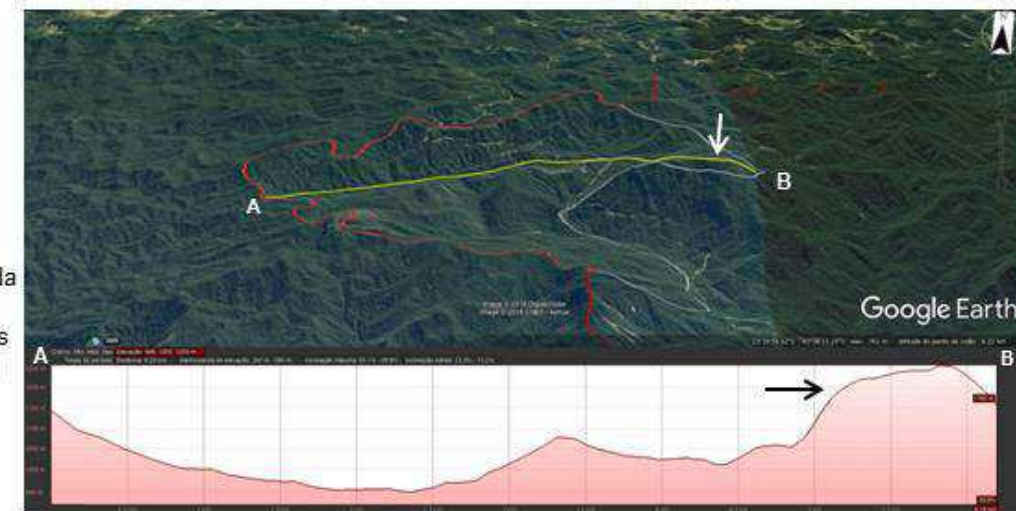


**Prancha 16: Caracterização da Unidade fisiográfica XV**



Detalhe da Unidade XV no mapa de compartimentação fisiográfica

Aspectos fisiográficos da Unidade XV, com destaque para os topos arredondados (setas)



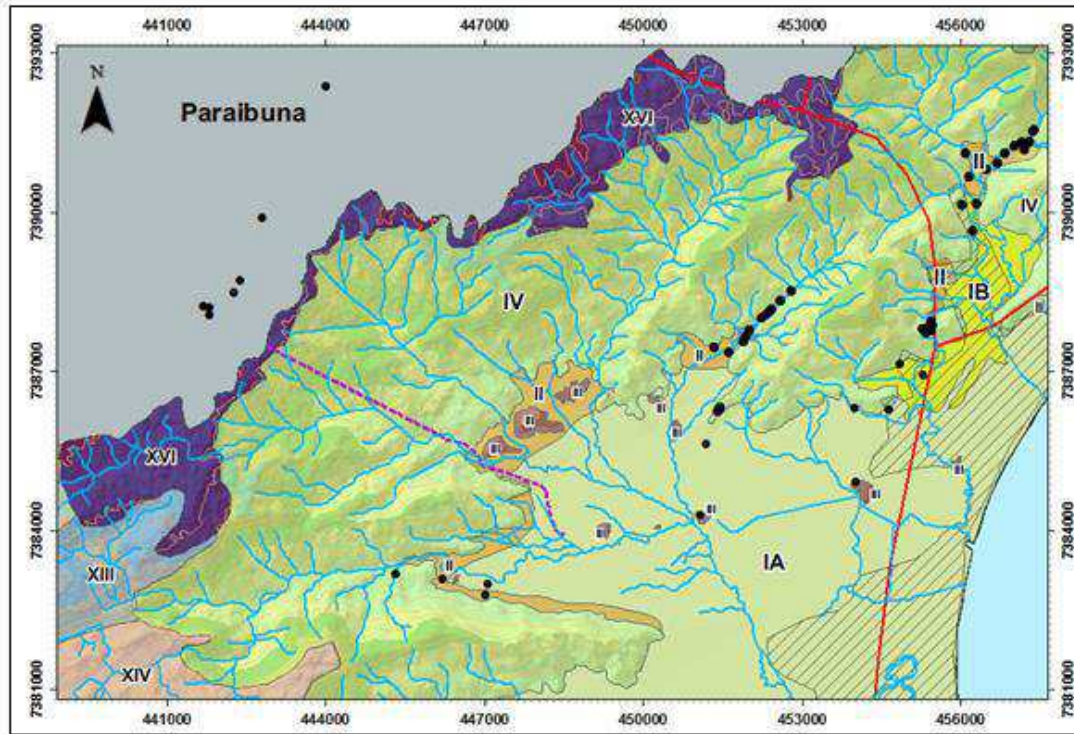
Setas indicam topo anguloso da Unidade XV

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise											
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares	
<b>XV</b>	Granito Gnáissico Pico do Papagaio	Montanhoso	Média	Média	Baixa a média	Baixa a média	Média	Grande	Alta	Retilínea	Fechado	Anguloso a arredondado	Não se aplica	

Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo		
	Características geotécnicas				Processos geológicos		Uso e cobertura da terra
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Potencial a movimentos gravitacionais				
Corridas de detritos			Escorregamentos				
<b>XV</b>	Intermediário	Intermediário	Médio	Médio	Foram observadas nas atividades de fotointerpretação evidências de escorregamento (presença de cicatrizes)		Floresta

**Prancha 17: Caracterização da Unidade fisiográfica XVI**



Detalhe da Unidade XVI no mapa de compartimentação fisiográfica

Granito de granulação média a grossa orientado com veios pigmatíticos na Unidade XVI. Apesar dos pontos de campo terem sido coletados externamente à respectiva Unidade Fisiográfica, o contexto geomorfológico e geológico são os mesmos, o que permite fazer correlações.



Escorregamento recente às margens da Estrada de acesso ao Duto Gastau (Gasoduto Caraguatatuba-Taubaté)



Perfil de Granito alterado na Unidade XVI



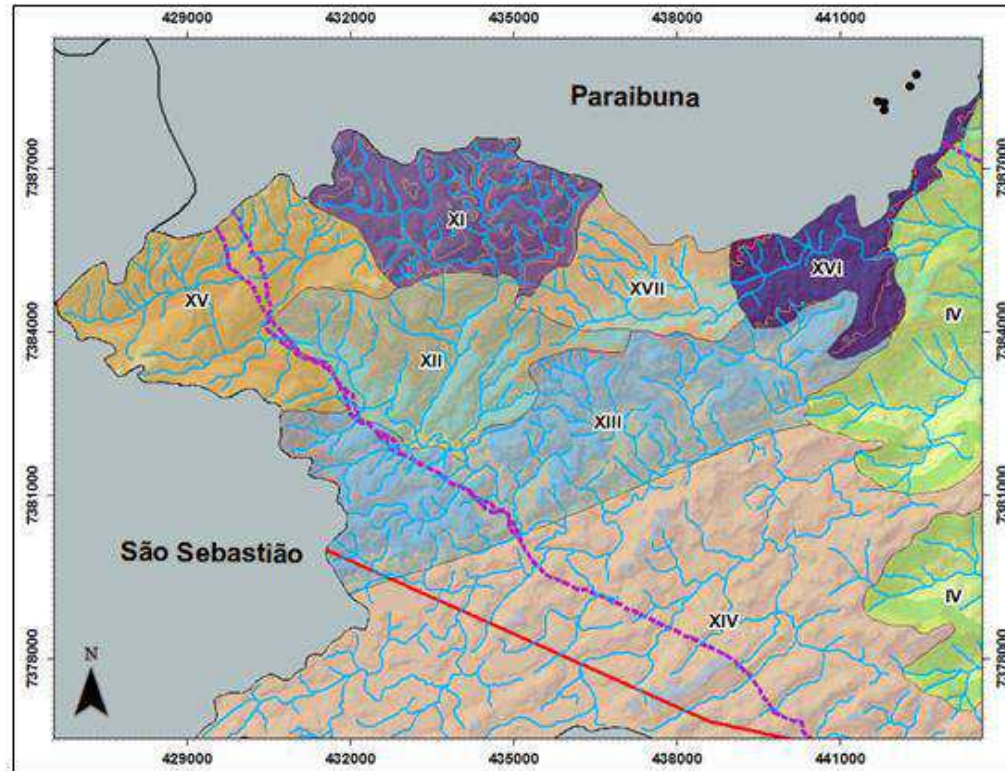
Ponto de campo 2  
X: 441700 mE  
Y: 7388225,00004 mS



Estrutura de contenção de Talude às margens da Estrada do Duto Gastau com canais para escoamento da água pluvial

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise										
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares
XVI	Granito Gnáissico (Micaxistos e quartzitos)	Mar de morros	Baixa	Baixa	Média	Média	Média	Pequena	Média a baixa	Côncava a retilínea	Fechado	Arredondado	Mar de morros
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo								
	Características geotécnicas				Potencial a movimentos gravitacionais			Processos geológicos			Uso e cobertura da terra		
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Corridas de detritos		Escorregamentos								
XVI	Intermediário	Intermediário	Médio		Médio		Nas atividades de campo foram observados registros de escorregamento			Floresta			

Prancha 18: Caracterização da Unidade fisiográfica XVII



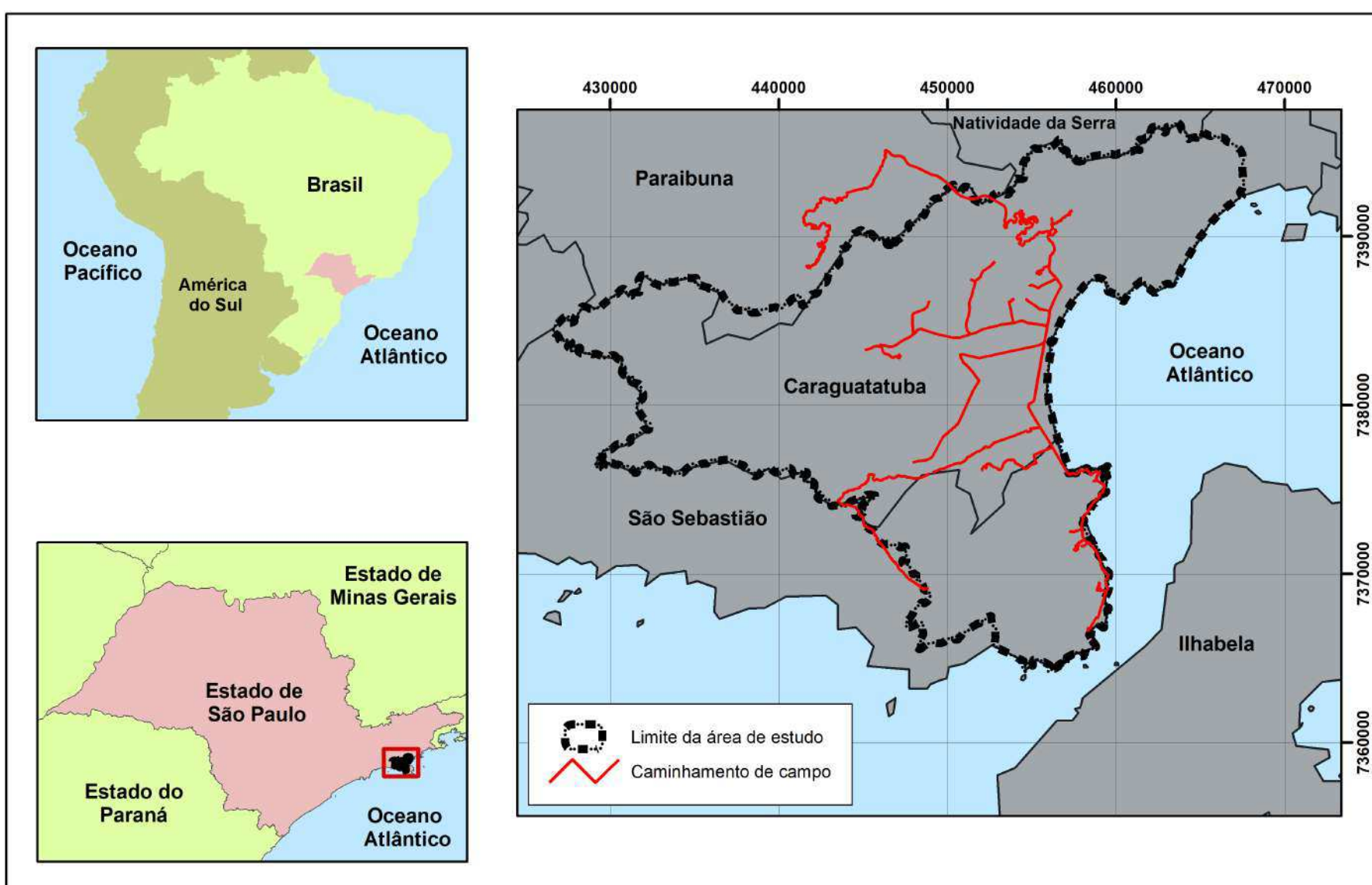
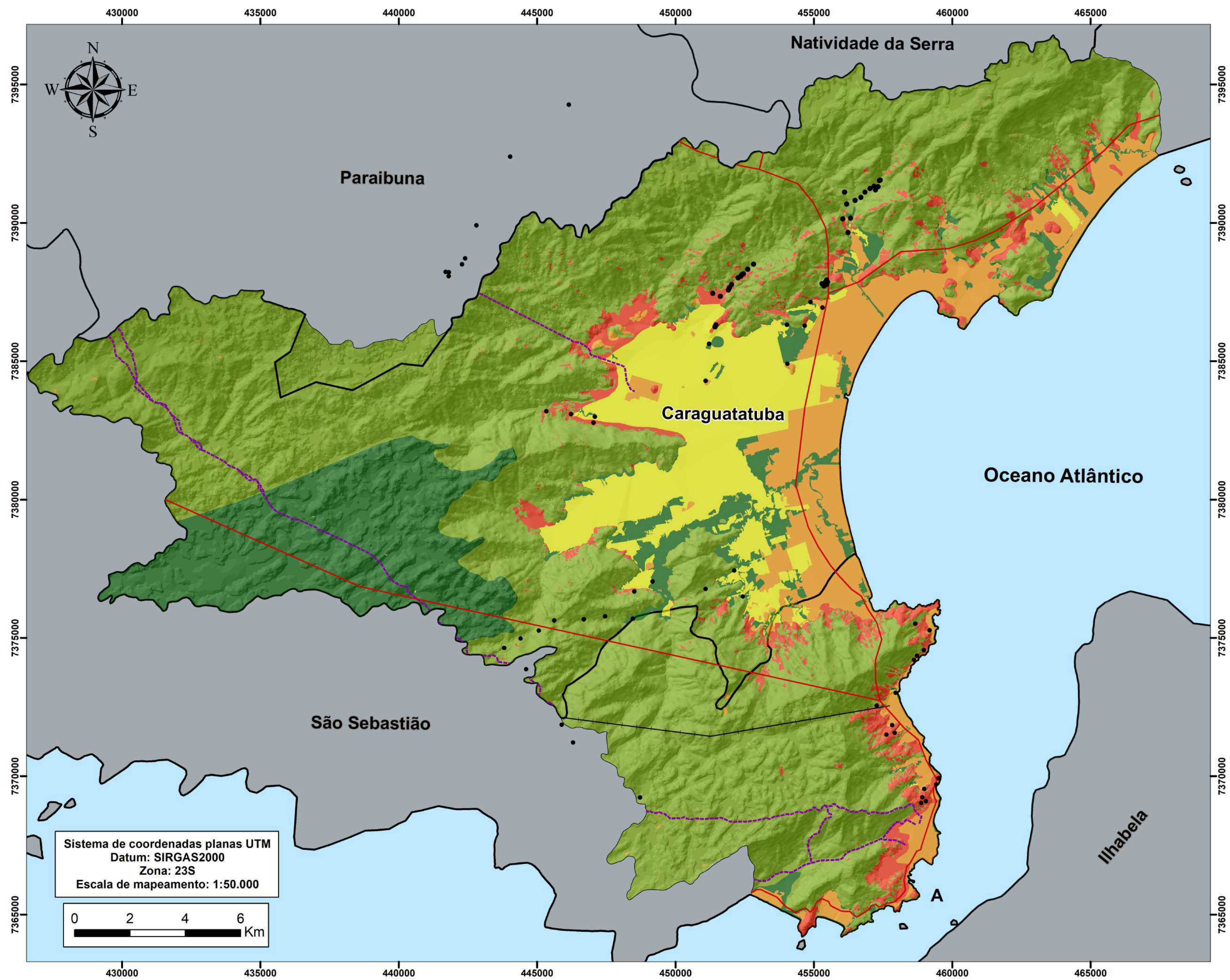
Detalhe da Unidade XVII no mapa de compartimentação fisiográfica



Aspectos fisiográficos da Unidade XVII, com amplitudes altimétricas elevadas e vertentes que podem variar de convexas a retilíneas

Unidade fisiográfica	Geologia	Relevo	Fotoanálise											
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Permeabilidade	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições particulares	
XVII	Granito Gnáissico (Micaxistos e quartzitos)	Montanhoso	Média	Média	Média	Média	Grande	Grande	Alta	Convexa a retilínea	Fechado	Arredondado	Não se aplica	
Unidade fisiográfica	Fotointerpretação				Observações de campo									
	Características geotécnicas				Potencial a movimentos gravitacionais			Processos geológicos				Uso e cobertura da terra		
	Profundidade do topo rochoso	Espessura dos materiais inconsolidados	Corridas de detritos		Escorregamentos									
XVII	Intermediário	Intermediário	Médio	Médio	Não foram observados processos geológicos na Unidade nas atividades de fotointerpretação							Floresta		

## **APÊNDICE 4. Mapa de risco a movimentos de massa**



**unesp**  
 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
 "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
 "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Avaliação de áreas de risco a movimentos de massa e conflito de uso e ocupação da terra em áreas serranas e costeiras: proposta aplicada em Caraguatatuba (SP) e São Sebastião (SP)

Apêndice 4: Mapa de risco a movimentos de massa nas porções costeiras e serranas da região dos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião (SP)

ESCALA DE MAPEAMENTO: 1:50.000  
 ESCALA DE REPRESENTAÇÃO: 1:70.000

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa  
 Trabalho de Conclusão de Curso  
 Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Rio Claro, Outubro de 2018

**APÊNDICE 5.** Estruturação do banco de dados. Fonte: Reis e Zaine (2018).