

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Geologia

**ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE
MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS
DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).**

José Gustavo Cristovão de Macedo

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

Prof. Dr. José Eduardo Zaine (co-orientador)

Rio Claro (SP)

2013

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

JOSÉ GUSTAVO CRISTOVÃO DE MACEDO

ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE
CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA,
APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Trabalho de Formatura 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
Geólogo.

Rio Claro - SP

2013

624.151 Macedo, José Gustavo Cristovão de
M141e Elaboração de mapa de susceptibilidade a corridas de massa/detritos e
ondas de cheia, aplicado a empreendimentos dutoviários, na Bacia do
Ribeirão da Prata (SP) / José Gustavo Cristovão de Macedo. - Rio Claro,
2013
58 f. : il., figs., quadros, 5 mapas, pranchas descritivas

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: José Eduardo Zaine

1. Geologia de engenharia. 2. Mapeamento de susceptibilidade e risco.
3. Compartimentação fisiográfica. 4. Dutovias. I. Título.

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

JOSÉ GUSTAVO CRISTOVÃO DE MACEDO

ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE
CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA,
APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Trabalho de Formatura 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
Geólogo.

Comissão Examinadora:

Fábio Augusto Gomes Vieira Reis (orientador)

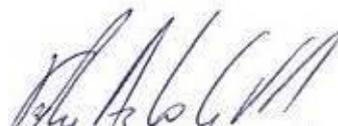
Lucilia do Carmo Giordano

Flávio Henrique Rodrigues

Rio Claro, 22 de Novembro de 2013.



Assinatura do(a) aluno(a)



assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Primeiramente aos meus pais, Eduardo e Heulieda, os primeiros incentivadores para me tornar um geólogo; obrigado por me ensinarem a distinguir o certo do errado, fornecer uma educação de qualidade e serem os primeiros a me aguçar para o meio ambiental - seja meu pai explicando o trabalho de implantação do ISO 14000 ou minha mãe, educadora ambiental, com trabalhos sociais tão importantes em Guarulhos e dos quais, em sua maioria, fiz parte como aluno. Agradeço, também, as minhas irmãs Ariane e Carolina, pelos conselhos e ensinamentos de irmãs mais velhas, mesmo que seja o funcionamento de um “Bandejão”!

À minha namorada, Natália Marques, que já faz parte da minha família, além de namorada, você é minha melhor amiga. Muito obrigado por aguentar todo o estresse, choros e anseios de um formando; obrigado por revisar todos meus textos, seja este trabalho ou os textos para congressos. Te amo muito!

Agradeço à minha turma ALCOOL N' GEO (como não citar vocês?) e aqueles que a deixaram por motivos particulares. Obrigado pela turma unida que fazia de um simples trabalho de campo, uma simples “F!”, um simples churrasco ou uma simples festa tornar-se um evento memorável. Gostaria de agradecer também ao CARBONERO F.C., o time de zagueiros que foi o melhor do Interclasse, e pelas BIG's divididas em casa: Rafael (Melado), companheiro de república e de muitas conversas, Igor (Preguiça), Paulo, Leonardo (Bussa), Roberto (Fruta), Luís Fernando (Abuu), Lee. Obrigado CARBONETES: Luana, Aline, Ana Patrícia, Marina e Maria Fernanda. Obrigado, galera, vocês são inesquecíveis, esses 5 anos foram maravilhosos.

Gostaria de agradecer a todos os meus professores, em especial Fábio, que desde o segundo ano me aturou como orientando e meu co-orientador Zaine; Perinotto, Norberto, Léo e Luís; vocês me ensinaram como ser um bom geólogo, espero poder passar adiante todos os ensinamentos. Tatiana Pilachevsky e Andrea Harabari, vocês foram duas chefes que me ensinaram muito! Muito obrigado pela orientação e amizade.

Agradeço ao Geólogo Antônio Guedes do Instituto Geológico de São Paulo por ter cedido as fotografias aéreas para a pesquisa, muito obrigado pela prontidão de sua equipe!

Agradeço também à banca examinadora, por aceitar o convite de participar da banca e reservar um pouco de seu tempo para ler esse trabalho e de me arguir.

Agradeço ao apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás (PRH-ANP/MCT) e do Programa de Formação de Recursos Humanos da Petrobras.

Muito Obrigado!

Resumo

Tendo em vista a intensa expansão do parque industrial e comercial brasileiro e a descoberta dos hidrocarbonetos na camada pré-sal da Bacia de Santos, há a necessidade de expansão da rede de distribuição de óleo e gás do país. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a elaboração do mapa de susceptibilidade por dois métodos distintos aos eventos de corridas de massa/detritos e ondas de cheia, aplicados ao estabelecimento de diretrizes dutoviárias na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Prata (SP). A área de pesquisa abrange dois municípios paulistas: São João da Boa Vista e Águas da Prata, totalizando 145 km². Utilizou-se a metodologia proposta por Zaine (2011) para a elaboração do mapa de compartimentação fisiográfica, método que utiliza mapas geológicos, mapas geomorfológicos, modelos digitais do terreno e fotografias aéreas (utilizadas para extrair os principais elementos do meio físico, como: drenagens, lineamentos, cristas, formas de topos e formas de vale, e registros de processos históricos). Desta forma, a área da bacia foi dividida em 11 zonas de compartimentação fisiográfica, considerando os seguintes elementos: espessura de solo, tipo de rocha, geomorfologia, amplitude, orientação de cristas, ocorrências de processos erosivos e de movimentos de massa. Posteriormente, elaborou-se os mapas de localização de barragens para identificar as principais barragens da área de estudo, juntamente com a área e perímetro do reservatório e mapa de uso do solo, que subdividiu a área em vegetação arbórea, cultura permanente, cultura temporária e área urbana. Com a elaboração dos mapas auxiliares, foi realizada uma campanha de campo de três dias, com aproximadamente 2 pontos por km², para compreender melhor o meio físico e verificar as principais peculiaridades da área de estudo. Foram estabelecidos critérios de susceptibilidades para os mapas de compartimentação fisiográfica e uso do solo e uma pesquisa com critérios de pesos utilizados em cada processo estudado. Para a elaboração dos mapas de susceptibilidade, foram adotados dois métodos distintos: a média ponderada e do produtório. O método da média ponderada trata-se do somatório dos critérios com seus pesos estabelecidos; o método do produtório é o produto de seus critérios com seus pesos estabelecidos. Compararam-se e observaram-se ambos os métodos, estabelecendo qual seria o mais adequado para novas diretrizes dutoviárias. O mapa de Susceptibilidade, portanto apresenta-se como uma ferramenta importante para definição de áreas mais susceptíveis às ocorrências de corridas de massa e ondas de cheia, tanto para empreendimentos dutoviários atuais e futuros.

Palavras-Chave – Susceptibilidade. Compartimentação Fisiográfica. Dutovias. Corridas de Massa/Detritos. Ondas de Cheia.

Abstract

Given the intense expansion of the industries in Brazil and the discovery of hydrocarbons in the pre-salt layer of the Santos and Campos Basin, there is a need to expand the distribution of oil and gas network in the country. The present work aims to present the development of susceptibility map by two distinct methods of two events (debris flows and full wave), applied to the establishment of pipelines on Ribeirão da Prata Basin. The research area covers two municipalities: São João da Boa Vista and Águas da Prata, in total 145 km². In the paper was used the methodology proposed by Zaine (2011) for the physiographic subdivision method, which uses geological maps, geomorphological maps, digital terrain models and aerial photographs, used to extract the main elements of the physical environment, as rivers, lines, ridges, tops forms and valley forms and historical processes. Thus, the basin was divided into 11 physiographic zones, considering the following elements: thickness of soil, rock type, geomorphology, amplitude, ridges orientation, erosion occurrences and mass movements. Were subsequently performed location maps of dams, that had as main purpose to localize major dams in the study area along with their area and perimeter of the reservoir, and land use map that subdivided the area in woody vegetation, permanent culture, temporary culture and urban area. Along with the preparation of the auxiliary maps was conducted a field campaign with three days and approximately 2 points per km², which aimed to better understand the physical environment and check the main peculiarities of the study area. Criteria have been established for susceptibility maps physiographic subdivision and land use, and a survey of criteria weights used in each map for both processes under study. For the preparation of susceptibility maps were adopted two different methods, which treat the weighted average and the multiplicand. The weighted average method it is the sum of their weights with criteria established. The method multiplicand it is the product of its established criteria with their weights. As discussion, both methods were compared and observed what would be best suited for the establishment of new pipelines. The susceptibility map thus presents itself as an important tool for defining areas more susceptible to the occurrence of debris flows and waves filled for both current and future pipelines.

Keywords – Susceptibility. Physiographic Subdivision. Pipelines. Debris Flow. Full Wave.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	OBJETIVOS	8
3.	MATERIAL, MÉTODO E ETAPAS DA PESQUISA	8
3.1.	MATERIAL	8
3.2.	MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO	9
4.	RESULTADOS OBTIDOS	14
4.1.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO CONCEITUAL.....	14
4.1.1.	MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS	14
4.1.2.	CONDICIONANTES DE MOVIMENTOS DE MASSA	26
4.2.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
4.2.1.	LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO HIDROGRÁFICO	29
4.2.2.	CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA.....	33
4.2.3.	CONTEXTUALIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA.....	37
4.2.3.1.	FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA	39
4.2.4.	COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA.....	40
4.2.4.1.	COMPARTIMENTAÇÃO REGIONAL (1:250.000).....	40
4.2.4.2.	DEFINIÇÃO DA ÁREA ALVO.....	44
4.2.4.3.	COMPARTIMENTAÇÃO DA ÁREA ALVO	46
4.2.4.4.	DESCRIÇÃO DAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS	46
4.2.5.	BARRAGENS	55
4.2.6.	MAPA DE USO DO SOLO	56
4.2.7.	MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE	57
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	62
6.	REFERÊNCIAS	64
7.	APÊNDICES	68

1. INTRODUÇÃO

O trabalho de conclusão de curso foi estruturado para analisar as áreas susceptíveis aos processos gravitacionais de massa/detritos direcionado para dutovias. Os processos geológicos de dinâmica superficial têm ocasionado diversos problemas sociais, econômicos e ambientais nos últimos anos no Brasil, quando uma sequência de eventos catastróficos associados a chuvas torrenciais, que tem afetado áreas urbanas e empreendimentos em geral, especialmente dutovias, rodovias, ferrovias e linhas de transmissão.

Muitos trabalhos técnicos e científicos foram desenvolvidos nas últimas três décadas no país, buscando estabelecer metodologias para identificação e gerenciamento de áreas de riscos associadas aos movimentos de massa (escorregamentos, rolamentos e quedas de blocos, corridas). Porém muito deles se dedicaram ao estudo desses movimentos gravitacionais ao planejamento urbano.

Atualmente os estudos em diretrizes dutoviárias são concentrados no Gasoduto Brasil Bolívia (GASBOL) pela PETROBRAS. Porém a expansão dos sistemas das concessionárias de gás pelo interior do país, a descoberta de gás natural na Bacia de Santos e de jazidas petrolíferas na camada do Pré-Sal tem contribuído para investimentos na ampliação das redes de dutos que cortam a Serra do Mar e o interior do país e por consequência, estão sujeitas à ocorrência de processos de movimentos de massa.

Dentre os processos de movimentos de massas, os escorregamentos concentram a maior parte dos trabalhos e das metodologias aplicadas em definir áreas de riscos, pois, são processos que apresentam uma ocorrência mais frequente, periódica e abrangência localizada, em comparação às corridas de massa/detritos, que atingem áreas mais amplas.

Vários eventos no Brasil tiveram ocorrências de corridas massa/detritos afetando áreas de relevo mais planos e muitas vezes distantes da Serra, tais como: Caraguatatuba (SP) e Serra das Araras (RJ), em 1967; Vale do Rio Figueira, em Timbé do Sul (SC) entre 1995 e 1996; Vale do Itajaí em Santa Catarina, em 2008; Teresópolis, Petrópolis e Nova Friburgo (RJ), em dezembro de 2010 e janeiro de 2011, entre outros.

Ressalta-se que o processo de corridas de massa/detritos pode ser

potencializado ou deflagrado pela ruptura de barragens situadas a jusante, provocando ondas de cheia que incrementam a força destrutiva do processo e sua abrangência espacial. Essa situação possibilita que áreas consideradas sem risco de movimentos de massa sejam afetadas, mesmo estando localizadas a quilômetros de distância do evento principal.

Portanto a avaliação de susceptibilidade de ocorrência de corridas de massa/detritos e ondas de cheia, pelo meio de cruzamento de informações do meio físico (compartimentação fisiográfica) com informações do meio antrópico (barragens e uso do solo) se mostra com grande importância para mitigar e prever futuros impactos ambientais e socioeconômicos. Juntamente com o intenso crescimento do parque industrial brasileiro, que por sua vez demanda cada vez mais insumos energéticos (óleo e gás) que são transportados em grandes distâncias por diretrizes dutoviárias.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é a elaboração de mapa de susceptibilidade à corridas de massa/detritos e ondas de cheia, na Bacia do Ribeirão da Prata (SP), visando a aplicação à empreendimentos dutoviários.

3. MATERIAL, MÉTODO E ETAPAS DA PESQUISA

3.1. MATERIAL

Foram utilizadas folhas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1972) na escala 1:50.000, que são: São João da Boa Vista, Pirassununga, Rio Capetinga, Casa Branca, Aguai, Pinhal, Santa Rita de Caldas e Poços de Caldas.

Também usou-se as Cartas Geológicas do Instituto Geológico de São Paulo – IG (1982) em duas escalas 1:50.000 (São João da Boa Vista, Pirassununga, Rio Capetinga, Casa Branca, Aguai) e 1:250.000 (Campinas e Ribeirão Preto).

Os dados vetoriais foram extraídos e tratados em programas computacionais, para fim de criar um banco de dados georreferenciado, como ArcGIS 10.1 (Environmental Systems Research Institute Inc.), Corel Draw 15 (Corel Corporation) e Excel 2010 (Microsoft Corporation).

Na Etapa de compartimentação Fisiográfica foram utilizados produtos oriundos do banco de dados georreferenciado como MDT (Modelo Digital do Terreno), mapas de declividades, imagens de satélite (LANDSAT e de Alta Resolução) e fotografias Aéreas do IG, as quais foram fotointerpretadas segundo metodologia proposta por Zaine (2011), com auxílio de estereoscópios de mesa.

3.2. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho foram executadas as etapas de trabalhos descritas a seguir.

1º. Etapa – Fundamentação Teórica e Aquisição de Produtos Cartográficos

Para fundamentação teórica foi realizada uma pesquisa nas principais bases de dados de artigos nacionais e internacionais, como: Scielo, Capes, Scopus, Web of Science, Science Direct, Geoscience; além de banco de teses das principais universidades brasileiras como: UNESP, UNICAMP, USP, UFPE, UFBA, UFPR e entre outras.

Foi realizada também a consulta de livros clássicos de Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental com finalidade de obter uma melhor fundamentação teórica sobre o tema em questão.

Com a finalidade de reunir a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho foi feita uma revisão bibliográfica detalhada, envolvendo a bibliografia técnica e científica nacional e internacional sobre os seguintes tópicos:

- Caracterização dos movimentos gravitacionais, apresentando uma descrição detalhada de cada um deles;
- Caracterização dos fatores condicionantes para a deflagração dos movimentos de massa;
- Caracterização do meio físico da área de estudo, abrangendo aspectos: hidrográficos, geológicos, geomorfológicos e geotécnicos;
- Metodologia utilizada para a realização da compartimentação fisiográfica;

- Caracterização do meio físico da área alvo.

A etapa de fundamentação teórica perdurou todo o trabalho, com finalidade de sempre aprofundar o conhecimento teórico do assunto tratado.

Foi também realizada a pesquisa de materiais de base para a área de estudo como: cartas topográficas, fotografias aéreas, mapas geológicos, mapas geomorfológicos e cartas geotécnicas.

2º. Etapa – Compartimentação Regional, Escolha da Área de Estudo e Compartimentação da Área de Estudo.

Essa etapa foi dividida basicamente em três fases a partir da área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari Mirim, que são:

a) Caracterização Regional e Compartimentação:

Para a realização da compartimentação fisiográfica regional na escala 1:250.000 (Reis et al., 2012) utilizaram-se parâmetros do relevo que eram possíveis de serem extraídos de diversos tipos de produtos temáticos (Modelo Digital do Terreno, Imagem de satélite LANDSAT, Mapa Geológico, Mapa Geomorfológico e Cartas Topográficas), listados por (Zaine, 2011) em sua metodologia de compartimentação, mas por motivos de escala e de viabilidade foram utilizados somente os seguintes parâmetros: Litologia; Geomorfologia; Densidade de drenagem; Processos geológicos; Amplitude Local; Declividade; Forma de topos e vales; Tropicidade da Rocha.

b) Definição de Áreas Alvo

A definição de áreas alvo tem por finalidade escolher áreas que apresentam risco potencial de ocorrência dos processos considerados no estudo.

A partir da compartimentação do meio físico, foi feito um levantamento de dados básicos já existentes sobre a área de estudo que estejam relacionados com os condicionantes geológico-geotécnicos estabelecidos na etapa anterior.

A escolha da área alvo foi determinada com uma série de critérios que foram obtidos à partir da compartimentação regional, são os seguintes: declividade acentuada, área com grande diferença de cotas altimétricas, gerando então uma elevada amplitude local e vales bem encaixados.

Portanto, a compartimentação fisiográfica foi elaborada a partir da suscetibilidade de ocorrência dos processos geológicos e hidrológicos e a escolha das áreas alvo de acordo com as prioridades de ocorrência desses processos.

c) Compartimentação da Área de Estudo

Na compartimentação fisiográfica da bacia foram utilizadas fotos aéreas de 1972, na escala 1:25.000 cedidas pelo Instituto Geológico de São Paulo (IG), onde um foto mosaico foi confeccionado (Figura 1) para selecionar as fotos necessárias da compartimentação, foram utilizadas 59 fotos (Quadro 1).

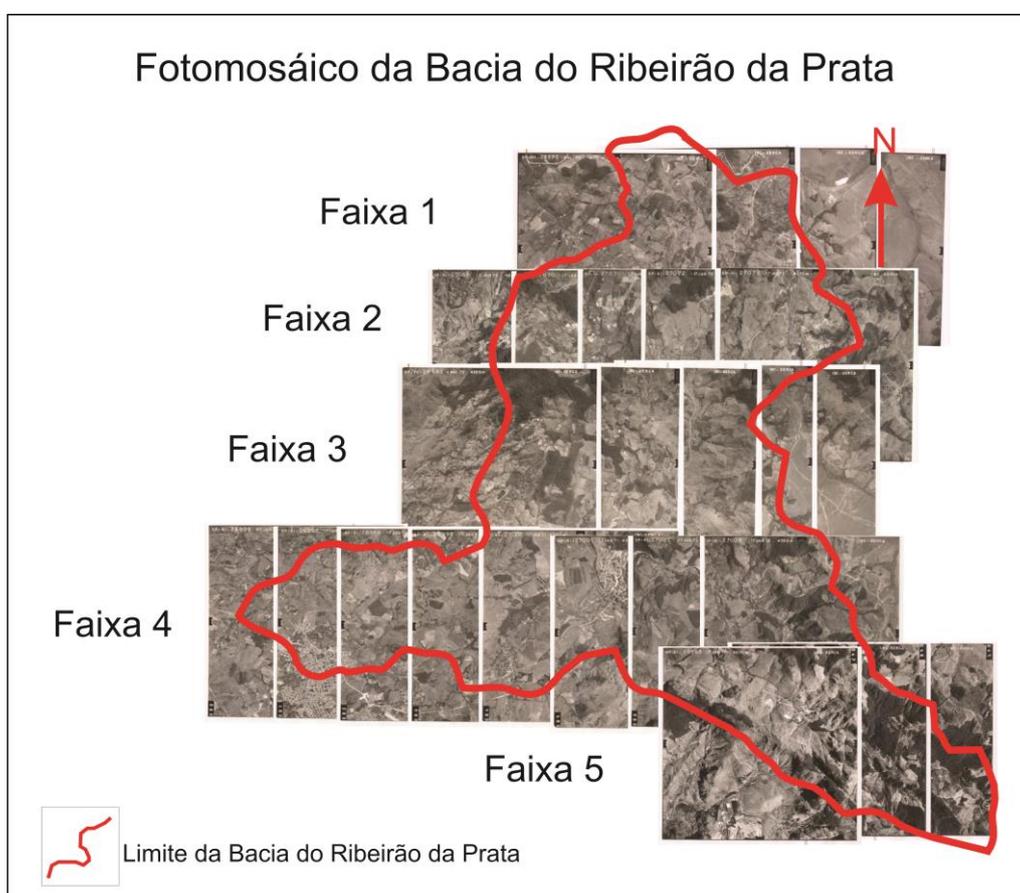


Figura 1 – Fotomosáico com limite da Bacia do Ribeirão da Prata.

Quadro 1 – Relação de fotos aéreas cedidas pelo Instituto Geológico.

Faixa	Fotos	Quantidade	Data do Voo	Escala
1	27091-27095	5	1972	1:25.000
2	27068-27075	7	1972	1:25.000
3	27023-27029	7	1972	1:25.000
4	26996-27029	33	1972	1:25.000
5	26959-26965	7	1972	1:25.000
Total de fotos utilizadas		59		

Na fotointerpretação foi utilizada a metodologia proposta por Zaine (2011), foram extraídos os seguintes elementos como: Tópia (orientação de cristas e diques); Lineamentos; Drenagens; Perfil de Encosta; Formas de topo; Amplitude; Formas de vale e feições peculiares observadas em cada área (antigos escorregamentos, processos erosivos, anfiteatros de nascentes, e antigas extrações de bauxita).

A partir dessa extração de elementos de fotointerpretação, a área foi dividida em unidades de compartimentação, onde foram agrupadas regiões que apresentaram respostas fisiográficas semelhantes levando em conta características geológicas, hidrológicas, geomorfológicas e geotécnicas.

3º. Etapa – Levantamento de Campo

A etapa de levantamento de campo foi realizada em 3 dias, resultando em aproximadamente 2 pontos por km² e teve como intuito confirmar e analisar as feições indentificadas na compartimentação fisiográfica local, indentificando também litotipos da área de estudo, feições de relevo observados em mapas e cartas de maior detalhe e eventuais eventos de movimentos gravitacionais, além de registros de campo e fotográficos de feições peculiares da área, que serviram de auxílio para a elaboração das pranchas de descrição de cada unidade.

4º. Etapa – Elaboração da Monografia e do Produto Final

Foram elaborados uma série de mapas até o início dessa etapa, que são os seguintes:

- Mapa de Compartimentação Fisiográfica (1:50.000);
- Mapa de Localização de Barragens (1:50.000);
- Mapa de Uso do Solo (1:50.000).

Com base nesses três mapas foram produzidos quatro mapas de susceptibilidade à ocorrência de corridas de massa/detritos e ondas de cheia na escala 1:50.000, onde foram indicadas áreas com susceptibilidade muito alta, alta, média, baixa e muito baixa.

Foram comparados dois métodos diferentes de análise, o da média ponderada e o do produtório, e analisados seus respectivos resultados. A média ponderada seria a soma dos fatores que são multiplicados pelos

respectivos pesos. Já o produtório se trata da multiplicação dos fatores, que por sua vez são multiplicados pelos pesos. Tais pesos foram definidos através de pesquisadores especialistas em análise fisiográfica, mapeamento de uso do solo e processos geológicos. Posteriormente foi feita a média aritmética desses pesos, para serem aplicados no trabalho. Cada método são representados pelas seguintes fórmulas (Quadro 2).

Quadro 2 – Fórmulas utilizadas para a determinação da susceptibilidade em cada método.

Corridas de Massa/Detritos	
Média Ponderada	$S=(CFx0,63)+(USx0,21)+(Bx0,16)$
Produtório	$S=(CFx0,63)x(USx0,21)x(Bx0,16)$
Ondas de Cheia	
Média Ponderada	$S=(CFx0,43)+(USx0,20)+(Bx0,37)$
Produtório	$S=(CFx0,43)x(USx0,20)x(Bx0,37)$

No caso do produtório tanto para o caso das corridas e para as ondas de cheia, os resultados eram decimais, e foram normalizados para porcentagem. O maior número equivaleria a 100% e então os demais eram normalizados.

Após a aplicação das fórmulas foram estabelecidos intervalos para a determinação da susceptibilidade em cada método, São explanados no Quadro 3.

Quadro 3 – Intervalos utilizados em cada método.

Média Ponderada		Produtório	
Muito Alta	4,01-5,00	Muito Alta	81-100
Alta	3,01-4,00	Alta	61-80
Média	2,01-3,00	Média	41-60
Baixa	1,01-2,00	Baixa	21-40
Muito Baixa	0,00-1,00	Muito Baixa	0-20

Foi elaborada também uma monografia em formato de TCC, que servirá de base para autoridades competentes tomarem as devidas precauções à respeito de corridas de massa/detritos e ondas de cheia, no intuito de estabelecer uma maior segurança para empreendimentos dutoviários e suas demais consequências ao meio biótico e sócio-econômico regional.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO CONCEITUAL

4.1.1. MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS

Para início dessa fundamentação é preciso descrever alguns eventos, processos e fatores. O principal deles, que também motivou essa pesquisa foram as corridas, ou também conhecido como fluxo de lama, detritos, avalanche e etc. No mundo esse tipo de evento é conhecido desde os primórdios da humanidade, BRABB (1991) relata que há registros na China de deslizamentos que ocorreram em 186 a.C., e descreve que foram estimados milhares de mortes por ano e bilhões de dólares de prejuízo ao redor do mundo.

Caputo (1987) relata dois eventos de deslizamentos de grandes proporções, o primeiro é o de Sant Goldau (Suíça), onde houve o desprendimento de uma enorme massa rochosa da encosta e destruiu uma vila inteira, o outro evento foi o de Gross Ventre Valley (Estados Unidos), onde uma massa de 50 milhões de m³ gerou artificialmente uma barragem de 60 metros de altura. Mora & Barrios (2000) relatam também um evento catastrófico ocorrido em dezembro de 1999 na Venezuela, onde um evento pluviométrico excepcional ocorreu, atingindo metas muito acima do esperado, matando cerca de 30 mil pessoas e deixando um prejuízo inestimável para a região de Tanaguarena, nordeste de Caracas.

Lima (2002) e IG (2011) relatam que essa temática têm sido estudada à fundo no Brasil nos estados onde há um grande acúmulo populacional em regiões de encosta, como: São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Minas Gerais, entre outros; sobretudo com o clima tropical dessas regiões, onde muitas vezes é difícil de prever a precipitação, especialmente entre os meses de dezembro e fevereiro.

Atualmente, todo final de ano é divulgado na mídia notícias de eventos catastróficos, temos como exemplo: Santa Catarina (2008), Niterói e Ilha Grande (2010) e Região Serrana do Rio de Janeiro (2010-2011). Mas esse tipo de evento sempre ocorreu no país, pode-se observar eventos de Caraguatatuba (1967), e Vale do Rio Figueira-SC (1995-1996).

Os famosos escorregamentos, também são conhecidos como deslizamentos, e são caracterizados por IG (2011) como processos de

movimentos de massa, que envolvem materiais de diversas naturezas (solo, rocha, troncos e etc.) que recobrem as vertentes das encostas.

Há várias formas de classificação de movimentos de massa, sendo que a proposta de Augusto Filho (1992) sintetiza, de forma adequada, os conceitos usados nesse trabalho, conforme apresenta o Quadro 4.

Quadro 4 – Classificação dos movimentos gravitacionais, segundo Augusto Filho (1992).

Classificação dos Movimentos, Augusto Filho (1992)	
Processos	Caracterização do Movimento, Material e Geometria
Rastejo (Creep)	<ul style="list-style-type: none"> • Vários planos de deslocamentos; • Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; • Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; • Solo, depósito, rocha alterada/fraturada; • Geometria Indefinida.
Escorregamentos (Slides)	<ul style="list-style-type: none"> • Poucos Planos de deslocamento (externos); • Velocidade média (m/h) a altas (m/s); • Pequenos a grandes volumes de material; • Geometria e materiais variáveis; • PLANARES = solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; • CIRCULARES = solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; • EM CUNHA = solos e rochas com dois planos de fraqueza.
Quedas (Falls)	<ul style="list-style-type: none"> • Sem planos de deslocamento; • Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; • Velocidades muito altas (vários m/s); • Material Rochoso; • Pequenos a médios volumes; • Geometria variável: lascas, placas, blocos e etc.; • ROLAMENTO DE MATAÇÃO; • TOMBAMENTO DE BLOCOS.
Corridas (Flows)	<ul style="list-style-type: none"> • Muitas Superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação); • Movimento semelhante ao de um líquido viscoso; • Desenvolvimento ao longo de drenagens; • Velocidades médias a altas; • Mobilização de solo, rocha, detritos e água; • Grandes volumes de material; • Extenso raio de alcance mesmo em áreas planas.

RASTEJO

IG (2011) caracteriza rastejo ou *creeping* (termo utilizado na língua inglesa) como um tipo de movimento lento, onde muitas vezes é difícil de visualizar, geralmente só são visualizados, depois de muito tempo que ele já está em ação, onde pode ser observadas trincas nas paredes, cercas, postes e árvores tortos na paisagem

Guidicini & Nieble (1983) exemplificam que os rastejos como um evento diferenciado dos demais movimentos, uma vez que a maioria se comportam como sólidos que atingiram sua tensão de cisalhamento, já os rastejos se

comportam como um líquido muito viscoso. Esse tipo de movimento é deflagrado devido à variação térmica, sendo que em profundidade, o movimento se dá pela ação da gravidade, sendo então denominado de rastejo constante, sua porção mais superficial recebe o nome de rastejo periódico ou sazonal.

Augusto Filho (1992) descreve como rastejo movimentos que possuem diversos planos de deslocamento, tendo movimentos constantes ou sazonais. Possui também uma baixa velocidade, sendo muitas vezes imperceptível e é característico de solos pouco estruturados, depósitos, aterros e rochas muito intemperizadas (Figura 2).

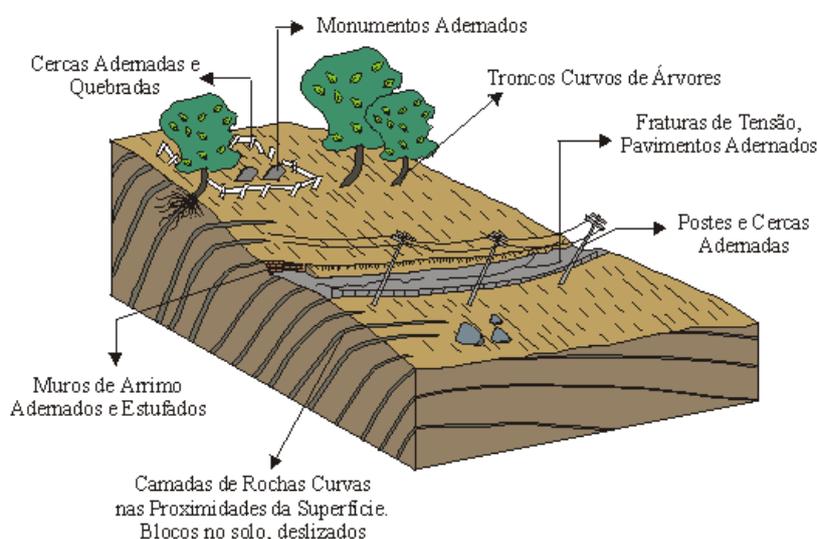


Figura 2 – Ilustração esquemática para ocorrência de rastejo (Reis, 2001).

Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) descrevem que os rastejos podem gerar sérios danos à obras civis, apesar de bem lentos, causando complicações em fundações de pilares de pontes, viadutos, edificações e etc. Uma vez reconhecido o rastejo, é necessário realizar obras de contenções para que ele não evolua para um escorregamento.

ESCORREGAMENTOS

Na caracterização de escorregamentos IG (2011) descreve que são eventos bastante frequentes no Sudeste, e que esse tipo de evento é popularmente chamado de deslizamento, queda de barreira, desbarrancamento, mas todos equivalem ao termo em inglês *landslide*.

IG (2011) ainda caracteriza que esses eventos ocorrem devido à infiltração de fluidos (esgoto, água e etc.) que acabam atingindo o valor

máximo de saturação do solo, gerando a perda total do atrito entre as partículas do solo, a partir desse momento o solo está sujeito à ação da gravidade, onde suas partículas são envolvidas por água, gerando a solifluxão do solo. Guidicini & Nieble (1983) afirma que para um escorregamento acontecer é necessário que a relação entre a resistência média ao cisalhamento do material e as tensões médias de cisalhamento tenham decrescido à valores menores que 1.

Tanto IG (2011) e Augusto Filho (1992) descrevem que a velocidade do evento depende da inclinação que a vertente está instalada, podendo variar de quase zero a alguns metros por segundo.

Quanto à velocidade, Guidicini & Nieble (1983) ainda revelam que a velocidade máxima de um escorregamento depende muito da natureza do terreno e sua inclinação, geralmente os movimentos mais bruscos ocorrem em terrenos mais homogêneos.

Jennings & Siddle (1998) afirmam que a geometria de um deslocamento é definida usando sua área de extensão, ângulo de vertente e comprimento do escorregamento. Guidicini & Nieble (1983) e Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) levam em consideração a geometria do movimento de escorregamento, sendo possível diferenciar em três tipos: escorregamentos rotacionais ou circulares, escorregamentos translacionais ou planares e escorregamentos em cunha.

Guidicini & Nieble (1983) descreve que após o movimento de escorregamento cessar, o movimento da massa de material adquire características de um rastejo, possuindo velocidades muito mais baixas.

ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS OU CIRCULARES

Augusto Filho (1992) sugere que os escorregamentos rotacionais ou circulares são eventos característicos de solos espessos e/ou rochas muito fraturadas.

Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) e IG (2011) caracterizam-nos como uma superfície de ruptura curva ao longo da encosta ou talude, onde se dá o movimento rotacional. Explana que o movimento está associado à solos de natureza argilosa, e complementa que o movimento muitas vezes tem início por alteração na base do talude, que pode ser causado por ação natural (erosão

fluvial), ou por ação antrópica (construções de estradas, edificações, oleodutos entre outros tipos de interferências antrópicas).

Guidicini & Nieble (1983) ressalva que os escorregamentos circulares ou rotacionais são bem frequentes nas encostas brasileiras, mobilizando o manto de alteração e expondo a rocha sã, são movimentos catastróficos e subtos, possuindo um grande volume de material carreado.

IG (2011) ainda cita alguns exemplos de escorregamentos rotacionais que ocorreram ao longo da história no Brasil, são eles os escorregamentos do Monte Serrat, em Santos (1928) e os simultâneos escorregamentos nos morros de Santos (1967) (Figura 3).

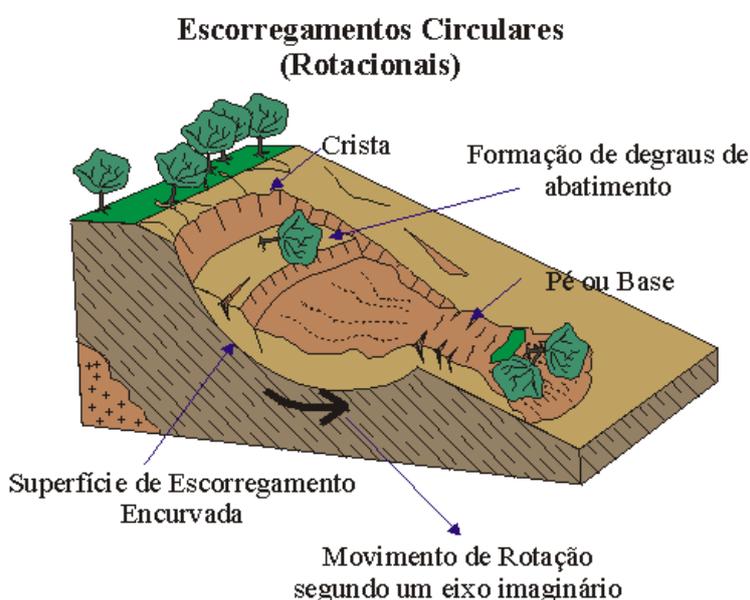


Figura 3 - Ilustração esquemática para ocorrência de escorregamento circular. (Reis, 2001).

Murk, Skinner & Porter (1996) afirmam que esse tipo de movimento é bastante comum em encostas de estradas, onde os taludes são artificiais, os movimentos são condicionados por saturação de águas meteóricas no solo, evento facilmente potencializado por mudanças climáticas abruptas.

ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS OU PLANARES

Lima (2002) e IG (2011) descrevem que esse tipo de escorregamento é o mais comum no Brasil, sendo caracterizado por uma superfície de ruptura gerada no solo ou rocha, essa ruptura pode ser gerada por percolação de fluido, muitas vezes direcionado como canalizações rompidas, ou então por discontinuidades no próprio maciço rochoso ou saprólito, como foliações, xistosidade, fraturas e falhas.

Lima (2002) ainda descreve que esse tipo de escorregamento pode ocorrer em vertentes menos inclinadas, podendo atingir dezenas a centenas de metros de alcance, IG (2011) diverge da ideia de Lima, descrevendo que esse tipo de escorregamento pode ocorrer em vertentes tanto suaves como bem íngremes, mas concorda no alcance do evento, relatando ainda que atinge 0,5m a 5,0m de profundidade no maciço.

IG (2011) ainda se aprofunda na subdivisão da classe, dizendo que os escorregamentos translacionais ou planares são subdivididos em três tipos: de rocha, de solo, de solo e rocha.

Os escorregamentos translacionais de rocha segundo IG (2011) é caracterizado por escorregamento que se dá por ruptura em plano de fraqueza no maciço rochoso, seja ele fratura, junta de alívio de tensões, falha, foliação ou xistosidade.

Escorregamentos translacionais de solo são caracterizados por IG (2011) como um movimento que ocorre no manto de alteração, e é condicionado por alguma descontinuidade herdada do substrato rochoso, ou seja, solos estruturados, possuem uma forma tabular (Figura 4), e sua espessura varia de acordo com o clima, a vegetação e o regime hídrico ali instalado, esse tipo de evento possui um curto período de tempo e uma elevada velocidade, tendo então um grande poder de destruição para regiões antropizadas. Dependendo da quantidade de água acumulada, esse escorregamento pode evoluir para uma corrida, ou virar um rastejo no sopé da vertente.

Guidicini & Nieble (1983) descreve que o escorregamento translacional de rocha se origina em plano que em muitas vezes estão mergulhando para fora do talude, onde tiveram suas condições de equilíbrio alteradas. Eles são típicos em regiões montanhosas e devido à sua elevada aceleração podem adquirir proporções catastróficas.

IG (2011) descreve que os escorregamentos translacionais de rocha e solo são caracterizados por escorregamentos com um volume significativo de rocha, e o que melhor representa esse tipo de evento é o depósito de tálus ou colúvios, geralmente situam-se em sopés de encostas ou taludes, e são constituídos por blocos rochosos de tamanho de matacões, envolvidos por uma matriz de sedimentos.

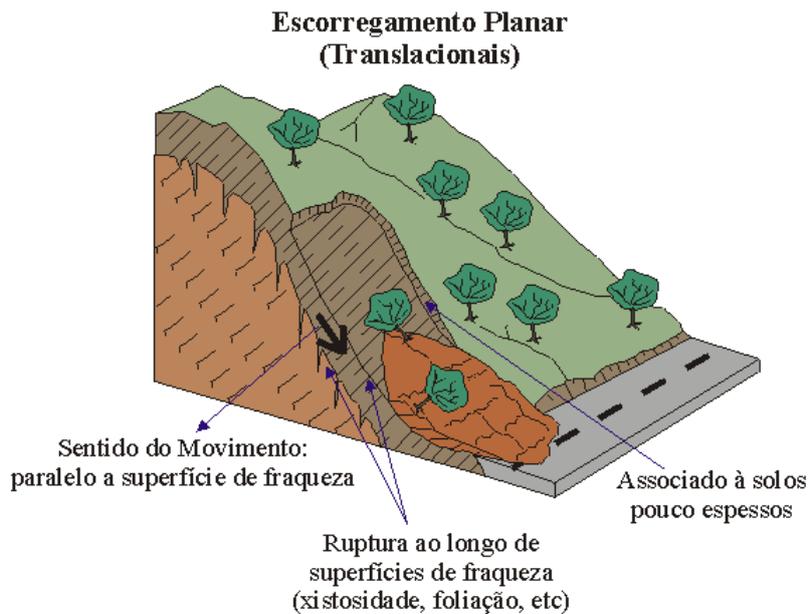
Guidicini & Nieble (1983) descrevem ainda um quarto tipo de escorregamento translacional ou planar, esse tipo foi definido pela escola Escandinávia e é conhecido como escorregamento translacional de remontante, sucessivo, progressivo ou retrogressivo. Ele se desenvolve em etapas sucessivas, sendo frutos de diversos escorregamentos rotacionais simples, causando assim a aparência dele estar se movimentando para montante da vertente.

Escorregamentos translacionais ou planares geralmente ocorrem após longos períodos de chuva ininterrupta, ou logo após chuvas torrenciais, e é muito comum que a superfície solo-rocha sirva de zona de escape para essa água que vem infiltrando. Esse tipo de evento foi o que causou o desastre na Serra do Mar, principalmente nas Serras de Caraguatatuba e Serra das Araras (1967), gerando uma enorme destruição.

ESCORREGAMENTOS EM CUNHA

Augusto Filho (1992) descreve basicamente que esse tipo de escorregamento de solos e rochas possui dois planos de fraqueza. IG (2011) e Lima (2002) descrevem que esse tipo de evento está condicionado à solos estruturados, saprólitos e rochas frescas, que possuem duas direções de fraqueza (foliação, falha, xistosidade, acamamento, fraturas e etc.), gerando um colapso em forma de cunha (Figura 5).

Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) afirmam que os escorregamentos em cunha são bastante comuns em taludes ou encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, seja um desconfinamento natural ou antropizado (obras de engenharia).



**Figura 4 - Ilustração esquemática para ocorrência de escorregamento planar ou translacionais.
(Reis, 2001).**

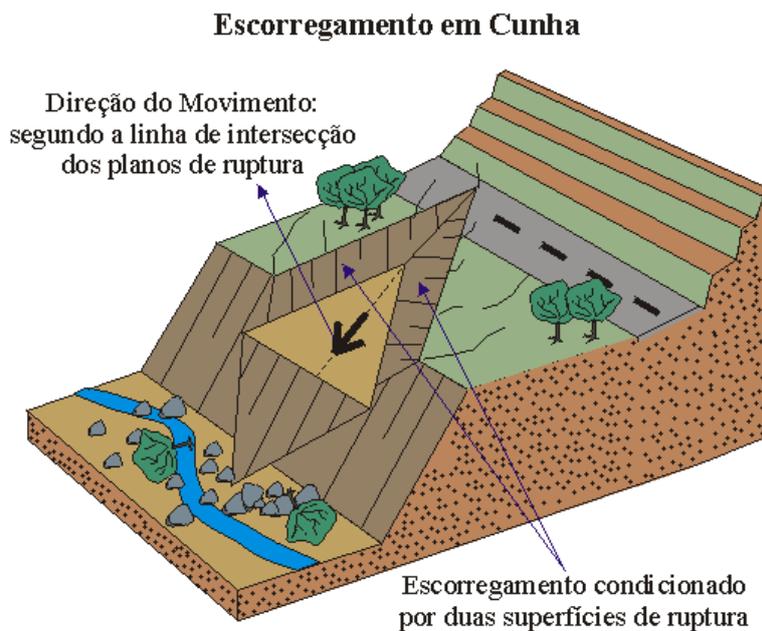


Figura 5 - Ilustração esquemática para ocorrência de escorregamento em cunha. (Reis, 2001).

CORRIDAS

IG (2011) descreve as corridas como eventos que são fruto de um escorregamento, que possui uma elevada magnitude e acabou chegando até uma drenagem, trazendo consigo lama, blocos rochosos, troncos e etc., descrevem também que esse fluxo possui uma elevada densidade e uma elevada viscosidade.

Infanti Jr.& Fornassari Filho (1998) identificam dois mecanismos principais de geração de corridas de massa. A corrida de origem primária é definida como a formação de corridas a partir da desestruturação total do material mobilizado nas encostas. Já as corridas de origem secundária apresentam-se como uma evolução da corrida primária, onde a corrida primária encontra uma drenagem, gerando uma corrida com detritos encontrados no leito ou nas margens dessa drenagem.

Esse tipo de movimento é descrito por Augusto Filho (1992) como um movimento de elevada velocidade, e é constituído por um grande volume de material de diversas naturezas, como anteriormente citado, estão condicionados pelos canais das drenagens onde a corrida se instalou (Figura 6), possui um elevado raio de alcance, por isso seu elevado poder de destruição. Esse tipo de movimento pode ser classificado de acordo com o elemento que ele traz consigo, podendo ser corrida de: lama, detritos, blocos e etc.

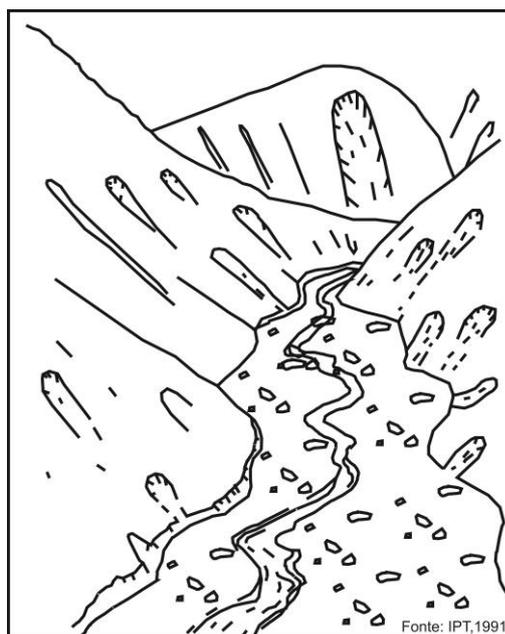


Figura 6 - Ilustração esquemática para ocorrência de uma corrida. (IPT,1991)

Guidicini & Nieble (1983) subdividem as corridas *stricto sensu* em quatro tipos de corridas, sendo diferenciados pelo conteúdo que agrega o movimento. A corrida de terra, também conhecida como *earth flow* é caracterizado como um evento de baixa fluidez com pequena quantidade de água inserida no meio, assim possuindo uma menor velocidade relativa, são provocadas geralmente pelo encharcamento do solo em chuvas de grande porte. As corridas de areia

ou silte, também conhecidas com *sandflow*, ou areias movediças, são geradas por uma liquefação do maciço, onde a coesão dos grãos de areia é diminuída até o ponto de não existir, gerando então o colapso da estrutura; a sua ocorrência é devida a chuvas de grande duração e de intensidade média. A corrida de lama ou *mudflow* é entendida como um evento de extrema fluidez e são gerados por uma lavagem do solo ou da cobertura durante enchentes e tempestades, sendo caracterizada por uma elevada viscosidade e um grande poder destrutivo. As avalanches de detritos, conhecido também como corrida de detritos e *debrisflow*, são compreendidas como corridas de elevada fluidez, seu líquido tem suas propriedades físicas alteradas, principalmente a densidade e a viscosidade, possibilitando o carregamento de detritos de diversos tamanhos podendo chegar até blocos de rocha. Reis (2001) afirma que esse tipo de evento está associado a uma sequência de escorregamentos consecutivos, que acabaram englobando blocos de rocha no canal de drenagem principais, adquirindo assim uma elevada velocidade e um alto poder destrutivo.

MOVIMENTO DE BLOCOS

IG (2011) afirma que o fenômeno de queda de blocos são comuns em regiões de relevo acidentado, são muito presentes na Serra do Mar, e podem ser classificados em quatro tipos como queda de blocos rochosos, tombamento de blocos, rolamentos de blocos e deslocamento de blocos, estão sujeitos à ação da gravidade, ou seja, em queda livre, podendo gerar uma avalanche de rochas, encosta abaixo.

Guindicini & Nieble (1984) descrevem que as causas das quedas de blocos estão envolvidas com diversos acontecimentos de natureza distintas, dentre eles estão: variação térmica, que pode gerar uma contração ou dilatação no maciço rochoso e acabar desprendendo blocos da encosta, perda da sustentação do maciço causado pela erosão do sopé da encosta, ou alívio de tensões de origem tectônica e vibrações causadas por sismos, sejam eles naturais (terremotos) ou artificiais (explosão de dinamites).

Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) descrevem a queda de blocos como um movimento que envolve materiais rochosos de litologias e volumes variados, que acabam de desprendendo do talude ou encosta e deslocam-se

com movimento tipo queda livre (Figura 7). Esse tipo de movimento é um dos processos formadores dos depósitos de tálus.

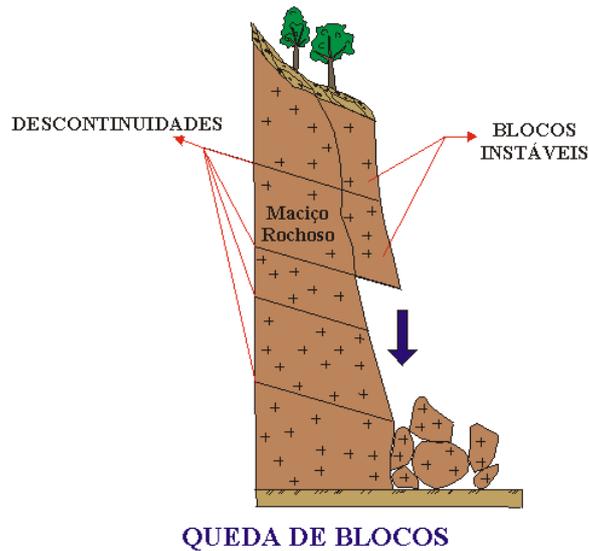


Figura 7 - Ilustração esquemática para ocorrência de uma queda de blocos. (Reis, 2001).

Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) caracterizam o tombamento de blocos como sendo um movimento dado pela rotação de grandes blocos, que estão condicionados pela estruturação da rocha (Figura 8), mergulhando para fora do talude. Reis (2001) destaca que esse tipo de movimento ocorre em encostas muito íngremes em encostas de basaltos, granitos, diabásios e regiões serranas.

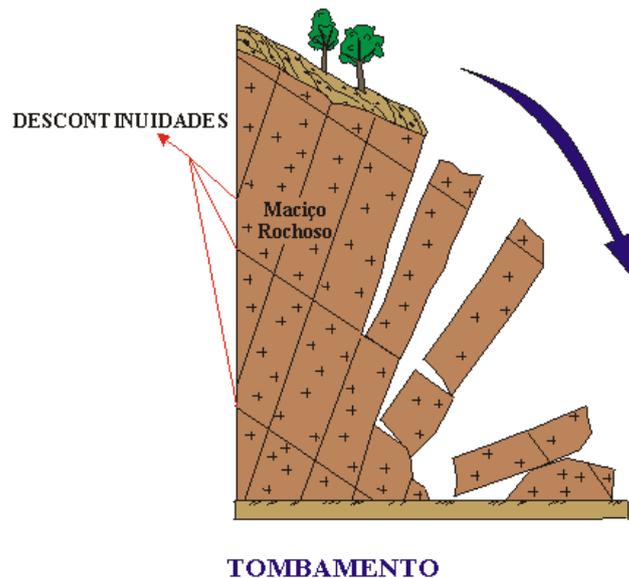


Figura 8 - Ilustração esquemática para ocorrência de um tombamento de blocos. (Reis, 2001).

Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) destacam que o rolamento de blocos é dado por blocos que estão imersos em uma matriz terrosas em um plano inclinado, que sofreram uma perda de apoio, seja por erosão ou

escorregamento dessa matriz, gerando o desprendimento do bloco do talude (Figura 9).

Reis (2001) ressalva que por se tratar de um evento de alta periculosidade, é necessário realizar obras de contenção, como desmorte parcial do bloco ou calçamentos, para que eles não iniciem o movimento novamente.

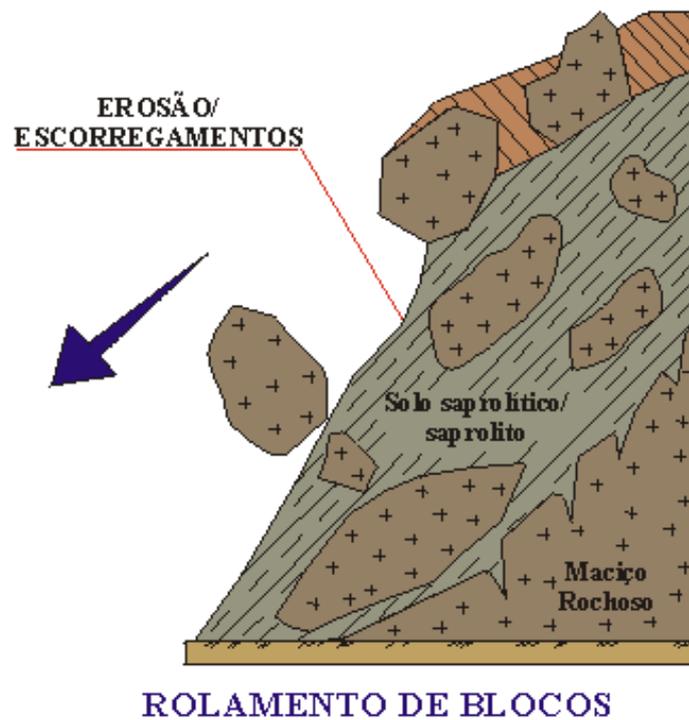


Figura 9 - Ilustração esquemática para ocorrência de um rolamento de blocos. (Reis, 2001).

Infanti Jr. & Fornassari Filho (1998) assumem que o deslocamento consiste no desprendimento de lascas ou placas de rocha que são formadas condicionadas por estruturas da própria rocha como xistosidade, acamamento, fraturamento e etc. Muitas vezes esse deslocamento se dá por variações térmicas muito bruscas, causando um alívio de tensão no maciço rochoso e por consequência o deslocamento do bloco rochoso, assumindo um movimento de queda livre ou de um deslizamento sobre a encosta inclinada (Figura 10).

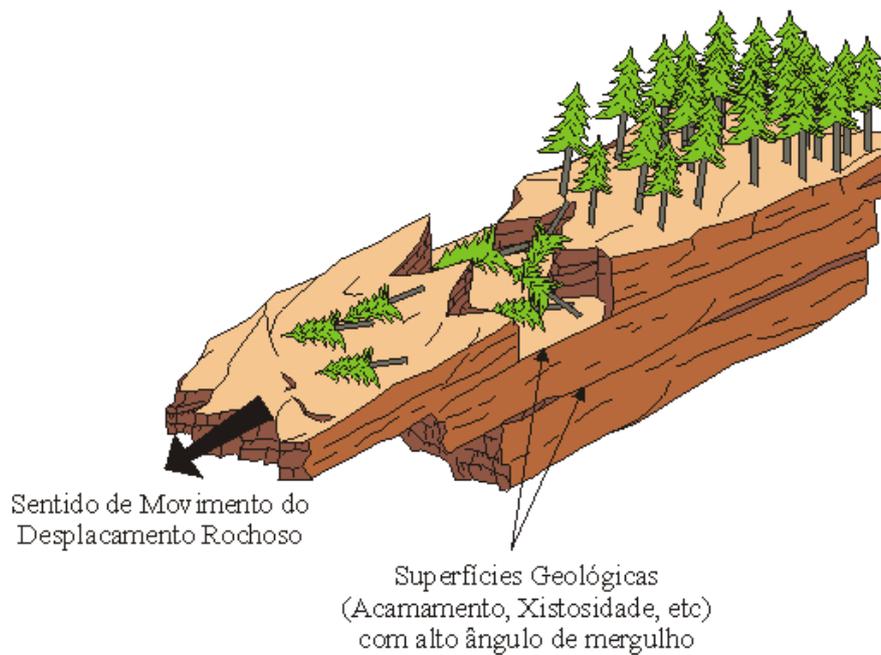


Figura 10 - Ilustração esquemática para ocorrência de um deslocamento de blocos. (Reis, 2001).

Augusto Filho (1992) relata que esse tipo de movimento não possui algum plano de deslocamento, por se tratar de blocos em queda livre, ele possui uma elevada velocidade, mas essa velocidade varia de acordo com a altura do desprendimento, do tamanho dos blocos e da inclinação das vertentes, possui uma geometria um tanto quanto variada, apresentando lascas, blocos, placas e etc., o autor ainda retrata que esse tipo de movimento pode ser subdividido em tombamento e rolamento de matacões.

4.1.2. CONDICIONANTES DE MOVIMENTOS DE MASSA

IG (2011) descreve que a pluviosidade é o principal fator que condicionam os movimentos de massa. É comum que esse evento esteja associado à estações chuvosas durante o ano, na maioria das vezes acabam coincidindo com o verão. Esse intenso índice pluviométrico é explicado como frentes frias vindas do Círculo Polar Antártico, que acabam entrando em choque com a massa de ar quente, que está estacionada na região do movimento, e acabam gerando um grande volume de chuvas.

Lima (2002) utiliza a classificação de Varnes (1978) e afirma que os fatores que afetam a instabilidade de encostas se dividem em dois grupos: aqueles que aumentam as solicitações e aqueles que diminuem a resistência do talude.

Aqueles que aumentam as solicitações são caracterizados por remoção de massa da encosta, provocando erosão; acúmulo natural de material; sobrecarga causada pelo acúmulo de água meteórica, peso de vegetação e peso de edificações.

Já os fatores que diminuem a resistência do talude estão associados às características geodinâmicas do material e é caracterizado principalmente por intemperismo e elevação do nível freático.

Lima (2002) relata a importância desse tipo de classificação, relacionando também as características dos movimentos de massa, para que as autoridades competentes possam formular modelos para providenciar medidas mais eficazes e efetivas na resolução desse problema.

Assim como IG (2011), Lima (2002) descreve que as chuvas são os principais atuantes nos movimentos de massa ocorridos no Brasil, os autores completam que esse evento pluviométrico de grande porte contribui para a desestabilização do talude, gerado pela alteração do nível freático, onde a água meteórica preenche os interstícios do maciço, e acaba reduzindo a coesão das partículas do material.

Lima (2002) afirma que o monitoramento pluviométrico de áreas de risco é uma forma de prevenção de baixo custo que pode poupar fatalidades e prejuízos muitas vezes incalculáveis.

Guidicini & Nieble (1983) subdividem os fatores condicionantes de movimentos de massa em causas internas, causas externas e causas intermediárias; além de descrever os agentes causadores (Quadro 5).

Quadro 5 - Classificação de Agentes e Causas dos Movimentos de Massa, segundo Guidicini & Nieble (1983).

Agentes e causas dos movimentos de massa		
Agentes		
Predisponentes	<ul style="list-style-type: none"> Complexo geológico, complexo morfológico, complexo climático-hidrológico, gravidade, calor, tipo de vegetação. 	
Efetivos	Preparatórios	<ul style="list-style-type: none"> 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 desmatamento.
	Imediatos	<ul style="list-style-type: none"> Chuvas intensas, fusão do gelo e neve, erosão, terremotos, ondas, ação do homem e etc.
Causas		
Interna	<ul style="list-style-type: none"> Efeitos das oscilações térmicas; Redução dos parâmetros de resistência por intemperismo. 	
Externa	<ul style="list-style-type: none"> Mudança na geometria do sistema; Efeitos de vibrações; Mudanças naturais na inclinação das camadas. 	
Intermediária	<ul style="list-style-type: none"> Elevação do nível piezométrico em massas homogêneas; Elevação da coluna da água em discontinuidades; Rebaixamento rápido do lençol freático; Erosão subterrânea retrogressiva “pipping”; Diminuição do efeito da coesão aparente. 	

Guidicini & Nieble (1983) citam que as causas internas estão relacionadas às propriedades do próprio maciço, sendo que a variação térmica e a perda de resistência pelo intemperismo são os principais. A variação térmica sazonal é tida como um dos principais agentes causadores de desmonte natural de rocha, devido à elevada dilatação causada no maciço rochoso, causando planos de fraqueza como juntas, fraturas e trincas; porém a variação térmica diurna é dada como a atuante principal, devido à dilatação mais efetiva que ela gera. O intemperismo age gradualmente nos planos de fraqueza do maciço, enriquecendo esses planos de matriz terrosa, removendo então os materiais solúveis da matriz, resultando na diminuição da resistência do maciço.

As causas externas são tratadas por Guidicini & Nieble (1983) como ações que ocorrem em meio externo e afetam a estrutura interna do talude, como: mudança na geometria do sistema, vibrações e alteração natural da inclinação de encostas. As mudanças na geometria do sistema geralmente são causadas por sobrecarga excessiva do talude ou por obras de retaludamento inadequadas. O trânsito de maquinário pesado, explosões controladas em minerações próximas e pequenos terremotos (muitas vezes imperceptíveis ao

ser humano), geram vibrações que afetam a estrutura interna do talude, colapsando a estrutura original e iniciando o evento de movimentação de massa. A alteração natural da inclinação das encostas, via de regra é muito difícil de ocorrer em regiões cratônicas (caso do território brasileiro), é comum em regiões orogênicas, onde há movimentação e alteração da inclinação das encostas, como Andes, Alpes e Himalaias, porém há registros de neotectônica atuando na Serra do Mar, alterando a inclinação de encostas, possibilitando a ocorrência de movimentos gravitacionais, colocando em risco a população localizada encosta abaixo.

Lima (2002) destaca também um grande problema dos grandes centros urbanos brasileiros que é a ocupação desordenada de encostas. A má utilização da encosta acelera a desestabilização da encosta, de diversos modos, como: remoção da cobertura vegetal, lançamento de águas servidas, vazamento de tubulações de esgoto, presença de fossas, execução de cortes e aterros inadequados na encosta e tráfego de veículos pesados no local.

As causas intermediárias são descritas por Guidicini & Nieble (1983) como alterações no maciço, geradas por ações externas sejam elas alterações no nível freático, sendo por bombeamento de água subterrânea, fraturamento do maciço rochoso, sejam elas também evoluções de vertentes causando erosões de grande porte.

Guidicini & Nieble (1983) ainda descrevem a ação da vegetação como uma importantíssima etapa para a estabilização de encostas, uma vez que a cobertura vegetal ajuda a combater:

- Variações térmicas do terreno;
- Lixiviação do solo;
- Improdutividade do solo;

Portanto a remoção da cobertura vegetal se mostra como um dos principais fatores condicionantes de movimentos gravitacionais.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.2.1. LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO HIDROGRÁFICO

A Bacia do Rio Jaguari Mirim está situada dentro de uma bacia maior, denominada de Bacia do Rio Mogi Guaçu (UGRHI-09). A bacia está situada na

porção Sul do Estado de Minas Gerais e na porção Nordeste do Estado de São Paulo (Figura 11), a bacia drena uma área de aproximadamente 2150 km², sendo que boa parte pertencente ao território paulista.



Figura 10 – Mapa de Localização da Bacia do Rio Jaguari Mirim.

A Bacia ocupa territórios de onze municípios, sendo dois mineiros e nove paulistas, respectivamente: Ibitiura de Minas, Andradas, Santo Antônio do Jardim, Espírito Santo do Pinhal, São João da Boa Vista, Águas da Prata, Aguai, Vargem Grande do Sul, Santa Cruz das Palmeiras e Pirassununga (Figura 13).

Seu principal curso d'água é o Rio Jaguari Mirim, o qual é um dos principais afluentes do Rio Mogi Guaçu e segundo Reis (2006) o rio é considerado de classe federal, nascendo no município mineiro de Ibitiura de Minas, mais precisamente na Serra do Serrote, passando por Andradas, chegando depois ao território paulista no município de Santo Antônio do Jardim, posteriormente passando pelos municípios de São João da Boa Vista e Vargem Grande do Sul, desaguando no Rio Mogi Guaçu, no município de Pirassununga. Ao todo a Bacia do Rio Jaguari Mirim possui 3.387 km de

drenagens, sendo subdividida em 43 sub-bacias, sendo a mais expressiva em área a do Ribeirão dos Cocais I.

A Bacia do Ribeirão da Prata está localizada no Estado de São Paulo, abrange os municípios de São João da Boa Vista (SP) e Águas da Prata (SP), com uma área de 145 km², tem como drenagens principais o Ribeirão da Prata e o Ribeirão do Quartel (Figura 12).

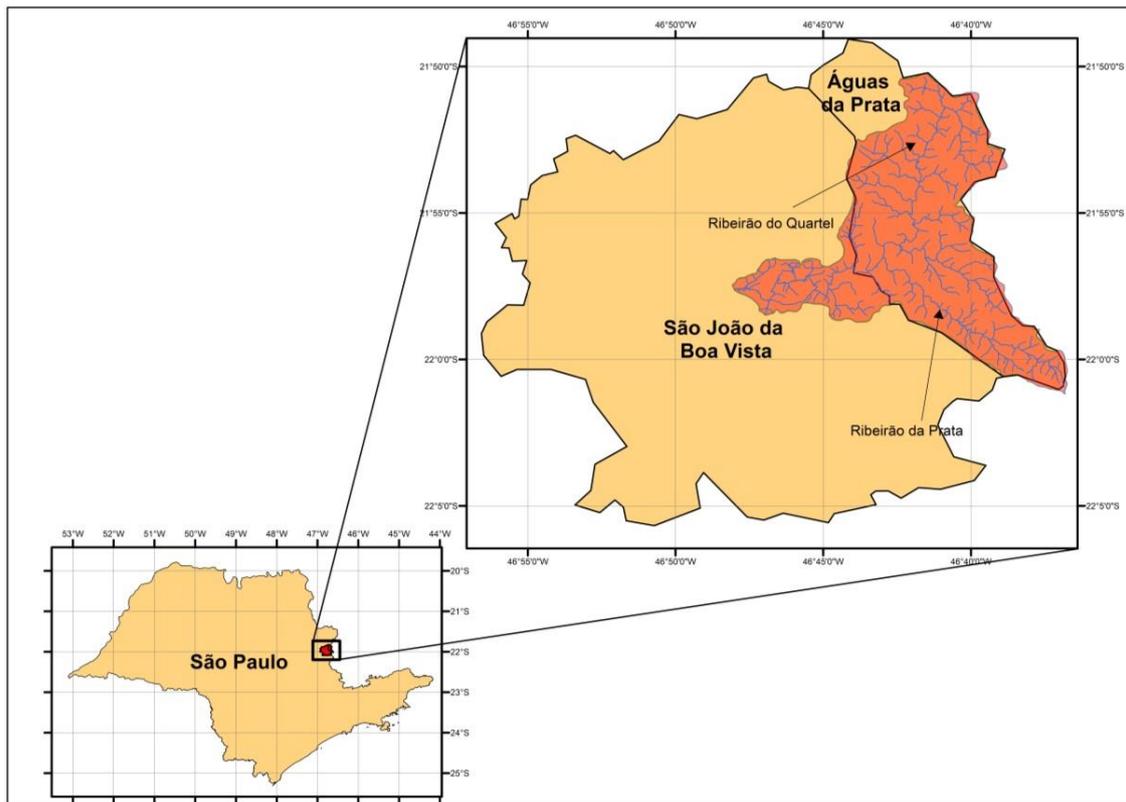


Figura 12 – Localização da Bacia do Ribeirão da Prata, com drenagens principais.

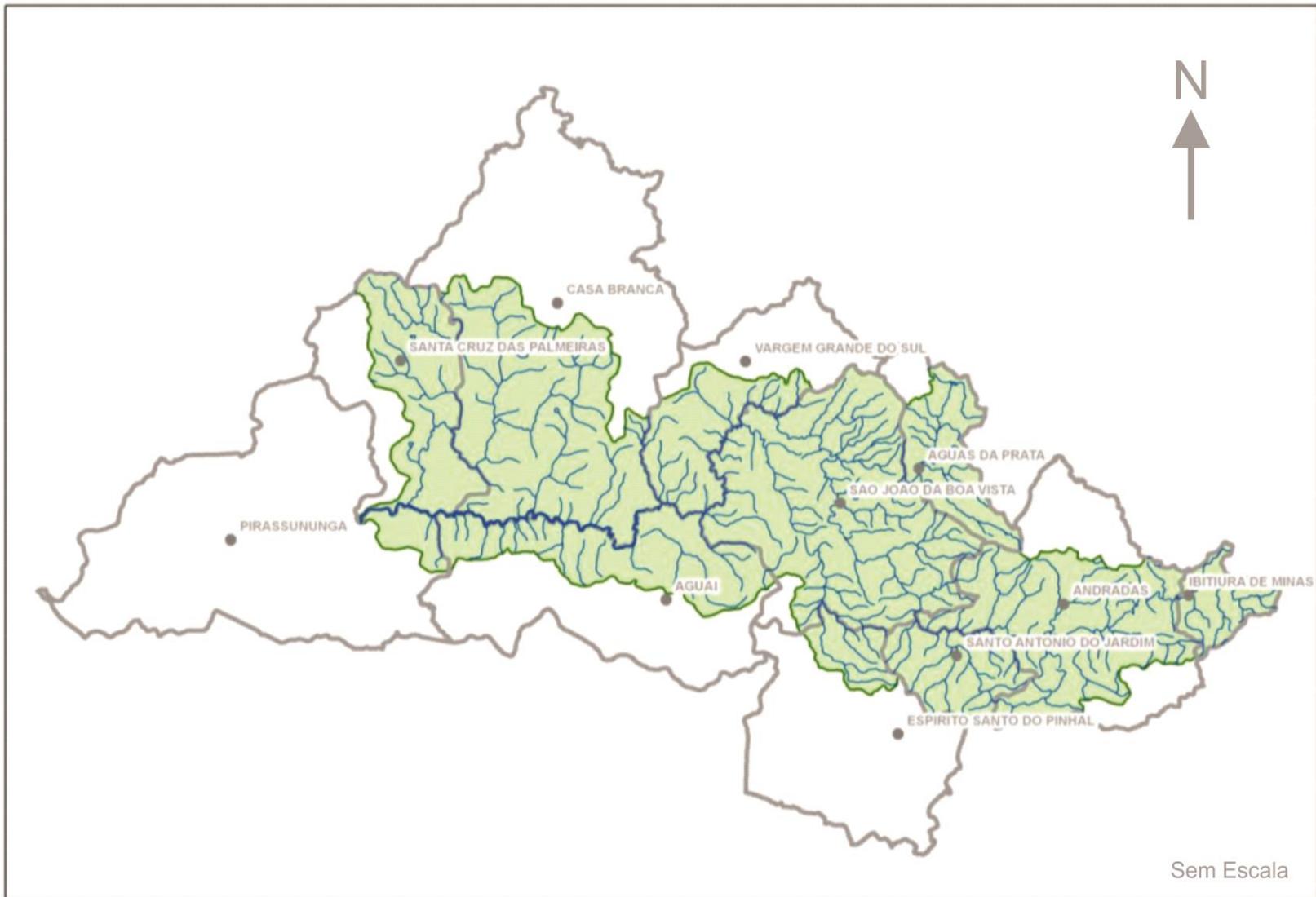


Figura 13 – Representação espacial da Bacia do Rio Jaguarari Mirim, com Municípios, segundo CIPREJIM (2010).

4.2.2.CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA

Na bacia do Rio Jaguari-Mirim, afloram rochas do embasamento cristalino (Complexo Pinhal), da Bacia do Paraná (Formações Itararé, Tatuí, Corumbataí, Serra Geral e Pirassununga) e rochas Alcalinas do Maciço de Poços de Caldas (Figura 14). A seguir é apresentada uma a caracterização das unidades geológicas que afloram na área de estudo.

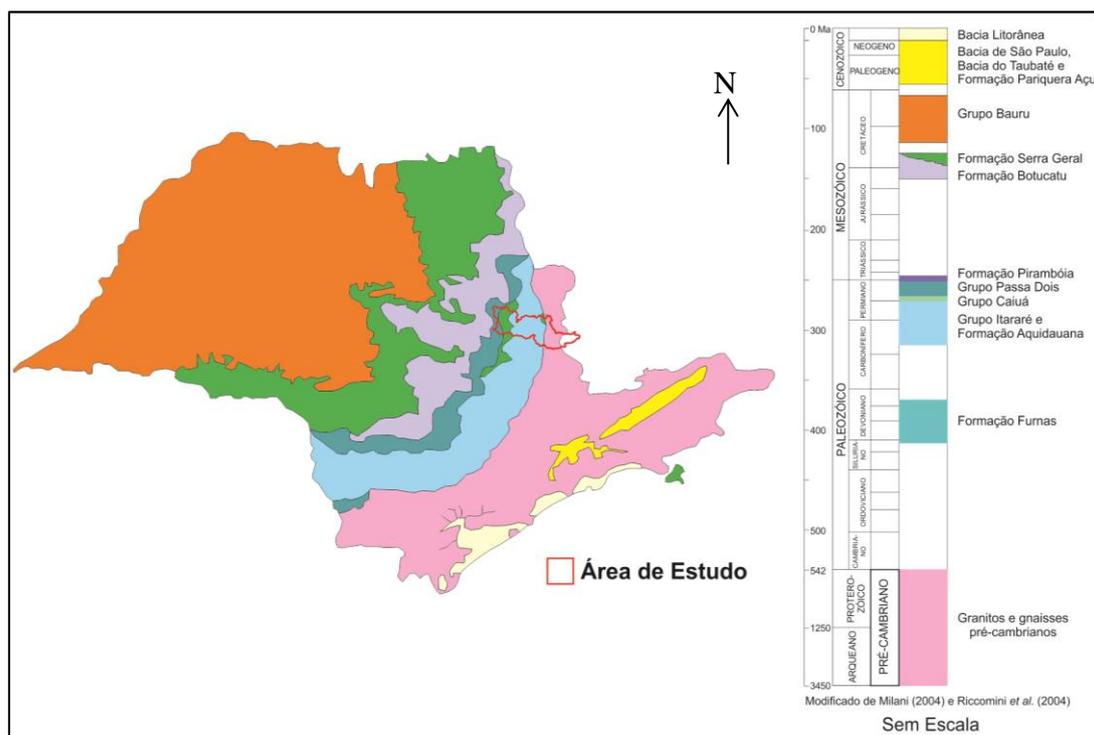


Figura 14 – Mapa geológico com as informações litológicas simplificadas. Modificado de Milani (2004) e Ricomini et. al (2004).

COMPLEXO PINHAL

Haddad (1995) descreve que o Complexo Pinhal é composto por rochas migmatíticas, sendo elas resultado de uma intensa anatexia e feldspatização oriunda do Complexo Amparo, é caracterizado também por intrusões graníticas heterogêneas e irregulares em sua composição química.

BACIA DO PARANÁ

FORMAÇÃO ITARARÉ

A Formação Itararé é a primeira formação aflorante no Estado de São Paulo, segundo IPT (1981) a formação se encontra depositada sobre uma superfície erodida do embasamento cristalino, ela entra no Estado de São Paulo pelo vale do Rio Itararé, nas proximidades do Estado do Paraná, e tem continuidade atravessando o estado. No vale do rio Mogi-Guaçu, Soares &

Landim (1973) descrevem uma transição para a Formação Aquidauana por meio de uma interdigitação um tanto imprecisa de representá-la em mapa. Perinotto et al (2008) sugerem que a formação seja de idade Permo-Carbonífera, sendo basicamente composta por uma associação de arenitos, siltitos, varvitos, diamictitos (sendo algum deles verdadeiros tilitos).

Mas IPT (1981) aprofunda um pouco mais na descrição, relatando que apresenta uma complicada associação de fácies detríticas, sendo constituída por arenitos de granulação heterogênea e com uma mineralogia imatura, possuindo arenitos feldspáticos e arcoseanos, eles podem ser encontrados de forma maciça ou apresentando estratificações plano-paralelas a cruzadas de corrente aquosa. Os diamictitos demonstram uma clara evidência que o ambiente dominante da Formação Itararé é glacial, podendo esses diamictitos ser compostos por granitos, gnaisses, migmatitos e quartzitos, provavelmente oriundos da área fonte dos sedimentos. A Formação Itararé possui também uma sequência rítmica, que se alterna sutilmente entre arenitos finos, siltitos cinza-claros e folhelhos cinza-escuro; essa sequência é conhecida como varvitos, e podem apresentar alguns “seixos pingados”, decorrente do desprendimento da geleira.

IPT (1981) ainda prolonga a discussão, relatando algumas ocorrências de carvão, que podem representar um eventual recuo da massa de gelo, mas descreve uma espessura pouco significativa de aproximadamente 70 centímetros.

Perinotto et al (2008) descreve o ambiente de formação como sendo em sua base um misto de ambiente marinho e glacial, e conforme chegamos ao topo da formação, temos um misto de ambiente continental e glacial, apresentando fácies características de ambiente fluvial, glacial e lacustre, o autor ainda relata que regionalmente a espessura média é de 900 metros.

FORMAÇÃO TATUÍ

Segundo IPT (1981) o termo “Tatuí” era antigamente empregado para designar as camadas mais jovens da Formação Itararé.

Perinotto et al (2008) descrevem sucintamente que a Formação Tatuí é de idade Permiana, sendo composta basicamente por siltitos e siltitos arenosos, muitas vezes esverdeados e silicificados.

IPT (1981) relata também que além dos siltitos percorridos acima, pode-se encontrar camadas de arenitos grossos, calcários, folhelhos e sílex; relata também que sua maior espessura está localizada a sul do estado, tendo aproximadamente 130 metros e que vai “afinando” conforme avança para norte e nordeste. Em sua base possui uma discordância erosiva com as Formações Itararé e Aquidauana, já em seu topo, o contato com o Membro Taquaral da Formação Iratí é de caráter discordante tendo uma feição curiosa de arenito grosso com seixos e clastos de sílex, posteriormente foi chamado de Fácies Ibicatú, ela serve como uma “camada-guia” em reconhecimento litológico na Bacia do Paraná. Ele ainda discorre sobre o conteúdo fossilífero, o qual se resume em moldes de conchas, fragmentos de ossos e dentes, espículas de esponjas e alguns restos de plantas.

Por final, Perinotto et al (2008) descreve o ambiente deposicional da Formação Tatuí como um ambiente misto de planície costeira com um ambiente plataformal.

FORMAÇÃO CORUMBATAÍ

Schneider et al (1974) relatam que a Formação Corumbataí compreende sedimentos de idade Permiana entre as Formações Iratí e Pirambóia, é basicamente composto em sua parte inferior por argilitos, folhelhos e siltitos de cores cinza escuro e em parte superior por argilitos, folhelhos e siltitos arroxeados a avermelhados com intercalações carbonáticas e algumas camadas de arenitos muito finos.

Schnieder et al (1974) descrevem mais adiante que a espessura da formação no Estado de São Paulo chega a 130 metros. Perinotto et al (2008) descreve que o ambiente deposicional da Formação Corumbataí é continental lacustre, tendo algumas feições de planícies de maré, assim assumindo um ambiente transicional.

INTRUSIVAS BÁSICAS

Segundo Massoli (1983) as rochas intrusivas básicas, possuem em muitos locais 150 metros de espessura, possui um contato discordante com as rochas mais antigas, cortando em formas de diques de diabásios.

FORMAÇÃO PIRASSUNUNGA

Massoli (1983) caracteriza a Formação Pirassununga como sendo de idade Terciária, e constituída por sedimentos inconsolidados de areia fina e silte, tendo uma coloração castanho claro, sua base apresenta uma camada cascalhenta com sixos de quartzo, quartzitos e limonita. Apresenta um contato discordante à Formação Corumbataí. O autor ainda conclui que a Formação Pirassununga pode atingir 15 metros de espessura em algumas sondagens e caracteriza uma paisagem com colinas amplas com topos palmos, vales pouco profundos, e vertentes suaves.

COBERTURA ALUVIONAR

Sedimentos associados a leitos de rios e suas planícies aluvionares, composta basicamente por arenitos, possuindo uma má seleção dos grãos, podendo ter ocorrências de sedimentos mais finos como argilas. Esses sedimentos são muito utilizados para a construção civil e indústria cerâmica.

Essas unidades de ocorrência na área de estudo estão simplificadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Quadro Simplificado das unidades geológicas de ocorrência na área de estudo.

Unidades de Ocorrência na Área de Estudo (Bacia do Jaguari Mirim)			Unidade presentes da Bacia do Ribeirão da Prata
Contexto Regional	Unidades	Características	
Sedimentos Quaternários	Cobertura Aluvionar	Sedimentos inconsolidados	Presente
Maciço Alcalino de Poços de Caldas	Rochas Alcalinas	Tinguaitos, Fonólitos e Foiaítos	Presente
Bacia do Paraná	Formação Pirassununga	Areia fina e silte inconsolidados	Ausente
	Intrusivas Básicas	Diabásios com 150m de espessura	Ausente
	Formação Corumbataí	Argilitos, Folhelhos e Siltitos com intercalações carbonáticas	Ausente
	Formação Tatuí	Siltitos e siltitos arenosos silicificados	Ausente
	Formação Itararé	Arenitos, siltitos, varvitos contendo diamictitos (muitos sendo verdadeiros tilitos)	Presente
Embasamento Cristalino	Complexo Pinhal	Migmatitos, granitos e gnaisses	Presente

4.2.3. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A Geomorfologia do Estado de São Paulo está subdividida, segundo IPT (1981) em cinco províncias regionais: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental, exemplificadas na Figura 15 e Quadro 7.

Quadro 7 – Subdivisão Geomorfológica do Estado de São Paulo, baseado em IPT (1981), com ênfase nas subzonas de ocorrência na área de estudo.

Subdivisão Geomorfológica do Estado de São Paulo		
Unidade	Zona	Sub-zonas
I	Planalto Atlântico	Planalto Paulistano
		Planalto do Juqueriquerê
		Planalto do Paraitinga
		Planalto da Bocaina
		Médio Vale do Paraíba
		Serra da Mantiqueira
		Planalto do Alto Rio Grande
		Serrania de São Roque
		Planalto de Jundiá
		Serrania de Lindóia
		Planalto de Ibiúna
		Planalto de Guapiara
Planalto do Alto Turvo		
II	Província Costeira	Serra do Mar
		Serra de Paranapiacaba
		Serrania de Itatins
		Serrania do Ribeira
		Planaltos Interiores
		Morraria Costeira
III	Depressão Periférica	Baixas Litorâneas
		Zona do Médio Tietê
		Zona do Paranapanema
IV	Cuestas Basálticas	Zona do Mogi-Guaçú
V	Planalto Ocidental	Área Indivisível
		Planalto de Marília
		Planalto de Monte Alto
		Planalto de Catanduva

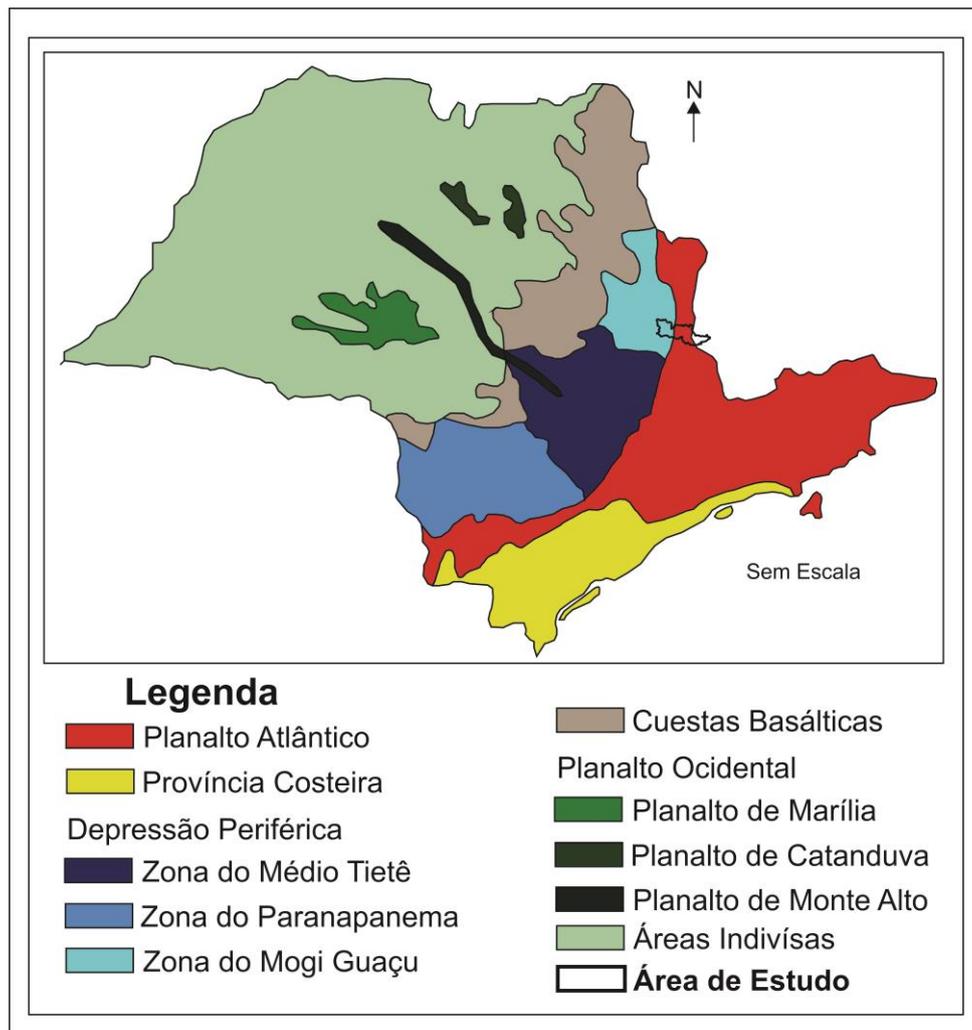


Figura 15 – Subdivisão geomorfológica do Estado de São Paulo, segundo IPT (1981).

A área de estudo está localizada regionalmente entre o planalto atlântico e a depressão periférica, onde a área é dividida entre o Planalto Atlântico (Serrania de Lindóia) e a Depressão Periférica (Zona do Mogi-Guaçu).

PLANALTO ATLÂNTICO

O Planalto Atlântico é caracterizado por IPT (1981) como uma província geomorfológica de terras altas, possuindo um predomínio de rochas cristalinas pré-cambrianas e recoberta por rochas sedimentares da Bacia de Taubaté e São Paulo. O Planalto Atlântico faz contato a leste com a Depressão Periférica, mas Christofletti (1968) relata que esse contato entre as duas províncias não é muito bem percebida. A área de estudo ocupa parte do planalto, mais precisamente a Serrania de Lindóia.

SERRANIA DE LINDÓIA

IPT (1981) descreve a Serrania de Lindóia como uma faixa de transição entre a Depressão Periférica Paulista, Planalto de Jundiaí e o Planalto do Alto Rio Grande. A serrania está limitada ao sul pelo Planalto de Jundiaí, a leste pelo Planalto do Alto Rio Grande e a oeste pela Depressão Periférica, quanto à estruturação da região, há falhas cortando a área, refletindo no relevo vales e cristas orientadas.

DEPRESSÃO PERIFÉRICA

Ab'Sabber (1969) caracteriza a depressão como um corredor como uma topografia colinosa de 50 km de largura, embutida entre as Cuestas Basálticas e o Planalto Atlântico.

IPT (1981) caracteriza a província como um relevo colinoso, composto por rochas sedimentares infrabasálticas da Bacia do Paraná e rochas intrusivas básicas (diques e sills de diabásio).

O limite da província com as cuevas é bem definida, mas já o contato com o Planalto Atlântico é difícil de se observar nitidamente. A província é subdividida em 3 zonas, que são: Médio Tietê, Paranapanema, Mogi-Guaçu. No presente trabalho apenas caracterizou-se a Zona do Mogi-Guaçu.

ZONA DO MOGI-GUAÇU

Esse trecho da depressão é caracterizada por rochas da Bacia do Paraná e por intrusões de Diabásio, possui um padrão de drenagem dendrítica e demonstra um padrão estrutural com caimento NNE e um sistemas de fratura NE e NW.

4.2.3.1. FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA

Na área de estudo é observada as seguintes feições geomorfológicas: Colinas Amplas, Colinas Médias, Morros Amplos, Morros Paralelos, Morros com Serras Restritas, Encostas Sulcadas por Vales Subparalelos e Encostas com Cânions Locais. Essas feições são descritas de acordo com IPT (1981) no Quadro 8.

Quadro 8 – Descrição das principais feições geomorfológicas encontradas na área de estudo.

Feição	Descrição
Colinas Amplas (212)	Predominam interflúvios com área superior à 4km ² , topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendríticos, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
Colinas Médias (213)	Predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km ² , topos aplainados, vertentes com perfis convexo a retilíneos. Drenagem de baixa densidade, padrão subretangular, vales abertos e fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
Morros Amplos (221)	Constituem interflúvios arredondados com área superior a 15 km ² , topos arredondados a achatados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão dendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas. Em vários locais há a presença de boçorocas.
Morros Paralelos (244)	Topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de alta densidade, padrão em treliça a localmente subdendrítica, vales fechados a abertos, planícies aluvionares interiores restritas.
Morros com Serras Restritas (245)	Morros de topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptos, presença de serras restritas. Drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a pinulado, vales fechados, planícies aluvionares interiores restritas.
Encostas Sulcadas por Vales Subparalelos (511)	Desfeitos em interflúvios lineares de topos angulosos a arredondados, vertentes de perfis retilíneos. Drenagem de média densidade, padrão subparalelo a dendrítico, vales fechados.
Encostas com Cânions Locais (512)	Vertentes com perfis retilíneos a convexos e trechos escarpados. Drenagem de média densidade, padrão pinulado, vales fechados, localmente formando cânions, vales principais com fundo chato.

4.2.4. COMPARTIMENTAÇÃO FISIOGRÁFICA DA ÁREA

4.2.4.1. COMPARTIMENTAÇÃO REGIONAL (1:250.000)

Corridas de massa e ondas de cheia são eventos fruto de outros movimentos gravitacionais (rastejos, quedas e escorregamentos) (IG, 2011), são caracterizados de duas naturezas sendo de caráter primário e secundário (Reis et al., 2012). A corrida primária é desenvolvida pela liquefação das encostas, onde uma massa viscosa de detritos, lama e blocos desce em direção à drenagem, condicionando a direção do movimento. A secundária ocorre nas drenagens principais da bacia, onde há a relocação de depósitos recentes (talus, coluvionares e etc.), juntamente com detritos de escorregamentos de vertentes acima, esse evento é potencializado por eventos

pluviométricos excepcionais e por rompimento de barragens na própria bacia hidrográfica.

Na Bacia do Rio Mogi-Guaçu foram identificadas 10 unidades fisiográficas e suas subdivisões (Figura 16), dessas 10 unidades, há a ocorrência de 7 unidades (Quadro 9) na Bacia do Rio Jaguari Mirim (Figura 17).

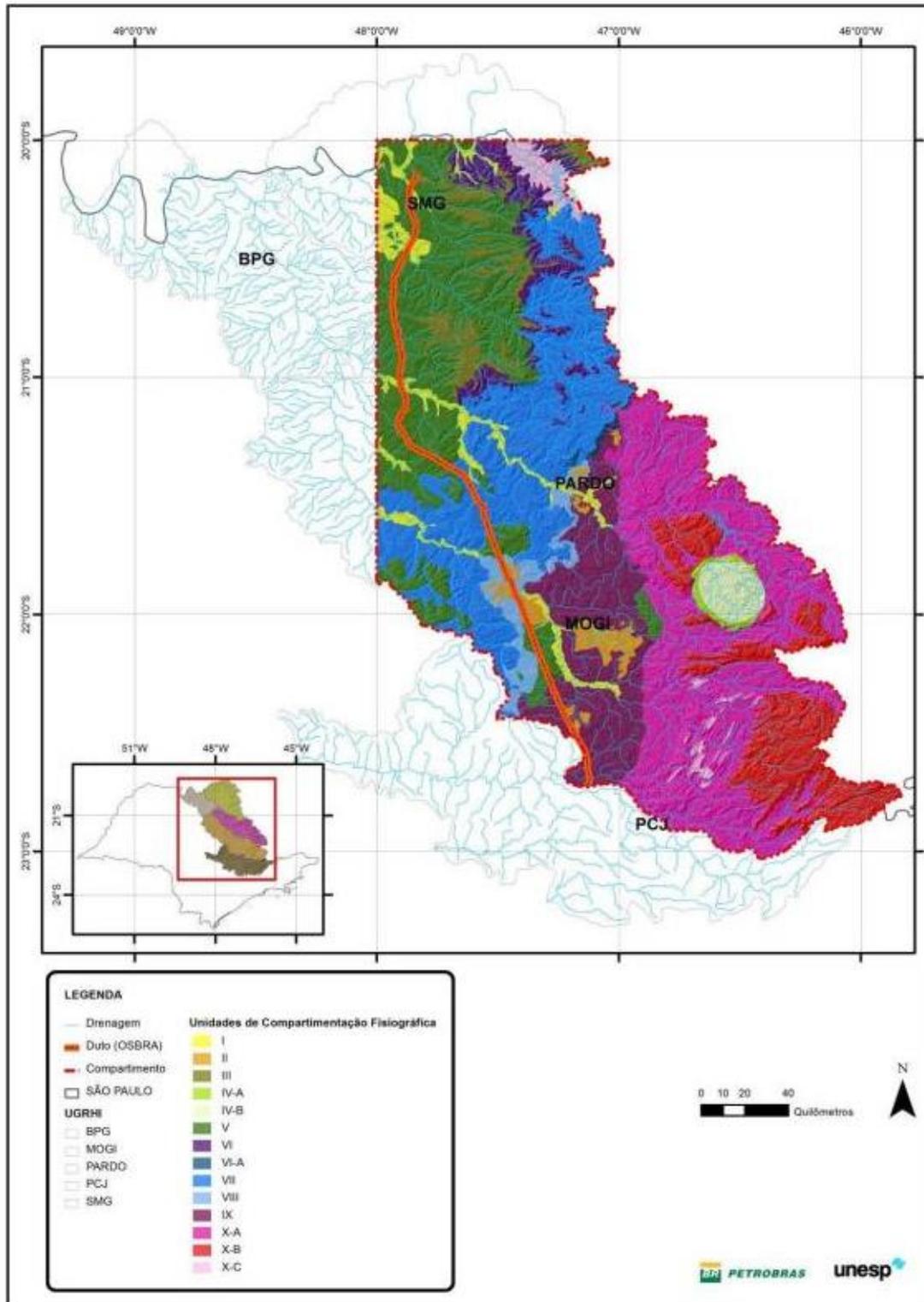


Figura 16 – Mapa de Compartimentação Fisiográfica Regional, segundo Reis et al. (2012)

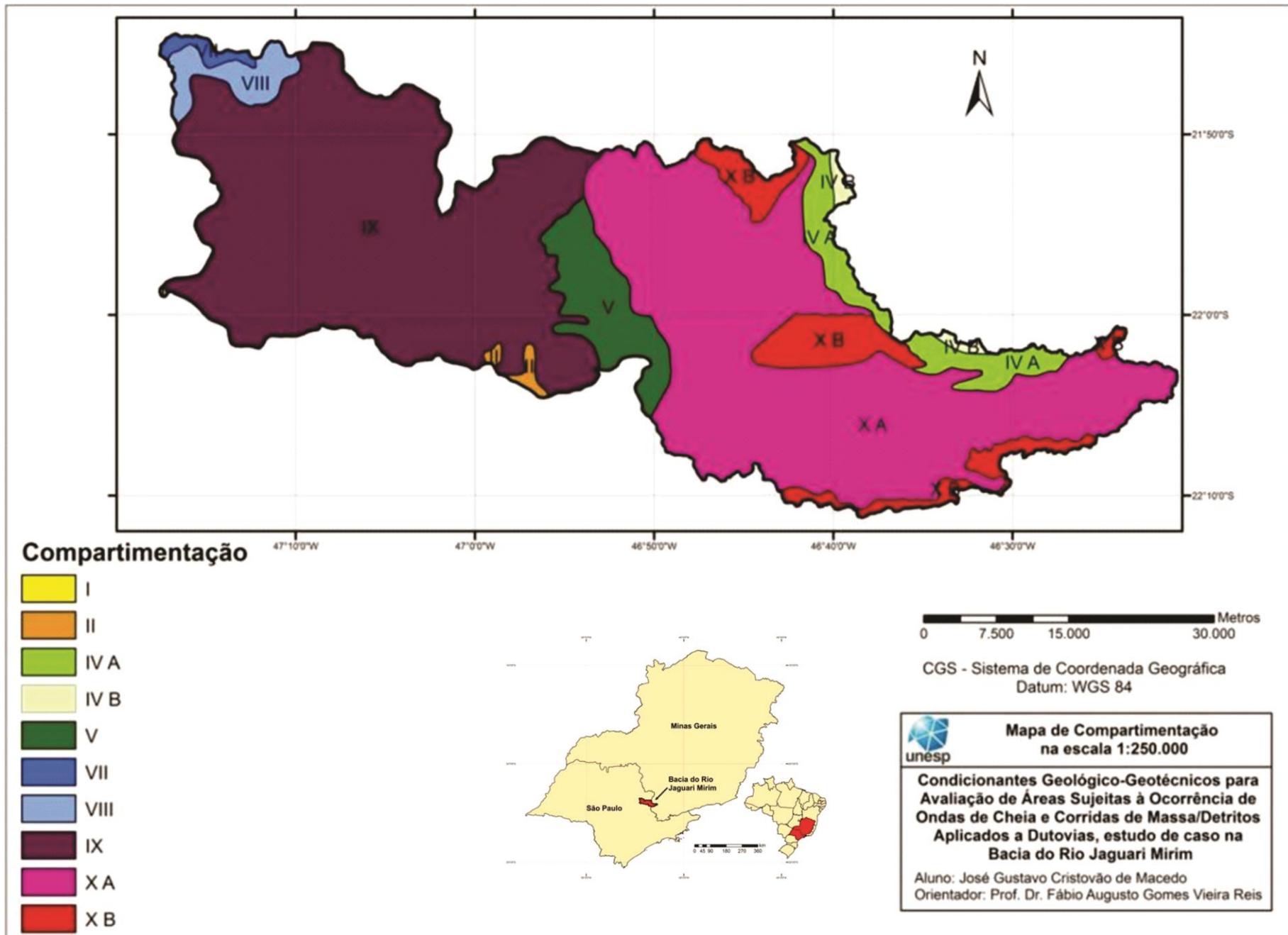


Figura 17 – Mapa de Compartimentação Fisiográfica, na Bacia do Rio Jaguarari Mirim, baseado em Reis et al. (2012)

Quadro 9 - de Compartimentação que ocorrem na Bacia do Rio Jaguari-Mirim, segundo Reis et al. (2012)

<i>Unidades de Compartimentação Fisiográfica (unidades de análise do meio físico)</i>							
<i>Unidades de Compartimentação Fisiográfica</i>		<i>Sub-unidades</i>	<i>Drenagem e Relevo</i>	<i>Formas de Relevo</i>		<i>Formas de Topo e de Vale</i>	<i>Estrutura</i>
			<i>Densidade Textural</i>	<i>Amplitude Local</i>	<i>Declividade e</i>		<i>Tropia</i>
I	I - Planícies Aluviais		baixa	baixa	baixa	Vales abertos	não orientada
II	II - Domínio de Coberturas Arenosas Cenozóicas em relevo de Colinas		baixa	baixa	baixa	topos arredondados	não orientada
IV-A	IV - Rochas Alcalinas de Poços de Caldas	IV-A - Montanhas do Dique anelar	média a alta	alta	alta	topos angulosos	orientada
IV-B		IV-B - Planalto interno	média	média a alta	média	topos arredondados	não orientada
V	V - Domínio de basaltos em relevo de topos arredondados a planos e encostas retilíneas		alta	média	média	topos aplainados	não orientada
VII	VII - Domínio de arenitos em relevo de morrotes e colinas restritas		média	baixa	baixa	topos arredondados	não orientada
VIII	VIII - Domínio de rochas pelíticas em relevo de colinas e morrotes		baixa	baixa	baixa	topos arredondados	não orientada
IX	IX - Domínio de arenitos em relevo de colinas e morrotes		média	baixa	média	topos arredondados	não orientada
X-A	X - Domínio de rochas cristalinas em relevos de morros e montanhas	X-A - Domínio de Gnaisses e Migmatitos em relevo de mar de morros	média	média	média a alta	topos angulosos	orientada a muito orientada
X-B		X-B - Domínio de Rochas Graníticas em Relevo Montanhoso	média	alta	alta	topos angulosos	orientada

4.2.4.2. DEFINIÇÃO DA ÁREA ALVO

Com base na compartimentação fisiográfica regional foi possível determinar as áreas sujeitas à ocorrência de eventos de corridas de massa e ondas de cheia (Quadro 10) e representada espacialmente em mapa (Figura 18).

Quadro 10 – Classificação das unidades quanto à probabilidade de ocorrência de corridas de massa

Sujeita à ocorrência	Não sujeita à ocorrência
IVA	I
IVB	II
V	VII
XA	VIII
XB	IX

A classificação das unidades quanto à probabilidade usou os seguintes critérios:

- Sujeita à ocorrência (IVA, IVB, V, XA, XB) - Muito favorável para a ocorrência, devido à média/alta amplitude local e declividade, vertentes retilíneas, topos angulosos;
- Não sujeita à ocorrência (I, II, VII, VIII, IX) – Pouco favorável para a ocorrência devido à baixa declividade, amplitude, topos arredondados e tropia não orientada.

Com base no mapa de probabilidade de ocorrência de eventos conclui-se que a porção montante da bacia está mais sujeita à ocorrência de eventos, diferente da porção jusante da bacia, que não corre risco de ocorrência desses tipos de evento.

Essa suscetibilidade está relacionada a um relevo mais declivoso, com uma amplitude maior e alta densidade de drenagens. A área à montante está situada em um relevo serrano, onde ocorrem as serras: do Gavião, do Serrote e do Mirante.

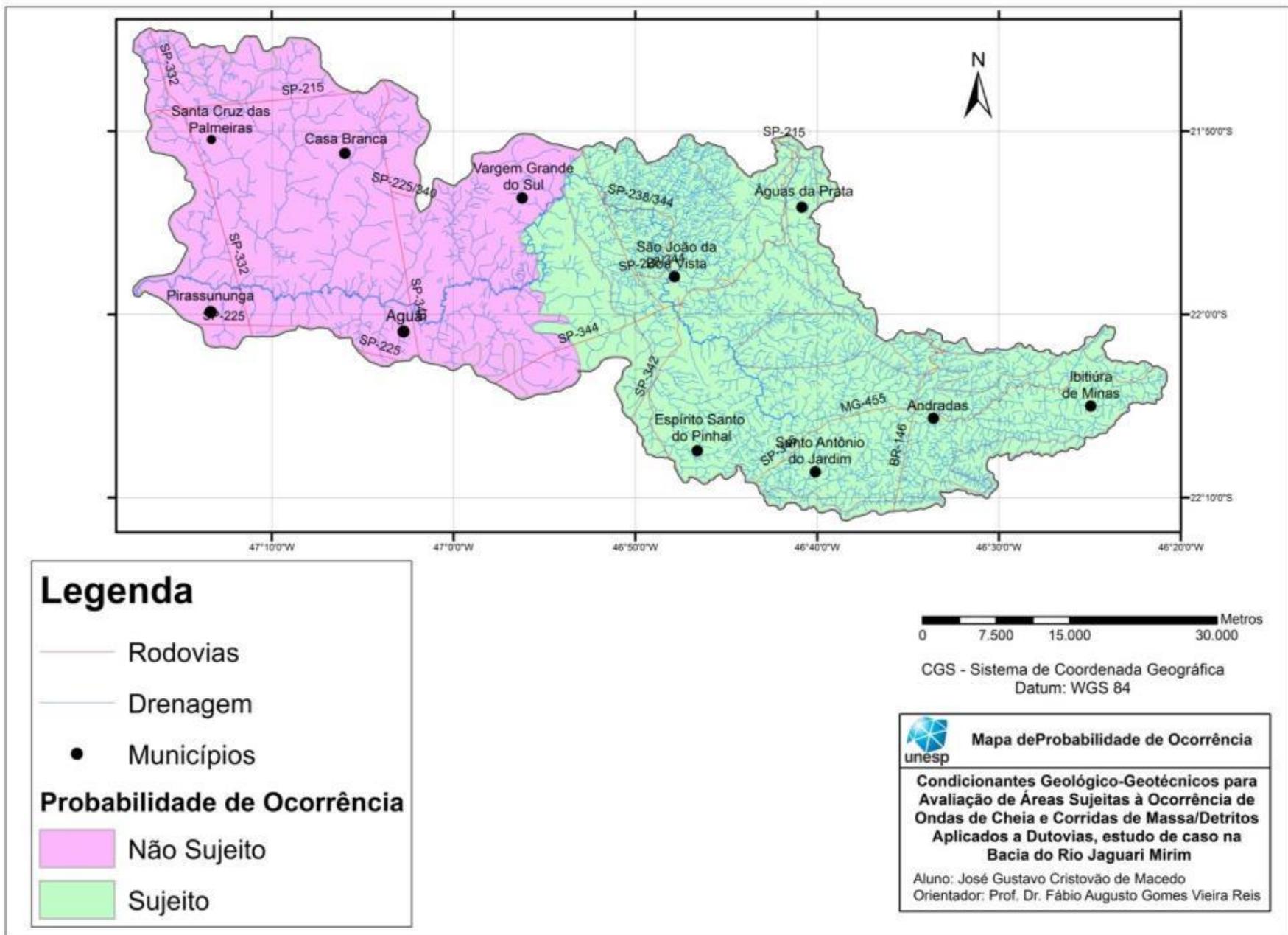


Figura 18 – Mapa de Potencialidade de ocorrência de corridas de massas/detritos, na Bacia do Rio Jaguarí Mirim.

4.2.4.3. COMPARTIMENTAÇÃO DA ÁREA ALVO

A área alvo analisada foi a Bacia do Ribeirão da Prata, pois ela demonstrou fatores que potencializa eventos de corridas de massa, como: alta declividade; alta amplitude e ação antrópica.

A Bacia do Ribeirão da Prata está localizada no Estado de São Paulo, abrange os municípios de São João da Boa Vista (SP) e Águas da Prata (SP), com uma área de 145 km², tem como drenagens principais o Ribeirão da Prata e o Ribeirão do Quartel.

Na compartimentação fisiográfica da bacia foram utilizadas 59 fotos aéreas de 1972 cedidas pelo Instituto Geológico de São Paulo (IG).

Foram delimitadas 11 unidades, onde foram levada em conta a geologia da região, com basicamente quatro litotipos (Rochas migmatíticas e gnáissicas do Embasamento Cristalino; Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná; Rochas Alcalinas do Maciço de Poços de Caldas e Coberturas aluvionares), além do relevo característico da bacia. Essas 11 unidades foram delimitadas espacialmente como apresentado no Mapa de Compartimentação Fisiográfica na Escala 1:50.000 (Apêndice I).

4.2.4.4. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES FISIográfICAS

Todas as unidades descritas a seguir são ilustradas em pranchas, com esquemas no Apêndice II.

UNIDADE I – Migmatitos e Gnaisses em relevo de morros suaves

Unidade I (Prancha I) está situada na porção Sudoeste da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Município de São João da Boa Vista (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do embasamento cristalino, composta por migmatitos, gnaisses e rochas graníticas de coloração rosa acinzentados, com algumas porções mais quartzo-feldspáticas esbranquiçadas, gerando uma porção de solo menos espessa que a porção máfica (Figura 19).



Figura 19 – Afloramento de rochas graníticas e migmatíticas com porções mais félsicas.

A unidade apresenta um relevo aplainado, com morros suaves, observou-se a presença de erosões próxima às drenagens.

O solo da unidade é pouco desenvolvido, apresentando um horizonte B pouco espesso, ou em alguns casos inexistentes, porém sua camada laterítica protege o solo da erosão, a qual só se desenvolve a partir do horizonte C.

UNIDADE II – Migmatitos e Gnaisses em relevo de morros e encostas dissecadas

Unidade II (Prancha 2) está situada na porção Sudoeste da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Município de São João da Boa Vista (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do embasamento cristalino, composta por migmatitos, gnaisses e rochas graníticas de coloração rosa acinzentados.

A unidade apresenta um relevo de morros (Figura 20), observou-se a presença de erosões próximas à rodovia e da ferrovia.



Figura 20 – Relevo típico da Unidade II.

O solo da unidade é pouco desenvolvido, apresentando um horizonte B pouco espesso, apresentando blocos rochosos aflorantes (Figura 21).



Figura 21 – Bloco de rocha granítica aflorante

UNIDADE III – Migmatitos e Gnaisses em relevo montanhoso

Unidade III (Prancha 3) está situada na porção Noroeste da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte da Serra do Mirante (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do embasamento cristalino, composta por migmatitos, gnaisses e rochas graníticas de coloração rosa acinzentados, também possui uma série de diques de rochas alcalinas cortando a porção mais granítica (Figura 22).



Figura 22– Relevo típico da unidade III, com diques alcalinos.

A unidade apresenta um relevo acidentado com cristas orientadas e vertentes pouco evoluídas, observaram-se queda de blocos e rastejos na beira da Rodovia para São Roque da Fartura (Figura 23 e 24) e escorregamentos antigos, também afloramentos de blocos rochosos na base das vertentes. O solo da unidade é pouco desenvolvido.



Figura 23– Área sujeita à ocorrência de queda de blocos, próximo à São Roque da Fartura.



Figura 24 – Feições de rastejo na margem da estrada para São Roque da Fartura, com cercas inclinada.

UNIDADE IV – Arenito da Formação Itararé em relevo dissecado

Unidade IV (Prancha 4) está situada na porção Central da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Município de Águas da Prata (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto de sedimentos da Bacia do Paraná, composta por arenitos finos de coloração amarelada, bem silicificado.

Devido à grande resistência dos arenitos, o relevo se apresenta de forma bem dissecada, com vales bem encaixados, foi observado também paredões de arenitos com feições de queda de blocos e escorregamentos (Figura 25).



Figura 25 – Feição de escorregamento em arenitos da Formação Itararé.

O solo da unidade é pouco desenvolvido. Essa unidade apresenta um elevado risco pelo fato de estar inserido dentro da cidade de Águas da Prata, onde há muitos loteamentos em construção (Figura 26).



Figura 26 – Paredão de arenito da Formação Itararé, demonstrando área susceptível à escorregamento e queda de blocos.

UNIDADE V – Arenito da Formação Itararé com topo liso

Unidade V (Prancha 5) está situada na porção Central da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Município de Águas da Prata (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto de sedimentos da Bacia do Paraná, composta por arenitos finos de coloração amarelada, bem silicificado.

A unidade apresenta um relevo aplainado, com morros suaves, sendo ela o topo do pacote de arenitos (Figura 27).



Figura 27 – Relevo típico da unidade V.

O solo da unidade é pouco desenvolvido, e observaram-se alguns escorregamentos e rastejos na unidade.

UNIDADE VI – Maciço Alcalino em sopé de montanha

Unidade VI (Prancha 6) está situada na porção Central da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Município de Águas da Prata (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, composta por fonólitos, foiaitos e tinguaítos; sendo muitas vezes encontrados blocos de arenito no meio da unidade (Cachoeira da Cascatinha) (Figura 28).



Figura 28 – Bloco de arenito encontrado próximo à rochas alcalinas.

Seu relevo é fruto de um rompimento de um dos diques externos da caldeira, fazendo com que a porção intermediária entre os dois dique se suavizasse, gerando morros suaves, vales abertos, vertentes côncavas.

O solo da unidade é pouco desenvolvido, e é encontrada em sopé de montanhas e possui evidências de rampas de colúvio, rastejos (cercas e postes tortos), escorregamento e quedas de blocos; uma feição particular dessa unidade é campos de blocos de rocha provindos da Unidade III (Figura 29).



Figura 29 – Campo de blocos rochosos.

UNIDADE VII A – Tinguaitos em relevo de montanha

Unidade VII A (Prancha 7a) está situada na Maior parte da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Distrito de Cascata (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do Maciço de Poços de Caldas, com fonólitos, foiaitos e tinguaitos, caracterizando um relevo montanhoso, com serras alongadas, cristas bem desenvolvida, topos angulosos.

Foi observado queda de blocos e escorregamentos em cunha na beira da estrada que liga Cascata ao Marco Divisório (Figura 30). O solo é muito pouco desenvolvido, apresentando pequena camada do horizonte B, e logo abaixo já é encontrado o horizonte C com saprólitos.



Figura 30 – Queda de blocos na beira da estrada.

UNIDADE VII B – Tinguaitos com grandes anfiteatros de nascentes

Unidade VII B (Prancha 7b) está situada na porção sudeste da Bacia do Ribeirão da Prata (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do Maciço de Poços de Caldas, como fonólitos, foiaitos e tinguaitos, caracterizando grandes anfiteatros em cabeceira de drenagens.

UNIDADE VIII A – Maciço Alcalino em morrotes do planalto interno

Unidade VIII A (Prancha 8a) está situada na porção Norte e Nordeste da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Planalto de Poços de Caldas (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do Maciço de Poços de Caldas, como fonólitos, foiaitos, tinguaitos e tufos vulcânicos; caracterizando um relevo de morros suaves típicos de planaltos, com bordas de platôs (Figura 31).



Figura 31 – Relevo típico da unidade VIII A, com borda de platôs.

Seu solo é mais desenvolvido, e apresenta erosões próximas às drenagens.

UNIDADE VIII B – Maciço Alcalino em morros do planalto interno

Unidade VIII B (Prancha 8b) está situada na porção nordeste da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo parte do Planalto de Poços de Caldas (Apêndice I).

A unidade está inserida no contexto do Maciço de Poços de Caldas, como fonólitos, foiaitos, tinguaitos e tufos vulcânicos; caracterizando um relevo de montanhas em planalto. Seu solo é mais desenvolvido, e apresenta erosões bem representativas numa cabeceira de drenagem (Figura 32).



Figura 32 – Relevo típico da unidade VIII B, com erosões bem marcantes.

UNIDADE IX – Cobertura Aluvionar em colinas amplas

Unidade IX (Prancha 9) está situada em regiões restritas na porção sul e mais ampla na porção leste da Bacia do Ribeirão da Prata, abrangendo o Ribeirão da prata em parte de seu segmento (Apêndice I).

Ela é caracterizada pela cobertura aluvionar dos rios, composta por cascalho, areia e argila; essa unidade está presentes em áreas de vales abertos e pouco declivosas.

4.2.5. BARRAGENS

Foram identificadas, por meio de interpretação visual no Google Earth, 14 barragens na área de estudo, a maior parte delas é de pequeno porte, localizadas em propriedades rurais pequenas ou em loteamentos. Elas estão localizadas na porção oeste da bacia, entre as cidades de São João da Boa Vista (SP) e Águas da Prata (SP), onde há uma menos declividade e uma predominância de morros suaves.

As 14 barragens foram localizadas espacialmente num Mapa de Localização de Barragens na escala 1:50.000 (Apêndice III) e organizadas, com área, perímetro, tipo e localização num quadro (Quadro 11).

Quadro 11 – Barragens na Bacia do Ribeirão da Prata

Número	Área do Reservatório (m ²)	Perímetro (m)	Tipo	UTM mE	UTM mN
1	995,681	125,5432	Barragem	321.170,78	7.571.625,41
2	7016,977	330,8116	Barragem	323.757,39	7.573.198,51
3	5393,044	310,2433	Barragem	324.661,11	7.574.002,82
4	18244,37	798,1221	Barragem	322.109,82	7.571.460,83
5	79911,65	1718,6052	Barragem	318.305,69	7.570.778,12
6	9932,869	387,7252	Barragem	316.632,92	7.569.753,06
7	8474,843	368,8618	Barragem	315.747,23	7.571.482,58
8	4134,996	357,0205	Barragem	317.562,43	7.571.534,19
9	2621,232	286,3045	Barragem	318.292,68	7.571.366,97
10	6537,79	373,2571	Barragem	319.932,22	7.570.569,30
11	36062,24	956,0133	Barragem	320.199,56	7.570.727,42
12	9780,701	398,9561	Barragem	320.508,52	7.572.179,43
13	13717,26	514,7651	Barragem	321.375,36	7.571.690,99
14	2761,544	212,5916	Barragem	321.032,55	7.571.758,35

4.2.6. MAPA DE USO DO SOLO

Juntamente com a compartimentação da área e a localização das barragens, foi realizado um Mapeamento de Uso do Solo (Apêndice IV), onde que por razões de existirem materiais recentes e de livre acesso não foram utilizadas as fotos aéreas, as quais datam de 1972. Foram utilizadas imagens do software Google Earth, que datam de 2010, para uma interpretação visual de cada uso do solo.

A escala de trabalho é de 1:50.000, as formas de uso do solo foram agrupadas em: Área Urbana (Cidade, Casas, Ruas e Estradas); Vegetação Arbórea (Mata Nativa exuberante); Cultura Permanente (Silvicultura – Eucaliptos, Café, Laranja); Cultura Temporária (Cana-de-Açúcar, Pasto, Milho). Foram adotadas essas classes, por facilitar a quantificação devido ao tempo de exposição do solo e tipo de uso que está sendo empregado.

4.2.7. MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE

Para a elaboração do mapa de susceptibilidade foram utilizados os produtos anteriores. A partir dos mapas de Compartimentação Fisiográfica e Uso do Solo, foram estabelecidos critérios de susceptibilidades que cada unidade representa para a deflagração das corridas de massa/detritos e ondas de cheia. Os critérios estão explanados a seguir.

Para o Mapa de Uso do Solo:

Cultura Temporária (Alta):

Possui uma susceptibilidade elevada a corridas de massa/detritos e ondas de cheia por se tratar de uma área onde há culturas as quais sofrem processo de colheita com frequência, uma ou mais vezes ao ano, deixando então o solo exposto por um período de tempo suficiente para ocorrer processos erosivos e de corridas de massa/detritos e ondas de cheia.

Área Urbana e Rodovias (Média):

Possui uma susceptibilidade média a corridas de massa/detritos e ondas de cheia por se tratar de uma área onde estão inseridas cidades e vias de acesso, onde há exposição de solo, e habitações em locais inadequados, onde pode haver taludes dispostos de forma inadequada e etc. Possuindo uma média susceptibilidade de processos erosivos e de corridas de massa/detritos e ondas de cheia.

Cultura Permanente (Baixa):

Possui uma susceptibilidade baixa a corridas de massa/detritos e ondas de cheia por se tratar de uma área de culturas onde há uma colheita com um tempo maior entre elas (5 em 5 anos) como: café, laranja e eucaliptos. Tendo então uma baixa susceptibilidade de ocorrência de processos erosivos e de corridas de massa/detritos e ondas de cheia.

Vegetação Arbórea (Muito Baixa):

Possui uma susceptibilidade muito baixa à ocorrência de corridas de massa/detritos e ondas de cheia devido a ausência de solo exposto e a existência de uma vegetação arbórea exuberante e nativa da região (mata atlântica), reduzindo ao máximo a ocorrência de processos erosivos e de corridas de massa/detritos e ondas de cheia.

Para o Mapa de Compartimentação Fisiográfica:

Unidade I:

Possui uma susceptibilidade muito baixa para corridas de massa/detritos por apresentar terrenos de rocha cristalina, de baixa declividade, densidade de drenagem baixa e com vales abertos, porém para às ondas de cheia apresenta uma susceptibilidade baixa por estar situada no vertedouro da bacia e possuir uma boa permeabilidade de água.

Unidade II:

Possui uma susceptibilidade muito baixa para corridas de massa/detritos, apesar de possuir vales fechados e encostas mais dissecadas que a Unidade I, apresenta uma boa densidade de drenagem, seus topos são arredondados, dificultando a ocorrência de processos erosivos e de movimentos gravitacionais, principalmente corridas de massa/detritos. Para ondas de cheia apresenta uma susceptibilidade baixa por possuir vales mais fechados e estar situado na porção mais próxima do vertedouro da bacia e possuir uma boa permeabilidade.

Unidade III:

Possui uma susceptibilidade alta pelo fato de ser uma unidade de rochas graníticas numa região serrana, possuindo uma amplitude e declividade elevada, com alguns anfiteatros de nascentes e cristas orientadas. Apresenta também diques de rochas alcalinas e registros de processos antigos (erosão, escorregamento e etc.), possui também uma permeabilidade mais baixa, facilitando então o acúmulo de água e sua canalização, facilitando a ocorrência de ondas de cheia.

Unidade IV:

Possui uma susceptibilidade alta a corridas de massa/detritos por se tratar de arenitos da Formação Itararé com encostas declivosas e diques associados, com uma declividade alta e registros de quedas de blocos em alguns locais. Porém possui uma susceptibilidade alta de ondas de cheia por se tratar também de áreas com vales fechados, com uma alta densidade de drenagem.

Unidade V:

Possui uma susceptibilidade baixa a corridas de massa/detritos e ondas de cheia por se tratar de arenitos da Formação Itararé, com um relevo

característico de topo liso, densidade de drenagens baixa e declividade baixa, apresenta-se na cidade de Águas da Prata, tendo poucos registros de processos nas áreas.

Unidade VI:

Possui uma susceptibilidade média a corridas de massa/detritos e ondas de cheia por se tratar de uma área onde há presença de rochas alcalinas do Maciço Alcalino de Poços de Caldas em sopé de montanhas, possuindo uma declividade moderada, vales abertos e topos arredondados. Essa unidade apresenta campos de matacões e evidências de rastejos.

Unidade VIIA:

Possui uma susceptibilidade muito alta a corridas de massa/detritos por se tratar de rochas do Maciço de Poços de Caldas com declividade elevada, vales fechados e topos angulosos, além de cristas orientadas e evidências de queda de blocos, escorregamentos e rastejos. E para ondas de cheia possui uma susceptibilidade alta, por possuir uma densidade de drenagem média, tendo um grande aporte de água na unidade.

Unidade VIIB:

Possui uma susceptibilidade muito elevada a corridas de massa/detritos, e alta para ondas de cheia por possuir as mesmas características da unidade VIIA, porém com um agravante de possuir grandes anfiteatros de nascentes associados.

Unidade VIIIA:

Possui uma susceptibilidade média a corridas de massa/detritos e ondas de cheia por se tratar de um conjunto de rochas como: fonólitos, foiaitos e tufos vulcânicos em morrotes do planalto interno do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, com declividade baixa, vales abertos, topos arredondados em bordas de platô com presença de ravinas e sulcamentos e com uma densidade de drenagem média, estando próxima ao limite da bacia.

Unidade VIIB:

Possui uma susceptibilidade baixa a corridas de massa/detritos e ondas de cheia por se tratar de uma área de rochas alcalinas como tinguaitos em morros do planalto interno, possuindo uma declividade baixa, vales abertos e topos arredondados, apresentando também algumas evidências de erosões localizadas.

Unidade IX:

Possui uma susceptibilidade muito baixa a corridas de massa/detritos por se tratar da cobertura aluvionar dos rios, possuindo uma declividade baixa e vales abertos, predominando processos de assoreamento, porém apresenta uma susceptibilidade média para ondas de cheia, por esta situada próximo à rios e suas planícies aluvionares.

As informações sobre a susceptibilidade para a compartimentação fisiográfica foram organizadas no Quadro 12.

Quadro 12 – Susceptibilidade de acordo com corridas de massa/detritos e ondas de cheia para a compartimentação fisiográfica.

Unidade	Corridas de Massa/Detritos	Ondas de Cheia
Unidade I	Muito Baixa	Baixa
Unidade II	Muito Baixa	Baixa
Unidade III	Alta	Alta
Unidade IV	Alta	Alta
Unidade V	Baixa	Baixa
Unidade VI	Média	Média
Unidade VIIA	Muito Alta	Alta
Unidade VIIB	Muito Alta	Alta
Unidade VIIIA	Média	Média
Unidade VIIIB	Média	Média
Unidade IX	Muito Baixa	Média

Após estabelecer os critérios de susceptibilidade para cada unidade dos respectivos mapas foi necessário definir pesos de importância de cada mapa para cada evento respectivamente, onde foi perguntado para quatro pesquisadores qual seria a porcentagem de importância que cada mapa teria no mapa de susceptibilidade final, os pesos estão organizados a seguir (Quadro 13).

Quadro 13 – Relação de pesos fornecidos pelos pesquisadores e a média utilizada para cada método de susceptibilidade.

Susceptibilidade para Corridas de Massa/Detritos			
Pesquisador	Uso do Solo	Compartimentação Fisiográfica	Presença ou Não de Barragens
Pesquisador 1	14%	72%	14%
Pesquisador 2	20%	70%	10%
Pesquisador 3	30%	50%	20%
Pesquisador 4	20%	60%	20%
Média Utilizada	21%	63%	16%
Susceptibilidade para Ondas de Cheia			
Pesquisador	Uso do Solo	Compartimentação Fisiográfica	Presença ou Não de Barragens
Pesquisador 1	10%	45%	45%
Pesquisador 2	35%	35%	30%
Pesquisador 3	15%	50%	35%
Pesquisador 4	20%	40%	40%
Média Utilizada	20%	43%	37%

Observa-se que em todos os mapas de susceptibilidade (Apêndice V), os critérios e os pesos foram bem utilizados. Para o caso das Corridas de Massa/Detritos, observa-se que o método da média ponderada favorece a segurança, deixando praticamente metade da área da bacia inapropriada para o estabelecimento da diretriz dutoviária, sendo que pelo método do produtório apenas 9% da área se diz inapropriada para o estabelecimento dos dutos.

No caso dos mapas de Ondas de Cheia, a comparação se mostra a mesma, mesmo a área sendo pouco susceptível à ocorrência de ondas de cheia, o método da média ponderada favorece a segurança, colocando 43% das áreas em situação de média susceptibilidade. Já o método do produtório praticamente toda a área apropriada para o estabelecimento da diretriz dutoviária. O Quadro 14 ilustra a distribuição de cada classe de susceptibilidade na área de estudo.

Quadro 14 – Porcentagens de cada classe de susceptibilidade em cada método utilizado.

Corridas de Massa/Detritos					
Método	Muito Alta	Alta	Média	Baixa	Muito Baixa
Média Ponderada	23,0%	26,0%	27,0%	21,0%	3,0%
Produtório	0,1%	8,9%	0,8%	26,4%	63,9%

Ondas de Cheia					
Método	Muito Alta	Alta	Média	Baixa	Muito Baixa
Média Ponderada	-----	-----	43,0%	57,0%	-----
Produtório	-----	0,02%	0,02%	41,94%	58,02%

Pode-se dizer que há prós e contras na adoção de cada método para a detecção de áreas susceptíveis ou não a corridas de massa/detritos e ondas de cheia. Sendo que a média ponderada prioriza o fator de segurança, fazendo com que a área perca partes importantes, que poderiam ser utilizadas. Já o produtório realiza o oposto, podendo viabilizar áreas que são na verdade susceptíveis a corridas de massa/detritos e ondas de cheia.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos com esse trabalho de conclusão de curso mostraram que os procedimentos metodológicos adotados podem ser aplicados através de etapas de trabalho rápidas, porém há a necessidade de ter juntamente com a equipe de trabalho profissionais que sejam capacitados para a elaboração da metodologia, profissionais escassos no mercado. Tornando um trabalho de baixo custo e de fácil adoção por entidades competentes como prefeituras, consultorias, órgãos de pesquisa, universidades e etc.

A compartimentação fisiográfica seguiu a metodologia proposta por Zaine (2011), na qual eram utilizados mapas geológicos, cartas topográficas, mapas geomorfológicos, modelos digitais do terreno (MDT); que eram aliados a fotografias aéreas, onde eram extraídos elementos fisiográficos. Tal etapa resultou num mapa com 11 unidades fisiográficas, as quais agrupavam áreas com a mesma resposta do meio físico.

Foi elaborado também mapas de uso do solo e de localização de barragens. Os quais tiveram o auxílio do *software Google Earth*, pelo fato de possuir imagens mais novas da área de estudo. No mapa de Uso do Solo foi

possível subdividir a área em: Vegetação Arbórea, Cultura Permanente, Cultura Temporária, Área Urbana e Demais Edificações. O mapa de localização de barragens utilizou imagens recentes do *Google Earth* para a localização das principais barragens, assim como seu perímetro e a área de seu reservatório, conclui-se que a maior parte das barragens se encontra entre as cidades de São João da Boa Vista e Águas da Prata, que apesar de ser uma região de declividade baixa, se encontram próximo ao exutório da bacia, que por sua vez concentraria toda a água descarregada em um evento de chuva excepcional ou de rompimento de barragem, modificando a susceptibilidade natural da região.

Após a elaboração desses três mapas, foram produzidos dois mapas de susceptibilidades para corridas de massa/detritos e dois mapas para ondas de cheia, sendo que foram utilizados dois métodos de avaliação, a média ponderada e o método do produtório. Com o cruzamento dos mapas auxiliares pelos dois métodos foi possível observar que o método da média ponderada em ambos os eventos (corridas de massa/detritos e ondas de cheia) se mostra mais restritivo, favorecendo o fator de segurança, já em contra partida o método do produtório não se mostra tão restritivo, não priorizando o fator de segurança.

Os resultados obtidos com esse trabalho de conclusão de curso se mostraram favoráveis para auxílio ao estabelecimento de futuras diretrizes dutoviárias. Os resultados desse trabalho servem de ferramentas para as prefeituras e órgãos competentes locais para a elaboração de trabalhos técnicos e científicos na Bacia do Ribeirão da Prata. Assim como a metodologia adotada nesse trabalho seja utilizada em demais áreas de estudo.

6. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. A depressão periférica paulista: um setor das áreas circundesnudação pós-cretácea na bacia do Paraná. IGEOG/USP (Geomorfologia) São Paulo. V16. 1969.
- AUGUSTO FILHO, O. "Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encostas: uma Proposta Metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PCRJ. Vol.2, pp.721-733. 1992.
- AUGUSTO FILHO, O.; ALHEIROS, M. Landslides And Coastal Erosion Hazards In Brazil. International Geology Review, v. 39, n. 8, p. 756-763, 1997.
- AUGUSTO FILHO, O. Cartas de risco de escorregamentos e planos de seguro no Brasil: um ensaio em Caraguatatuba (SP). Geotecnia (Lisboa), Lisboa, v. 108, p. 197-214, 2006.
- BRABB, E.E. "The World Landslide Problem. Episodes, Vol.14, pp.52-61. 1991.
- CAPUTO, H. P. "Mecânica dos Solos e suas Aplicações". 6° ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 219p. 1987.
- CERRI, L. E. S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. Mass movement risk zoning: priority areas to the reforestation of Serra do Mar slopes at the Cubatão area, São Paulo State, Brazil. In: International Congress on Geoengineering, 1989, Torino. Proceedings of International Congress on Geoengineering. Torino: SUOLOSOTTO v. 1. p. 17-24. 1989.
- CERRI, L.E.S. Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para a prevenção de acidentes. 197p. 1993. (Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista - Unesp. Instituto de Geociências e Ciências Exatas). Rio Claro. 1993.
- CHRISTOFOLETTI, A. O fenômeno morfogenético do município de Campinas. Not.Geomorfol. Campinas, 8 (16): 3-97. 1968.
- CIPREJIM – Consórcio Intermunicipal de Preservação da Bacia do Rio Jaguari Mirim. Sistema de Informação da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari Mirim Bases para a Conservação e Proteção de Mananciais Superficiais. Relatório Técnico. 2010.

- 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,SP. RBC. Revista Brasileira de Cartografia, v. 60, p. 385-400, 2008.
- GUINDICI, G. & NIEBLE, C.M. Estabilidade de Taludes Naturais e Escavação. São Paulo: 2ª Ed. Edgard Blücher. 194p. 1983.
- HADDAD, R. C. O Batólito Granitóide Pinhal-Ipuiúna (SP-MG): Um Exemplo do Magmatismo Cálcio-Alcalino Potássico Neoproterozóico no Sudeste Brasileiro. São Paulo. (Tese de Doutorado do Instituto de Geociências – USP). 1995
- IG - INSTITUTO GEOLÓGICO. Desastre Naturais: Conhecer para Prevenir. São Paulo, 2011. 196p. 2011.
- INFANTI JUNIOR, N. & FORNASSARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S & BRITO, S.N.A (Eds.) Geologia de Engenharia (ABGE). Cap 9, p.131-152. São Paulo.1998.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Monografias, IPT, 1981.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Mapa, IPT, 1981.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Monografias, IPT, 1981.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Mapa, IPT, 1981.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de ocupação de encostas. São Paulo. 216p. 1991.
- JENNINGS, P. J.; SIDDLE, H.J. Use of landslide inventory data to define the spatial location of landslide sites, South Wales, UK. Geohazards In Engeneering Geology. London. 15:199-211. 1998.

- LIMA, A. F. Comportamento Geomecânico e Análise de Estabilidade de uma Encosta da Formação Barreiras na Área Urbana da Cidade do Recife. Recife. 168p. (Dissertação de Mestrado IG-UFPE). 2002.
- MASSOLI, M. Geologia da Folha Piraçununga - SP. Revista São Paulo, 4(112):25-51, jan./dez. 1983.
- MORA, S. & BARRIOS, R. Ilustración de los Procesos de la Geodinámica Externa y los Factores de Vulnerabilidad que Causaron el Desastre del Litoral Central de Venezuela en Diciembre, 1999. Sociedad Venezolana de Geotecnia. Caracas. 2000.
- MURK, B.W.; SKINNER, B.J.; PORTER, S.C. Environmental Geology. 535p. New York. John Wiley & Sons Inc. 1996.
- OGURA, A. T.; AUGUSTO FILHO, O. The Morin Debris-Flow Disaster at Petropolis City, Rio de Janeiro State, Brazil. Landslides News, Japão, n. 5, p. 22-25, 1991.
- PERINOTTO, J.A.J. & ZAINÉ, J.E. in PERINOTTO, J. A. J. ; ETCHEBEHERE, M. L. ; SIMOES, L. S. A. ; ZANARDO, A. . Diques Clásticos na Formação Corumbataí (P) no Nordeste da Bacia do Paraná, SP: Análise Sistemática e Significações Estratigráficas e Tectônicas. Geociências (São Paulo. Online), v. 27, p. 469-491. 2008.
- REIS, F.A.G.V. Curso de Geologia Ambiental Utilizando Técnicas de Educação à Distância via Internet. Rio Claro. (Tese de Mestrado do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP). 2001.
- REIS, F. A. G.V. Diagnóstico Ambiental em Minerações de Areia e Argila no Rio Jaguari Mirim, Município de São João da Boa Vista (SP). Revista Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal. 2(1):115-134. 2006.
- REIS, F.A.G.V.; CERRI, L.E.S. (Coord.) Projeto Metodologia para avaliação de áreas sujeitas à ocorrência de ondas de cheia e corridas de massa/detritos: Estudo piloto no duto OSBRA no Estado de São Paulo. [Rio Claro]: UNESP; PETROBRAS, 2012. (Relatório de Pesquisa, 1).
- RODRIGUES, B. B. ; PEJON, O. ; ZUQUETTE, L. V.. Metodologias para Elaboração de Cartas de Riscos Decorrentes de Movimentos de Massas Gravitacionais: análise crítica.. Geociências (São Paulo), São Paulo/SP, v. 16, n. 2, p. 525-564, 1997.

- ROSENBAUM, M.S. Decision support tools within GIS assist environmental modelling. **In:** INTERNATIONAL CONGRESS IAEG, 9, Durbin. Proceedings Durbin: IAEG. CD, p.2830-2837. 2002.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F. & NOGUEIRA, A.A. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. Anais XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, v.1, p.41-65. Porto Alegre. 1974.
- SOARES, P. C. & LANDIM, P.M.B..Aspectos Regionais da Estratigrafia da Bacia do Paraná no Flanco Nordeste. **In:** 27º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Aracaju. P209-228. 1973.
- VAN WESTEN, C.J. Geo-information tools for landslide risk assessment: an overview of recent developments. **In:** INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES, 9, Rio de Janeiro, v1. p.39-56. 2004.
- VIEIRA, B.C.; FERNANDES, N. F; AUGUSTO FILHO, O. . Shallow landslide prediction in the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. Natural Hazards and Earth System Sciences (Print), v. 10, p. 1829-1837, 2010.
- ZAINE, J. E. Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG. Rio Claro. (Tese de Livre Docência do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP). 2011.
- ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J. ; GANDOLFI, N.; PARAGUASSÚ, A. B. Considerações básicas sobre a elaboração de cartas de zoneamentos de probabilidade ou possibilidade de ocorrer eventos e perigosos e de riscos associados. Geociências (São Paulo), São Paulo/SP, v.14, n. 2, p. 9-39, 1995.

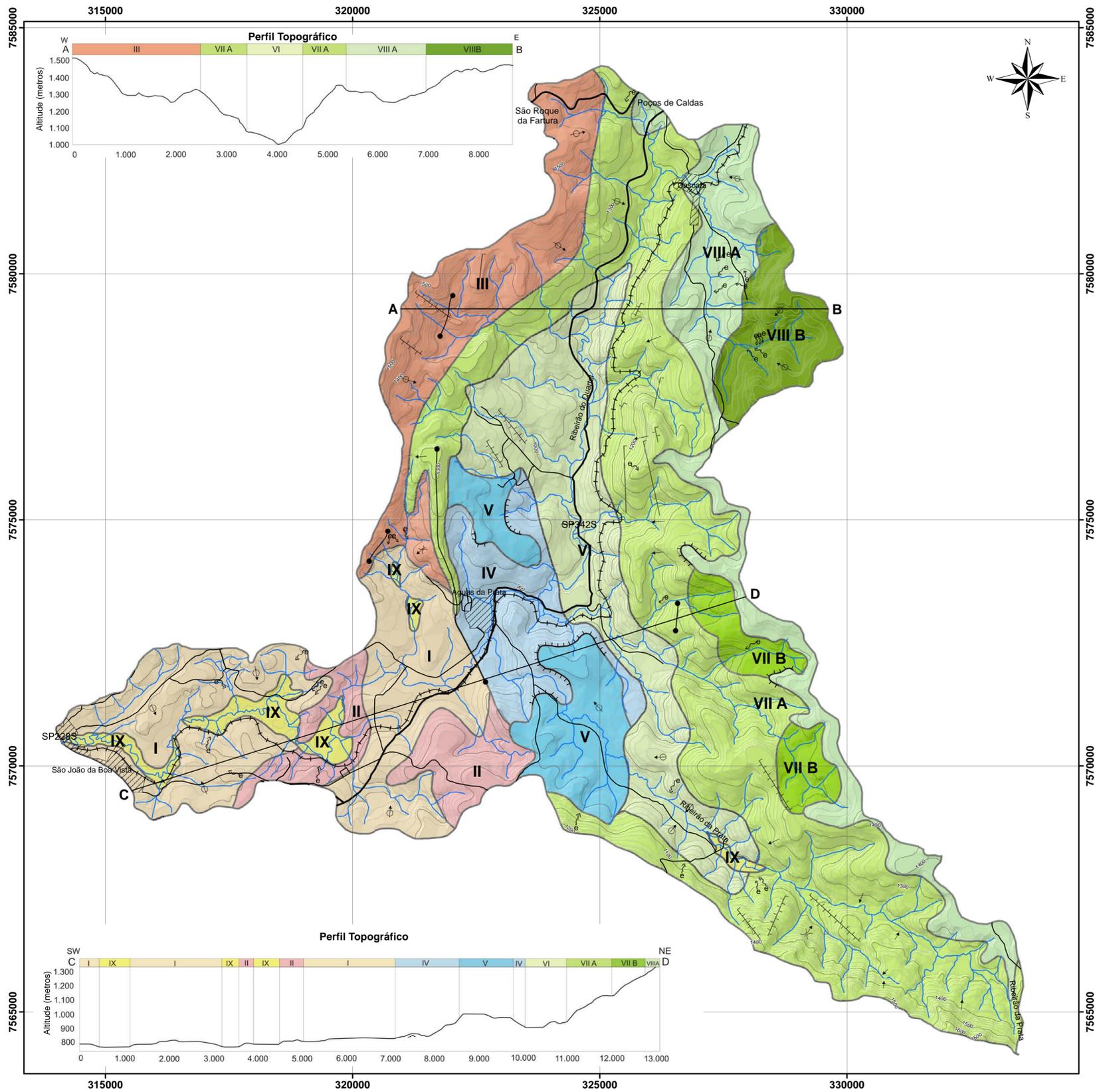


Apêndice I



MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO FISIOGRÁFICA (1:50.000)

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

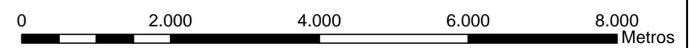


Convenções Cartográficas

- Drenagem
- Curvas de Nível (equidistância de 20 metros)
- Curvas de Nível Mestras
- Rodovia Asfaltada
- Estrada Vicinal de terra
- Ferrovia
- Cidade

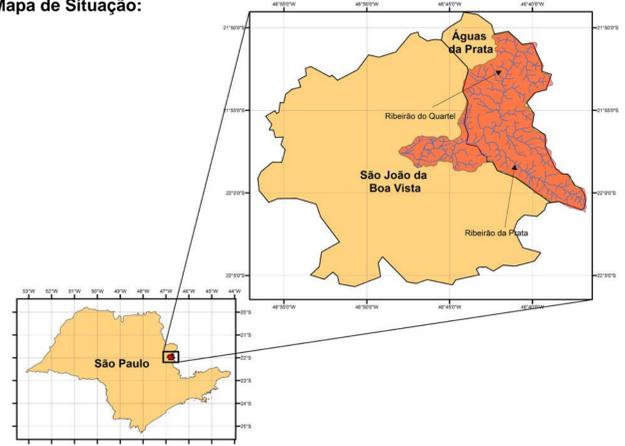
Convenções Fotogeológicas

- Encostas Côncavas
- Encostas Convexas
- Encostas Retilíneas
- Borda de Platô
- Erosão
- Dique de Rocha Alcalina
- Cristas
- Limite das unidades de análise e da bacia



Escala: 1:50.000
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 WGS 1984 - Fuso 23 S

Mapa de Situação:



Unidade de análise	Subsuperfície	Denominação (Geologia e Relevô)	Unidades de Compartimentação Fisiográfica														
			Fotointerpretação (Propriedades e atributos geomórficos interpretados)						Observações de campo								
			Drenagem e Relevô	Densidade Tectônica	Amplitude Local	Declividade	Formas de Topo de Vale	Formas de encostas	Estrutura	Feições Particulares	Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural (durabilidade)	Potencialidade de movimentos gravitacionais	Composição e Estrutura	Aformamentos e Blocos Rochosos	Processos geológicos
IX	Planície Aluvionar	Sedimentos aluvionares em planícies e terraços fluviais	baixa	baixa	baixa	Vales Abertos e topos aplanados	-	não orientada	-	Alta	Média	Baixa	Média	Homogênea	Ausente	Escorregamento	Mata ciliar
VIII B	Maciço Alcalino de Poços de Caldas	Tingualto em Relevô de morros	média	média	média	Vales Abertos e topos arredondados	Côncavo	não orientada	Erosão	Média	Baixa	Alta	Média	Homogênea	Presente	Escorregamentos	Pasto
VIII A		Foiatões, Fonólitos e Tufos Vulcânicos	baixa	baixa	baixa	Vales Abertos e topos arredondados	Côncavo	não orientada	Borda de Platô	Média	Baixa	Alta	Média	Homogênea	Ausente	Ravinas e sulcamento	Pasto
VII B		Tingualto em grandes anfiteatros em relevos de montanhas	alta	alta	alta	Vales Abertos e topos angulosos	Côncavo	orientada	Cristas orientadas e anfiteatros	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Homogênea	Presente	Queda de Blocos, Escorregamentos	Mata
VII A		Tingualto em relevo de montanha	média	alta	alta	Vales Fechados e topos angulosos	Côncavo	orientada	Cristas orientadas	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Homogênea	Presente	Queda de Blocos, Escorregamentos, Rastejo	Pasto e Café
VI	Rochas alcalinas	Rochas alcalinas em sopé de montanhas	média	média	média	Vales abertos e topos arredondados	Côncavo	não orientada	Campo de blocos	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Homogênea	Presente	Rastejo, e Escorregamento	Pasto
V	Arenitos (Rocha Sedimentar)	Arenitos Itararé topo	baixa	média	média	Vales abertos e topos aplanados	Convexo	não orientada	-	Alta	Alta	Baixa	Média	Homogênea	Presente	Ravinas	Loteamento
IV		Arenitos Itararé Dissecado	média a alta	alta	alta	Vales fechados e topos angulosos	Côncavo	orientada	-	Alta	Alta	Baixa	Alta	Homogênea	Presente	Queda de Blocos, Escorregamento	Loteamento
III	Embasamento Cristalino	Migmatitos e Gnaisses em Relevô montanhoso com diques e borda de planalto	alta	média	alta	Vales fechados e topos angulosos	Convexo	orientada	Cristas orientadas	Média	Média	Média	Média	Heterogênea	Presente	Rastejo, e Escorregamento	Milho, Pasto e Mata nativa
II		Migmatitos e Gnaisses em Morros e encostas dissecadas	alta	baixa	baixa	Vales fechados e topos arredondados	Convexo	não orientada	-	Média	Média	Média	Média	Heterogênea	Ausente	Ravinas	Pasto e Mata nativa
I		Migmatitos e Gnaisses em Morros Suaves	baixa	baixa	baixa	Vales abertos e topos arredondados	Convexo	não orientada	Erosão	Média	Média	Média	Média	Heterogênea	Ausente	Ravinas	Pasto e Loteamento

Apêndice I - Mapa de Compartimentação Fisiográfica

ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
 Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
 Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
 Dezembro/2013



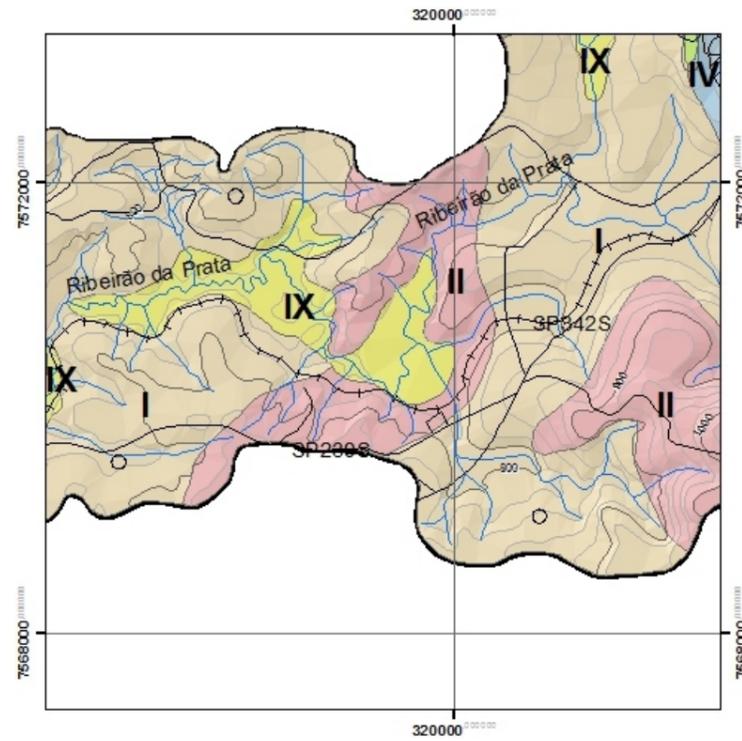
Apêndice II



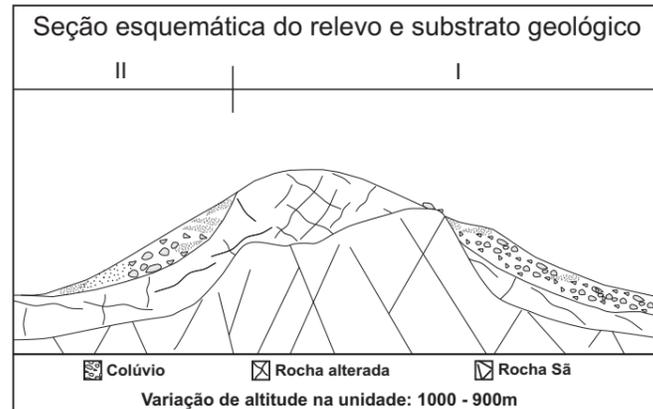
PRANCHAS DE DESCRIÇÃO DE UNIDADES

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

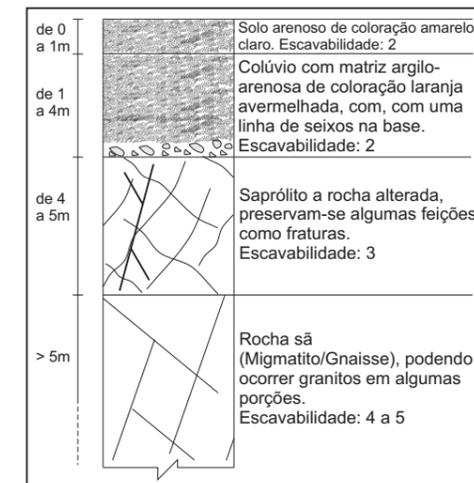
Detalhe da Unidade I no Mapa Geológico-geotécnico



Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Quadro de análise fotogeológica										
Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		I	Baixa	Baixa	Baixa	Abertos Arredondados	Convexas	Não orientada	Erosão	Ravinas
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
	Migmatitos e gnaisses em relevo de morros Suaves	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Média	Média	Média	Médio	Heterogênea	Ausente			

— Não aplicável

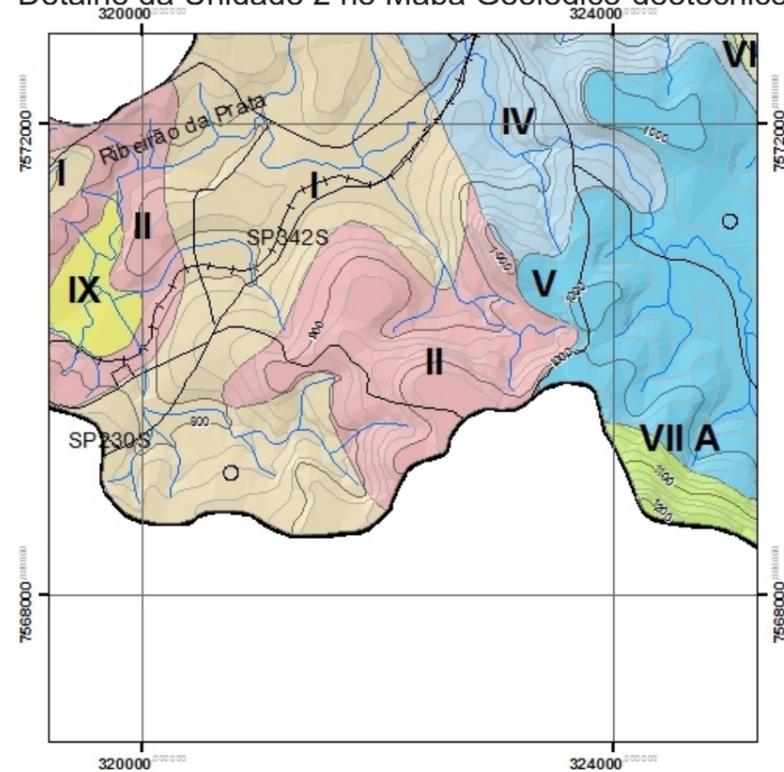
Apêndice II

PRANCHA 1: Características da Unidade I Migmatitos e Gnaisses em relevo de morros suaves

ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

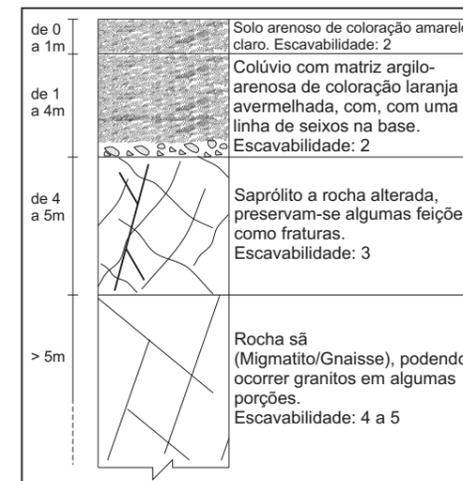
Detalhe da Unidade 2 no Mapa Geológico-geotécnico



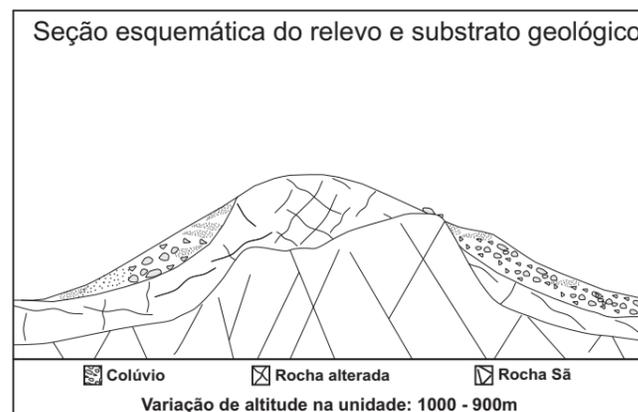
Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Seção esquemática do relevo e substrato geológico



Quadro de análise fotogeológica										
Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		2	Migmatitos e gnaisses em relevo de morros e encostas dissecadas	Alta	Baixa	Baixa	Topod Fechados e vales Arredondados	Convexas	Não orientada	-
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
		Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Média	Média	Média	Médio	Heterogênea	Ausente			

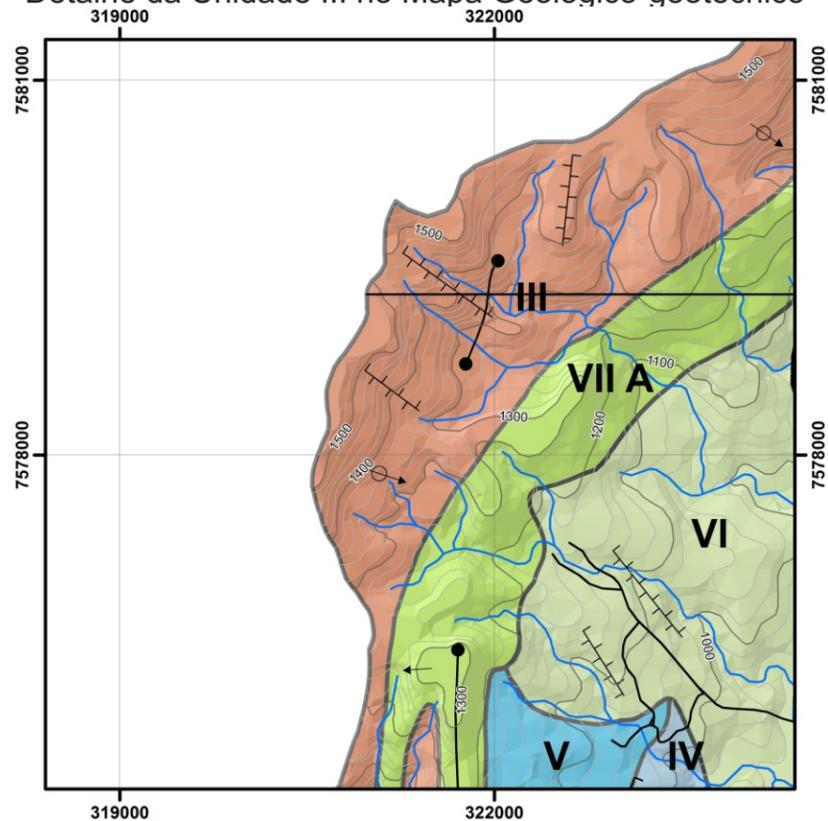
— Não aplicável

Apêndice II
PRANCHA 2: Características da Unidade II
Migmatitos e Gnaisses em relevo de morros e encostas dissecadas

ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

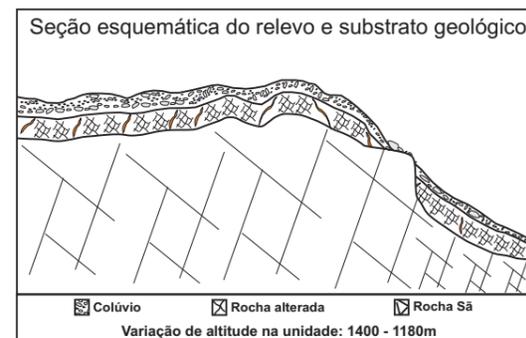
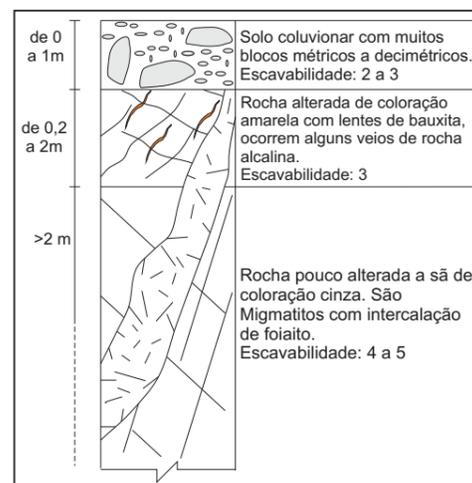
Detalhe da Unidade III no Mapa Geológico-geotécnico



Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Quadro de análise fotogeológica										
Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		Alta	Média	Alta	Topos Angulosos e vales Fechados	Convexas	Orientada	Cristas Orientadas	Rastejo e escorregamento	Milho, Pasto e Mata nativa
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
III	Migmatitos e gnaisses em relevo de morros Suaves	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Média	Média	Média	Média	Heterogênea	Presente			

— Não aplicável



Apêndice II

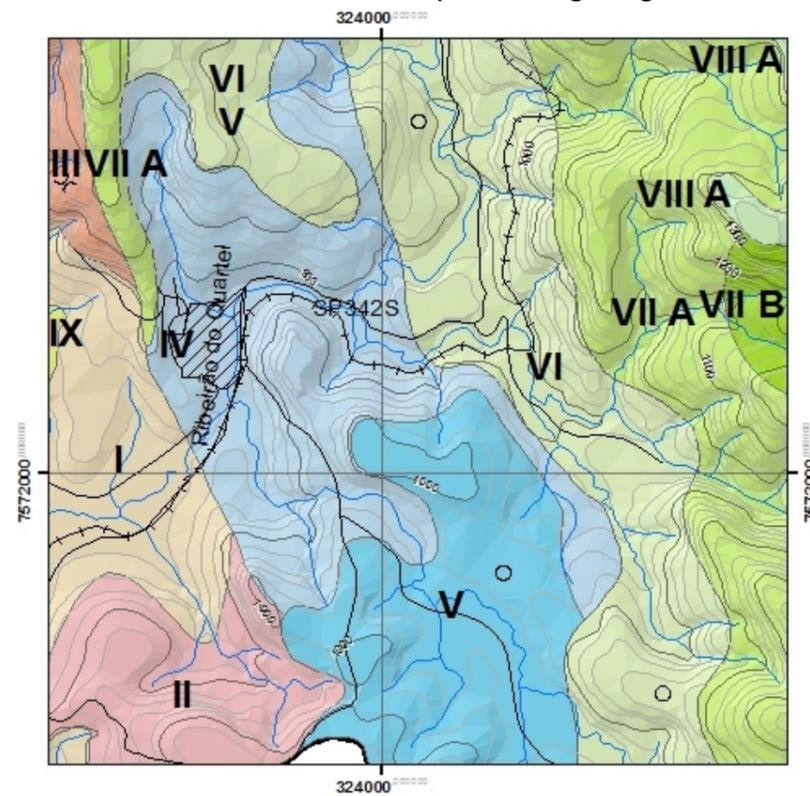
PRANCHA 3: Características da Unidade III
Migmatitos e Gnaisses em relevo montanhoso com diques e bordas de planalto



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

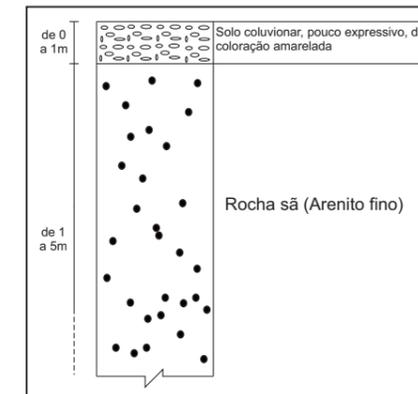
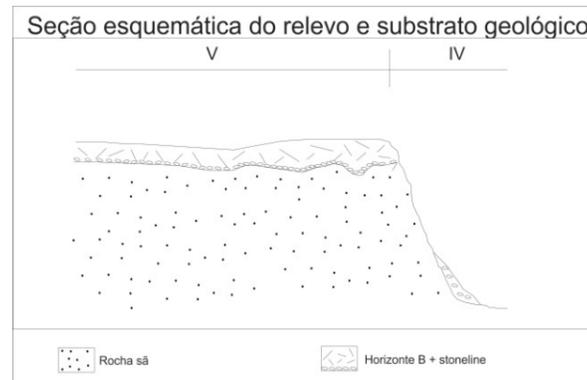
Detalhe da Unidade IV no Mapa Geológico-geotécnico



Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Quadro de análise fotogeológica

Unidade Geológica-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		Média a alta	Alta	Alta	Vales fechados e topos angulosos	Convexo	Não orientada	Ravina	Ravinas	Loteamento
IV	Arenito do Grupo Itararé dissecado, com diques e encosta declivosa	Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica								
		Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Alta	Alta	Baixa	Alta	Homogênea	Presente			

— Não aplicável



Apêndice II

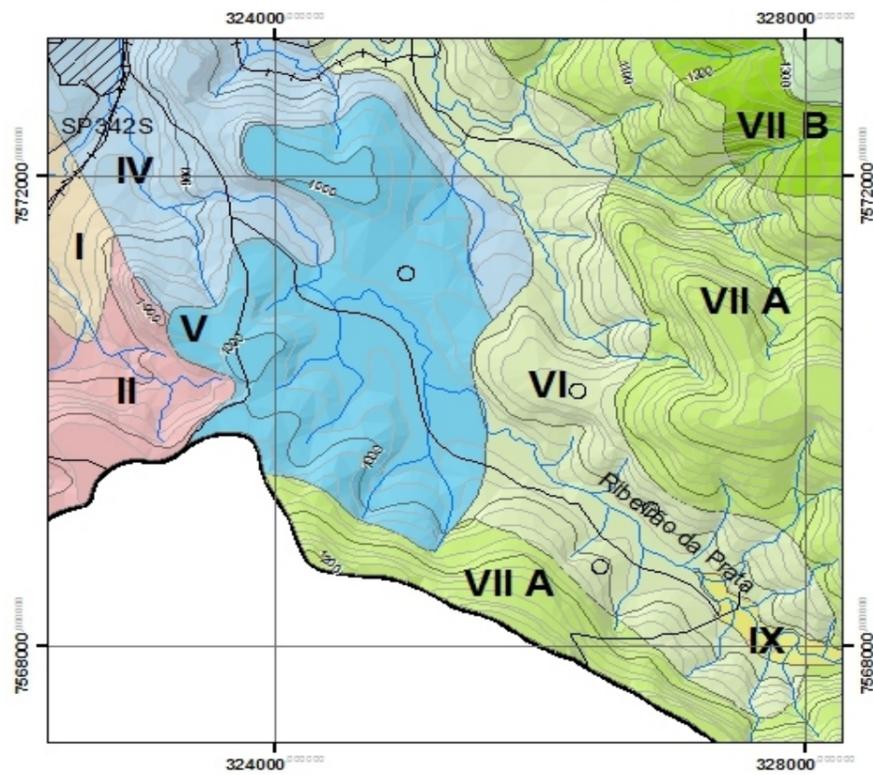
PRANCHA 4: Características da Unidade IV
Arenito da Formação Itararé, dissecado,
com diques alcalinos e encostas declivosas



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

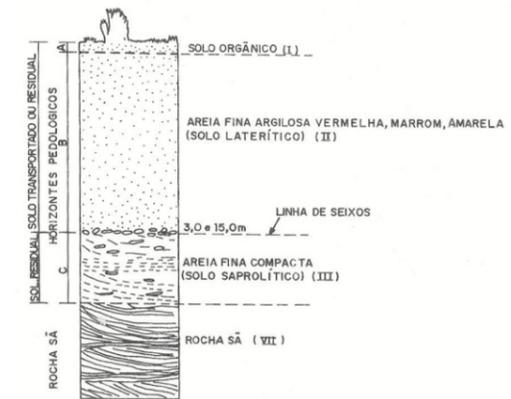
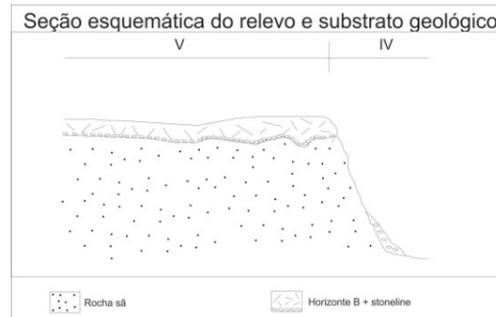
Detalhe da Unidade V no Mapa Geológico-geotécnico



Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Pastore & Fontes (1998)



Quadro de análise fotogeológica

		Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais									
	Relevo									
	Solo	Baixa	Média	Média	Vales Abertos e topos aplainados	Convexo	Não orientada	-	Ravinas	Loteamento
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
V	Arenitos do grupo Itararé com topo liso	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Alta	Alta	Baixa	Média	Homogênea	Presente			

— Não aplicável

Apêndice II

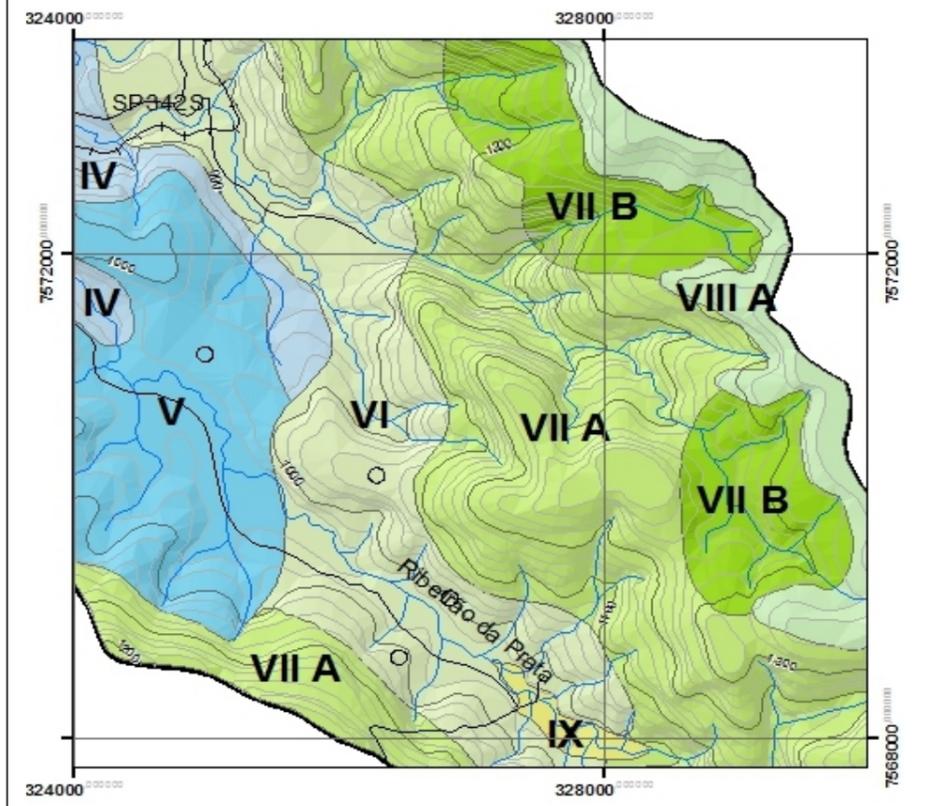
PRANCHA 5: Características da Unidade V
Arenito da Formação Itararé com topo liso



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

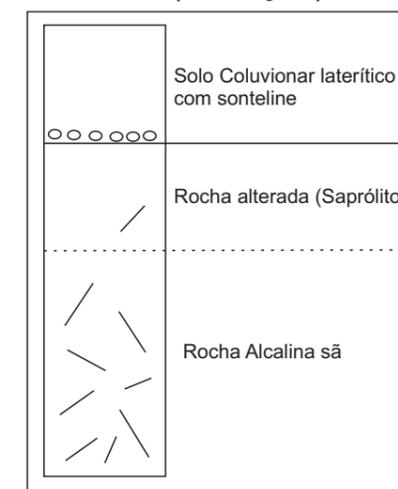
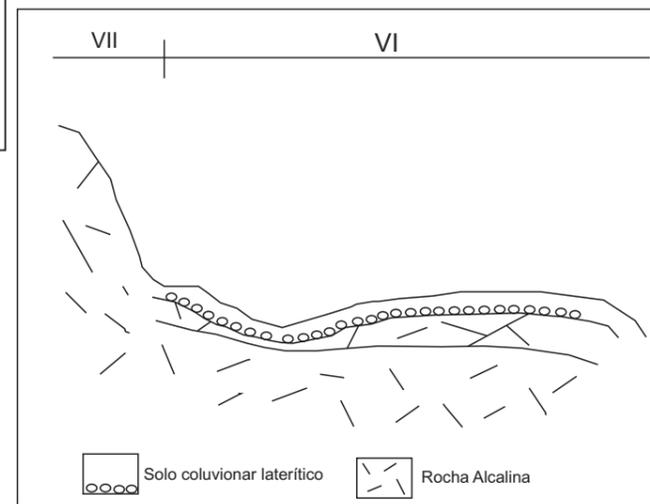
Detalhe da Unidade VI no Mapa Geológico-geotécnico



Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Quadro de análise fotogeológica

Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		Média	Média	Média	Vales Abertos e topos Arredondados	Côncavo	Não orientada	Campo de blocos	Rastejo e Escorregamentos	Pasto
VI	Rochas alcalinas em sopé de montanha	Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica								
		Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Baixa	Baixa	Alta	Alta	Homogênea	Presente			

— Não aplicável



Apêndice II

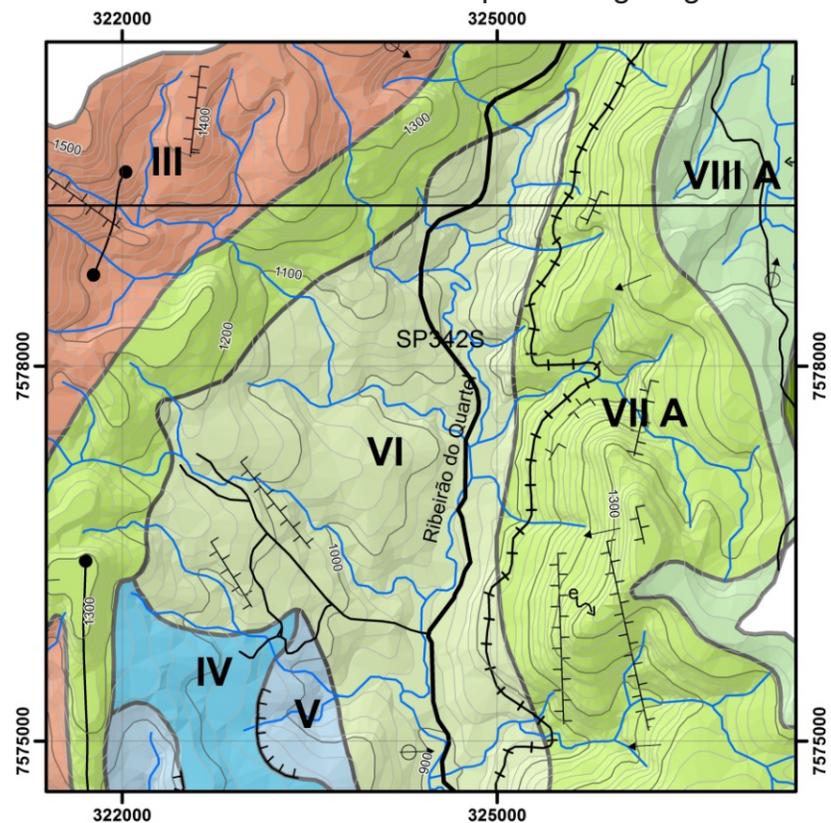
PRANCHA 6: Características da Unidade VI
Maciço Alcalino de Poços de Caldas, rochas alcalinas em sopé de montanha



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

Detalhe da Unidade VII A no Mapa Geológico-geotécnico

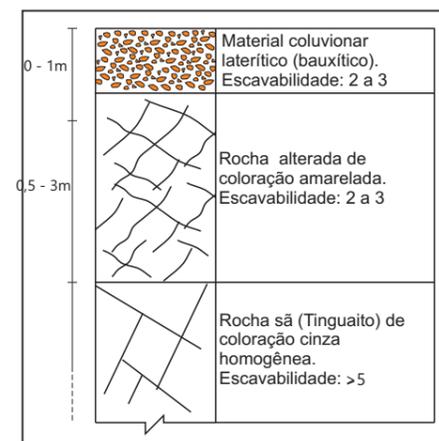
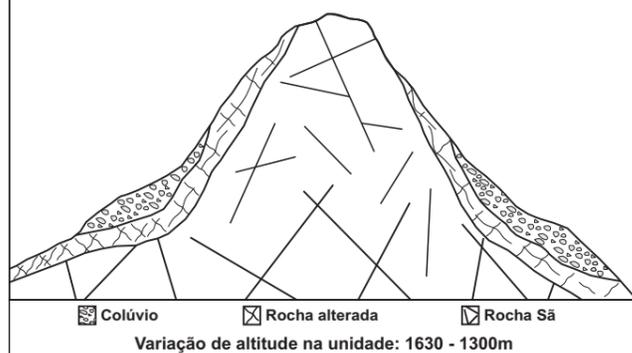


Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo

Seção esquemática do relevo e substrato geológico



Quadro de análise fotogeológica										
Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		Média	Alta	Alta	Vales fechados e topos Angulosos	Côncavo	Orientada	Cristas Orientadas	Queda de blocos Escorregamentos e rastejo	Pasto e café
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
VII A	Tinguaito em relevo de montanha	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Baixa	Baixa	Alta	Alta	Homogênea	Presente			

— Não aplicável



Apêndice II

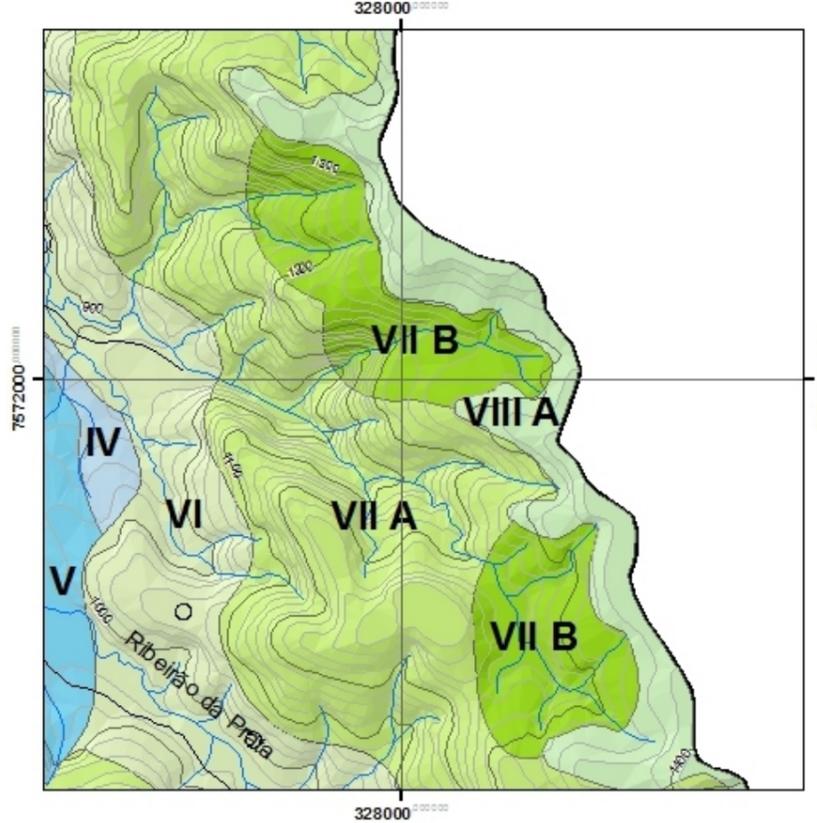
PRANCHA 7a: Características da Unidade VIIA
Tinguaitos em Relevo de Montanha



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

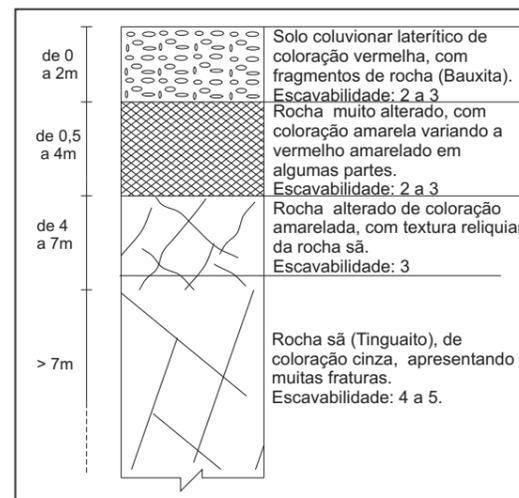
Detalhe da Unidade VII B no Mapa Geológico-geotécnico



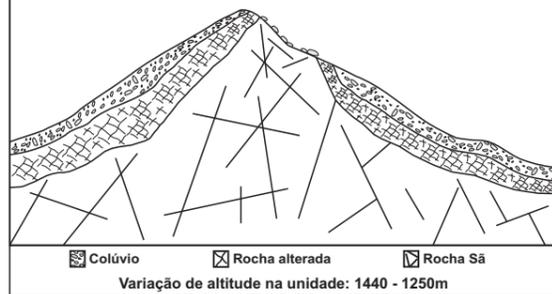
Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Seção esquemática do relevo e substrato geológico



Quadro de análise fotogeológica

Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		Alta	Alta	Alta	Vales Abertos e topos Angulosos	Côncavo	Orientada	cristas orientadas e anfiteatros	Escorregamentos	Mata
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
VII B	Maciço Alcalino de Poços de Caldas Tinguaito em relevo montanhoso com grandes anfiteatros	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Baixa	Baixa	Alta	Alta	Homogênea	Presente			

— Não aplicável

Apêndice II

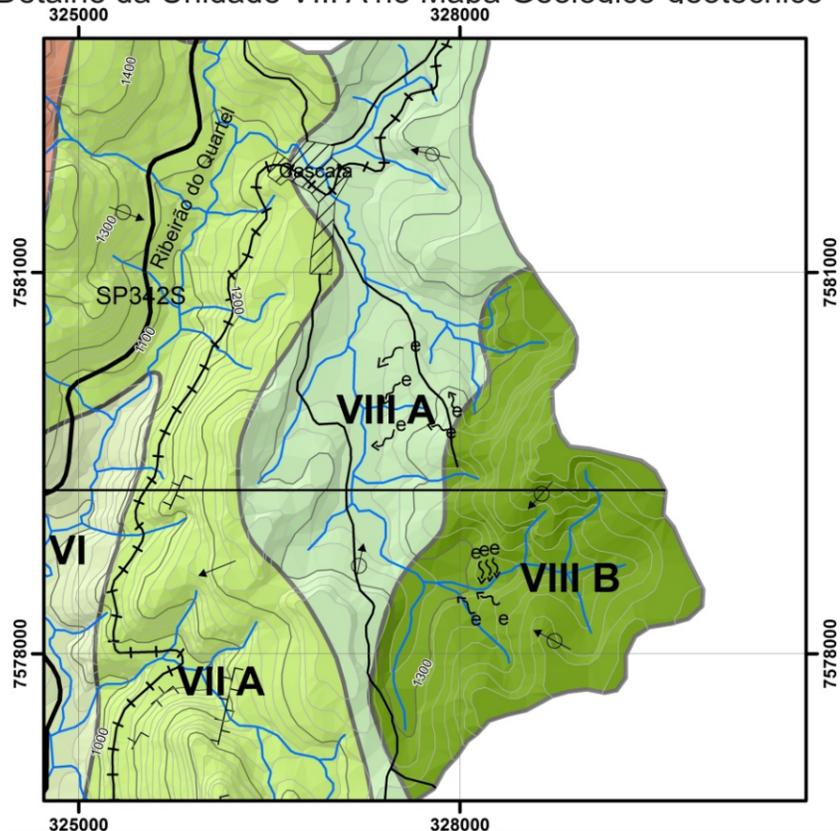
PRANCHA 7b: Características da Unidade VII B
Maciço Alcalino de Poços de Caldas, Tinguaito em relevo montanhoso com grandes anfiteatros



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

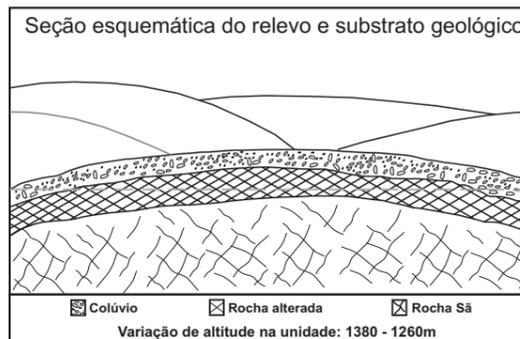
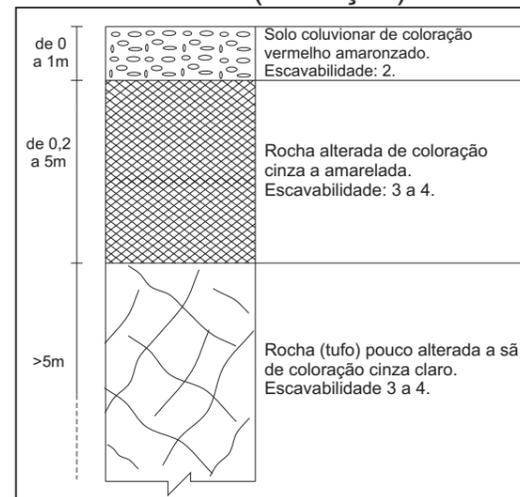
Detalhe da Unidade VIII A no Mapa Geológico-geotécnico



Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Variação de altitude na unidade: 1380 - 1260m

Quadro de análise fotogeológica

Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		Baixa	Baixa	Baixa	Vales Abertos e topos Arredondados	Côncavo	Não orientada	Borda de platô	Ravinas e sulcamento	Pasto
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
VIII A	Maciço Alcalino de Poços de Caldas. Foiaitos, fonólitos e tufos vulcânicos em morrotes planalto interno	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Média	Baixa	Alta	Média	Homogênea	Presente			

— Não aplicável

Apêndice II



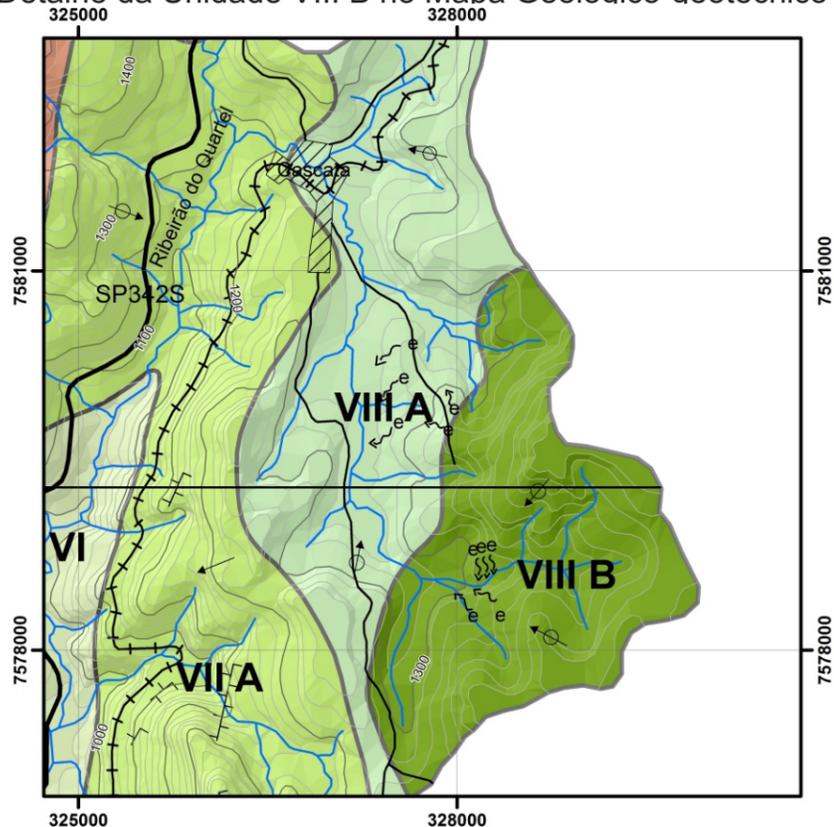
PRANCHA 8a: Características da Unidade VIII A
Maciço Alcalino de Poços de Caldas: Foiaitos, fonólitos e tufos vulcânicos em morrotes do planalto interno



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

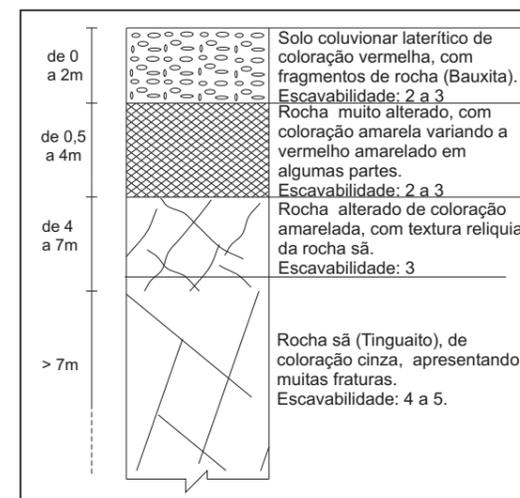
Detalhe da Unidade VIII B no Mapa Geológico-geotécnico



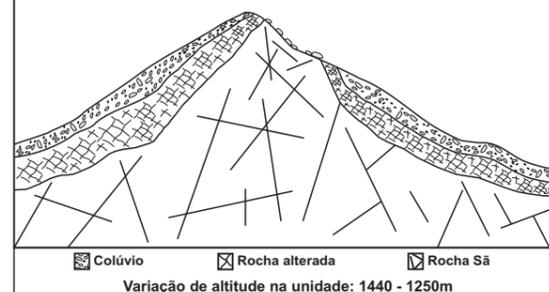
Vista panorâmica - Relevo característico



Perfil de solo (alteração) e relevo



Seção esquemática do relevo e substrato geológico



Quadro de análise fotogeológica										
Unidade Geológica-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		Média	Média	Média	Vales Abertos e topos Arredondados	Côncavo	Não orientada	Borda de platô	Escorregamentos	Pasto
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
VIII B	Maciço alcalino de Poços de Caldas. Tinguaito em relevo de morros e montanhas do planalto interno	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Média	Baixa	Alta	Média	Homogênea	Presente			

— Não aplicável



Apêndice II

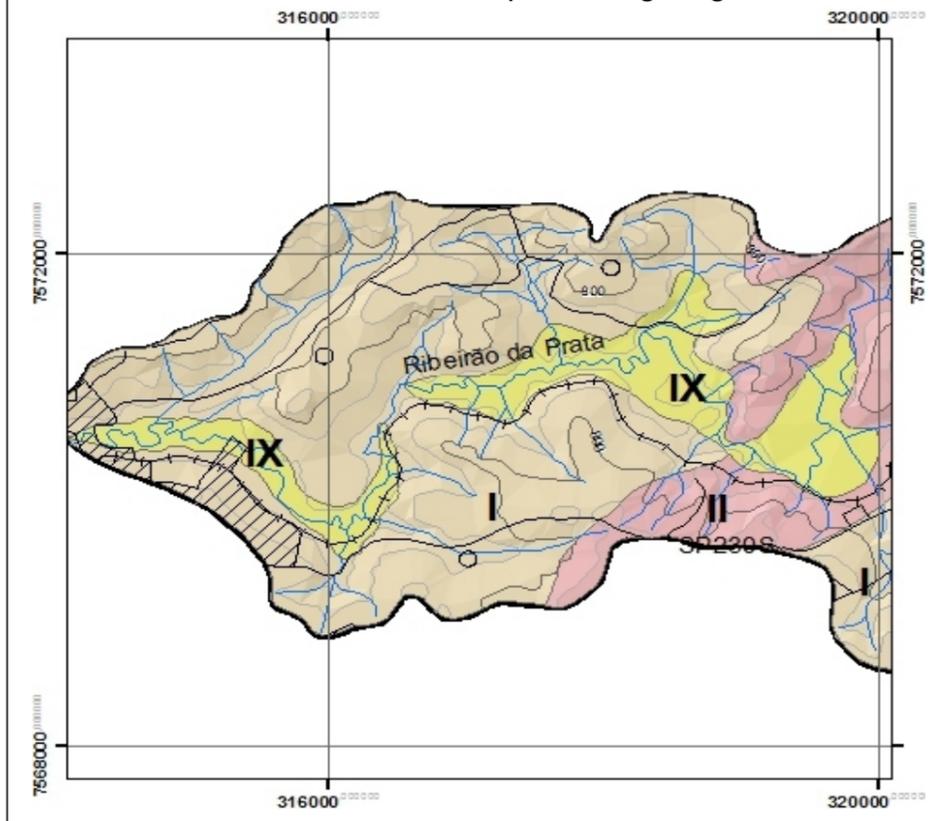
PRANCHA 8b: Características da Unidade VIII B
Maciço Alcalino de Poços de Caldas: Tinguaitos
em relevo de morros e montanhas do planalto interno



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

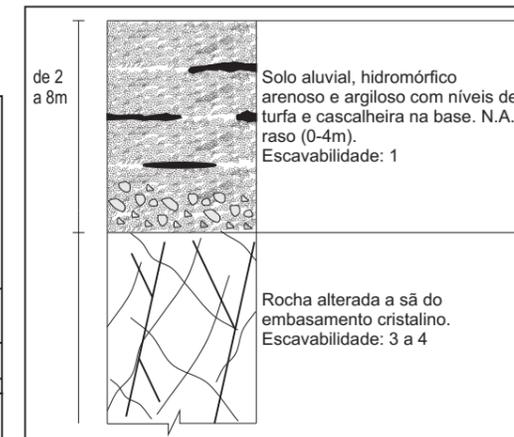
Detalhe da Unidade IX no Mapa Geológico-geotécnico



Vista panorâmica - Relevo característico

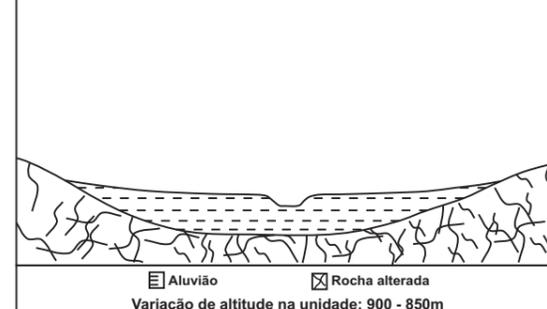


Perfil de solo (alteração) e relevo



Fonte: Panoramio (Google Earth)

Seção esquemática do relevo e substrato geológico



Quadro de análise fotogeológica

Unidade Geológico-geotécnica	Rochas e materiais Relevo Solo	Densidade textural	Amplitude local	Declividade dominante	Formas de topo e vale	Forma das encostas	Tropia	Feições particulares	Processos geológicos	Vegetação e Uso do solo
		IX	Baixa	Baixa	Baixa	Vales abertos e topos aplainados	-	Não orientada	-	Escorregamento
Quadro de interpretação fotogeológica e caracterização geológica-geotécnica										
IX	Cobertura Aluvionar. Sedimentos aluvionares em colinas amplas	Permeabilidade intragranular	Espessura do manto de alteração	Resistência a erosão natural (dureza)	Potencialidade à movimentos de massa gravitacionais	Composição e estrutura	Afloramento e blocos rochosos			
		Alta	Média	Baixa	Médio	Homogênea	Ausente			

— Não aplicável



Apêndice II

PRANCHA 9: Características da Unidade IX
Cobertura Aluvionar: Sedimentos Aluvionares em Colinas Amplas



ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013

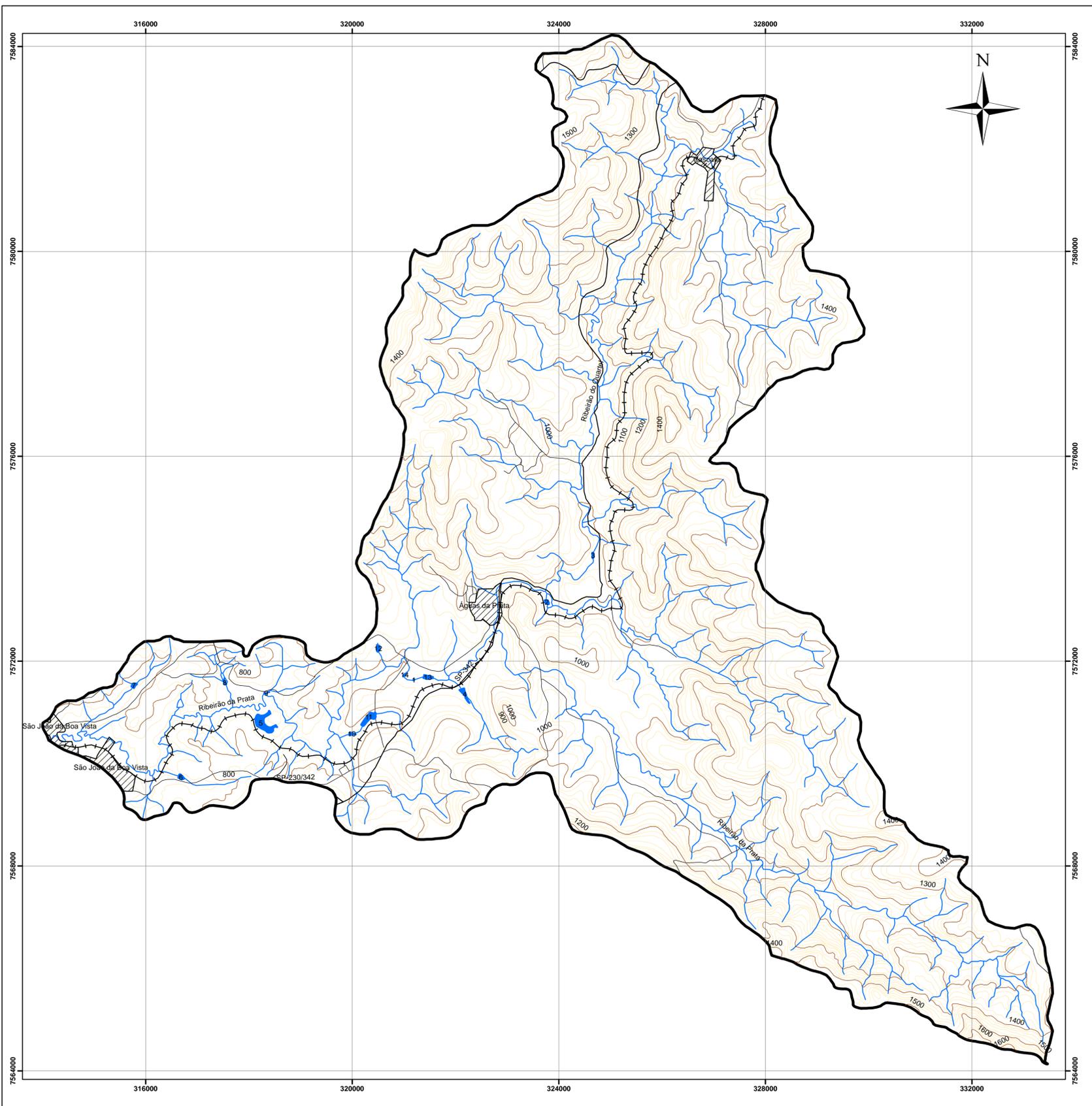


Apêndice III



MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE BARRAGENS (1:50.000)

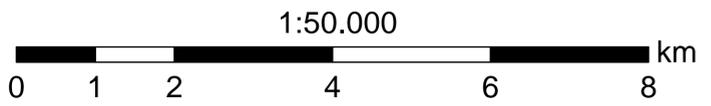
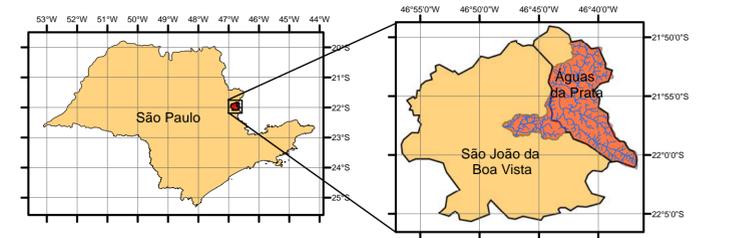
Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013



Legenda

- curvas mestras
- Bacia do Ribeirão da Prata
- Cidades
- Barragens
- Rodovias
- Rodovias Secundárias
- Ferrovia
- Drenagens
- Curvas de Nível

Número	Área (m²)	Perímetro (m)	Tipo	UTM mE	UTM mN
1	995,681	125,5432	Barragem	321.170,78	7.571.625,41
2	7016,977	330,8116	Barragem	323.757,39	7.573.198,51
3	5393,044	310,2433	Barragem	324.661,11	7.574.002,82
4	18244,37	798,1221	Barragem	322.109,82	7.571.460,83
5	79911,65	1718,6052	Barragem	318.305,69	7.570.778,12
6	9932,869	387,7252	Barragem	316.632,92	7.569.753,06
7	8474,843	368,8618	Barragem	315.747,23	7.571.482,58
8	4134,996	357,0205	Barragem	317.562,43	7.571.534,19
9	2621,232	286,3045	Barragem	318.292,68	7.571.366,97
10	6537,79	373,2571	Barragem	319.932,22	7.570.569,30
11	36062,24	956,0133	Barragem	320.199,56	7.570.727,42
12	9780,701	398,9561	Barragem	320.508,52	7.572.179,43
13	13717,26	514,7651	Barragem	321.375,36	7.571.690,99
14	2761,544	212,5916	Barragem	321.032,55	7.571.758,35



UTM - Universal Transversa de Mercator
 Datum: WGS 84
 Zona 23S

Apêndice III - Mapa Topográfico da Bacia do Ribeirão da Prata com Localização das Barragens

ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
 Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
 Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Dezembro/2013

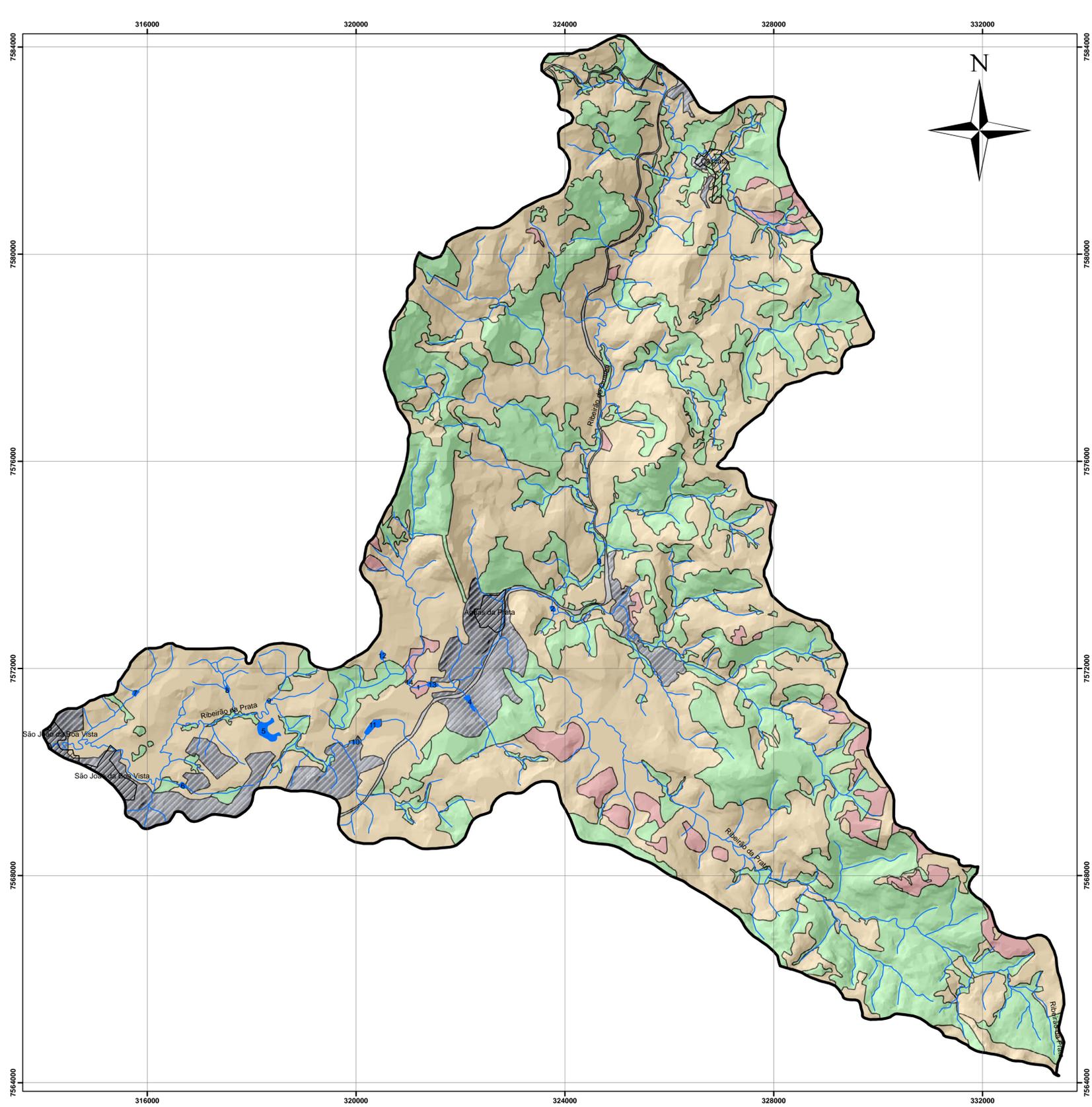


Apêndice IV



MAPA DE USO DO SOLO (1:50.000)

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013



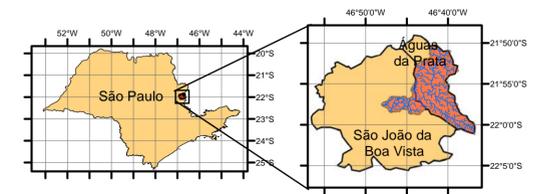
Legenda

- Bacia do Ribeirão da Prata
- Barragens
- Drenagens

Classes de Uso do Solo

- Cultura Permanente
- Cultura Temporária
- Edificações
- Vegetação Arbórea
- Área Urbana

Número	Área (m²)	Perímetro (m)	Tipo	UTM mE	UTM mN
1	995,681	125,5432	Barragem	321.170,78	7.571.625,41
2	7016,977	330,8116	Barragem	323.757,39	7.573.198,51
3	5393,044	310,2433	Barragem	324.661,11	7.574.002,82
4	18244,37	798,1221	Barragem	322.109,82	7.571.460,83
5	79911,65	1718,6052	Barragem	318.305,69	7.570.778,12
6	9932,869	387,7252	Barragem	316.632,92	7.569.753,06
7	8474,843	368,8618	Barragem	315.747,23	7.571.482,58
8	4134,996	357,0205	Barragem	317.562,43	7.571.534,19
9	2621,232	286,3045	Barragem	318.292,68	7.571.366,97
10	6537,79	373,2571	Barragem	319.932,22	7.570.569,30
11	36062,24	956,0133	Barragem	320.199,56	7.570.727,42
12	9780,701	398,9561	Barragem	320.508,52	7.572.179,43
13	13717,26	514,7651	Barragem	321.375,36	7.571.690,99
14	2761,544	212,5916	Barragem	321.032,55	7.571.758,35



1:50.000

0 0,5 1 2 3 4 km

UTM - Universal Transversa de Mercator
Datum: WGS 84
Zona 23S

Apêndice IV - Mapa de Uso do Solo da Bacia do Ribeirão da Prata com Localização das Barragens

ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Dezembro/2013

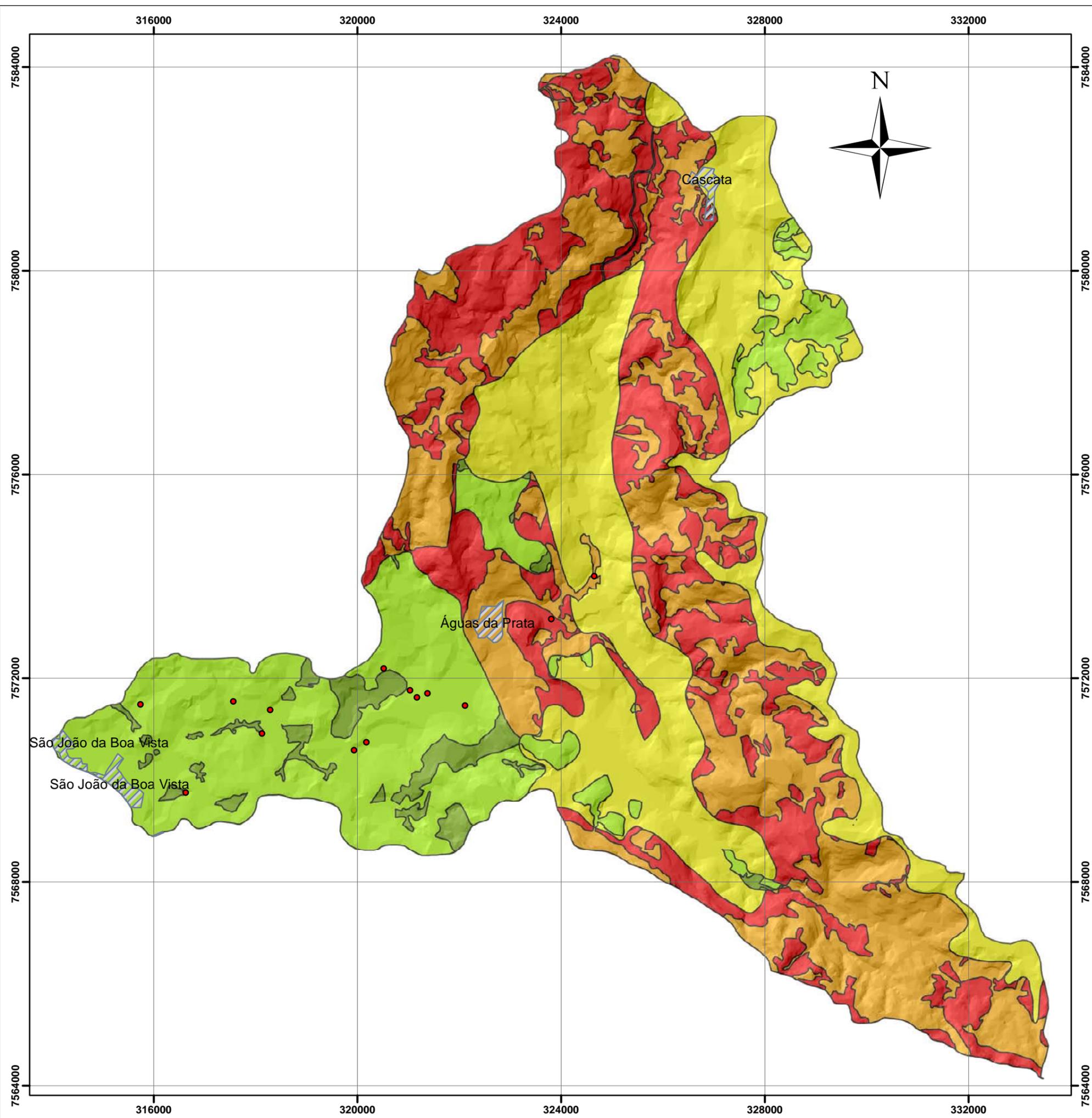


Apêndice V



MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADE

Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Dezembro/2013



Legenda

- Barragens
- ▨ Área Urbana

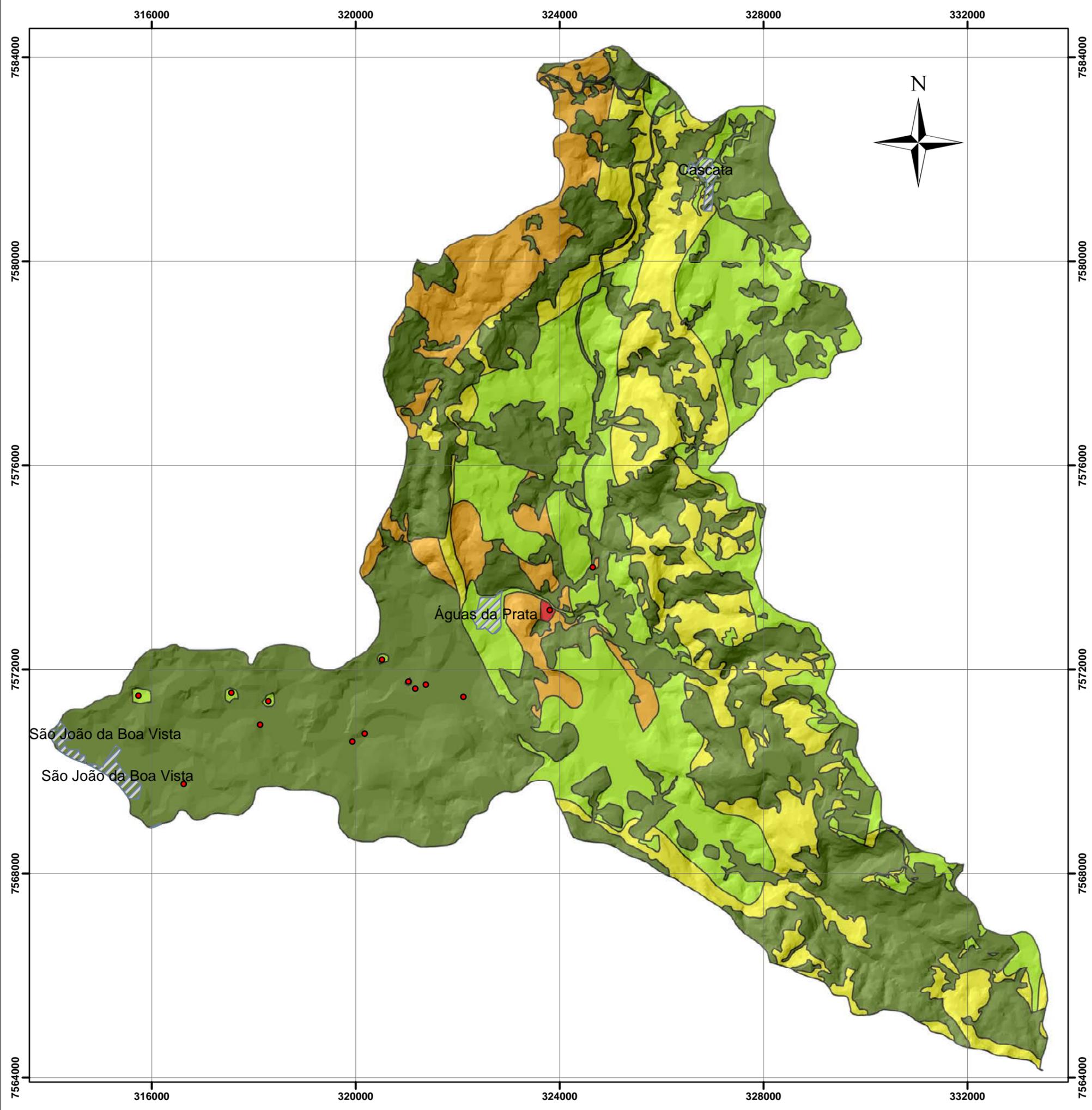
Susceptibilidade

- Muito Alta
- Alta
- Média
- Baixa
- Muito Baixa



Projeção Universal Transversa de Mercator
WGS 1984 - Fuso 23 S

	<p>Apêndice V - Mapa de Susceptibilidade a Corridas de Massa/Detritos Pelo Método da Média Ponderada.</p>	
<p>ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).</p>		
<p>Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine Dezembro/2013</p>		



Legenda

- Barragens
- Área Urbana

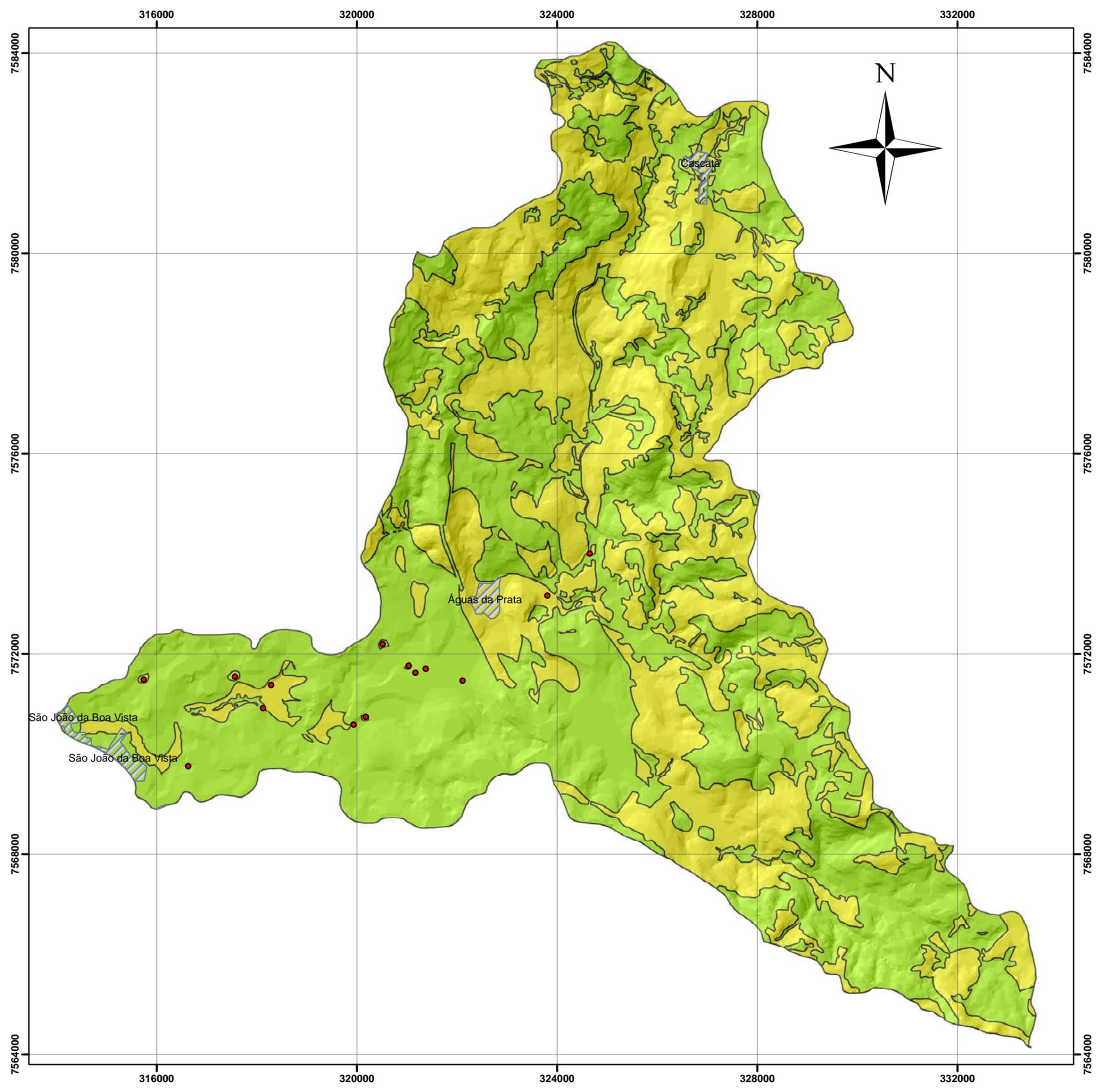
Susceptibilidade

- Muito Alta
- Alta
- Média
- Baixa
- Muito Baixa



Projeção Universal Transversa de Mercator
WGS 1984 - Fuso 23 S

	Apêndice V - Mapa de Susceptibilidade a Corridas de Massa/Detritos Pelo Método do Produtório	
ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).		
Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis Coorientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine Dezembro/2013		

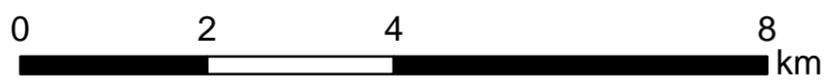


Legenda

- Barragens
- ▨ Área Urbana

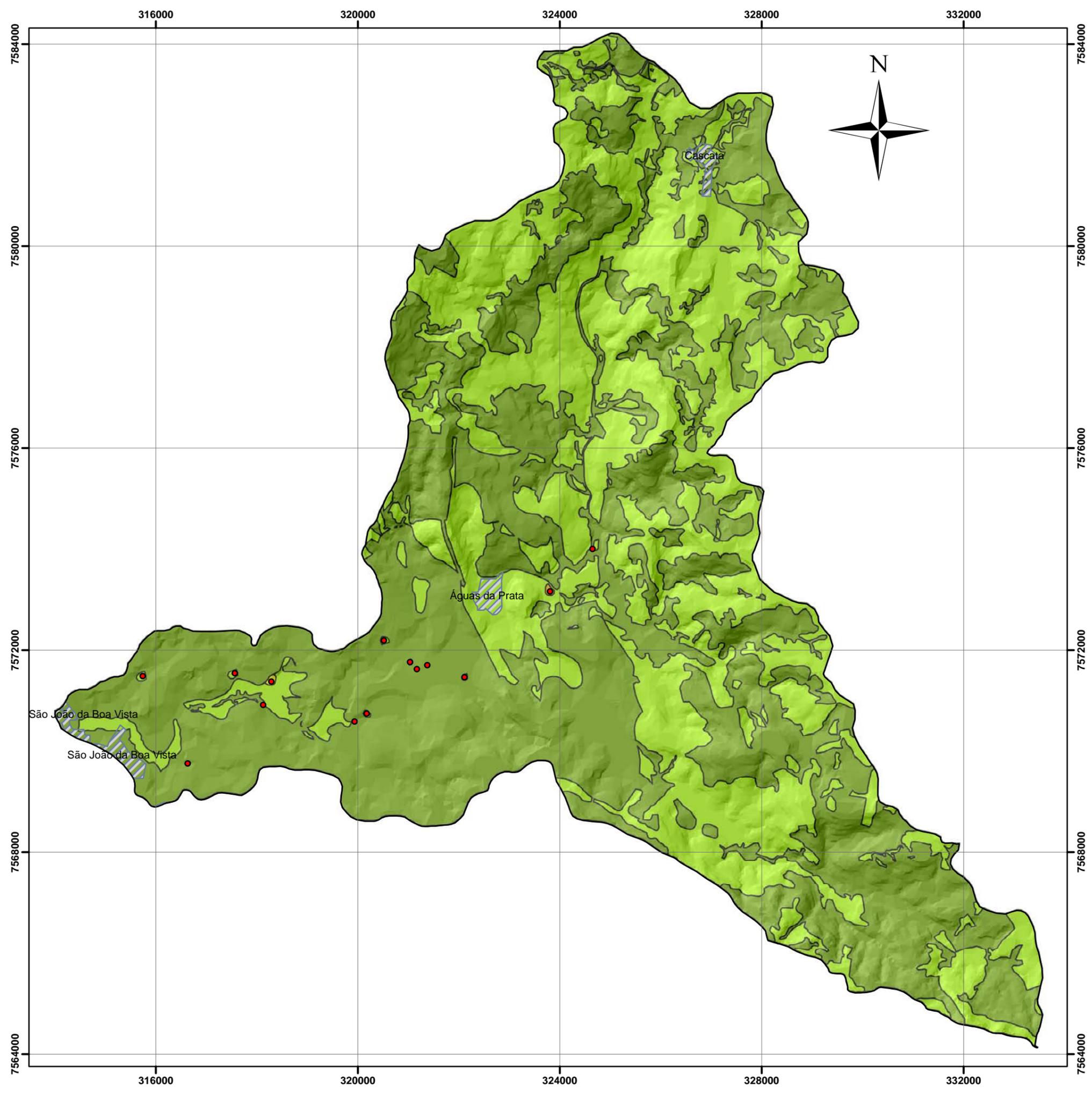
Susceptibilidade

- Muito Alta
- Alta
- Média
- Baixa
- Muito Baixa



Projeção Universal Transversa de Mercator
WGS 1984 - Fuso 23 S

	<p>Apêndice V - Mapa de Susceptibilidade a Ondas de Cheia Pelo Método da Média Ponderada.</p>	
<p>ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).</p>		
<p>Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine Dezembro/2013</p>		

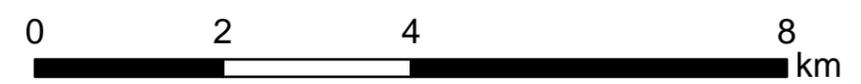


Legenda

- Barragens
- Área Urbana

Susceptibilidade

- Muito Alta
- Alta
- Média
- Baixa
- Muito Baixa



Projeção Universal Transversa de Mercator
WGS 1984 - Fuso 23 S

	<p>Apêndice V - Mapa de Susceptibilidade a Ondas de Cheia Pelo Método do Produtório.</p>	
<p>ELABORAÇÃO DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE DE CORRIDAS DE MASSA/DETRITOS E ONDAS DE CHEIA, APLICADO A EMPREENDIMENTOS DUTOVIÁRIOS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA PRATA (SP).</p>		
<p>Aluno: José Gustavo Cristovão de Macedo Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine Dezembro/2013</p>		