



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



TRABALHO DE GRADUAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A
MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA (SP)**

Andréa Simone Venancio Machado

Profa.Dra. Andréia Medinilha Pancher (orientadora)

Rio Claro (SP)

Novembro, 2011

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

ANDRÉA SIMONE VENANCIO MACHADO

GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DA
SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NO
MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA (SP)

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

Rio Claro - SP

Novembro, 2011

526.8 Machado, Andréa Simone Venancio
M149g Geotecnologias na avaliação da suscetibilidade a
movimentos de massa no município de Várzea Paulista (SP) /
Andréa Simone Venancio Machado. - Rio Claro : [s.n.], 2011
120 f. : il., figs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia)
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Andréia Medinilha Pancher

1. Cartografia. 2. Análise multicritério. 4. Cartografia
temática. I. Título.

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

ANDRÉA SIMONE VENANCIO MACHADO

GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DA
SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NO
MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA (SP)

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

Comissão Examinadora

Andréia Medinilha Pancher (orientadora)

Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Paulina Setti Riedel

Rio Claro, 01 de Novembro de 2011.

aluna

orientadora

Àqueles que partilham todos os momentos da
minha vida, fazendo com que ela seja mais
bonita e mais leve:

Meus pais Carlos e Josefa

Meus irmãos Alessandro e Andreza

Meu esposo e amigo Fábio

e

Especialmente, ao maior amor da minha vida,
meu sobrinho Leonardo: que suas
oportunidades sejam infinitamente maiores.
Estarei sempre com você!

Agradecimentos

Agradeço à Deus por mais esse sonho realizado: cursar uma universidade pública! E aos meus pais, por desde os primeiros anos escolares me cobrarem um bom desempenho nos estudos.

Quero agradecer de maneira especial à Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher, que me orientou nesta pesquisa. Obrigada pelas horas dedicadas a mim e pela amizade!

À Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha, pelas sempre brilhantes contribuições e por estar sempre disposta a colaborar. Sentirei saudades!

Agradeço à Prefeitura Municipal de Várzea Paulista, nas pessoas do Sr. Décio Pradella e Rodrigo Batalha da Secretaria de Obras, pelo apoio, por cederem a planta cadastral e a imagem orbital do município.

Muito obrigada ao Prof. Dr. Celso Carneiro Dal Ré, da Unicamp, por me disponibilizar todos os mapas do Projeto Jundiati, sem os quais teria sido impossível chegar aos resultados obtidos.

Obrigada muito especial ao Prof. Dr. e amigo Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, da Unesp, pela colaboração com a parte de legislação ambiental desta pesquisa.

Agradeço também, de todo o coração, ao Prof. Dr e amigo Adilson Viana Soares Junior, da Unifesp, pelos ensinamentos no software ArcGIS, e pela paciência nas horas que o incomodei pedindo ajuda!

Ao geólogo e amigo Dr. Iata Anderson de Souza pela ajuda com os mapas.

À amiga, Profa. Dra Ana Olívia Barufi Franco-Magalhães, da Ung, pelas conversas sobre geologia e pelas explicações sobre diversos temas.

Ao amigo Prof. Dr da USP Carlos Henrique Grohmann de Carvalho pelas contribuições e dicas nos softwares.

Aos amigos de estágio, e belíssimos engenheiros ambientais, André Kazuo e Tatiana Montero pelas dicas no ArcGIS, via MSN. Mesmo estando distantes, o respeito e admiração continuam; é sempre bom falar com vocês!

À minha amiga Paula Madeira Aliberti por sempre colaborar em tudo!

Agradeço ao Matheus Vidotti pela generosidade em compartilhar seu conhecimento.

Aos amigos de graduação, cada qual especial em seu jeito de ser: Lívia Maria Tonelli (você vai longe!), Ana Cecília Pereira Machado (a determinação em pessoa!), Roberto Gabriel Cella (a gente zua você, mas é porque a gente te ama Anacrônico!),

Erika Wiechmann (mais que especial minha friend!), Alessandra Fagundes (me lembro no 1º ano se adaptando e tirando notas baixas, depois ninguém te segurou mais “melhor aluna dos formandos de 2010”: orgulho de você!), Lucimar Garcia (Parabéns pela pessoa maravilhosa que você é!), Suzhiane Barbosa (quantas vezes seu mal humor nos divertiu!), Tiago Amaral, Paola Cardoso, Matheus Rizato, Ednilson Maciel, Tatiane Pilachevisky, Silvia Polizel, Ricardo Suzuki, Camila Halitte obrigada por terem feito parte da minha vida!

A gratidão é um dos sentimentos mais nobres que podemos ter, e é por isso que os professores do Cursinho Comunitário Praxis do ano de 2006 têm a minha gratidão eterna. Sem a disponibilidade e o altruísmo que os guiaram afim de compartilhar o conhecimento com os alunos carentes do município de Limeira, eu jamais teria passado no vestibular. Foram somente quatro meses de aulas, mas a maestria com que as ministraram me deram a base que faltava para ingressar na universidade e realizar esse sonho! Espero não esquecer ninguém: Fábio Graciute da Rocha, Nick Buck, Mariana Duó Passerini, Thaís Cury, Rubia Gaissler, Helena Gutierrez, Soraia Victório, Marcelo Silva, Roberto Ribeiro, Eder Merino, Juliana Teixeira Dias, Jean de Bermuda (hehe), Eduardo (Dunha), Sucrilhos, Capiva, Kátia Herédia, Inajara, Juliana Tanaka, Layla Carvalho, Rodrigo, Loreane Aldrigui, Paula Junqueira, Helena, Jaú, Cascão. Alguns, com a convivência se tornaram amigos mais que queridos: Nick Negrão-Kuerten (amo você!), Fábio, Katita, Mari, Thatá (delicada e forte), Chuleta (o mal-humorado mais engraçado do planeta), obrigada pelas viagens, baladinhas e muitas risadas!

Aos meus amigos de cursinho e pra vida toda: a zootecnista Letícia Guerra Aldrigui, e o comissário de bordo Adriel Melo.

Em especial à minha família: minha mãe Josefa, meu pai Carlos, Alessandro (irmão e geógrafo também!), minha irmã Andreza, meus cunhados Carol e Junior, ao Léo meu sobrinho amado. Desculpem pela ausência! Eu amo vocês mais que tudo nessa vida!

Ao meu marido Prof. Dr Fábio Braz Machado pela companhia, discussões e ajuda essencial no trabalho de campo. Obrigada pelo incentivo e por acreditar em mim! Espero não decepcioná-lo! Eu te amo do fundo do meu coração!

À Nininha por ser minha companheira mais fiel!

*O que pode parecer pouco para alguns,
para outros pode ser a mais bela conquista!*

RESUMO

Devido à ocupação desordenada, na maioria dos municípios brasileiros, todos os anos, principalmente no período chuvoso, ocorrem inúmeros casos de escorregamentos de encostas, com perdas de vidas humanas e perdas materiais. O objetivo fundamental deste Trabalho de Conclusão de Curso foi identificar e mapear áreas suscetíveis a movimentos de massa, por meio das geotecnologias, no município de Várzea Paulista, interior do estado de São Paulo. Para o propósito, foram elaborados os mapas temáticos de declividade, geológico, pedológico, geomorfológico e de uso e ocupação da terra, que foram sobrepostos utilizando a Análise Multicritério do SIG ArcGIS. Cada tema recebeu seu peso de influência para deflagração de tais processos e como resultado final foi obtido o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa do município de Várzea Paulista. Esta pesquisa apurou que existem muitas áreas ocupadas dentro do município que carecem de monitoramento do Poder Público, principalmente nos meses chuvosos, pois se encontram em locais muito frágeis do ponto de vista geológico-geomorfológico. Considerando-se que os dados relativos aos aspectos físico-naturais são escassos na bibliografia para esta região, os resultados obtidos neste estudo, bem como o levantamento das informações do meio físico e os produtos cartográficos elaborados, contribuirão largamente com a administração pública do município, pois fornecem subsídios para o adequado planejamento do uso e ocupação da terra, apontando as áreas frágeis do município do ponto de vista geotécnico.

Palavras chave – Geotecnologias. Cartografia temática. Análise Multicritério. Movimentos de massa. Várzea Paulista.

ABSTRACT

The disordered occupation in several cities in Brazil, is very common, especially during the rainy season, there are numerous cases of gravitational mass movements, with deaths of human and builds destruction. The main objective of this work was to identify and map areas to mass movements, through the geo, the municipality of Várzea Paulista, the state of Sao Paulo. For the purpose, were prepared thematic maps of slope, geology, pedology, geomorphology and land use and occupation, which were overlaid using ArcGIS GIS Multicriteria Analysis. Each subject received a weight of influence to the outbreak of such processes and the final result was obtained map of susceptibility to mass movements of the city of Várzea Paulista. This survey found that there are many occupied areas within the city that require monitoring of the Government, especially in the rainy months, because they are in very fragile in terms of geological and geomorphological features. Considering that the data on the physical and natural aspects are scarce in the literature for this region, the results obtained in this study as well as the gathering of information of the physical and cartographic products developed, will greatly contribute to the administration of the municipality, subsidies they provide for the proper use planning and land tenure, pointing out the weak areas of the city geotechnical point of view.

Keywords – Geotechnologies. Thematic Cartographic. Multicriteria analysis. Gravitational Mass Movements. Várzea Paulista.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização do município de Várzea Paulista	18
Figura 2.1 - Perfil esquemático de encosta submetida a processo de rastejo. Fonte: Oliveira, 2010	21
Figura 2.2: Rastejo em tálus, com basculamento de moradias e inclinação de postes pela movimentação do solo. Fonte: Extraído de Nogueira (2002).	22
Figura 2.3: Geometria dos movimentos de massa associados a escorregamentos. Fonte: Oliveira, 2010.	22
Figura 2.4: A) Perfil esquemático de escorregamentos rotacionais, B) Exemplo de escorregamento rotacional. Fonte: http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html .	23
Figura 2.5: A) Perfil esquemático de escorregamentos translacionais, B) Exemplo de escorregamento translacional. Fonte: http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html .	24
Figura 2.6: A) Ex. de escorregamento em cunha, B) Perfil esquemático de escorregamentos em cunha. Fonte: http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html .	25
Figura 2.7: A) Perfil esquemático de quedas de blocos, B) Exemplo de local propício a queda de blocos. Fonte: http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09e.html .	26
Figura 2.8: A) Perfil esquemático de tombamento de blocos, B) Ex. de tombamento de blocos. Fonte: http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09f.html .	26
Figura 2.9: A) Exemplo de rolamento de blocos, B) Perfil esquemático de rolamento de blocos. Fonte: http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3 .	27
Figura 2.10 - Superfícies geométricas dos perfis de encostas. Fonte: Oliveira; Brito, 1998.	28
Figura 2.11 - Perfil de encosta natural. Fonte: IPT, 2007.	28
Figura 2.12 - Perfil de encosta com talude de corte e aterro. Fonte: IPT, 2007.	29
Figura 2.13: Cálculo da inclinação de uma encosta. Fonte: IPT, 2007.	29
Figura 2.14 - Cálculo da declividade. Fonte: IPT, 2007.	29

Figura 2.15 - Estrutura de um SIG. Fonte: Extraído de LOPES (2002).	40
Figura 2.16 - Componentes de um SIG. Fonte: Extraído de LOPES (2002).	40
Figura 2.17: Modelagem de dados segundo os paradigmas dos quatro universos. Fonte: Câmara; Monteiro, 2001.	42
Figura 2.18: Grade regular e sua superfície correspondente. Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.	43
Figura 2.19 - Grade triangular (TIN) e a superfície correspondente. Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.	44
Figura 2.20: Exemplo de imagem aérea LANDSAT da região de Manaus (composição colorida). Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.	44
Figura 2.21 - Geo-campo sensor remoto (Imagem Landsat) e geo-campo temático (mapa de solos). Fonte: Câmara; Monteiro, 2001.	46
Figura 2.22: Exemplo de objetos complexos. Fonte: Câmara; Monteiro, 2001.	46
Figura 2.23: Universo conceitual. Fonte: Câmara; Monteiro, 2001.	47
Figura 2.24 - Elementos da representação vetorial. Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.	48
Figura 2.25 - Exemplo de topologia arco-nó (rede elétrica). Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.	49
Figura 2.26 - Exemplos de topologia arco-nó-polígono. Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.	49
Figura 2.27 - Diferentes resoluções na representação matricial. Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.	50
Figura 2.28 – Operação matemática realizada pelo SIG na análise multicritério. Fonte: Aliberti (2010).	51
Figura 3.9: Mapa geológico regional Jundiaí-Atibaia sobreposto pelo limite municipal de Várzea Paulista.	58
Figura 3.10: Mapa geomorfológico regional Jundiaí-Atibaia sobreposto pelo limite municipal de Várzea Paulista.	59
Figura 5.1 - Localização do sistema orogênico da Mantiqueira e Cinturão Ribeira. Fonte: Extraído de Hasui, 2010.	70
Figura 5.2 - Mapa geológico regional abrangendo a região de Jundiaí-Atibaia, destacando o limite municipal de Várzea Paulista. Fonte: Modificado de Carneiro, 2003.	73

Figura 5.3 – Mapa geológico do município de Várzea Paulista (SP), em escala 1:50000. Fonte: Adaptado de Carneiro (2003).	74
Figura 5.4: Mapa geomorfológico regional abrangendo a região de Jundiaí-Atibaia, destacando o limite municipal de Várzea Paulista. Fonte: Modificado de Carneiro, 2001.	75
Figura 5.5 – Mapa geomorfológico do município de Várzea Paulista (SP). Fonte: Adaptado de Carneiro (2003).	77
Figura 5.6 – Mapa pedológico do município de Várzea Paulista. Fonte: Relatório Fehidro, 2010.	79
Figura 5.7: Situação climática na Bacia do Rio Jundiaí, pelo sistema de Köppen, onde se encontra inserida a área alvo deste estudo. Fonte: Extraído de Neves (2005).	80
Figura 5.8: Mapa regional, com destaque para Várzea Paulista, contendo a classificação climática de acordo com a efetividade da precipitação. Fonte: Extraído de Neves (2005).	81
Figura 5.9 – Mapa de declividade do município de Várzea Paulista.	83
Figura 5.10 – Padrão de ocupação no bairro Vila Real, norte do município.	84
Figura 5.11 – Padrão de ocupação no bairro Jardim América, norte do município.	85
Figura 5.12 – Padrão de ocupação nos bairros Vila Popular e Jardim Bertiooga, extremo sudoeste do município.	86
Figura 5.13 – Padrão de ocupação do setor sul do município.	86
Figura 5.14 – Mapa de uso e ocupação da terra do município de Várzea Paulista (SP).	88
Figura 6.1 – Ponderação dos fatores de risco das fraturas medidas em campo. Elaboração: Machado, 2011.	91
Figura 6.2 – Local do PCII, onde as condições permitiram ver, em campo, que a direção das estruturas coincide com a direção das vertentes densamente ocupadas.	92
Figura 6.3 – Mapa de orientação de vertentes e fraturas medidas em campo.	93
Figura 6.4 – Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa de Várzea Paulista.	95

Figura 6.5 – A) Casa em risco de desabamento na beirada do morro; B) Evidência de deslizamento.	96
Figura 6.6 – Mapa de suscetibilidade sobreposto pelas curvas de nível.	99
Figura 6.7 – Simulação de ocupação no setor sul de Várzea Paulista.	101
Anexos II	
Figura 3.1: Pontos de georreferenciamento da carta 1:50000 do IBGE e ferramenta “rectify” na tela.	118
Figura 3.2: Carta topográfica de Jundiaí em escala 1:50.000 georreferenciada, sobreposta pelas curvas de nível do município de Várzea Paulista e os pontos cotados coletados.	118
Figura 3.3: Procedimento para criação do Modelo de Elevação do Terreno (DEM).	119
Figura 3.4: Geração do mapa de declividade.	119
Figura 3.5: Criação do “banco de dados” no software Spring.	120
Figura 3.6: Criação do projeto, definição de coordenadas e inserção dos pares de coordenadas para o retângulo envolvente da área.	120
Figura 3.7: Atribuição do nome à categoria na aba “modelo de dados”.	121
Figura 3.8: Criação do contexto, definição das classes, aquisição das amostras representativas e escolha do classificador.	121
Figura 3.11 – Mapa de orientação de vertentes. Em preto o limite municipal de Várzea Paulista.	122
Figura: 3.12 – Mapa pedológico do município de Várzea Paulista.	122
Figura 3.13 – Atribuição dos pesos de influência para mapas e fatores condicionantes e construção do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa por meio da ferramenta overlay no ArcMap.	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Acidentes no Brasil envolvendo os movimentos de massa. Fonte: Adaptado de Lopes (2006)	16
Tabela 2.1 - Classificação dos movimentos de massa. Fonte: Adaptado de IPT (2007)	20
Tabela 2.2 – Conversão entre os valores de declividade e inclinação. Fonte: IPT, 2007.	30
Tabela 2.3: Agentes e causas de movimentos de massa. Fonte: Extraído de Araújo (2002).	31
Tabela 2.4: Sistematização da ação antrópica nas encostas. Fonte: Extraído de Nogueira (2002).	36
Tabela 2.5: Processos de instabilização específicos de maciços artificiais. Fonte: Carvalho (1996 <i>apud</i> NOGUEIRA, 2002).	37
Tabela 2.6: Tipos de dados e suas representações	47
Tabela 3.1 - Pontos tomados para georreferenciamento da carta do IBGE, ano de 1971	55
Tabela 3.2 - Características dos locais visitados em campo. Elaboração: Machado, 2011.	61
Tabela 3.3 – Pesos de influências atribuídos aos fatores de cada mapa. Elaboração: Machado, 2011.	63
Tabela 4.1 - Crescimento populacional da cidade de Várzea Paulista/SP (1980-2010). Fonte: Fundação Seade, 2011.	68
Tabela 6.1: Valores dos ângulos e direções de fraturas medidas em campo. Elaboração: Machado, 2011	90

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	16
1.1 - Objetivos	17
1.1.1 – Objetivo geral	17
1.1.2 – Objetivos específicos	17
1.2 - Localização e características da área de estudo	17
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 – Fundamentos relativos aos movimentos de massa	19
2.1.1 - Tipos de movimentos de massa	20
2.1.1.1 - Rastejamento ou rastejo (creep)	21
2.1.1.2. - Escorregamentos	22
2.1.1.2.1 Escorregamentos rotacionais	23
2.1.1.2.2 Escorregamentos translacionais	23
2.1.1.2.3 Escorregamentos em cunha	24
2.1.1.2.4 Escorregamentos induzidos	25
2.1.1.3 - Quedas	25
2.1.1.4 Corridas de massa	27
2.2 – Estruturas das encostas	27
2.2.1 - Características geométricas básicas de uma encosta	29
2.3 Fatores condicionantes dos movimentos de massa	30
2.3.1 Agentes predisponentes	31
2.3.2- Agentes efetivos	35
2.3.2.1 - Ação antrópica	35
2.4- Geotecnologias na análise de movimentos de massa	37
2.4.1 - Sistemas de Informação Geográfica - SIG	38
2.4.2 - Componentes de um SIG	39
2.5 - Modelagem de dados	41
2.5.1 - Dados espaciais	42
2.6 – Universo do mundo real	42
2.6.1 - Tipos de dados em geoprocessamento	42
2.7 - Universo conceitual ou matemático	45

2.8 - Universo de representação	47
2.8.1 - Representação vetorial	48
2.8.1.1 Topologia arco-nó	49
2.8.1.2 Topologia arco-nó-polígono	49
2.8.2 Representação matricial	49
2.9 - Análise multicritério	50
3 – MATERIAL E MÉTODOS	54
3.1 - Material	54
3.2 - Procedimentos metodológicos	54
3.2.1. Levantamento bibliográfico	54
3.2.2 - Mapa de declividade	55
3.2.3 - Mapa de uso e ocupação da terra	56
3.2.4 - Mapa geológico	58
3.2.5 - Mapa geomorfológico	59
3.2.6 – Mapa de orientação de vertentes	59
3.2.7 – Mapa pedológico	60
3.2.8 - Trabalho de campo	61
3.2.9 – Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa	62
4 - TÓPICOS SOBRE A URBANIZAÇÃO BRASILEIRA E OS REFLEXOS NA DINÂMICA POPULACIONAL DE VÁRZEA PAULISTA	65
5 - SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA	69
5.1 - Geologia	69
5.2 - Geomorfologia	75
5.3 – Considerações sobre a pedologia da área	78
5.4 - Aspectos climáticos	80
5.5 – Declividade	82
5.6 – Uso e ocupação da terra	84
6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	89
6.1 – Manipulação dos dados obtidos em campo	89

6.2 – Análise das suscetibilidades do município	94
6.3 – A importância da cobertura vegetal	100
7 – CONSIDERAÇÕES E REFLEXÕES	103
REFERÊNCIAS	105
ANEXO I – FICHAS DE CAMPO	110
ANEXO II – MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DOS MAPAS	117

1 - INTRODUÇÃO

Na segunda metade do século XX, no que concerne principalmente as regiões sudeste e sul do Brasil, houve um intenso processo de industrialização, que resultou em considerável adensamento populacional e acelerado crescimento urbano. A partir desse crescimento, o solo urbano passou a ser utilizado como mercadoria, acentuando a especulação imobiliária (SANTOS, 1994). Deste modo, a população de baixa renda passou a ocupar áreas impróprias para a habitação catalisando processos morfológicos nas áreas de encostas. Ainda, é fato que, entre as décadas de 1970 e 1980, o estado de São Paulo foi o que mais concentrou processos intensos de conurbação nos municípios limítrofes à capital.

No entanto, nunca houve uma preocupação do poder público quanto às questões relacionadas ao “Planejamento Territorial Urbano”, resultando em ocupações desordenadas, irregulares e sem conhecimento algum sobre o substrato ocupado, com relação à estabilidade e ao comportamento do aspecto físico do solo e rocha. O resultado desta falta de um adequado planejamento urbano tem repercutido em inúmeras tragédias envolvendo os movimentos de massa no país, especialmente nos meses chuvosos, já que a chuva é o principal agente deflagrador de tal processo (tabela 1.1).

Tabela 1.1 – Acidentes no Brasil envolvendo os movimentos de massa

Local	Data	Perdas socioeconômicas e de vidas
Timbé do Sul, SC	Dez/1995	perda de áreas agrícolas e residências; 28 mortos
Ubatuba, SP	Dez/1996	Destruição de muitos pontos da Rodovia Taubaté-Ubatuba
Santa Catarina	2008	135 mortes. 85 cidades em situação de emergência, e 14 em estado de calamidade pública
Rio de Janeiro - RJ	Abr/2010	138 mortes no morro do Bumba.
Região Serrana do Rio de Janeiro	Jan/2011	Mais de 800 mortos

Fonte: Adaptado de Lopes (2006)

Neste sentido, baseando-se em aspectos físicos e de ocupação do solo urbano e utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG (Sistemas de Informação Geográfica), este trabalho poderá contribuir para o adequado planejamento urbano do município de Várzea Paulista, além de servir como um modelo de trabalho que possa ser aplicado em outras regiões propensas aos problemas de escorregamento de massa.

1.1 – OBJETIVOS

1.1.1 – OBJETIVO GERAL

Este trabalho objetivou identificar e mapear áreas suscetíveis a movimentos de massa no município de Várzea Paulista, utilizando as geotecnologias. Para tanto, foram elaborados os mapas temáticos de declividade, uso e ocupação da terra, orientação de vertentes, bem como utilizados os mapas geológico, pedológico e geomorfológico já produzidos em outras pesquisas. Esses mapas temáticos foram integrados, utilizando a Análise Multicritério do SIG ArcGIS, visando elaborar um mapa de suscetibilidade a movimentos de massa.

1.1.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analisar as características físicas do município de Várzea Paulista e determinar no mapa de suscetibilidade os locais mais frágeis para ocorrência dos movimentos de massa;
- ✓ Analisar o mapa de uso e ocupação da terra para reconhecimento dos padrões de ocupação;
- ✓ Analisar o mapa de declividade para reconhecimento das áreas mais íngremes e, portanto, mais frágeis;
- ✓ Analisar os mapas já existentes na bibliografia: geológico, pedológico e geomorfológico, e posteriormente inseri-los na análise multicritério;
- ✓ Analisar em trabalho de campo a área de estudo, padrões de ocupação e checar as informações contidas nos mapas;

1.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Várzea Paulista possui uma área territorial de 35 km², e está situado entre o retângulo envoltório com as coordenadas 46°51'30" e 46°47'30" W, e 23°11'0" e 23°15'30"S (figura 1.1), sendo sua altitude média de 745 metros (Relatório Fehidro, 2010).

Segundo dados da Fundação Seade (2011), a população do município alvo deste estudo é de 107 mil habitantes, a taxa de urbanização é de 100%, e a densidade demográfica de 3.090,12 habitantes por km².

Várzea Paulista encontra-se totalmente conurbada à cidade de Jundiaí, onde juntas somam 400 mil habitantes. Também, caracteriza-se pela conurbação parcial com a cidade de São

Paulo (IBGE, 2009). Limita-se ao sul com o município de Campo Limpo Paulista, e a leste, norte e oeste com o município de Jundiaí (Relatório Fehidro, 2010).

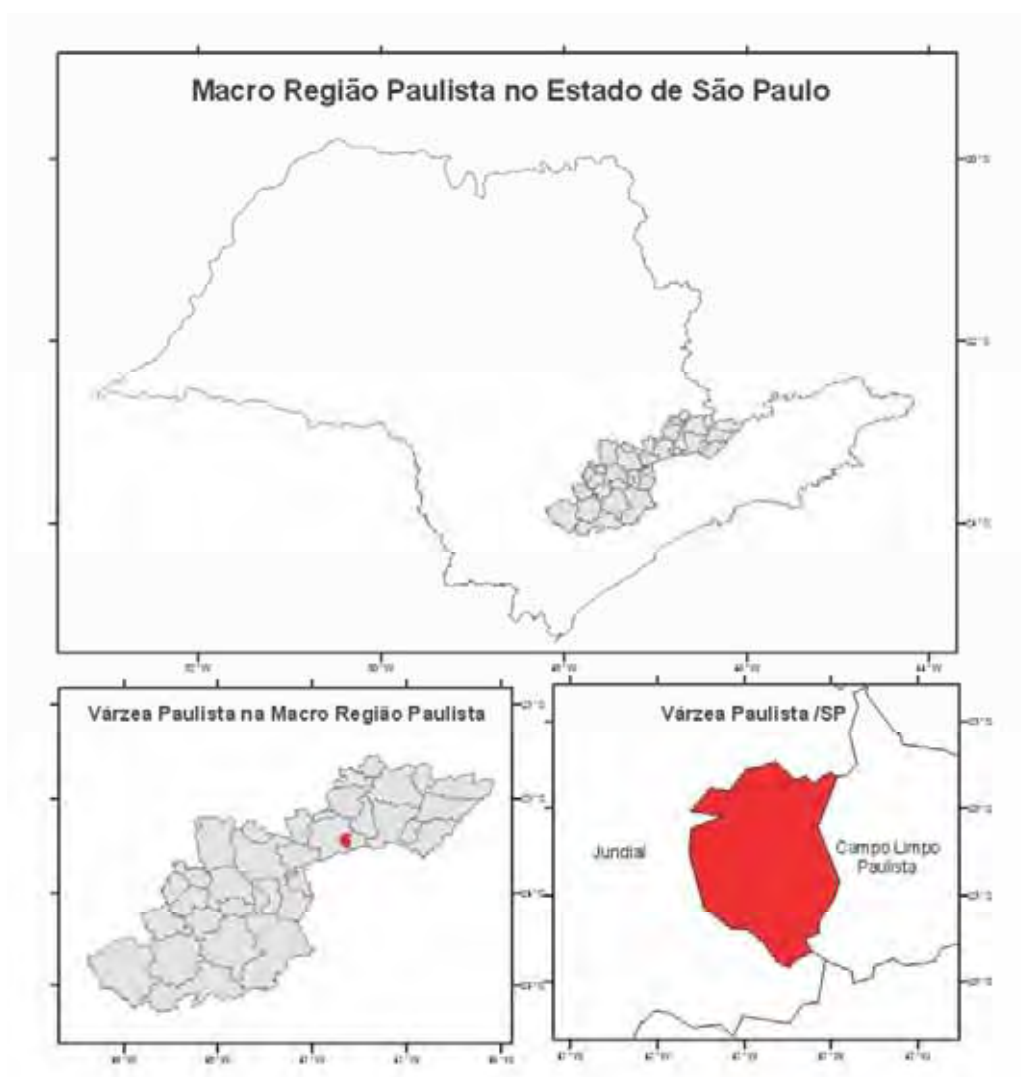


Figura 1.1 - Localização do município de Várzea Paulista

Várzea Paulista localiza-se numa área bem servida por rodovias facilitando seu acesso. Desta forma, é possível sair de Rio Claro (SP) pela Rodovia Washington Luís e, na altura da cidade de Limeira, utilizar o acesso para a Rodovia Anhanguera, seguindo-se até o município de Campinas, onde é possível acessar a Rodovia dos Bandeirantes até a cidade de Jundiaí, terminando o trajeto para Várzea Paulista pela Rodovia Dom Gabriel Paulino Bueno Couto, num total de 130 Km. Considerando-se o trajeto da cidade de São Paulo até o município de Jundiaí, pode-se trafegar pela Rodovia dos Bandeirantes, onde então há um acesso a Rodovia General Milton Tavares de Souza para a cidade de Várzea Paulista, num total de 56, 2 km.

Capítulo II

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste capítulo foi resgatar a conceituação sobre os movimentos de massa e o uso das geotecnologias, por meio de revisão bibliográfica.

2.1 – *Fundamentos relativos aos Movimentos de Massa*

A paisagem do nosso planeta é muito dinâmica, e suas formas estão sempre em constante mudança. Estas mudanças podem ocorrer em milhares de anos, numa escala de tempo geológico, bem como em escalas de tempo relativamente rápidas, sendo perceptíveis na escala de tempo humana. Os movimentos de massa são exemplos de processos que modificam a paisagem em escala de tempo humana. Uma região que sofre escorregamento ou corridas de massa pode ter sua geografia modificada em questão de horas, assim como foi verificado na serra de Petrópolis em 2011. Segundo Silva (2010) fazendo referência a Lopes (2003), tais movimentos predominam na evolução das encostas, como agentes de formação do relevo e da paisagem, ocorrendo em todas as condições climáticas.

Estes movimentos caracterizam-se pela ação da gravidade, que são responsáveis pela mobilização de partículas, sedimentos, rochas ou solo encosta abaixo, chamados de movimentos gravitacionais de massa. No entanto, este processo também pode ser deflagrado por agentes de transportes como água, gelo, neve ou ar, sendo chamado de movimentos de transporte de massa (LOPES, 2006; OLIVEIRA, 2010; SILVA, 2010). Esses são processos naturais de evolução do relevo que, no entanto, podem ser catalisados pela ação antrópica. Dentre as interferências antrópicas catalisadoras do processo destacam-se a remoção de cobertura vegetal (AMARAL; ZUQUETTE, 2007), execução de cortes e aterros inadequados, saturação do solo por meio do lançamento e concentração de águas pluviais, vazamentos na rede de abastecimento de água e esgoto, fossas, lançamento de lixo nas encostas e taludes, cultivo inadequado do solo, entre outros. Portanto, a ocorrência de muitos movimentos de massa está intimamente relacionada à indevida ocupação de áreas consideradas de “risco”, pela falta de planejamento urbano, ou mesmo pelo completo desconhecimento das características físicas da área ocupada (OLIVEIRA, 2010).

Os movimentos de massa podem ter diversas classificações pela grande variedade de materiais, processos e fatores que os condicionam. Desse modo, alguns critérios são usados para a diferenciação desses movimentos: o tipo de material mobilizado, a velocidade com que

ocorrem, o modo de deformação, a geometria da massa movimentada e o conteúdo de água envolvido (FLORENZANO, 2008). Tais processos constituem apenas uma modalidade dos acidentes geológicos urbanos mais frequentes no Brasil, e ocorrem devido a alterações no meio físico, que são induzidas, potencializadas ou aceleradas por meio do uso e ocupação inadequados da terra (OLIVEIRA, 2010), como já destacado anteriormente.

2.1.1 - Tipos de movimentos de massa

Segundo Lopes (2006), não existe um único sistema classificador amplamente aceito e divulgado, portanto nesta pesquisa, serão abordados aqueles enumerados por Oliveira (2010), IPT (2007) e Cunha (1991), quais sejam: rastejamento, escorregamentos, quedas de blocos e corridas de massa (tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Classificação dos movimentos de massa

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/	MATERIAL ENVOLVIDO	GEOMETRIA
Rastejo (Creep)	Vários planos de deslocamento (internos)	Solo, depósitos de tálus, rocha alterada/fraturada	Geometria indefinida
	Velocidades muito baixas a baixas (cm/ano), decrescentes com a profundidade		
	Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes		
Escorregamentos (Slides)	Poucos planos de deslocamento (externos)	Materiais variáveis	Planares: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza
	Velocidades médias /altas (m/h a m/s)		Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas
	Pequenos a grandes volumes de material		Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (Falls)	Não possui plano de deslocamento	Matacão	Lascas
	Movimento do tipo queda livre ou em plano inclinado		Placas
	Velocidades muito altas (vários m/s)		Blocos
	Pequenos a médios volumes		
Corridas (Flows)	Rolamento de matacão	Solo	—
	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação)		
	Movimento semelhante a de um líquido viscoso		
	Velocidades médias a altas		
	Grandes volumes de material		
	Extenso raio de alcance mesmo em áreas planas	Água	

Fonte: Adaptado de IPT (2007)

2.1.1.1 - Rastejamento ou rastejo (creep)

Este processo corresponde ao deslocamento lento das partículas dos vários horizontes do solo ao longo de um talude, não apresentando superfície de ruptura bem definida (CUNHA, 1991; CASSETI, 2001).

Podem envolver grandes massas de solo de uma região inteira, sem que seja possível diferenciar o material em movimento do material estacionário. A movimentação lenta é provocada pela ação da gravidade, no entanto efeitos de variações de temperatura e umidade podem intervir no processo, apenas nos estratos superiores do talude. Nas zonas mais profundas somente a gravidade atua (CUNHA, 1991).

A velocidade baixa (cm/ano) diminui com a profundidade, chegando a anular o movimento, que pode ser percebido em muros, postes e árvores inclinados. É um fenômeno que pode ocorrer naturalmente, e sua frequência se relaciona à declividade e característica do material. Assim, quanto maior o declive e mais plástico o material, ou seja, quanto mais argila apresentar, maior será a propensão ao deslocamento, podendo até preceder movimentos mais rápidos como os escorregamentos (CASSETTI, 2001).

Os rastejamentos podem ter origem a partir da instabilização de encostas pela abertura de cortes, assim como pelo pisoteio do gado e escavação de buracos por animais. Pode afetar desde pequenas obras como casas, edificações e redes de abastecimento, até grandes construções como pontes e viadutos (GUIDICINI, NIEBLE, 1983). Tal processo pode ser evidenciado por trincas abertas no terreno, árvores que apresentam inclinações variadas, presença de matacões rolados, deslocamento de postes, cercas, e rodovias e ferrovias fora de alinhamento, assim como sistematiza a figura 2.1 e mostra a figura 2.2.

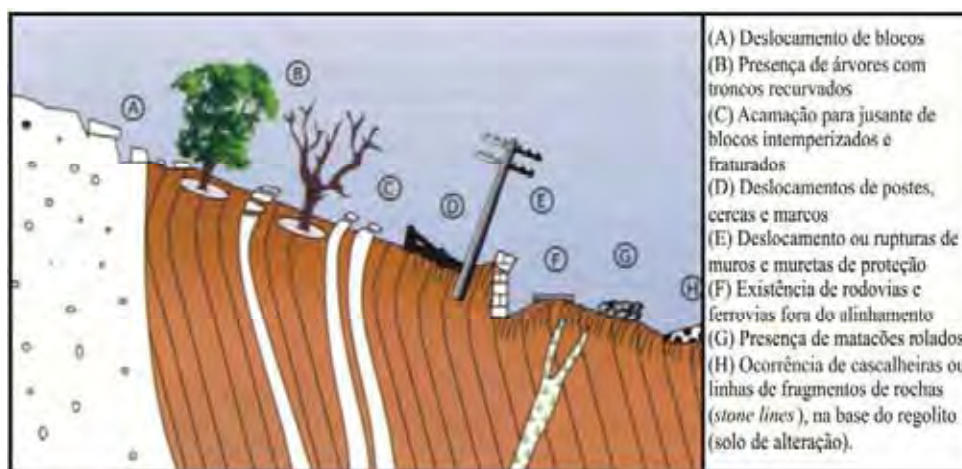


Figura 2.1 - Perfil esquemático de encosta submetida a processo de rastejo

Fonte: Oliveira, 2010



Figura 2.2: Rastejo em tálus, com basculamento de moradias e inclinação de postes pela movimentação do solo.

Fonte: Extraído de Nogueira (2002).

2.1.1.2. - *Escorregamentos*

O principal agente deflagrador dos escorregamentos é a água. Neste sentido, Cassetti (2001) evidencia que este processo corresponde ao deslocamento de massa do regolito sobre o embasamento saturado de água. Dentre os acidentes geológicos, os escorregamentos são os que mais têm causado danos ao homem. Tais movimentos se configuram por serem rápidos (m/h a m/s), de curta duração, com limites laterais e profundidade bem definidos. Esse processo pode envolver solo, solo e rocha, apenas rocha ou ainda, depósitos de tálus (OLIVEIRA, 2010; SILVA, 2010). No entanto, a velocidade máxima do movimento, depende da inclinação da superfície de deslocamento, da causa inicial do processo e da natureza do terreno (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

A geometria dos escorregamentos pode ser circular, planar ou em cunha (figura 2.3) em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza dos materiais movimentados, que condicionem a formação de superfícies de ruptura (LOPES, 2006; CASSETTI, 2001; OLIVEIRA, 2010).

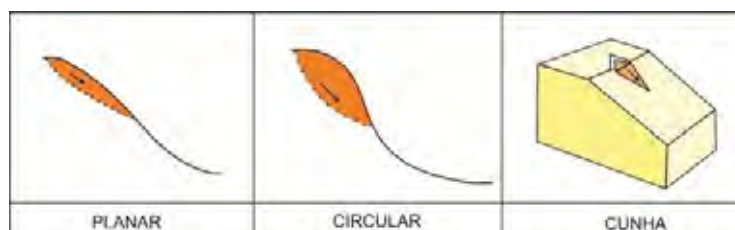


Figura 2.3: Geometria dos movimentos de massa associados a escorregamentos

Fonte: Oliveira, 2010

Florenzano (2008), Guidicini; Nieble (1983), Cunha (1991), IPT (2007) e Silva (2010) dividem ainda os escorregamentos em: rotacionais, translacionais, em cunha ou induzidos.

2.1.1.2.1 Escorregamentos rotacionais

Os escorregamentos rotacionais são aqueles cujo plano de ruptura pode ser curvo ou côncavo, normalmente deslocando grande quantidade de material de forma rotacional (figura 2.4). Tal processo está vinculado a regiões com formações de pacotes de solo bem desenvolvidos, e seu início se dá devido ao desgaste natural da base da encosta pelo sistema fluvial, ou então a condições artificiais, como o corte da encosta para construção de estradas, por exemplo (FLORENZANO, 2008).

Neste tipo de escorregamento é comum a ocorrência de uma série de rupturas combinadas e sucessivas, associadas a aterros, pacotes de solo ou depósitos mais espessos, rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas (IPT, 2007).

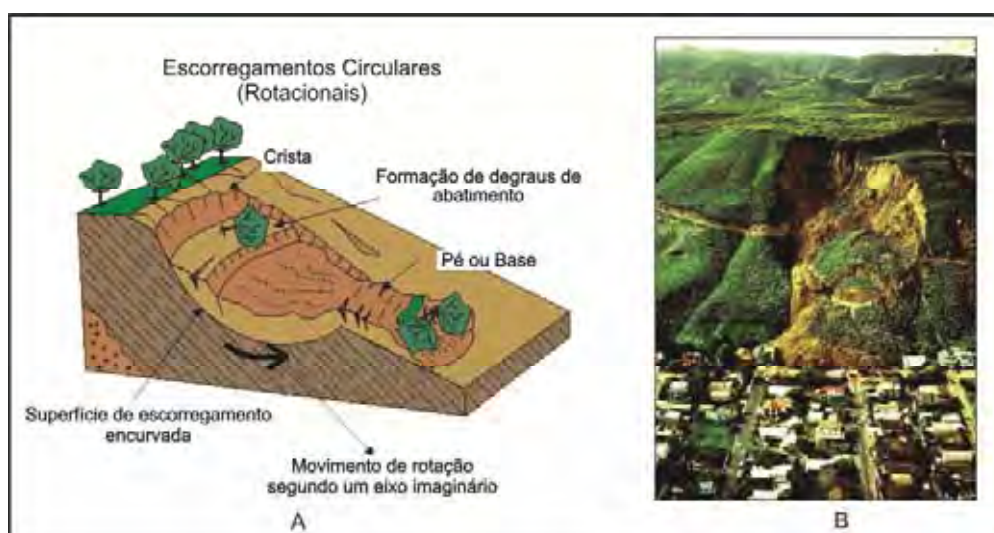


Figura 2.4: A) Perfil esquemático de escorregamentos rotacionais, B) Exemplo de escorregamento rotacional

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html>

2.1.1.2.2 Escorregamentos translacionais

Segundo o IPT (2007) os escorregamentos translacionais são processos que apresentam plano de ruptura abrupto, bem definido, planar, e possuem curta duração. A figura 2.5 mostra um esquema deste tipo de escorregamento.



Figura 2.5: A) Perfil esquemático de escorregamentos translacionais, B) Exemplo de escorregamento translacional

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>

Estes processos podem ocorrer em taludes mais abatidos, sendo geralmente mais extensos que os rotacionais, atingindo centenas a milhares de metros. Neste sentido, é que sua geometria se caracteriza por pequena espessura e forma retangular estreita, ou seja, o comprimento do deslizamento é bem superior à sua largura (IPT, 2007).

Esse tipo de movimento ocorre durante chuvas intensas, quando se eleva a poropressão em uma superfície de descontinuidade (FLORENZANO, 2008).

São processos muito freqüentes nas encostas das serras brasileiras, sendo predominantes em solos pouco desenvolvidos de vertentes com altas declividades. No entanto, podem ocorrer associados a solo saprolítico, saprólitos e rocha, que estejam condicionados a um plano de fraqueza desfavorável à estabilidade, relacionado a estruturas geológicas como foliação, xistosidade, fraturas, falhas, etc (IPT, 2007).

2.1.1.2.3 Escorregamentos em cunha

Este tipo de escorregamento está associado aos saprólitos e maciços rochosos que possuam dois planos de fraqueza desfavoráveis a estabilidade (figura 2.6). Estão ligados a taludes de corte e encostas com presença de erosão ou deslizamentos pretéritos (IPT, 1991).

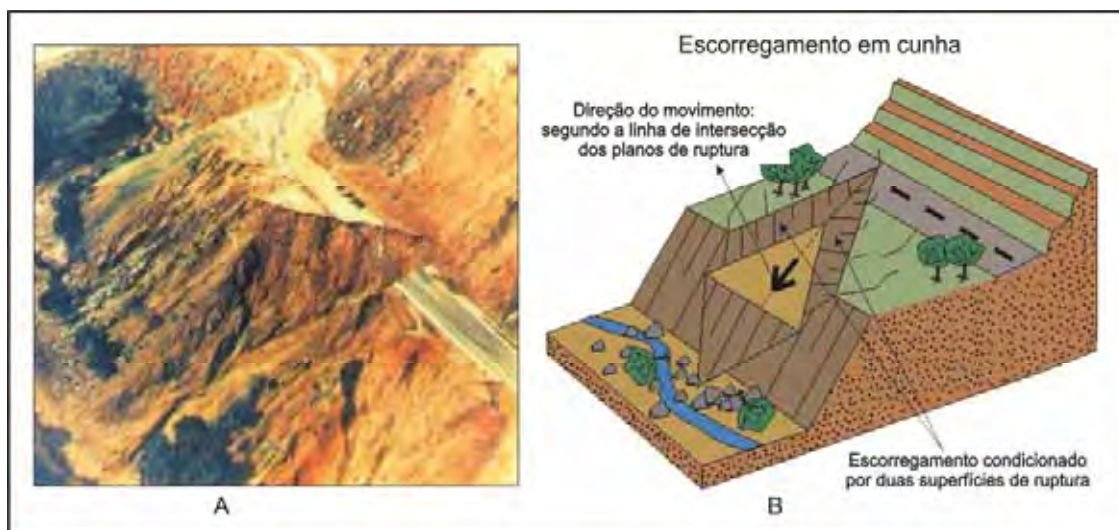


Figura 2.6: A) Ex. de escorregamento em cunha, B) Perfil esquemático de escorregamentos em cunha
 Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html>

2.1.1.2.4 Escorregamentos induzidos

Este tipo de movimento está vinculado à ação antrópica. Ocorrem em áreas com execução de cortes e aterros inadequados, pela concentração de águas pluviais ou servidas, pela retirada da vegetação, entre outras interferências humanas (IPT, 2007). Muitas vezes mobilizam materiais produzidos pela própria ocupação humana como lixo e entulho (SILVA, 2010).

2.1.1.3 - Quedas

As quedas são movimentos extremamente rápidos (m/s) que envolvem blocos e/ou lascas de rochas em queda livre (IPT, 2007; OLIVEIRA, 2010).

Este processo se condiciona à presença de afloramentos rochosos em encostas íngremes, abruptas ou taludes de escavação, como cortes em rochas e frentes de lavra (IPT, 1991).

As principais causas que desencadeiam este processo são: descontinuidades no maciço rochoso, subpressão por meio de acúmulo de água, penetração de raízes nas descontinuidades e fraturas. Vibrações causadas pelo meio antrópico podem acelerar o processo, que também pode ser potencializado por meio da dilatação e contração da rocha (IPT, 2007). A figura 2.7 ilustra o perfil da queda de blocos.

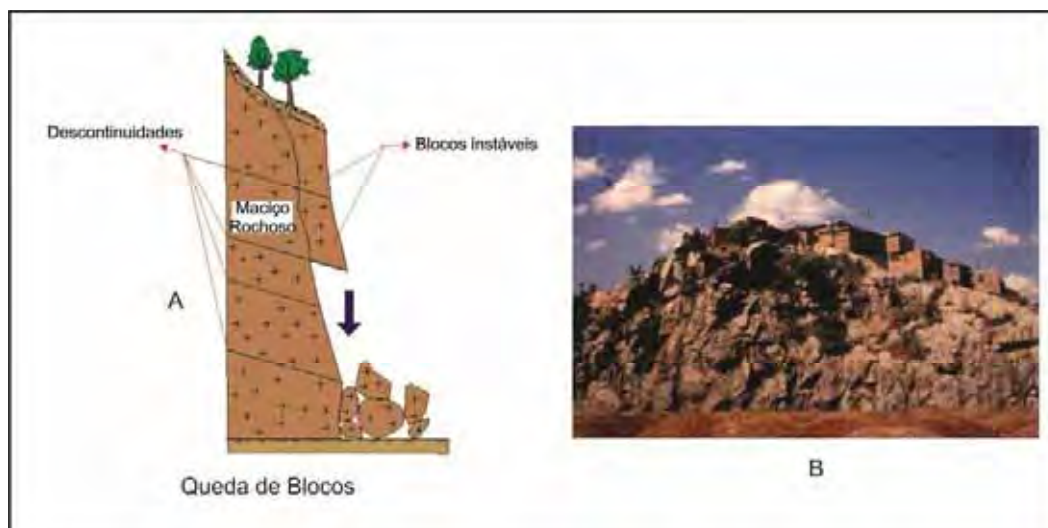


Figura 2.7: A) Perfil esquemático de quedas de blocos, B) Exemplo de local propício a queda de blocos
 Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09e.html>

Segundo o IPT (2007), existem mais dois processos, além das quedas, envolvendo afloramentos rochosos: o tombamento de blocos e o rolamento de blocos.

O tombamento (figura 2.8) se dá, principalmente, quando ocorrem mudanças na geometria de um talude de corte, que acaba desconfinando rochas com algum tipo de descontinuidade (fraturas, diáclases), propiciando o tombamento das paredes do talude. Já o rolamento (figura 2.9) acontece quando processos erosivos naturais removem a base de apoio de um matacão isolado e exposto em superfície, que se descola e rola encosta abaixo. Das ações antrópicas que propiciam este tipo de processo enfatizam-se a escavação e a retirada do apoio, decorrentes de ocupações desordenadas nas encostas (IPT, 2007).

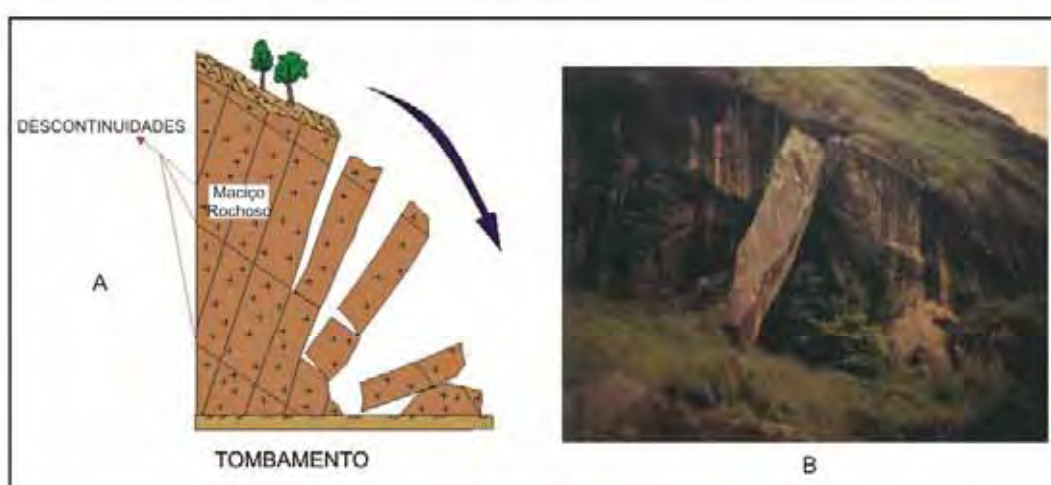


Figura 2.8: A) Perfil esquemático de tombamento de blocos, B) Ex. de tombamento de blocos
 Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09f.html>

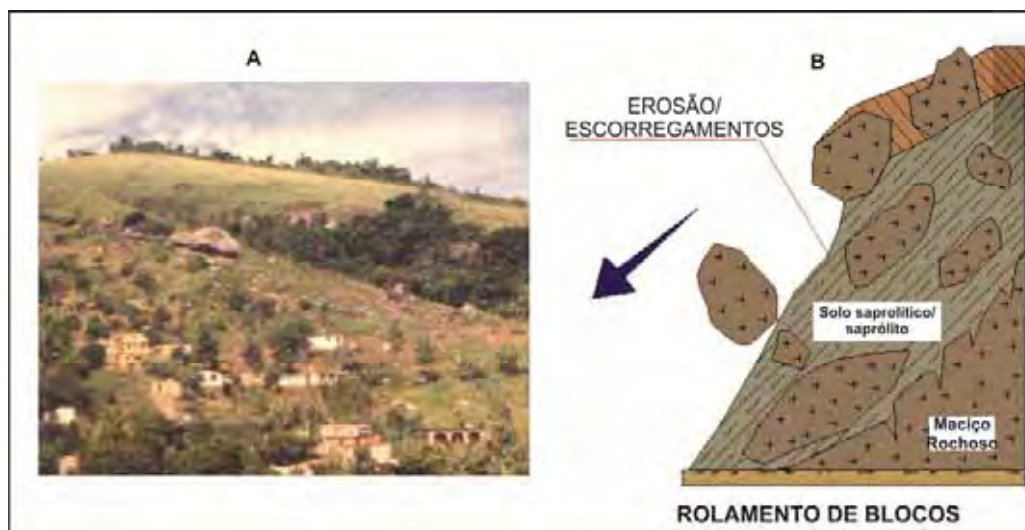


Figura 2.9: A) Exemplo de rolamento de blocos, B) Perfil esquemático de rolamento de blocos
 Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html#3>

2.1.1.4 Corridas de massa

As corridas de massa ocorrem a partir de deslizamentos na encosta. São movimentos rápidos, que mobilizam grande volume de material que se comportam como fluidos altamente viscosos. Seu deslocamento se dá ao longo de um ou mais canais de drenagem (FLORENZANO, 2008; IPT, 2007).

Por serem movimentos altamente complexos e ligados a eventos pluviométricos excepcionais são mais raros que os escorregamentos, porém suas conseqüências possuem magnitudes muito superiores, devido a seu grande poder destrutivo e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas (IPT, 2007).

2.2 – ESTRUTURAS DAS ENCOSTAS

A maioria dos processos de movimentação de massa ocorre nas encostas das vertentes. As encostas são regidas por meio de um equilíbrio entre forças internas do planeta, que agem no sentido de elevar a superfície da Terra; e forças externas que tendem a arrasar, dissecar estas feições (CUNHA, 1991). São um tipo de relevo com comportamento dinâmico, cuja estabilidade se refere a fatores naturais (formação geológica do maciço, evolução estrutural, cobertura vegetal), bem como às interferências ambientais ou antrópicas (SILVA, 2010).

Podem ser descritas por meio de superfícies geométricas, que constituem o topo e outros diversos segmentos da encosta, que compõem seu perfil longitudinal. Desse modo, uma encosta apresenta perfil retilíneo quando a declividade se mantém constante ao longo de

sua extensão; convexo, quando a declividade tende a diminuir e, côncavo quando a declividade tende a crescer com o aumento da altura da encosta (figura 2.10) (OLIVEIRA; BRITO, 1998; CUNHA, 1991).

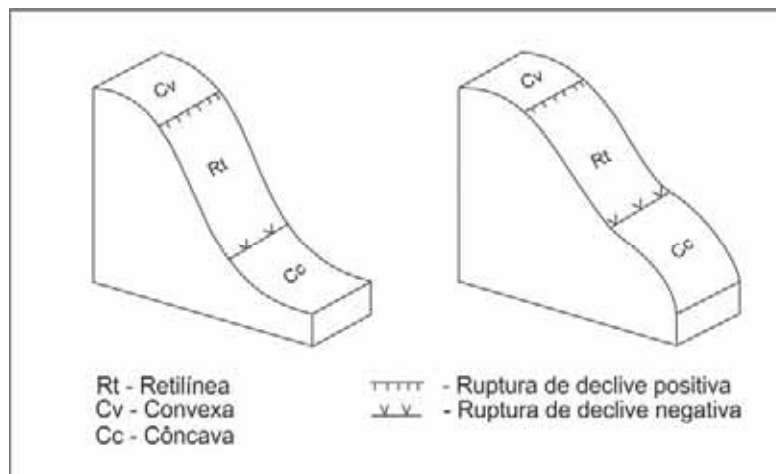


Figura 2.10 - Superfícies geométricas dos perfis de encostas
Fonte: Oliveira; Brito, 1998

Os solos e as rochas são os dois grandes grupos de materiais que compõem uma encosta, determinando o comportamento geotécnico das mesmas, tais como resistência, erodibilidade, plasticidade, etc. Assim, para se entender o comportamento de uma encosta é preciso identificar suas características geométricas, os tipos de terrenos que a sustentam, e seu ambiente fisiográfico, como clima, cobertura vegetal, etc. (CUNHA, 1991).

As encostas podem ser ainda, originadas naturalmente ou modificadas pelo homem. Dessa maneira, encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, originadas por agentes naturais, são classificadas pelo IPT (2007) como encostas naturais ou taludes naturais (Figura 2.11).

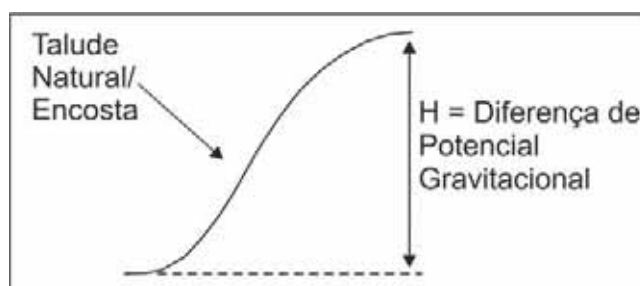


Figura 2.11 - Perfil de encosta natural
Fonte: IPT, 2007

Ainda, existem as encostas fruto de processos de escavação executados pelo homem, que são classificadas como taludes de corte. Já os taludes de aterro, são aqueles originados pelo aporte de materiais como solo, rocha, rejeitos industriais ou de mineração (IPT, 2007). (figura 2.12.)

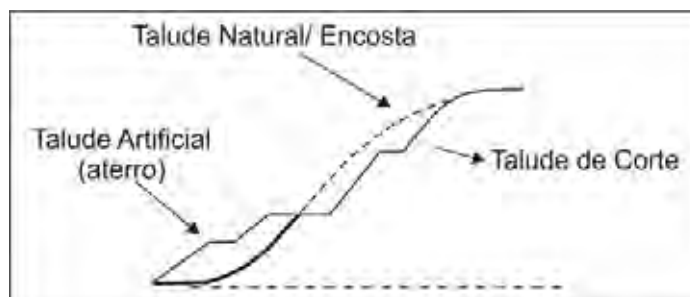


Figura 2.12 - Perfil de encosta com talude de corte e aterro
Fonte: IPT, 2007

2.2.1 - Características geométricas básicas de uma encosta

Segundo o IPT (2007) e CUNHA (1991), os taludes, pela sua geometria básica, se compõem de inclinação e declividade.

- a) *Inclinação*: consiste no ângulo médio da encosta com o eixo horizontal, que é medido, geralmente, a partir da base desta. É expressa em graus ($^{\circ}$). (figura 2.13).

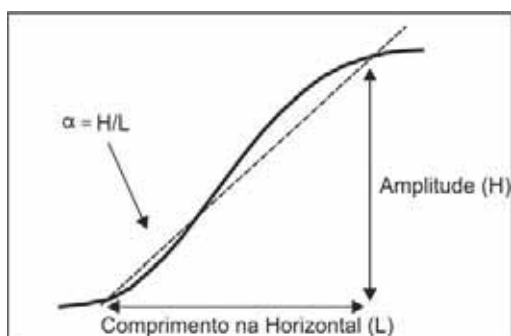


Figura 2.13: Cálculo da inclinação de uma encosta
Fonte: IPT, 2007

- b) *Declividade*: representa o ângulo de inclinação da relação percentual entre o desnível vertical (H), com o comprimento horizontal da encosta (L), como mostra a figura 2.14. É expressa em porcentagem (%) ou em graus ($^{\circ}$).

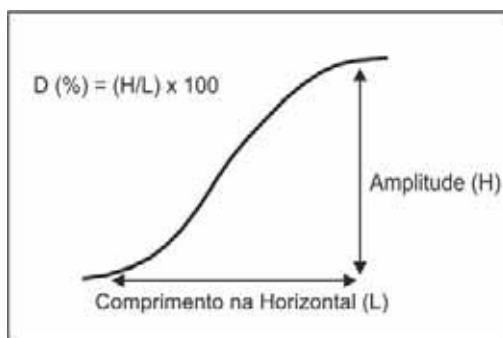


Figura 2.14 - Cálculo da declividade
Fonte: IPT, 2007

Inclinação e declividade apresentam ainda, uma relação entre seus valores, mostrados na tabela 2.2. Cabe ressaltar, que para alguns outros autores, declividade e inclinação são vistos como sinônimo, como a mesma medida, variando somente a unidade (graus ou porcentagem).

Tabela 2.2 – Conversão entre os valores de declividade e inclinação

Declividade (%)	Inclinação (°)
100%	45°
50%	~ 27°
30%	~ 17°
20%	~ 11°
12%	~ 7°
6%	~ 3°

Fonte: IPT, 2007

2.3 FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA

A estabilidade de uma encosta depende tanto de fatores naturais intrínsecos ao terreno, quanto de fatores biológicos e antrópicos.

A fim de sistematizar e facilitar o entendimento sobre a influência destes fatores no meio físico, diversos pesquisadores como Guidicini; Nieble (1983), Cunha (1991), IPT (2007), Silva (2010), Araújo (2004), Martini (2006), Oliveira (2010), Oliveira; Brito (1998), Nogueira (2002) entre outros, os dividiram em agentes e causas (tabela 2.3).

Dentro da conceituação dos agentes naturais, tais autores distinguiram dois tipos: os agentes predisponentes e os agentes efetivos. Para os agentes efetivos criaram ainda uma subdivisão em agentes efetivos preparatórios e agentes efetivos imediatos. Quanto às causas, subdividiram em internas, externas e intermediárias.

Cabe salientar que na maioria dos processos de instabilização de encostas atuam mais de um condicionante, agente, causa ou fator, concomitantemente (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

Tabela 2.3: Agentes e causas de movimentos de massa

AGENTES			CAUSAS		
Predisponentes	Efetivos		Internas	Externas	Intermediárias
	Preparatórios	Imediatos			
Complexo geológico, complexo morfológico, complexo climato-hidrológico, gravidade, calor solar, tipo de vegetação	Pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação da temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação de lençol freático, ação humana e de animais	Chuvas intensas, fusão de gelo e neve, erosão, terremoto, ondas, vento, ação do homem	Efeitos das oscilações térmicas, redução dos parâmetros de resistência por intemperismo	Mudanças na geometria do sistema, efeitos de vibrações, aumento do declive do talude por processos naturais ou artificiais, deposição de material na porção superior do talude	Liquefação espontânea, elevação do nível de água em massas “homogêneas” e descontinuidades, rebaixamento rápido do lençol freático, erosão subterrânea retrogressiva (piping), diminuição do efeito de coesão aparente

Fonte: Extraído de Araújo (2002)

2.3.1 Agentes predisponentes

Os agentes predisponentes são aqueles que dizem respeito apenas às condições e características naturais do relevo, nelas não atuando a ação do homem (GUIDICINI; NIEBLE, 1983, SILVA, 2010).

Segundo Guidicini; Nieble (1983) e Cunha (1991), tais agentes podem ser caracterizados em:

a) **Complexo geológico-geotécnico:** diferentes rochas e solos possuem diferentes resistências, além da natureza petrográfica, seu estado de alteração devido ao intemperismo, o grau de falhamentos e dobramentos devido à ação tectônica, à orientação e mergulho das camadas, às formas estratigráficas, e à intensidade de diaclasamento nas rochas, etc.

Todos esses fatores intrínsecos aos complexos litológicos e terrosos agem no sentido de auxiliar na deflagração dos movimentos de massa.

No entanto, no meio rochoso, o intemperismo é um dos mais importantes fatores, pois leva ao seu enfraquecimento gradual (GUIDICINI; NIEBLE, 1983). Nesse sentido, Araújo (2004) coloca que nas rochas, o processo de alteração é diferente daquele que ocorre nos solos, pois no solo a alteração causada pela intemperismo pode resultar em adensamento ou cimentação das partículas, resultando numa maior resistência às rupturas, enquanto que nas

rochas causa redução nos parâmetros de resistência do maciço rochoso, como diminuição da coesão e do ângulo de atrito interno (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

Vale salientar que para Guidicini; Nieble (1983) o intemperismo pode ainda, enfraquecer um meio rochoso ou terroso pela dissolução dos elementos com função de cimentação em solos ou rochas sedimentares.

Desta maneira, quando a pedogênese atua nos solos, pode tanto levar a uma cimentação secundária aumentando sua resistência, quanto a uma dissolução dos elementos que têm a função de cimentar esse solo, a depender de suas características mineralógicas. Já nas rochas, o intemperismo atua somente no sentido de diminuir sua resistência, provocando alterações na coesão, ângulo de atrito, deformabilidade e permeabilidade das mesmas.

Portanto, nos taludes rochosos, os mecanismos de instabilização são controlados pelo grau de alteração, e pelas anisotropias existentes no maciço, tais como xistosidade, juntas, falhas, acamamento, foliação, etc (OLIVEIRA; BRITO, 1998; SILVA, 2010).

Nos maciços terrosos, a resistência à ruptura varia bastante, dependendo da gênese e características dos solos. Propriedades como peso específico, porosidade, índice de vazios, mineralogia, granulometria, plasticidade, permeabilidade, etc são alguns dos parâmetros que influenciam direta ou indiretamente, na suscetibilidade dos solos aos movimentos de massa (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

A textura heterogênea dos colúviões e depósitos de tálus, pela origem de materiais mobilizados, também desempenham papel importante no processo de instabilização de encostas. Os tálus podem ainda se saturarem facilmente por ocuparem linhas de drenagem ou base de encostas, o que os torna muito sensíveis a oscilação do lençol freático (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

b) **Complexo geomorfológico:** diz respeito à declividade, formas do relevo, orientação das vertentes, etc.

Um dos elementos mais importantes no estudo da instabilidade das encostas é a declividade. Silva (2010) apoiada em diversos autores diz que o aumento da declividade é diretamente proporcional ao aumento da ocorrência de deslizamentos. Sidle *et al.* (1985 *apud* Araújo 2004) argumentam que apesar da dificuldade em estabelecer limites para o ângulo de inclinação das encostas, aquelas com ângulos maiores que 25° podem apresentar movimentação mais rápida do que as de valores inferiores. Já Lopes (2006) coloca que os escorregamentos ocorrem em encostas com declividade acima de 20°. Neste sentido, Silva (2009) destaca que escorregamentos tendem a acontecer naturalmente nas médias e altas

declividades, mesmo em vertentes desocupadas, mas a ação antrópica pode induzi-los ou catalisá-los.

Além da declividade, diversos autores destacam também a forma das vertentes como elemento importante na análise da suscetibilidade das encostas. De maneira geral, classificam as côncavas como de elevada suscetibilidade, por concentrarem o fluxo de água levando a maior saturação (FERNANDES *et al.*, 2001); as convexas como sendo de média suscetibilidade; e as planas como sendo de baixa suscetibilidade (SILVA, 2010).

c) **Complexo climático-hidrológico:** diz respeito ao clima, regime de águas meteóricas e subterrâneas.

Num país de clima tropical como o Brasil, é notável a maior ocorrência de escorregamentos no período chuvoso, entre os meses de dezembro a março mais destacadamente.

Segundo autores como Araújo (2004), Lopes (2006), Silva (2010), Fernandes *et al.* (2001) e Cunha (1991) a pluviosidade é o principal agente deflagrador imediato dos escorregamentos, pois diminui a coesão e ângulo de atrito do meio saturado; aumenta o peso específico do solo somente com seu umedecimento, mesmo antes que se atinja a saturação; e mesmo não havendo formação de níveis de água rasos para interferir na deflagração dos escorregamentos, localmente numa encosta pode ocorrer um meio mais permeável sob um meio menos permeável, criando condições de formação de N.A. (Nível de Água) mesmo que de curta duração.

Guidicini e Iwasa (1976 *apud* Lopes 2006) em estudo feito em nove cidades concluíram que índices pluviométricos acima de 250 – 300 mm diários são suficientes para desencadear movimentos de massa em qualquer situação, e que valores diários em torno de 20% da pluviosidade média anual são muito favoráveis à deflagração de episódios de escorregamentos.

d) **Gravidade:** movimentação de partículas encosta abaixo pela ação da gravidade.

e) **Calor solar:** oscilações de temperatura com contração e dilatação em massas rochosas.

f) **Vegetação:** o papel da vegetação é importante na estabilidade dos taludes à medida que há:

- Redistribuição da água proveniente das chuvas: as copas e demais partes das árvores impedem que as chuvas atinjam diretamente o solo, diminuindo o impacto das gotas da chuva na superfície.

As árvores também fazem com que seja diminuta a quantidade de água que penetra no solo, restringindo assim a perda de coesão do ângulo de atrito. Com menos água chegando ao solo, por consequência há ainda, uma queda no seu aumento específico por umedecimento e menor possibilidade de formação de N.A. (LOPES, 2006; ARAÚJO, 2004)

- Aumento da resistência do solo devido às raízes: as raízes das árvores tendem a aumentar a resistência do solo à ruptura de duas formas: pelo reforço mecânico do solo, onde há transferência parcial da tensão de cisalhamento atuante no solo para as raízes; e por escoramento, quando as raízes profundas passam a atuar como pilastras de sustentação dos horizontes superficiais (LOPES, 2006; ARAÚJO, 2004).

Mas, a vegetação também causa efeitos desfavoráveis na estabilidade das encostas, como:

- **Efeito alavanca:** produzido pelos troncos quando as copas das árvores são agitadas pelo vento;
- **Efeito cunha:** se dá pela ação das raízes ao penetrar em fendas, fissuras e canais do solo ou rocha;
- **Efeito da sobrecarga vertical sobre a encosta:** se dá em florestas tropicais densas em que o peso das árvores é um efeito indesejado quando associado à instabilizações com superfície de ruptura rasa (IPT, 1988 a, 1988c *apud* Lopes 2006).

Contudo, são inegáveis os benefícios trazidos pela vegetação na estabilização das encostas. Segundo Santos (2002 *apud* ARAÚJO 2004) ela é o único fator externo inibidor do movimento superficial dos terrenos, cumprindo esse papel por meio de alguns atributos: impedindo a ação direta das gotas da chuva no solo; provocando retenção por molhamento de parte da água da chuva que chegaria ao solo; retirando por absorção e devolvendo por

evapotranspiração parte da água infiltrada no solo; agregando, tornando coeso e retendo os solos superficiais por meio de uma malha superficial e subsuperficial de raízes.

2.3.2- Agentes efetivos

Os agentes efetivos são aqueles diretamente responsáveis pelo desencadeamento do movimento de massa, incluindo-se a ação humana. Podem atuar de forma mais ou menos direta. São agentes efetivos: a pluviosidade, a erosão pela água ou vento, o congelamento e o degelo, a variação de temperatura, a dissolução química, a ação de fontes e mananciais, a oscilação de nível dos lagos e marés e do lençol freático, a ação humana e de animais, inclusive o desflorestamento, a fusão de gelo e neve, o terremoto, as ondas, etc (IPT, 2007):

2.3.2.1 - Ação antrópica

Apesar dos movimentos de massa serem processos naturais na dinâmica das vertentes, a ação do homem, por meio do uso e ocupação inadequados da terra interfere neste processo significativamente.

Segundo o IPT (2007) as principais modificações causadas pelo homem, que catalisam os movimentos de massa são: remoção da cobertura vegetal; lançamento e concentração de águas pluviais; vazamento na rede de abastecimento; esgoto e presença de fossas; execução de cortes com geometria inadequada (altura/inclinação); execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação); lançamento de lixo nas encostas; e, vibrações produzidas por tráfego pesado, bem como explosões em minerações. Cerri (1993) ainda lista a instalação de moradias muito próximas à base ou ao topo de taludes naturais, ou de corte e execução de cortes e aterros objetivando a construção de moradias.

Farah (1998 *apud* NOGUEIRA, 2002) sistematizou a ação antrópica nas áreas de encostas, as quais estão destacadas na tabela 2.4

Tabela 2.4: Sistematização da ação antrópica nas encostas

Demandas típicas da ocupação	Inadequações geotécnicas ou de infra-estrutura	Potencialização de escorregamentos
Desmatamento	Retirada indiscriminada da vegetação	Exposição do solo e perda da estruturação superficial conferida pelas raízes; aumento da infiltração com favorecimento à elevação da carga piezométrica em chuvas; exposição à erosão.
Execução de cortes	Alteração inadequada de maciços	Desconfinamento do maciço, com possibilidade do aparecimento de juntas a montante, possibilitando infiltrações.
	Cortes com inclinação e/ou altura excessivas	Possibilidade de ultrapassagem do limite natural de estabilidade do talude.
	Cortes em descontinuidades de maciços	Possibilidade de quebra da situação anterior de equilíbrio das camadas sobrepostas.
	Cortes com ausência ou deficiência de proteção superficial ou drenagem	Saturação do solo, combinada ou não com elevação do lençol freático - escorregamentos mesmo em declives suaves.
	Cortes com erosão remontante	"Descalçamento" do pé do talude de corte
Execução de aterros	Aterros com fundações inadequadas	Recalque do aterro - escorregamentos
	Deficiências no corpo do aterro propriamente dito	Deficiência ou ausência de compactação; adoção de características geométricas (altura e/ou inclinação) inadequadas ao tipo de solo - escorregamentos.
	Inadequações em aterros sobre linhas de drenagem	Não execução ou sub- dimensionamento de galerias ou sua obstrução por lixo ou entulhos vindos de montante.
	Deficiências ou ausências de drenagens internas e superficiais e de proteção superficial	Taludes de aterro normalmente requerem sistemas de drenagem interna e superficial para sua estabilidade (filtros, dreno, escadas de água, canaletas de pé e de crista, etc.) e proteção superficial (por vegetação ou outro sistema).
Concentração de águas pluviais	Deficiência de concepção ou ausência de sistema de drenagem	Concentrações de fluxos e lançamento de águas pluviais podem causar escorregamento ou erosão, tanto em taludes naturais quanto em taludes de cortes ou aterros.
Lançamento de águas servidas	Ausência de redes de esgotamento sanitário	Infiltração contínua de água tende a saturar o solo e participar da elevação da carga piezométrica, principalmente quando somada a chuvas - escorregamentos.
Tubulações de água e esgoto	Vazamentos	Saturação do solo e/ou criação de fluxos subterrâneos - escorregamentos
Fossas negras ou sépticas	Ausência de redes de esgotamento sanitário	Saturação do solo e/ou criação de fluxos subterrâneos - escorregamentos.
Lançamento de lixo ou entulho	Ausência ou deficiência na coleta de lixo e entulhos e/ou deficiências de educação ambiental	A massa heterogênea constituída pelos detritos e refugos, com reduzidos parâmetros de resistência, é capaz de armazenar grande quantidade de água durante as chuvas e se instabiliza, podendo também afetar a estabilidade de porções do terreno do substrato.

Fonte: Extraído de Nogueira (2002)

Nogueira (2002) chama atenção ainda, para os riscos associados aos maciços artificiais em áreas urbanas, como aterros, lixos em encostas e aterros sanitários, cujos materiais mobilizados são muito permeáveis, porosos e de baixa resistência (tabela 2.5). O caso mais recente de acidente com esse tipo de encosta, ocorreu em Niterói (Rio de Janeiro), em abril de

2010, com quase 50 mortes no Morro do Bumba, cujas casas foram construídas em cima de um antigo lixão.

Tabela 2.5: Processos de instabilização específicos de maciços artificiais

Processo	Condição de instabilização	Característica do movimento	Exemplos de ocorrência
Escorregamentos em aterros	Ruptura de aterro sobre argilas moles	Escorregamentos rotacionais podem ocorrer durante a construção, ou por alteração das condições de equilíbrio por meio de corte na base do talude ou por sobrecarga.	Vila Barraginha, Contagem (MG), em 1992, com 36 mortes.
	Ruptura de aterro sobre fundação resistente	Pequenas rupturas associadas a cortes na porção basal ou por processos erosivos quando localizados junto a cursos d'água	Raramente provocam acidentes de maior impacto
	Ruptura de aterro a meia encosta	Escorregamentos geralmente conchoidais, condicionados pela superfície do terreno original.	Favela Nova República, São Paulo (SP), em 1989, com 14 vítimas fatais.
	Ruptura de saia de aterro	Escorregamentos translacionais por saturação das camadas superficiais, menos compactadas ou por corte na região basal	
Escorregamentos em aterros sanitários		“Corrida de lixo”: deslocamento na forma de líquido viscoso.	Aterro sanitário Bandeirantes, São Paulo (SP), em 1991, sem vítimas.
Escorregamentos em depósitos artificiais de encostas		Normalmente delgados, paralelos ao talude ou condicionados pela superfície original do terreno. Massas mobilizadas fluidas, com grande velocidade e poder destrutivo.	Morro Santa Marta, em 1988 (8 mortes) e Morro de São Carlos, em 1993 (6 mortes), no Rio de Janeiro.

Fonte: Carvalho (1996 *apud* NOGUEIRA, 2002)

2.4- GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DE MOVIMENTOS DE MASSA

O termo geotecnologias vem sendo largamente utilizado para denotar o conjunto de tecnologias desenvolvidas para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. A coleta dos dados pode ser realizada por meio de digitalização de documentos cartográficos, análise de produtos de sensoriamento remoto, fotogrametria, levantamento de dados topográficos, pelos Sistemas Globais de Posicionamento (GPS), dados alfanuméricos, etc.

Obter e analisar informações sobre a distribuição espacial de recursos minerais, propriedades urbanas e rurais, fauna e flora, entre outros, sempre constituiu parte importante das sociedades organizadas. O anseio pelo conhecimento da distribuição geográfica de tais

fenômenos foi auxiliado pelo geoprocessamento por meio dos inúmeros SIG disponíveis no mercado, para levantamento e tratamento dos dados espaciais (LOPES, 2002).

O termo geoprocessamento se refere à disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Tal disciplina vem influenciando sobremaneira áreas como a cartografia, análises de recursos naturais, transportes, comunicação, energia e planejamento urbano e regional, etc (CÂMARA; DAVIS, 2001; LOPES 2002).

Desta maneira, é comum considerar o geoprocessamento como uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos, pois o espaço computacionalmente representado é uma linguagem comum para as diferentes áreas do conhecimento (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

Cabe ressaltar, que até recentemente, os mapas e documentos cartográficos eram produzidos de maneira analógica, o que demandava tempo e altos custos, além dos métodos utilizados nesta produção impossibilitarem a combinação de diversos dados e mapas. Com o advento do geoprocessamento, que surgiu com o desenvolvimento simultâneo da tecnologia da informática tornando possível armazenar e representar informações em ambiente computacional (LOPES, 2002), a produção de mapas e documentos foi dinamizada e os custos amortizados, uma vez que a recuperação dos dados é facilitada e a plotagem somente realizada quando estritamente necessário.

Deste modo, sempre que a componente locacional (“*onde?*”) for imprescindível à pesquisa que está sendo realizada, o geoprocessamento aparece como opção para auxiliar no desenvolvimento do trabalho (CÂMARA; DAVIS 2001). Na presente pesquisa, para se atingir os objetivos propostos, foi de extrema importância conhecer onde estão as áreas mais suscetíveis aos movimentos de massa, e para isso foi utilizada a sobreposição de mapas por meio da análise multicritério.

2.4.1 - Sistemas De Informação Geográfica - SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são as ferramentas computacionais para geoprocessamento, que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar um banco de dados georreferenciados (CÂMARA, DAVIS 2001). Permitem ainda, a automatização na produção de documentos cartográficos.

Segundo Lopes (2002), devido à ampla gama de aplicações, existem pelo menos três grandes maneiras de se utilizar um SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas – geração e visualização de dados espaciais;
- Como suporte para análise espacial – combinação de informações espaciais;
- Como banco de dados geográfico – com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Dentre as inúmeras definições propostas para os Sistemas de Informação Geográfica, para Burrough (1986 *apud* Martini, 2006) trata-se de um poderoso elenco de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real.

Segundo Rosa (2004), o SIG é uma base de dados digitais no qual um sistema de coordenadas espaciais é o meio primário de referência; e requer recursos de:

- Entrada dos dados a partir de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite, levantamento em campo, etc;
- Armazenamento, recuperação e busca de dados;
- Transformação de dados, análise e modelagem.

O grande diferencial de um SIG em relação a outros programas como os CAD por exemplo, diz respeito à sua capacidade em integrar grande quantidade de informação sobre uma área da paisagem, oferecendo ao usuário um repertório poderoso de ferramentas analíticas para explorar estes dados. A habilidade em separar as informações inseridas em camadas ou *layers*, e então combiná-las com outras camadas de informação é outra razão pela qual um SIG oferece tão grande potencial como ferramenta de pesquisa e apoio à tomada de decisão em diversos setores da sociedade (ROSA, 2004).

Quanto aos dados, num SIG eles são representados por pontos, linhas ou polígonos aos quais são associados atributos, isto é, características que descrevem as feições que estes pontos, linhas ou polígonos representam (ROSA, 2004).

2.4.2 - Componentes de um SIG

Os SIG's são sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados devidamente localizados no espaço e representados numa projeção cartográfica (LOPES, 2002). Como mostrado na figura 2.15, um SIG possui os seguintes componentes:

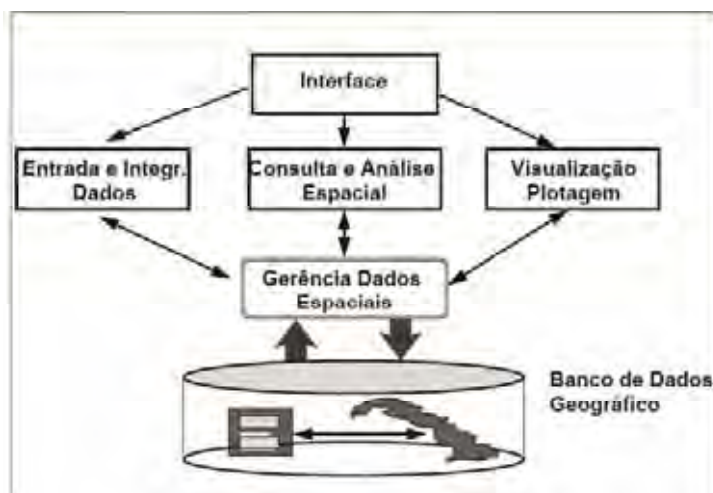


Figura 2.15 - Estrutura de um SIG
Fonte: Extraído de LOPES (2002).

A interface do sistema, diz respeito à relação homem-máquina, que define como o *software* é operado e controlado, sendo este o nível mais próximo ao usuário. Num nível mais intermediário, o SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais como entrada, edição, análise, visualização e saída destes dados. Internamente, o sistema deve possuir um banco de dados geográfico para armazenagem e recuperação dos dados (LOPES, 2002).

Segundo Lopes (2002) o SIG deve possuir cinco componentes básicos para seu ideal funcionamento (Figura 2.16).

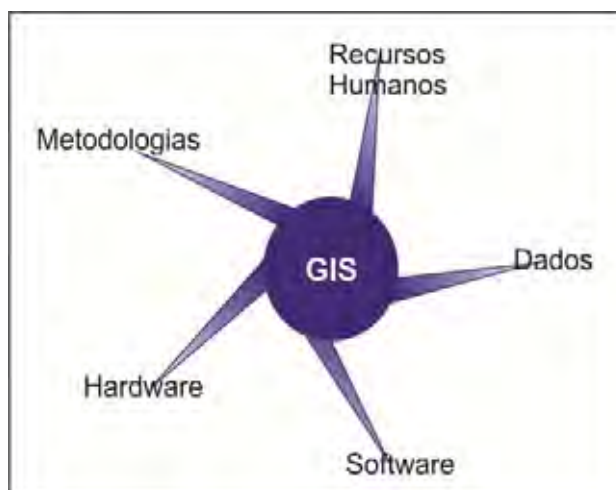


Figura 2.16 - Componentes de um SIG
Fonte: Extraído de LOPES (2002)

Os *softwares*, segundo Burrough (1989 *apud* LOPES, 2002) devem contemplar basicamente cinco módulos: 1) Coleta, padronização, entrada e validação de dados, 2) Armazenamento e gerenciamento da base de dados, 3) Transformação ou processamento de

dados, 4) Análise e geração da informação, 5) Saída e apresentação dos resultados. Os softwares mais comuns utilizados no Brasil são: ArcGIS, ArcView, Idrisi, Spring, para destacar alguns.

O *hardware* constitui-se no conjunto de equipamentos eletrônicos computacionais necessários para que o *software* possa desempenhar seu trabalho. São eles: computador e periféricos, impressora, ploter, scanner, unidades de armazenamento, etc (LOPES, 2002).

Os recursos humanos dizem respeito ao *peopleware*, que deve ser capacitado para maximizar o potencial de uso desta tecnologia.

Os dados são os materiais que alimentam o SIG. As bases de dados físicas são compostas por arquivos onde os dados são armazenados (LOPES, 2002).

As metodologias escolhidas para desenvolvimento da pesquisa devem ser consistentes para a obtenção de resultados adequados aos objetivos propostos no trabalho. Desta maneira é preciso definir métodos e procedimentos de entrada para que não haja redundância nas informações inseridas, bem como processamento e saída de dados, para que os produtos gerados atendam as necessidades de informação do usuário (LOPES, 2002).

2.5 - MODELAGEM DE DADOS

Modelar os dados em geoprocessamento significa traduzir o mundo real em outros domínios, a fim de descrever como a realidade geográfica será representada no sistema (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

O paradigma dos “quatro universos” (figura 2.17): universo real, universo matemático, universo de representação e universo de implementação, é a abordagem mais utilizada neste processo, segundo Câmara; Monteiro (2001).

- Universo do mundo real: inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema. Neste universo de representações podem ser cartografados tipos de solos, dados geofísicos e topográficos, bem como dados de cadastro urbano e rural.
- Universo matemático ou conceitual: inclui uma definição matemática das entidades inclusas no modelo;
- Universo de representação: local onde as diversas entidades formais são mapeadas para representações geométricas;

- Universo de implementação: momento em que as “estruturas de dados e algoritmos são selecionadas, com base em considerações como desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados”.

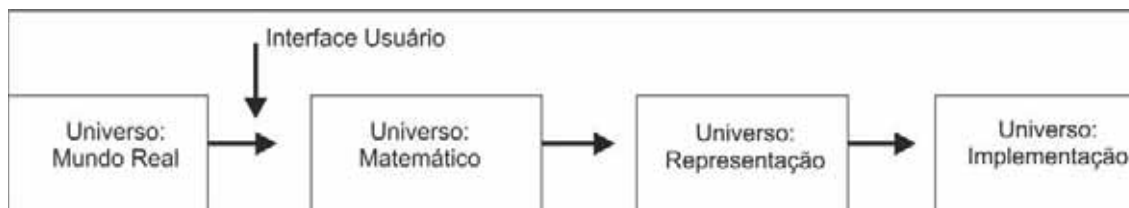


Figura 2.17: Modelagem de dados segundo os paradigmas dos quatro universos

Fonte: Câmara; Monteiro, 2001

2.5.1 - Dados Espaciais

Um elemento só pode ser localizado no espaço quando é passível de ser descrito em relação a outro elemento ou quando se determina sua localização em relação a um sistema de coordenadas. Neste sentido, os dados espaciais caracterizam-se justamente pelo atributo da localização geográfica. Entretanto, além da localização geográfica, os dados espaciais ou informações geográficas possuem também seus atributos descritivos, armazenados no banco de dados (LOPES, 2002).

A propriedade de localizar um objeto em função de suas relações espaciais com outros objetos inclui conceitos topológicos (vizinhança, pertinência, adjacência), métricos (distância) e direcionais (“acima de”, “a leste de”) (LOPES, 2002).

2.6 – UNIVERSO DO MUNDO REAL

2.6.1 - Tipos de Dados em Geoprocessamento

Segundo Câmara e Monteiro (2001) existem cinco principais tipos de dados em geoprocessamento: temáticos, cadastrais, em redes, modelos numéricos de terrenos (MNT) e imagens. Para a elaboração do presente estudo, foram utilizados dados temáticos, cadastrais, MNT e imagens.

Os dados temáticos são aqueles que descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica expressa de forma qualitativa. Os dados, que podem ser obtidos por meio de trabalhos de campo, são inseridos no sistema por digitalização, ou de maneira mais automatizada utilizando-se a classificação de imagens. São exemplos de dados temáticos os mapas de declividade, vegetação, pedologia, aptidão agrícola (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

Quanto aos dados cadastrais, cada um dos elementos é um objeto geográfico, que possui atributos – armazenados num sistema gerenciador de banco de dados - e pode estar associado a várias representações gráficas (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

Os dados cadastrais podem ser representados por pontos, linhas e polígonos, não sendo usual armazená-los na forma matricial (LOPES, 2002). São exemplos de dados cadastrais os lotes de uma cidade, que possuem atributos como dono, localização, valor, IPTU, etc.

Segundo Câmara e Monteiro (2001), o termo MNT é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Ainda segundo os autores, entre os usos dos MNT, podem-se citar:

- Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- Análises de corte de aterro para projeto de estradas e barragens;
- Cômputo de mapas de declividade e exposição para apoio a análises geomorfológicas e de erodibilidade;
- Análises de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- Apresentação tridimensional;

Ainda segundo Câmara e Monteiro (2001), os MNT's podem ser representados de duas maneiras: numa grade regular ou numa grade triangular (TIN).

A grade regular é mais eficiente para representações de variáveis geofísicas e para operações com visualização em 3D. Nas representações de relevo com grande variação altimétrica, este tipo de grade não se faz eficiente pela sua grade de amostragem fixa. Tal grade é uma representação do tipo matricial, onde cada elemento da matriz está associado a um valor numérico (CAMARA; MONTEIRO, 2001), como mostra a figura 2.18.



Figura 2.18: Grade regular e sua superfície correspondente
Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001

Já a grade triangular ou TIN representa uma superfície do terreno por meio de faces triangulares interligadas, numa estrutura do tipo vetorial com topologia arco-nó. Cabe ressaltar que quanto mais equiláteros forem os triângulos da malha, maior será a exatidão com

que descrevem o terreno. Assim, para cada vértice do triângulo são armazenadas coordenadas de localização x e y , e um atributo z com o valor de altitude ou elevação (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

A figura 2.19 mostra uma superfície baseada na grade triangular.

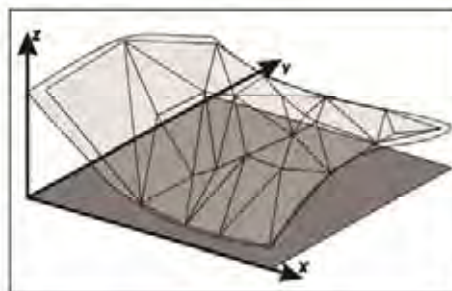


Figura 2.19 - Grade triangular (TIN) e a superfície correspondente
Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001

As imagens representam formas de captura indireta de informação espacial, que podem ser obtidas por meio de satélites, fotografias aéreas ou scanners transportados em aeronaves (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

Ainda segundo os autores, as imagens são armazenadas como matrizes, e cada pixel possui valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície terrestre imageada. A figura 2.20 denota uma imagem orbital.



Figura 2.20: Exemplo de imagem aérea LANDSAT da região de Manaus (composição colorida)
Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001

2.7 - UNIVERSO CONCEITUAL OU MATEMÁTICO

Segundo Câmara e Monteiro (2001), no universo conceitual o espaço geográfico é modelado segundo duas visões complementares: o modelo de campos (geo-campos) e o modelo de objetos (geo-objetos).

No modelo de campos, o espaço geográfico é tido como uma superfície contínua sobre a qual os fenômenos variam, como num mapa de vegetação onde cada ponto representa um tipo específico de cobertura vegetal (CÂMARA, MONTEIRO, 2001).

Já no modelo de objetos, o espaço geográfico é tido como uma coleção de “entidades distintas e identificáveis”, como por exemplo um mapa cadastral onde cada lote é identificado como um dado individual, mas com atributos descritivos que o diferencia dos demais (CÂMARA, MONTEIRO, 2001).

Ainda segundo os mesmos autores, as classes básicas do modelo conceitual são o geo-campo, o geo-objeto, o mapa cadastral, os objetos não espaciais e o banco de dados geográfico.

Segundo definição de Câmara e Monteiro (2001), um geo-campo representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica, num dado tempo “t”. Desta maneira é possível representar as mudanças ocorridas ao longo do tempo em temas como cobertura do solo, vegetação, variáveis climáticas, etc.

Ainda segundo os mesmos autores, os geo-campos podem ser especializados em: temático (figura 2.21), numérico e dado sensor remoto.

- Geo-campo temático: associa a cada ponto do espaço um tema de um mapa. Tomando como exemplo um mapa de vegetação os geo-campos temáticos serão: floresta densa, floresta aberta, cerrado, etc.
- Geo-campo numérico: associa a cada ponto do espaço um valor real. Como exemplos de mapas com geo-campos numéricos podem-se citar os de campo magnético ou mesmo os de altimetria.
- Geo-campo dado sensor remoto: esta classe é uma especialização do geo-campo numérico, obtida por meio de um sensor remoto de determinada área da superfície terrestre.

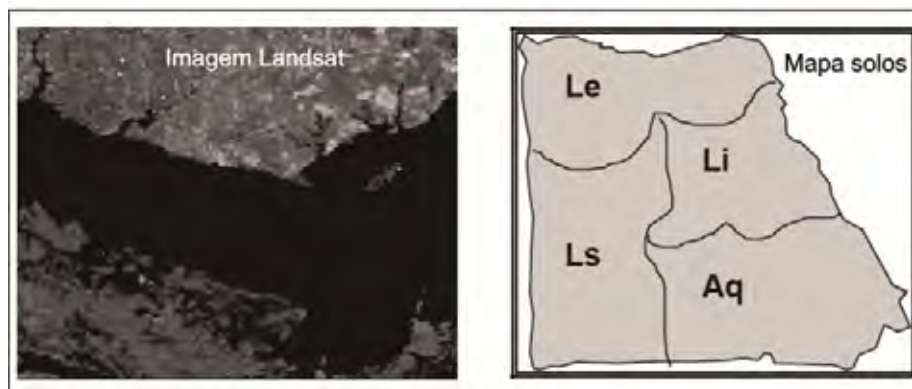


Figura 2.21 - Geo-campo sensor remoto (Imagem Landsat) e geo-campo temático (mapa de solos)
Fonte: Câmara; Monteiro, 2001

O geo-objeto é um elemento único que possui atributos não-espaciais estando associado a múltiplas localizações geográficas. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível do seu entorno (CÂMARA; MONTEIRO, 2001)

Já o objeto não espacial, para Câmara e Monteiro (2001) e Lopes (2002) é aquele que não possui localizações espaciais associadas. Portanto, um objeto não-espacial engloba qualquer tipo de informação que não seja georeferenciada e que se queira agregar a um SIG.

Para Câmara e Monteiro (2001) um mapa cadastral consiste num agrupamento de representações geométricas de geo-objetos para uma dada projeção cartográfica e região geográfica. Ainda segundo os autores, a relação entre o objeto cadastral e os geo-objetos presentes no mapa cadastral é “está mapeado em” (*is mapped in*), como mostra a figura 2.22.

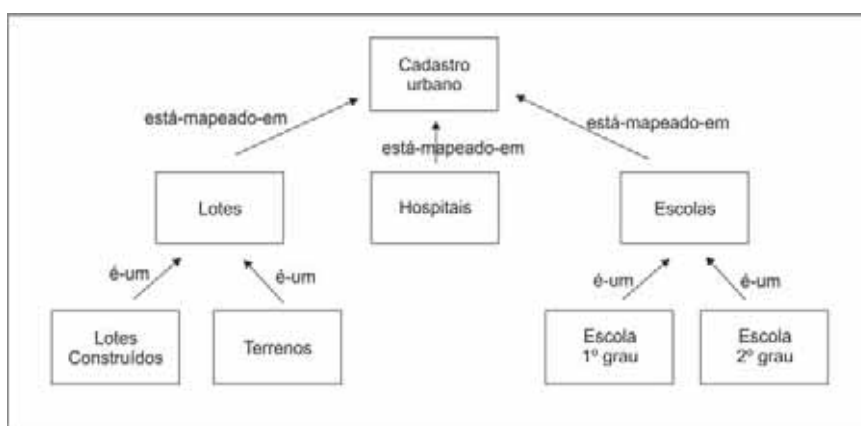


Figura 2.22: Exemplo de objetos complexos
Fonte: Câmara; Monteiro, 2001

Para a realização de estudos como o proposto neste trabalho, os mapas temáticos são organizados em Planos de Informação. De acordo com Câmara e Monteiro (2001) um plano de informação é a generalização dos conceitos de geo-campos e de objeto cadastral, sendo uma interface entre o usuário e os conceitos de geo-campo e mapa cadastral.

Num contexto mais amplo, o banco de dados geográficos é composto por conjuntos de planos de informação, um conjunto de geo-objetos e um conjunto de objetos não-espaciais (Câmara; Monteiro, 2001). Os autores acreditam que esta definição é interessante, pois não restringe a escala dos dados e nem a continuidade dos planos de informação que compõem o banco de dados geográficos. Para os autores, o universo conceitual tem como entidade básica um banco de dados geográfico. A figura 2.23 ilustra a relação dos modelos no universo conceitual.



Figura 2.23: Universo conceitual
Fonte: Câmara; Monteiro, 2001

2.8 - UNIVERSO DE REPRESENTAÇÃO

Os dados espaciais em SIG caracterizam-se por dois tipos de representações geométricas: a vetorial e a matricial (tabela 3.6).

As representações geométricas estão associadas aos tipos de dados discutidos no tópico 2.6. São elas:

Tabela 2.6: Tipos de dados e suas representações

Representações	Matricial	Vetorial
Dados Temáticos	X	X
Dados cadastrais*		X
Redes		X
Imagens de SR	X	
MNT	X	X

2.8.1 - Representação vetorial

Segundo Câmara e Monteiro (2001), o recurso de representação vetorial é utilizado quando existe a necessidade de representar um elemento ou objeto o mais exatamente possível. Neste tipo de representação, são considerados três elementos gráficos: ponto, linha e polígono como mostra a figura 2.24.

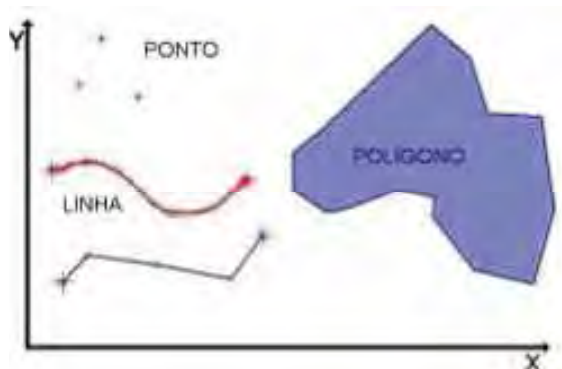


Figura 2.24 - Elementos da representação vetorial
Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001

Neste sentido, um ponto é um par ordenado de coordenadas espaciais (x, y). Como já dito anteriormente, dados não espaciais ou atributos, podem estar armazenados para indicar do que determinado ponto está tratando (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

As linhas são um conjunto de pontos conectados. Além das coordenadas dos pontos, deve-se associar um atributo indicando de que tipo de linha está se tratando (CAMARA; MONTEIRO, 2001). Já os polígonos ou objetos de área, são uma região do plano limitada por uma ou mais linhas conectadas, de tal forma que o último ponto de uma linha seja idêntico ao primeiro da próxima. Este tipo de representação pode ter três formas diferentes de utilização: isolados, aninhados ou adjacentes (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

- a) Objetos isolados: bastante comum para áreas urbanas, no caso em que os objetos da mesma classe não se tocam. Exemplos: piscinas, edificações, quadras.
- b) Objetos aninhados: as isolinhas, como as curvas de nível, em que as linhas não se cruzam e estão dispostas como se estivessem “empilhadas” umas sobre as outras.
- c) Objetos adjacentes: as modalidades de divisão territorial como bairros, municípios, ou ainda mapas geológicos, pedológicos. Neste caso de representação pode-se ter o compartilhamento de fronteiras entre objetos adjacentes, gerando a necessidade por estruturas topológicas do tipo arco-nó ou arco-nó-polígono.

2.8.1.1 Topologia arco-nó

Na topologia arco-nó, um nó pode ser entendido como o ponto de intersecção entre duas ou mais linhas (CAMARA; MONTEIRO, 2001). Desta forma, esta topologia é a representação vetorial associada a uma rede linear conectada (Figura 2.25).

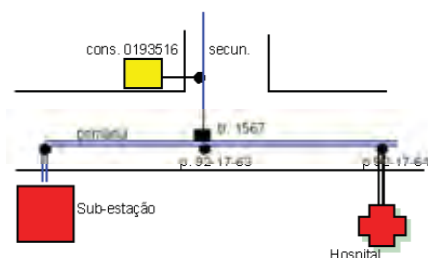


Figura 2.25 - Exemplo de topologia arco-nó (rede elétrica).
Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.

2.8.1.2 Topologia arco-nó-polígono

A topologia arco-nó-polígono é mais comumente utilizada quando o intuito é o de representar elementos gráficos do tipo área (CÂMARA; MONTEIRO, 2001), como representado na figura 2.26.

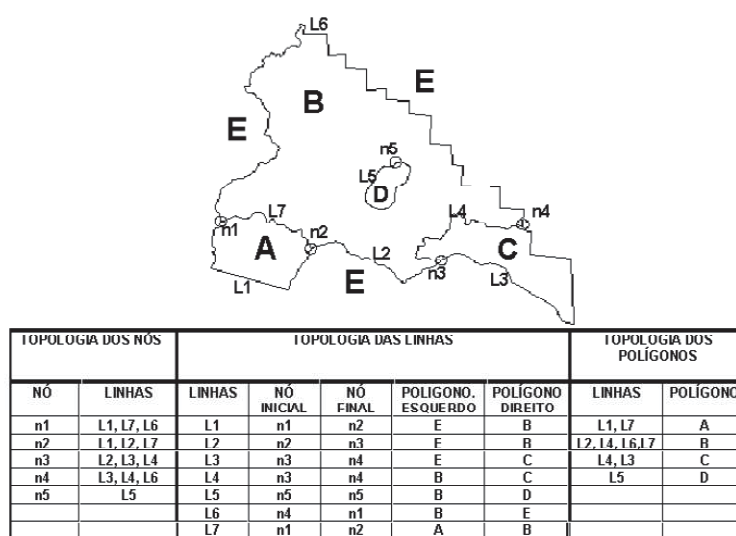


Figura 2.26 - Exemplos de topologia arco-nó-polígono.
Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001.

2.8.2 Representação matricial

A representação matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado. Este tipo de

representação supõe que o espaço pode ser entendido como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

Quanto maior a resolução espacial ou a área coberta pelo imageamento, menor será a resolução do produto gerado; e quanto menor a área coberta pelo imageamento maior a resolução da imagem gerada (Figura 2.27)

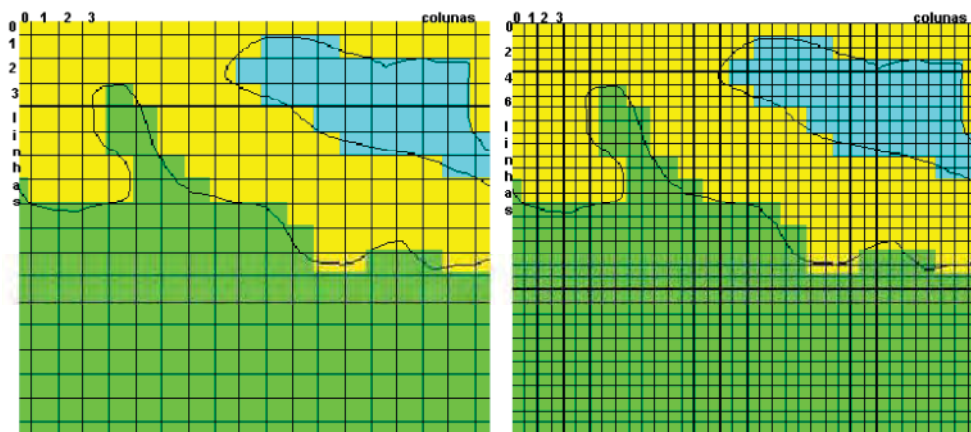


Figura 2.27 - Diferentes resoluções na representação matricial
Fonte: Extraído de Câmara; Monteiro, 2001

Na figura 2.27, o mapa da esquerda possui resolução quatro vezes menor que o mapa da direita. Deste modo, pode-se inferir que as avaliações quanto às áreas e distâncias no mapa do lado esquerdo serão bem menos exatas que no mapa do lado direito. Em contrapartida o espaço utilizado para armazenamento do mapa da direita é substancialmente maior que no da esquerda (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

2.9 - ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Atualmente, diversos estudos sobre planejamento ambiental, uso e ocupação do solo, riscos e suscetibilidades ambientais, entre outros vêm adotando o método de análise multicritério para subsidiar suas hipóteses.

A análise multicritério consiste numa ferramenta matemática, que permite ao usuário ou pesquisador comparar diferentes alternativas (cenários), fundamentada em vários critérios, com o objetivo de orientar os tomadores de decisão para uma escolha mais ponderada (ROY, 1996 *apud* CORSEUIL, 2007).

A operação matemática utilizada pela análise multicritério é realizada como ilustrado na figura 2.28.

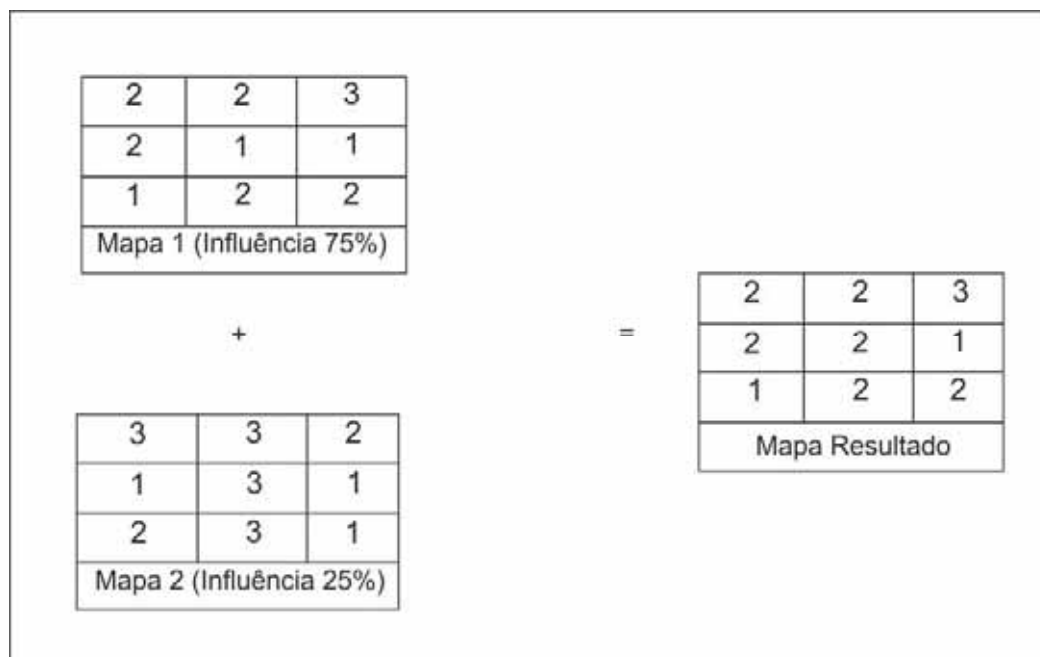


Figura 2.28 – Operação matemática realizada pelo SIG na análise multicritério.

Fonte: Aliberti (2010).

Pela figura pode-se notar que os mapas, com os pesos dados pelo pesquisador, são somados para obtenção do terceiro mapa resultado. Os mapas 1 e 2 da figura 3.28 tiveram seus *pixels* classificados em uma escala de valores de 1 a 3 e receberam seus pesos de influência na análise dados pelo pesquisador. Na operação matemática realizada pelo *software*, os valores dos *pixels* são multiplicados pela porcentagem de influência, e os resultados são somados para criação do mapa resultado. Considerado, por exemplo, as células do canto superior esquerdo, os valores para os *pixels* de saída são calculados da seguinte maneira: $(2 \times 75) = 1,5$ e $(3 \times 25) = .75$. Soma-se então, 1,5 com .75 = 2,25. No entanto, os valores dos *pixels* devem ser inteiros, assim o valor final será arredondado para 2 (Aliberti, 2010). Cabe ressaltar que as imagens de entrada na análise multicritério precisam necessariamente estar em formato *raster*.

Aliberti (2010) apurou em Araújo (2004) que os pesos atribuídos a cada mapa e a cada fator de influência são definidos conforme o julgamento da equipe que analisa o problema, sendo esta uma etapa fundamental, pois refletirá no resultado final do mapa síntese.

Corseuil (2007) ressalta ainda, que a integração entre os métodos de análise multicritério e os SIGs tem sido um avanço na metodologia de sobreposição de mapas para determinação de uso e ocupação mais adequados do solo. Tal metodologia pode ser entendida, portanto, como um processo que combina e transforma dados espaciais em uma resposta à tomada de decisão.

Martini *et. al.* (2006) colocam que a decisão multicriterial é definida como um conjunto de procedimentos analíticos destinados à avaliação e combinação de componentes e variáveis que intervêm em determinado processo.

Desta maneira, o modelo multicriterial permite que se trabalhe com um conjunto de dados, informações ou parâmetros de diferentes naturezas em um mesmo ambiente computacional.

No Brasil, diversos autores têm utilizado tal análise para subsidiar suas pesquisas. Beu *et al.* (2006) utilizaram o modelo multicriterial visando o planejamento ambiental na bacia hidrográfica do rio Cotia, cruzando dados sócio-econômicos, como densidade populacional; bióticos, como cobertura vegetal e químicos, como a quantidade de cargas poluidoras. Os resultados obtidos, possibilitaram o reconhecimento de áreas ambientalmente vulneráveis e de regiões prioritárias para implantação de ações, projetos e programas de saneamento ambiental.

Macedo e Magalhães (2007) utilizaram geoprocessamento e análise multicriterial para avaliar os riscos à ocupação urbana utilizando como “área-piloto” a microbacia do córrego da Abolição, localizada ao norte da cidade de Belo Horizonte. Tais autores cruzaram informações sobre o meio físico (áreas hidricamente sensíveis, corpos d’água e declividade do terreno), com o Índice de Vulnerabilidade da Ocupação Urbana (IVOU) objetivando eleger áreas prioritárias quanto à ocupação, para intervenções públicas.

Já Vale *et. al.* (2008) na pesquisa intitulada “Contribuições das geotecnologias ao zoneamento ambiental do setor sul do Parque Nacional Chapada Diamantina/BA” se valeram do SIG e da integração de dados de vegetação, uso do solo, declividade e feições topográficas para a concepção da proposta de zoneamento ambiental para o citado parque. Desta maneira, obtendo como resultado um mapa de zoneamento ambiental, os autores classificaram a porção escolhida do parque em: zona intangível (topos e cristas residuais com planaltos e platôs), cuja primitividade da natureza é classificada como muito alta, sendo alto também o interesse turístico; zona primitiva (topos e cristas residuais compartimentadas por planaltos e platôs parcialmente rochosos), cuja primitividade da natureza é classificada como alta, e alto também seu interesse turístico; zona de uso extensivo (encostas e patamares rochosos escalonados e vales), cuja primitividade da natureza foi identificada como médio e alto interesse turístico; zona de uso intensivo (baixa encosta e superfície basal), cuja primitividade da natureza foi classificada como muito baixa, mas alto o interesse turístico, pois pode abrigar ponto de atendimento ao público; zona para recuperação (vales e extremo NE do parque), cuja primitividade da natureza foi classificada como muito baixa, e baixo interesse turístico; e por fim zona de uso especial (superfície basal pedimentada, no limite entre o parque e a zona de

amortecimento), cuja primitividade da natureza foi classificada como muito baixa e baixo interesse turístico.

Martini *et. al.* (2006) utilizaram a decisão multicriterial para avaliar a suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa na usina Quebra-Queixo, no rio Chapecó em Santa Catarina. Os autores obtiveram como resultado um mapa temático com a distribuição espacial das classes de suscetibilidade aos processos citados, no entorno do reservatório da usina. Para isso, utilizaram critérios avaliativos como relevo, solo e cobertura do solo como sendo os parâmetros de maior relevância. Para o critério relevo, os autores utilizaram os fatores: geomorfologia, declividade, comprimento dos pendentes e orientação das vertentes; para o critério solo, os fatores foram: drenagem interna do perfil, profundidade, textura, pedregosidade e retenção superficial de água; já para o critério cobertura do solo, os fatores utilizados foram: tipo de cobertura e densidade. No somatório dos pesos atribuídos a cada fator, os autores aplicaram uma combinação linear ponderada, cujo produto obtido foi uma carta de suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa subdividida em alta, moderada e baixa suscetibilidade.

Já Kux *et. al.* (2007) se valeram de informações geológicas, geotécnicas, geomorfológicas e de uso e ocupação do solo para analisar os impactos da expansão urbana em dois bairros de Belo Horizonte. Os autores mostraram com esse trabalho os setores urbanos com maior vulnerabilidade geológica/geotécnica a atividades humanas, utilizando técnicas de geoprocessamento. Ainda, para estes autores associar informações de diferentes fontes em ambiente computacional, auxilia sobremaneira, para uma visão mais detalhada de áreas urbanas.

Capítulo III

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

Para a efetivação do presente estudo, foram utilizados foram utilizados documentos cartográficos, *softwares* e equipamentos, explicitados a seguir:

- Planta Cadastral Digital do município de Várzea Paulista/SP, fornecida pela Prefeitura Municipal;
- Mapa geológico extraído de Carneiro (2003) na escala 1: 50.000;
- Mapa geomorfológico extraído de Carneiro (2003) na escala 1: 25.000;
- GPS da empresa Multilaser;
- Software ARCGIS, versão 9.3, desenvolvido pela empresa ESRI;
- Software SPRING, versão 4.3.3 desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais);
- Bússola Brunton;
- Imagem Quickbird, sem data, fornecida pela Prefeitura Municipal de Várzea Paulista;

3.2 - Procedimentos Metodológicos

As etapas adotadas no presente trabalho estão detalhadas nos itens subseqüentes:

3.2.1. Levantamento Bibliográfico

A primeira etapa do estudo, e que perdurou durante todo o processo de realização do trabalho, foi a de levantamento dos dados na bibliografia existente sobre a temática abordada, bem como o levantamento dos mapas já existentes da área. Os mapas geológico e geomorfológico foram cedidos por Carneiro (2003), em formato TIFF. Já a Prefeitura Municipal de Várzea Paulista cedeu uma imagem Quickbird (sem data), que serviu de base para a confecção do mapa de uso e ocupação da terra, bem como o mapa topográfico da cidade que serviu de base para a confecção do mapa de declividade.

De fato, esta é uma etapa imprescindível em qualquer trabalho científico, pois permite conhecer o que já foi produzido sobre o tema e sobre a área escolhida, dando subsídios para realização do trabalho.

3.2.2 - Mapa de declividade

Para a confecção do mapa de declividade foram utilizadas as curvas de nível com eqüidistância de 20 metros, do mapa topográfico fornecido pela Prefeitura Municipal de Várzea Paulista, inseridas em ambiente CAD. No próprio software AUTOCAD 2009 foram feitas correções em algumas curvas de nível que não estavam agrupadas. Para estes ajustes foram utilizadas as ferramentas “join” e “clip” do *software* citado. O mapa editado foi exportado para ambiente do software ArcGIS 9.3.

Já os pontos cotados, que não constavam na carta, foram extraídos do mapa topográfico do IBGE, ano de 1971.

Vale ressaltar os procedimentos para a extração destes pontos cotados. A carta topográfica do IBGE, foi georreferenciada no software ArcGIS 9.3 com auxílio da ferramenta “georeferencing”. Depois de concluído o georreferenciamento, foi utilizada a ferramenta “rectify” para salvar o trabalho feito, como mostra a figura 3.1 no anexo II.

Para o georreferenciamento foram tomados 18 pontos de referência (tabela 2.1), e obtido com eles erro residual total de 3,79108 metros. Isto significa trabalhar com Padrão de Exatidão Cartográfica A, pois a variação máxima ficou abaixo de 1/5 do valor da escala do mapa, como estabelecido pela lei 89.817 de 1984.

Tabela 3.1 - Pontos tomados para georreferenciamento da carta do IBGE, ano de 1971.

Eixo X	Eixo Y	Erro residual
297000.000000	7453000.000000	2,02950
319000.000000	7454000.000000	0,93956
298000.000000	7429000.000000	1,08108
319000.000000	7430000.000000	1,20412
307000.000000	7443000.000000	7,92735
309000.000000	7439000.000000	5,15568
306000.000000	7432000.000000	2,67845
315000.000000	7446000.000000	2,00332
299000.000000	7447000.000000	3,28690
297000.000000	7439000.000000	1,00567
307000.000000	7451000.000000	8,42965
319000.000000	7441000.000000	0,60659
301000.000000	7435000.000000	0,37309
313000.000000	7450000.000000	2,70588
304000.000000	7440000.000000	2,54645
310000.000000	7448000.000000	2,72752
313000.000000	7433000.000000	4,57439
305000.000000	7454000.000000	4,99177
Erro residual total		3,79108

Após a carta estar devidamente georreferenciada, ainda em ambiente ArcGIS foram inseridas as curvas de nível do mapa topográfico, para a obtenção dos pontos cotados. Foi

criado um novo *shapefile* no ArcCatalog com o nome “Pontos_cotados II” posteriormente adicionado junto ao mapa topográfico e às curvas de nível no ArcMap, para que pudessem ser feitas as coletas dos pontos. A figura 3.2, do anexo II, ilustra tal procedimento.

Feitos todos estes procedimentos, o passo seguinte foi efetivamente gerar o mapa de declividade. Primeiramente foi necessário criar o mapa de elevação da área, utilizando a ferramenta “Topo to raster” dentro do “Spatial Analyst tools”, como mostra a figura 3.3, do anexo II.

À partir do Modelo de Elevação do Terreno, utilizando a ferramenta *slope* dentro do “Spatial Analyst Tools” foi gerado o mapa de declividade, como mostra a figura 3.4, no anexo II.

Alguns autores apontam áreas mais e menos favoráveis à ocupação de encostas com base em suas declividades. Uma das propostas mais utilizadas é a do autor De Biasi (1992). Outra proposta bastante interessante é aquela descrita em Aliberti (2010) que trata da Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano da Região Metropolitana de São Paulo. Assim, para os fins desta pesquisa foi feito um rearranjo destas duas propostas, para melhor adequação aos objetivos. Tal classificação pode ser visualizada no mapa da figura 5.9, bem como na descrição abaixo:

- ✓ 0 – 5%: área com severa restrição à ocupação pelo risco de inundações ou acúmulo de água em subsuperfície;
- ✓ 5% - 12%: limite máximo para o emprego de mecanização na agricultura;
- ✓ 13% - 20%: áreas favoráveis à ocupação urbana;
- ✓ 21% - 29%: áreas ocupáveis com restrição;
- ✓ Acima de 30%: áreas cujo parcelamento do solo é proibido pela lei Lehmann (nº 6.766/79).

Com o mapa de declividade já pronto, foi necessário recortar o limite municipal de Várzea Paulista, pois o limite municipal é o limite da pesquisa. Para isto foi utilizada a ferramenta “*extract by mask*” no próprio ArcGIS.

3.2.3 - Mapa de uso e ocupação da terra

Para a confecção do mapa de uso e ocupação da terra utilizou-se como base a imagem de satélite Quickbird (data não informada) cedida pela Prefeitura Municipal de Várzea Paulista/SP.

O *software* utilizado para a elaboração deste mapa foi o *Spring*, criado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em sua versão 4.3.3.

O primeiro passo do trabalho no *software* foi a criação de um “banco de dados”, chamado de “UsoTerra” (figura 3.5 do anexo II).

Após o banco de dados estar devidamente ativado, foi necessário a criação de um “projeto”, para escolha da projeção cartográfica e inserção dos pares de coordenadas do retângulo envoltório da área a ser trabalhada, para reconhecimento do *software*. No caso deste trabalho, as coordenadas foram: 310.000 (X) e 7426.000 (Y); e 318.000 (X) 7436.000 (Y). O nome dado para o projeto foi “várzea” (figura 3.6 do anexo II).

Com o projeto “várzea” ativado, o próximo passo foi a criação da “categoria” na aba “modelo de dados”. Para este trabalho o nome atribuído à categoria foi “quickbird”, cujo modelo a ser escolhido na aba seguinte é imagem, como mostra a figura 3.7 do anexo II.

Somente depois de feitos todos os procedimentos descritos acima foi possível inserir as bandas da imagem a ser trabalhada. Isto foi feito clicando em “arquivo” e depois “importar TIFF/GeoTIFF”, inserindo uma banda por vez. Nesta aba também foi necessário executar a categoria da imagem e o PI (Plano de Informação) de cada banda inserida. Neste trabalho foram usadas as bandas “red”, “blue” e “green”.

Com a imagem já inserida, foi feita a classificação da mesma. A aba de classificação é obtida à partir do menu “Imagem” do toolbar.

Cabe ressaltar que a classificação digital consiste no processo de extração de informações em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos, utilizados para mapear áreas da superfície terrestre que correspondam aos temas de interesse (CROSTA, 1992). Para o autor, há uma tendência na utilização da classificação computacional, devido à rapidez e facilidade em obter resultados. Vale salientar, que o classificador utilizado foi o Maxver ICM, pois permite a classificação *pixel a pixel* e considera também a dependência espacial na classificação, permitindo inclusive, classificar os pixels desconhecidos, que são bastante semelhantes à média de uma classe (CROSTA, 1992). A classificação utilizada foi do tipo supervisionada, por permitir a tomada de amostras representativas de cada classe de uso por meio da digitalização de polígono em tela (CORSEUIL, 2007)

As amostras foram adquiridas a partir da aba “Classificação”, onde foi necessário criar um contexto, no caso chamado de “context”. Dentro do contexto utilizou-se a aba “treinamento” para efetivamente adquirir as amostras de cada classe. Esta aba permitiu a criação das classes asfalto, área construída, pasto, área florestada, corpos d’água e solo exposto. Ao todo foram adquiridas 1059 amostras, distribuídas entre as seis classes

escolhidas, para reconhecimento dos padrões dos *pixels* pelo *software*. O desempenho geral de reconhecimento foi de 76,03%, sendo a classe água, aquela onde o *software* mostrou maior confusão média, muito provavelmente pela umidade no solo já que muitas áreas da cidade não são totalmente impermeabilizadas. Depois de adquiridas e salvas todas as amostras, é que foi possível efetivamente realizar a classificação.

A figura 3.8, do anexo II, mostra as abas utilizadas para criação do contexto, definição das classes e escolha do classificador, respectivamente.

3.2.4 - Mapa geológico

O mapa geológico, utilizado nesta pesquisa, é parte de uma carta produzida na escala 1:50.000 por Carneiro (2003) em escala regional, da região de Jundiá-Atibaia. A mesma teve que ser inserida em ambiente SIG/ArcGIS.

A primeira etapa foi georreferenciar o mapa de escala regional, procedimento que foi feito no software ENVI com a tomada de 32 pontos de referência. Em seguida, o mapa foi importado para o software ArcGIS, onde foi inserido o limite municipal de Várzea Paulista (figura 3.9) para que as formações geológicas do município pudessem ser digitalizadas.

Após esta preparação, foram digitalizadas as formações geológicas do município alvo desta pesquisa.

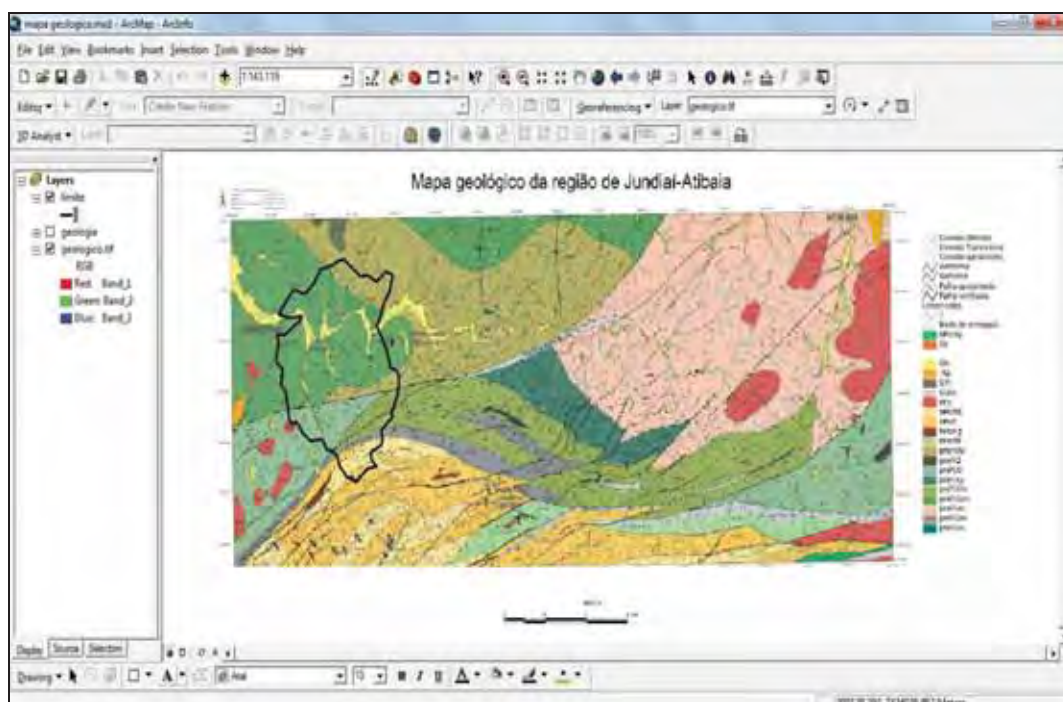


Figura 3.9: Mapa geológico regional Jundiá-Atibaia sobreposto pelo limite municipal de Várzea Paulista.

3.2.5 - Mapa geomorfológico

O mapa geomorfológico utilizado neste trabalho, é parte integrante de um mapa em escala regional da região de Jundiaí-Atibaia, produzido por Carneiro (2003), originalmente em escala 1:25.000.

Primeiramente, o mapa foi georreferenciado no software ENVI, tomando-se 32 pontos de referência. Depois, foi inserido em ambiente SIG/ArcGIS e sobreposto pelo limite municipal de Várzea Paulista, como mostra a figura 3.10, para serem digitalizadas as províncias geomorfológicas pertencentes ao município.

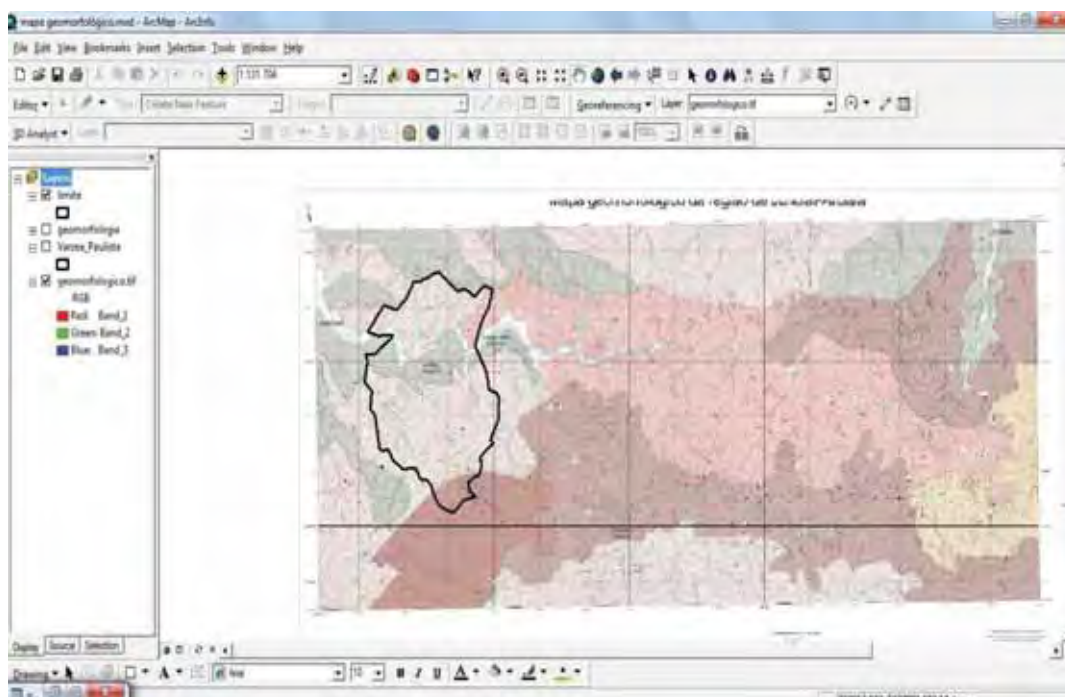


Figura 3.10: Mapa geomorfológico regional Jundiaí-Atibaia sobreposto pelo limite municipal de Várzea Paulista.

3.2.6 – Mapa De Orientação De Vertentes

Para o mapa de orientação de vertentes foram utilizadas as curvas de nível com equidistância de 2 metros. Um mapa-teste foi feito anteriormente com as curvas de nível em equidistância de 20 metros, mas a escala não foi representativa para este tipo de mapa, optando-se então em confeccioná-lo numa escala mais detalhada de 1:10.000.

Assim, com as curvas de nível com equidistância de 2 metros foi criado um Modelo de Elevação do Terreno, nos mesmos moldes daquele descrito no tópico 3.2.2. A partir do modelo de elevação foi efetivamente criado o mapa de orientação de vertentes à partir da ferramenta *Aspect* dentro do “Spatial Analyst Tools” como mostra a figura 3.11 do anexo II.

Cabe salientar que mesmo o mapa final tendo aspecto poluído pela quantidade de cores, esta escala foi a que melhor representou a exposição das vertentes, que no mapa 1:50.000 havia ficado muito generalizado não mostrando as vertentes checadas em campo.

Cabe ressaltar ainda, que este é um mapa importante, pois mostra se as direções das vertentes coincidem com as direções dos planos de fraturamentos medidos em campo descritos no tópico 3.2.8.

3.2.7 – Mapa pedológico

Com relação a este mapa, faz-se necessário ressaltar que não foram encontrados dados em escala satisfatória para obtenção das informações sobre a pedologia do município. No entanto, as observações em campo mostraram predominância de solos rasos, sempre freqüentes os saprólitos de matriz arenosa, com intemperismo físico bastante freqüente pelas raízes das árvores, em todos os pontos visitados, sendo esta uma das únicas informações sobre este tópico.

Cabe ressaltar ainda, que o mapa pedológico do município, em escala 1:25.000, se encontra em fase de elaboração, segundo comunicação verbal com integrantes da secretaria de obras da prefeitura municipal, não havendo, portanto, tempo hábil de aproveitá-lo nesta pesquisa.

No relatório Fehidro (2010) fornecido pela prefeitura encontra-se uma breve descrição sobre a pedologia do município e o recorte de um mapa pedológico elaborado pela Embrapa na escala de 1:500.000. Em se tratando de um município de 32 km², esta escala é inadequada para qualquer tipo de análise, onde foram descritos apenas dois tipos de solo: os cambissolos háplicos e os argissolos vermelho-amarelo. Mas dada a importância deste fator para a análise dos movimentos de massa optou-se por incluí-lo na pesquisa, mesmo numa escala pouco representativa.

O mapa em questão foi copiado do Relatório Fehidro e inserido em ambiente SIG/ArcGIS junto com o limite municipal, para ser digitalizado. Para o propósito, foi necessário realizar um ajuste acompanhando o limite municipal dos outros mapas, pois o pedológico copiado do Relatório Fehidro não batia com os outros mapas da pesquisa. A figura 3.12, do anexo II, ilustra o procedimento.

3.2.8 - Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi essencial à pesquisa para reconhecimento da área, registro fotográfico, avaliação e medições das estruturas geológicas como falhas e foliações nas rochas, bem como para a checagem da veracidade do mapa de uso de ocupação do solo.

Ao todo foram tomados 13 Pontos de Controle (PC) distribuídos pelo município. Estes pontos foram espacializados no mapa final de suscetibilidade.

As coordenadas dos PCs, bem como altitudes topográficas, províncias geomorfológicas e formações geológicas estão representadas na tabela 3.2.

O trabalho de campo foi realizado no dia 30 de setembro de 2011 com início às 06h da manhã (saindo de Rio Claro) e término às 16:47h da tarde.

Foram utilizados em campo, os mapas geológico, de declividade, geomorfológico, topográfico e de uso e ocupação da terra do município, além de GPS, bússola e martelo de campo. Cabe ressaltar que o geólogo Fábio Braz Machado participou desta atividade, auxiliando na coleta de dados e, especialmente, na identificação e análise das feições geológicas.

Tabela 3.2 - Características dos locais visitados em campo

Pontos de Controle (PC)	Latitude	Longitude	Província geomorfológica	Formações geológicas
PC-I	23° 12' 19"	46° 49' 47"	Planície aluvionar	Aluvião
PC-2	23° 11' 35"	46° 48' 50"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiMx)
PC-3	23° 11' 14"	46° 49' 06"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiMx)
PC-4	23° 11' 42"	46° 49' 25"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiXpm)
PC-5	23° 13' 53"	46° 50' 25"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiXpm)
PC-6	23° 14' 21"	46° 50' 40"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiXf)
PC-7	23° 12' 38"	46° 49' 27"	Col (colinas)	Complexo Itapira (pmPiXpm)
PC-8	23° 12' 53"	46° 47' 26"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiXpm)
PC-9	23° 14' 41"	46° 49' 41"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiXf)
PC-10	23° 14' 35"	46° 49' 22"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiXf)

PC-11	23° 14' 49"	46° 48' 54"	CMt (colinas e morrotes)	Contato entre Complexo Itapira e Grupo São Roque (nPsrf e pmPiGm)
PC-12	23° 14' 47"	46° 48' 56"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (PmPiGm)
PC-13	23° 13' 44"	46° 49' 19"	CMt (colinas e morrotes)	Complexo Itapira (pmPiMx)

Elaboração: Venancio-Machado, 2011.

De fato, para esta pesquisa o reconhecimento de campo foi extremamente importante, pois possibilitou a verificação dos padrões de ocupação, o grau de movimentação do relevo, bem como as estruturas geológicas.

3.2.9 – Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa

O mapa de suscetibilidade a movimentos de massa foi confeccionado com base na análise multicritério do *software* ArcGIS. Cabe ressaltar que este tipo de análise permite o cruzamento das informações de diversos tipos de dados. No caso desta pesquisa foram considerados os fatores: declividade, geomorfologia, geologia, uso e ocupação da terra e pedologia. Cabe ressaltar que o mapa de orientação de vertentes não foi incluído na análise multicritério.

O método de atribuição de pesos adotado nesta pesquisa é o mesmo descrito por Santos (2007), que se baseou em Ross (1994) que sistematiza uma hierarquia nominal de fragilidades representadas por valores ou pesos, sendo: muito fraca (peso:1), fraca (peso: 2), médio (peso: 3), forte (peso: 4) e muito forte (peso: 5).

No entanto, para corroborar os pesos adotados foram utilizados os trabalhos de outros autores de grande representatividade tal como Ross (1994). Os pesos atribuídos a cada fator, bem como os autores utilizados para corroborar na ponderação, estão na tabela 3.3.

Para a análise multicritério se fez também necessário atribuir pesos de influência (em porcentagem) para cada mapa inserido na análise. Cabe salientar que o pesquisador pode atribuir os pesos da forma que achar melhor, mas a soma de todos os pesos de influências atribuídos aos mapas deve necessariamente somar 100%.

Durante o procedimento foram feitos diversos cenários atribuindo pesos de influência diversificados para os mapas, mas sempre atribuindo o maior peso ao mapa de declividade. No entanto, o mapa final mais fidedigno da realidade percebida em campo foi aquele cujos pesos de influência foram os mesmos para a declividade e para o uso e ocupação da terra,

ambos com 35%, somando 75% de influência, portanto para estes dois parâmetros. Os 30% que sobraram foram distribuídos igualmente entre os outros três parâmetros restantes: solo, geologia e geomorfologia.

Com a análise dos pesos já concluída, o passo seguinte foi a conversão de todos os mapas para o formato *raster*. Isso teve que ser feito, pois a ferramenta que processa a análise multicritério só aceita imagens em formato *raster* para analisar os pixels.

Os mapas, geológico, geomorfológico e pedológico, que haviam sido digitalizados a partir de uma base, foram convertidos para *raster* utilizando a ferramenta “Polygon to Raster” dentro do “Conversion tools” no arctoolbox.

Já os mapas de declividade e de uso e ocupação da terra tiveram que ser reclassificados utilizando a ferramenta *Reclassify* dentro do “Spatial Analyst Tools”.

Tabela 3.3 – Pesos de influências atribuídos aos fatores de cada mapa

Mapa	Fatores	Pesos	Autores
Declividade	<5%	1	Araújo (2004)
	5% - 12%	2	Lopes (2006)
	12% - 20%	3	Martini (2006)
	20% - 30%	4	Santos (2007)
	>30%	5	Ferreira (2008)
Uso e ocupação da terra	Solo exposto	5	Martini (2006), Silva (2010)
	Asfalto	3	
	Pasto	3	
	Água	1	
	Área construída	3	
	Área florestada	1	
Pedologia	Argissolos	5	Martini (2006)
	Cambissolos	4	
Geologia	Filitos laminados (nPsrf)	5	Fábio Braz Machado; Ana Olívia Barufi Franco de Magalhães (em comunicação verbal)
	Metarenitos e metarenitos bandados (nPsrfMt)	2	
	Planície aluvial	1	
	Gnaisses miloníticos (pmPiGm)	3	
	Metarenitos e xistos intercalados (pmPiMx)	2	
	Xistos finos (pmPiXf)	5	
	Xistos finos e metarenitos (pmPiXfm)	5	
	Xistos porfiroblásticos e metarenitos (pmPiXpm)	5	

Geomorfologia	CMt (colinas e morrotes)	3	Carneiro (2003)
	Col (colinas)	2	
	MMt (morros e morrotes)	4	
	Mta (morros com topos agudos)	5	
	Pa (planícies aluviais)	1	

Elaboração: Venancio-Machado, 2011

Feitos todos os processos descritos acima, o próximo passo foi efetivamente concluir o mapa de suscetibilidade. Isto foi feito a partir da ferramenta “Spatial Analyst Tools” no acrttoolbox, clicando em “overlay” e depois em “Weighted overlay”. Foram inseridos nesta última aba os mapas utilizados na análise um a um, e em seguida foram digitados seus respectivos pesos de influência já definidos e descritos acima e obtido o mapa final, que se encontra no capítulo VI, em escala 1:25.000. A figura 3.13, do anexo II, ilustra este procedimento.

Capítulo IV

4 - TÓPICOS SOBRE A URBANIZAÇÃO BRASILEIRA E OS REFLEXOS NA DINÂMICA POPULACIONAL DE VÁRZEA PAULISTA

Neste capítulo buscou-se traçar uma correlação entre a evolução urbana no Brasil e no estado de São Paulo, a fim de compreender a dinâmica de ocupação do território municipal de Várzea Paulista ao longo da história do século XX primordialmente.

É fato, que nos dias atuais, a alta taxa de urbanização e a elevada densidade populacional, caracterizam os assentamentos humanos. Nas últimas quatro décadas, a urbanização foi o fenômeno mais significativo do ponto de vista social, econômico e ambiental, afetando todos os aspectos do planejamento, desenvolvimento e gestão das sociedades. Estima-se que 50% da população do planeta vivam em menos de 0,4% da superfície terrestre (BENNET; DOYLE, 1997 *apud* NOGUEIRA, 2002). No Brasil, o Censo de 2000 mostrou que 81,2% da população viviam nas cidades, confirmando as tendências de concentração urbana no país (NOGUEIRA, 2002).

Neste sentido é que Metzger (1996 *apud* NOGUEIRA, 2002) destaca que a cidade produz um meio ambiente que lhe é próprio, em grande parte construído, alterando o meio ambiente global. Considera ainda a alta densidade demográfica como uma das principais causas da degradação ambiental urbana.

Pode-se inferir, no entanto, que a urbanização brasileira, assim como a mundial, acompanha o desenvolvimento da industrialização. Nesse sentido, Santos (1994) destaca que por meio do avanço das indústrias e da modernização agrícola, “os pobres e os trabalhadores da agricultura capitalizada” foram repelidos para os espaços urbanos, causando o crescimento das cidades em número de habitantes no país.

No entanto, somente entre as décadas de 1960 e 1980 é que ocorre a inversão quanto ao local de residência da população brasileira, quando cerca de cinquenta milhões de habitantes trocam o campo pelas cidades (SANTOS, 1994). Entre 1960 e 2002, a população urbana brasileira aumentou de 31 milhões para mais de 174 milhões de pessoas (NOGUEIRA, 2002). Para se ter ideia do rápido crescimento da população urbana no Brasil, na década de 1970, o crescimento, em números, de pessoas vivendo nas cidades era maior que o crescimento da população total brasileira (SANTOS, 1994).

Outro fator que contribuiu consideravelmente para que se consolidassem as aglomerações urbanas foi à modernização do território brasileiro. Com melhores estradas, sistemas de informação, produção material, industrial e científica, o território se torna fluido,

facilitando assim o sistema de relações (SANTOS, 1994). No século XX, não só o território se moderniza, mas a vida se moderniza, e passa a acontecer nas cidades.

As cidades onde o meio técnico-científico-informacional mais se verifica, são os espaços onde o capital mais se reproduz. São nas regiões concentradas que a modernização se dá de forma mais intensa, e são estas regiões que mais estimulam a migração interna no país. Assim, o estado de São Paulo é o maior exemplo disto em território nacional, pois boa parte das indústrias de ponta, nacionais e transnacionais, fixaram-se em território paulista (SILVA, 2010).

As indústrias trouxeram consigo, além da necessidade de desenvolvimento nos setores do comércio e de serviços, uma legião de migrantes em busca de melhores condições de renda e de vida. A industrialização impulsionou o comércio, o terceiro setor e a vida de relações, ativando o próprio processo de urbanização. Dados levantados por Santos (1994) mostram a importância do terceiro setor na economia nacional, que já entre as décadas de 1920 e 1940 empregava 37,4% da população economicamente ativa, assim, os atrativos oferecidos aos migrantes pelo estado de São Paulo, aquele que mais recebeu pessoas no século XX, iam para além das indústrias.

Num primeiro momento, trabalhadores vindos de várias regiões do país, mas especialmente do nordeste, se concentraram na cidade de São Paulo, que se tornara um pólo de atração no estado devido a maior fluidez de seu território (SANTOS, 1994). No ano de 1988, dentre a população residente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), 52,7% eram não-migrantes e 47,3% eram migrantes. Já no ano de 1991 os migrantes superaram o número de não migrantes, com 45,7% da população sendo de não-migrantes e 54,3% sendo de migrantes (ARANHA, 1996).

No entanto, apesar de continuar a se destacar como principal centro financeiro e de serviços especializados do país, a partir da década de 1970, acontece uma forte desconcentração industrial da RMSP, rumo ao interior paulista, devido à “interiorização” da indústria. Por este motivo, a capital repartiu não só seu dinamismo econômico, mas também populacional com as áreas “interioranas mais dinâmicas”, como Campinas, Sorocaba, São José dos Campos, Ribeirão Preto, entre outros. De um saldo emigratório negativo da ordem de 454.443 pessoas na década de 1960, o interior paulista passa a um ganho populacional, em 1970, de 752.318 pessoas (BAENINGER, 2000).

Durante os anos 1980, verifica-se, portanto, no país, e muito fortemente no estado de São Paulo, um menor ritmo de crescimento de áreas metropolitanas, com conseqüente crescimento das cidades médias (BAENINGER, 2005). Dados publicados por Santos (1994)

demonstram que as localidades que contavam com população entre 100.000 e 200.000 mil habitantes, que eram apenas 11 em 1940 passam a 95 em 1980. Em 1940 desses 11 núcleos, 7 estavam no Sudeste e no Sul, já em 1980 o Sudeste contava com 67 dos 95 núcleos deste porte.

A região que engloba Várzea Paulista, município alvo deste estudo, localiza-se numa área fortemente urbanizada, com a presença de importantes cidades médias do interior paulista, e entre as Regiões Metropolitanas de Campinas e São Paulo, consistindo num importante elemento de integração entre estas duas metrópoles (SILVA, 2010).

Já o município de Várzea Paulista, que tem sua história iniciada logo após a construção, pelos ingleses, da estrada de ferro que liga Jundiaí a Santos ainda em meados de 1880 (PREFEITURA MUNICIPAL, 2010), localiza-se entre dois pólos significativos de atração populacional de pessoas vindas da RMSP: Campinas e Jundiaí. Entre os anos de 1995 a 2000, estes dois municípios juntos atraíram 91.646 pessoas provenientes da capital, de um total de 468.295 imigrantes (BAENINGER, 2000)

Durante muitos anos e ainda hoje, o município em estudo funcionou como cidade-dormitório, pois seus moradores dependiam das cidades vizinhas para trabalhar, estudar e se entreter, muitas vezes retornando ao município somente para dormir.

Com o intenso fluxo migratório proveniente da RMSP para a região de Jundiaí, muitas das pessoas acabaram por escolher Várzea Paulista para viver, devido ao menor custo de vida oferecido pela cidade e ao menor valor do solo urbano. Quanto a isso Santos (1994) salienta que devido ao acelerado crescimento urbano e forte adensamento populacional experimentado nas cidades no século XX, o solo urbano passou a ser visto como mercadoria acentuando-se assim a especulação imobiliária.

Com o solo urbano mais encarecido, a população de baixa renda passou a ocupar áreas impróprias para a habitação, fato este que acabou por catalisar processos morfológicos nas áreas de encostas, como pode ser verificado na cidade de Várzea Paulista. Desta maneira, a história resgatada e os dados relativos à intensidade do crescimento populacional (tabela 1), demonstram como a cidade de Várzea Paulista, teve um crescimento acelerado com taxa de urbanização muito significativa. No entanto, o município não contou com estratégias e planejamento territorial que norteasse essa forte ocupação, sobrando à população de baixa renda, áreas impróprias para construção de suas moradias.

Tabela 4.1 - Crescimento populacional da cidade de Várzea Paulista/SP (1980-2010)

	1980	1985	1990	1995	2000	2010
Crescimento populacional	33.462	46.368	63.891	78.713	92.537	107.011
Taxa de urbanização (%)	96,54	97,81	98,60	100,00	100,00	100,00

Fonte: Fundação Seade, 2011

Em 30 anos (1980-2010) 73.549 pessoas fixaram moradia em Várzea Paulista. Cabe ressaltar, que os bairros mais populosos do município em estudo são aqueles cuja população possui menor poder aquisitivo.

Assim, de maneira geral no Brasil, a segregação espacial nas cidades, reflete-se nos desastres e acidentes ambientais, seletivos ao atingir mais profundamente as populações mais pobres (ODA, 1996 *apud* NOGUEIRA, 2002).

Neste sentido, é que Nogueira (2002) elenca os inúmeros problemas, imediatos ou de médio prazo, resultantes da intervenção antrópica nas cidades:

- ✓ Ocorrência de movimentos de massa ou enchentes, fruto da ocupação de áreas com inadequação geotécnica, declividade acentuada dos terrenos, desconhecimento do substrato rochoso, ou da posição em relação às linhas de drenagem ou às planícies de inundação;
- ✓ Ocupação de áreas próximas a aterros sanitários, depósitos de lixo, áreas degradadas por mineração ou movimentação de terra, devido seu menor valor imobiliário;
- ✓ Instalação de assentamentos em áreas de proteção ambiental.

Diante do exposto, percebe-se que a velocidade e a dinamicidade da urbanização no Brasil e os problemas dela decorrentes, especialmente no estado de São Paulo. O Poder Público, no entanto, não conseguiu acompanhar a velocidade do desenvolvimento e aglomeração populacional nas cidades, que acabaram se expandindo sem projetos de Planejamento Urbano satisfatórios. O resultado da ineficiência do Poder Público, neste setor, são as inúmeras catástrofes vividas todos os anos no Brasil, destacando-se os deslizamentos de terra, com perdas de vidas humanas e prejuízos materiais.

Capítulo V

5 - SÍNTESE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA

Neste capítulo, apresenta-se uma caracterização do município de Várzea Paulista quanto aos aspectos climáticos, geológicos, pedológicos, geomorfológicos, e de uso e ocupação da terra, considerados essenciais para o entendimento da situação física da área.

5.1 - GEOLOGIA

O município de Várzea Paulista está assentado sobre o Embasamento Cristalino ou Província Mantiqueira (DELGADO, 2003; NEVES, 2005).

A Província Mantiqueira é uma entidade geotectônica que se estende por cerca de 3.000 km ao longo da costa atlântica, desde Montevidéu no Uruguai até o sul da Bahia no Brasil (DELGADO, 2003), englobando portanto, o município alvo deste estudo. Tal Província guarda o registro da longa e complexa história evolutiva do Neoproterozóico na América do Sul (900 – 520 Ma). Constitui juntamente com a extremidade sul da Província Tocantins, o arcabouço (rochas sotopostas) pré-cambriano do sudeste brasileiro desenvolvido após o Ciclo Brasileiro (DELGADO *et al*, 2003), responsável pelo soerguimento de diversos cinturões orogenéticos no território brasileiro (HASUI, 2010)

O Sistema Mantiqueira é dividido nos cinturões Araçuaí, Ribeira e Tijucas (HASUI, 2010). No entanto é de interesse desta pesquisa apenas a Faixa Ribeira, área central que compõe o embasamento no estado de São Paulo, como mostra a figura 5.1.



Figura 5.1 - Localização do sistema orogênico da Mantiqueira e Cinturão Ribeira
Fonte: Extraído de Hasui, 2010

A Faixa Ribeira engloba o sul do Espírito Santo, o sul e o sudeste de Minas Gerais, todo o Estado do Rio de Janeiro, o leste de São Paulo, o leste do Paraná e parte do leste de Santa Catarina. Tal província se limita, no lado voltado para o Atlântico com a linha litorânea, e no lado voltado para o interior com a Bacia do Paraná (HASUI, OLIVEIRA, 1984).

Os autores descreveram como unidades litológicas do setor central da Faixa Ribeira as formações Pouso Alegre, Camarinha e Guaratubinha e os grupos Castro e Campo Alegre pertencentes ao Eopaleozóico, como sendo as unidades mais conhecidas e que apresentam maior facilidade aos estudos pelo fato de preservarem melhor suas características litológicas e estruturais originais, uma vez que não foram sujeitadas a intensos processos termotectônicos. Caracterizaram também os grupos Açungui, São Roque, São João Del Rei e Andrelândia, unidades pertencentes ao Proterozóico Superior, como unidades que já foram dobradas, metamorfizadas, e em boa parte, injetadas por granitóides e migmatizadas. Descreveram ainda, os Complexos Gnáissico-Granítico, Varginha, Barbacena, Juiz de Fora, Costeiro, Amparo, Paraíba do Sul e Setuva, unidades pertencentes ao Arqueano, Proterozóico Inferior, e talvez até, ao Proterozóico Médio, sendo, portanto, as unidades mais antigas desta província,

com rochas que manifestam transformações metamórficas, redobramentos, cisalhamentos, migmatização, intrusões e rejuvenescimento isotópico. Nestas unidades, o retrabalhamento não foi geral nem uniforme, existindo locais que foram muito transfigurados e aqueles que praticamente estão intactos.

No entanto, é de interesse para esta pesquisa apenas as rochas e processos que dizem respeito ao Complexo Amparo e ao Grupo São Roque, unidades onde se encontra assentado o município de Várzea Paulista.

Hasui & Oliveira (1984) descrevem o Complexo Amparo como constituído essencialmente por gnaisse com biotita e/ou hornblenda com plagioclásios predominando sobre os feldspatos potássicos, e acessórios granada, diopsídio e silimanita. Subsidiariamente aparecem quartzitos, mármore, rochas cálcio-silicáticas, escarnitos, gonditos, anfibolitos, dunitos, peridotitos, e piroxenitos.

Contudo, em seu trabalho, Neves (2005) relata que existem muitas discussões acerca da origem e extensão do Complexo Amparo. Segundo a autora, alguns pesquisadores desta unidade como Ebert (1968), Santoro (1985), Batista *et. al.* (1986; 1987) e Hackspacher *et. al.* (1989; 1996) consideram os conjuntos Amparo e Itapira, como sendo unidades distintas, enquanto outros, como Wernick; Penalva (1973) definem o Grupo Itapira como sendo uma variação faciológica do Grupo Amparo, ou ainda outros, como Hasui *et. al.* (1981) e Schobbenhaus *et. al.* (1984) que consideram o Grupo Itapira e o Complexo Amparo como sendo uma única unidade.

No mapa geológico proposto por Carneiro (2003), e que será utilizado neste estudo, o autor chama tal unidade de Complexo Itapira, e as descrições dos litotipos não diferem substancialmente daqueles descritos por Hasui; Oliveira (1984), os quais denominam este complexo de Amparo.

Neves (2005) destaca que no mapa geológico do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000, o Complexo Amparo aparece delimitado ao sul pelas falhas de Itu, Jundiuvira e Camanducaia, ao norte pela Falha de Jacutinga e a oeste se encontra recoberto pelos sedimentos da Bacia do Paraná. Todavia, na escala 1:50.000 do mapa utilizado neste trabalho, é visível apenas a Falha Jundiuvira.

Dentre as unidades litológicas do Complexo Amparo, mapeadas e descritas por Carneiro (2003) em escala 1: 50.000, e visualizáveis na figura 5.2, fazem parte do município alvo deste estudo: a) pmPiXpm; b) pmPiMx; c) pmPiXf; d) pmPiXfm; e) pmPiGm.

- pmPiXpm: xistos porfiroblásticos e metarenitos; granada-biotita-quartzo-moscovita xistos; granada-mica-quartzo xistos, contendo quartzitos miloníticos subordinados. Localmente, ocorrem intercalações subordinadas de metarenitos, rochas cálcio-silicáticas, quartzo-anfibolitos e meta-hornblenda gabros.
- pmPiMx: metarenitos e xistos intercalados. Pacotes de rochas predominantemente bandadas, exibindo alternância mais ou menos regular de bandas e níveis milimétricos a centimétricos de metarenitos, metarcóseos e quartzitos com moscovita xistos. Cores de alteração rosa a roxo claro nos afloramentos. Localmente ocorrem intercalações de quartzo-anfibolitos.
- pmPiXf: xistos finos. Micaxistos, moscovita xistos, quartzo-moscovita xistos e quartzo-moscovita biotita xistos. Cores de alteração róseas a arroxeadas.
- pmPiXfm: xisto finos e metarenitos. Micaxistos e moscovita xistos, contendo intercalações ocasionais de filitos, milonitos e quartzitos.
- pmPiGm: único litotipo gnaissico do município, composto por gnaisses miloníticos, Milonitos, blastomilonitos e milonito-gnaisses de composição granítica a granodiorítica, deformados e recrystalizados.

Quanto ao Grupo São Roque, Hasui e Oliveira (1984), descrevem-no como um pacote de rochas sedimentares clásticas e carbonáticas, com intrusivas básicas e prováveis extrusivas e vulcanoclásticas máficas e félsicas associadas. Este conjunto foi metamorfozizado em fácies xisto-verde baixa e anfibolito alta, migmatizado em parte e injetado por diversos corpos granitóides, além de deformado por dobramentos e falhamentos. Duas unidades litológicas do Grupo São Roque estão presentes dentro dos limites municipais de Várzea Paulista, de acordo com o mapa da figura 5.2, sendo: a) nPsrMt; b) nPsrF.

- nPsrMt: metarenitos e metarenitos bandados, moscovita-biotita quartzitos e biotita quartzitos localmente feldspáticos. Granulação fina a muito fina, localmente média. As cores de alteração são rosa, branco ou bege. Ocorrem intercalações de quartzitos conglomeráticos, quartzitos, filitos e raros xistos.

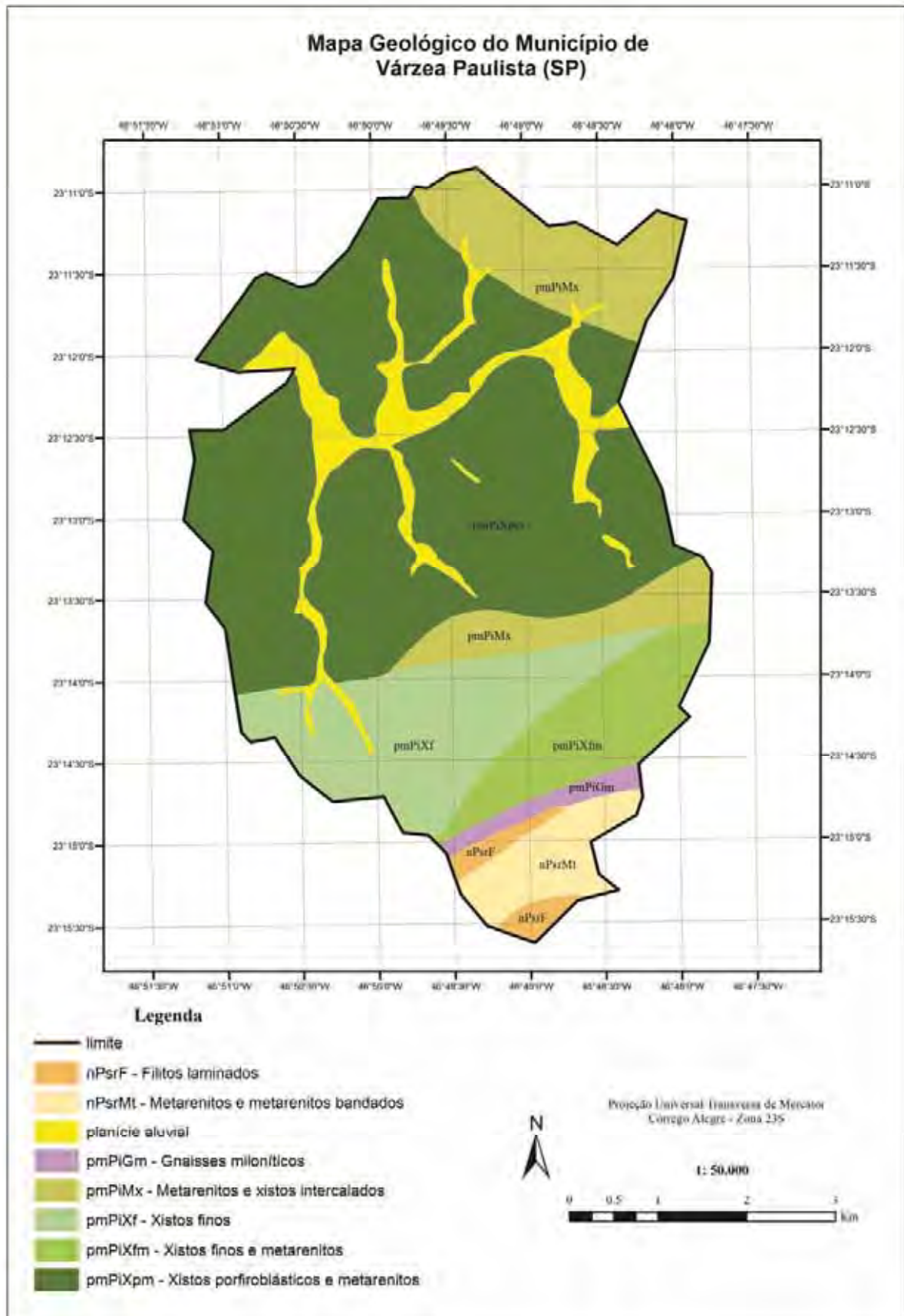


Figura 5.3 – Mapa geológico do município de Várzea Paulista (SP), em escala 1:50000.

Fonte: Adaptado de Carneiro (2003).

5.2 - GEOMORFOLOGIA

Dentro da compartimentação geomorfológica do Estado de São Paulo, a área de estudo se encontra inserida no Planalto Atlântico.

No mapa geomorfológico, em escala 1: 25.000, desenvolvido por Carneiro (2003) para a região de Jundiaí-Atibaia, o município de Várzea Paulista engloba quatro unidades geomorfológicas, como pode ser visualizado na figura 5.4.

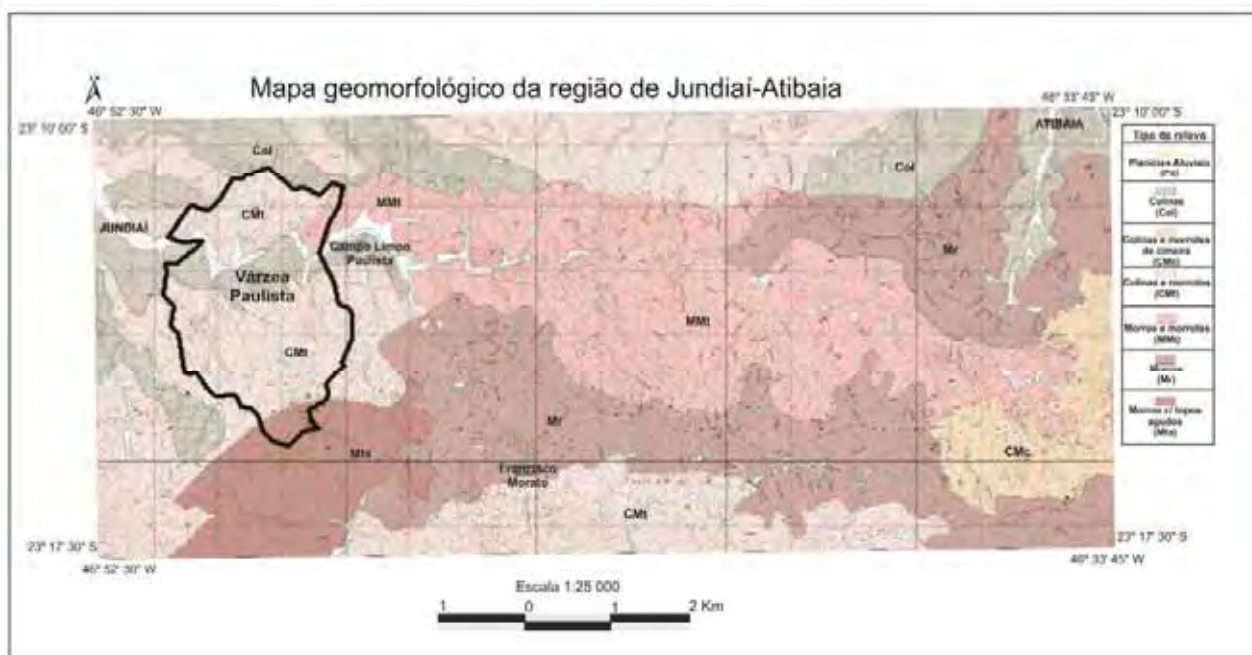


Figura 5.4: Mapa geomorfológico regional abrangendo a região de Jundiaí-Atibaia, destacando o limite municipal de Várzea Paulista

Fonte: Modificado de Carneiro, 2001

No setor centro-norte do município, bem como no setor centro-sul, predomina a unidade denominada por Carneiro (2003) como CMt (colinas e morrotes). O autor constata que tal unidade de relevo se encontra assentada sobre filitos, xistos, metarenitos, granitos, gnaisses e coluviões. Relata ainda, que a morfografia destas áreas é composta por topos estreitos, convexos e alongados, subnivelados, de orientações NE-SW e NW-SE, com comprimento de rampa entre 100 e 400 metros. As declividades de tais áreas estão entre 5% e 35%, com altitudes variando de 750 a 890 metros. Os tipos de erosões laminar, em sulcos, bem como os ravinamentos e reentalhamento de canais são de intensidade moderada. Neste sentido é que o autor considerou estes terrenos como moderadamente favoráveis à ocupação.

No setor central do município, acompanhando a faixa a sul do rio Jundiáí, o autor detectou relevo do tipo colinas (Col). Esta área está assentada sobre xistos, gnaisses, coluviões, sedimentos paleozóicos e sedimentos cenozóicos indiferenciados. Neste setor, existe baixa intensidade de erosão e ravinamento, no entanto, tais processos podem ser intensificados pelos desmatamentos ou ocupação inadequada que exponha o solo a alterações mais profundas. A morfografia deste setor apontou formas suaves de relevo com topos estreitos e convexos, com perfis de vertente variando entre convexos e retilíneos. O relevo é frequentemente associado a depósitos detríticos. Nesta faixa de terreno, as declividades estão abaixo dos 15% e o comprimento de rampa entre 100 e 1000 metros. As altitudes vão de 706 a 850 metros.

No setor nordeste do município o autor detectou a unidade geomorfológica denominada de MMt, equivalente aos morros e morrotes. Tal unidade se encontra assentada sobre xistos, metarenitos, gnaisses, granitos e coluviões. Erosão laminar e em sulcos, ravinamentos e reentalhamento de canal possuem de moderada a alta intensidade nesta área, onde a declividade varia de 5% a 40%, e os perfis de vertente variam de retilíneos a convexos com orientação NW-SE; as altitudes variam de 750 a 930 metros. Neste setor, os terrenos foram considerados moderadamente a pouco favoráveis a ocupação.

No extremo sul do município, o autor constatou a unidade chamada de Mta (morros com topos agudos). Tal unidade de relevo se encontra assentada sobre metarenitos, quartzitos, e filitos intercalados com metarenitos impuros quartzitos. Os topos são agudos, estreitos, alongados e subparalelos. Os vales são erosivos, muito entalhados e estreitos, orientados a NW-SE, e o perfil de vertente é retilíneo. O autor ressalta, que este é um relevo que vem sendo entalhado por canais de primeira, segunda e terceira ordens. Na área também foi detectada erosão laminar em sulcos de alta intensidade, bem como reentalhamento de canais, queda de blocos e ravinamento. Ressalta ainda, que a preservação da vegetação reduz a intensidade dos processos superficiais. Nesta área, as declividades variam de 15 a 90%, as altitudes atingem as cotas entre 800 e 1050 metros e os comprimentos de rampa variam de 100 a 400 metros. Neste sentido é que este setor foi considerado pelo autor como desfavoráveis à ocupação ou ocupáveis sob restrições.

O mapa da figura 5.5 traz os detalhes e o recorte municipal com a geomorfologia da área de estudo.

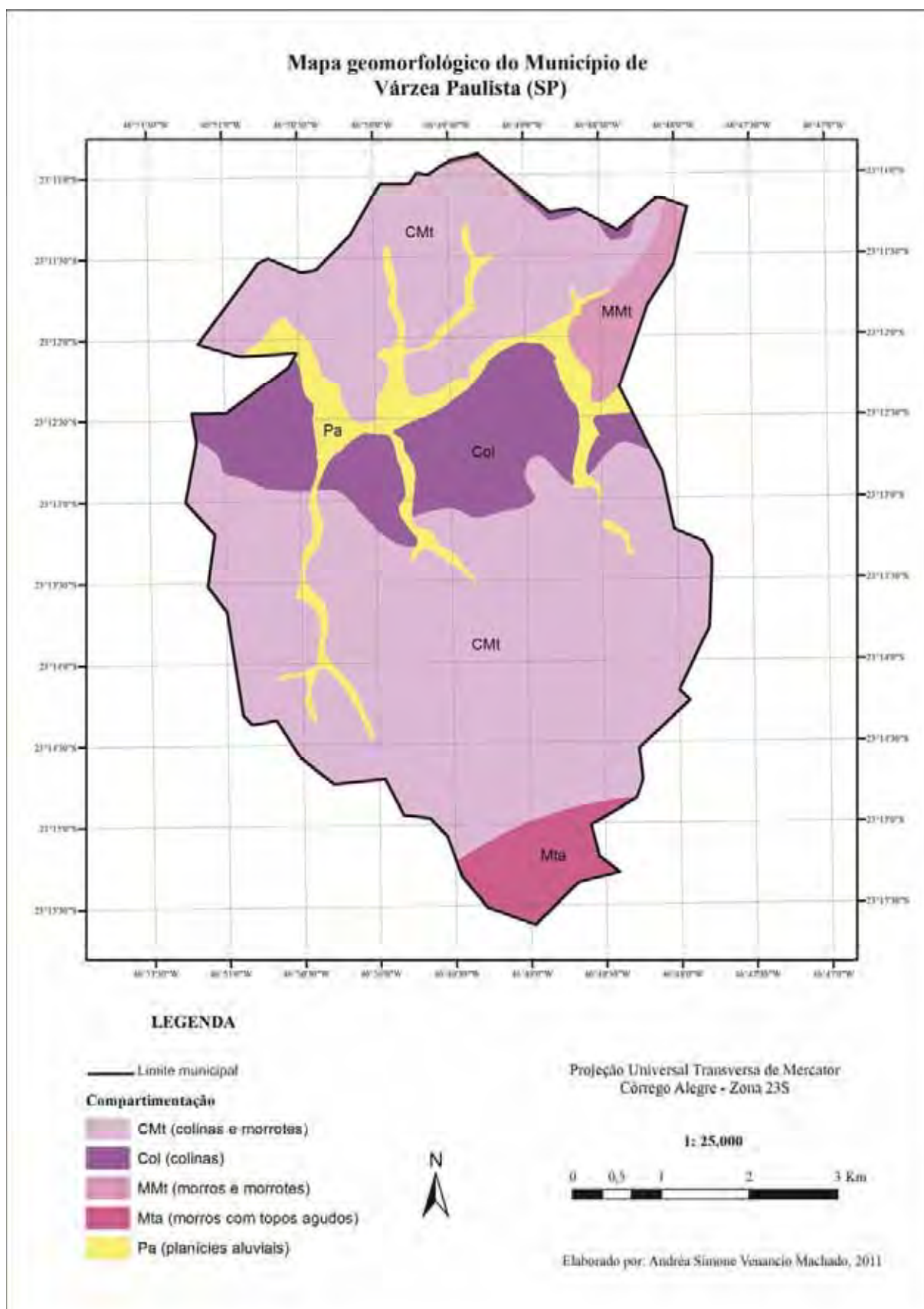


Figura 5.5 – Mapa geomorfológico do município de Várzea Paulista (SP).
Fonte: Adaptado de Carneiro (2003).

5.3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A PEDOLOGIA DA ÁREA

Como já descrito no tópico 3.2.7 não foi possível utilizar um mapa em escala mais adequada para o tamanho do município em estudo pela falta desse dado na bibliografia. Assim, o mapa utilizado nesta pesquisa é um recorte do mapa pedológico produzido pela Embrapa e retirado do Relatório Fehidro de Várzea Paulista, em escala 1:500.000, que mostra apenas duas classes de solos.

Como já descrito também, o Relatório Fehidro não traz uma descrição destas duas classes de solos do município, no entanto, segundo Embrapa (2006, p. 72) os cambissolos são um grupamento de solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente. As características destes solos, devido à heterogeneidade do material de origem, bem como das formas de relevo e condições climáticas, variam muito de um local para o outro. Neste sentido, tal classe de solos comporta desde àqueles fortemente drenados até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro (EMBRAPA, 2006 p. 77).

Já os argissolos, segundo Embrapa (2006 p.72) são um grupamento de solos com B textural, com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixas ou caráter alítico. Tais solos têm como características a profundidade variável, vão desde forte a imperfeitamente drenados; podem ser de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. Quanto à textura, esta varia de arenosa a argilosa no horizonte A, e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila do primeiro para o segundo (EMBRAPA, 2006 p. 76)

Optou-se por inserir esse dado mesmo em escala inadequada pela importância do solo nos processos de movimentos de massa, já que são os solos que sofrem a erosão. O mapa da figura 5.6 representa a pedologia do município.

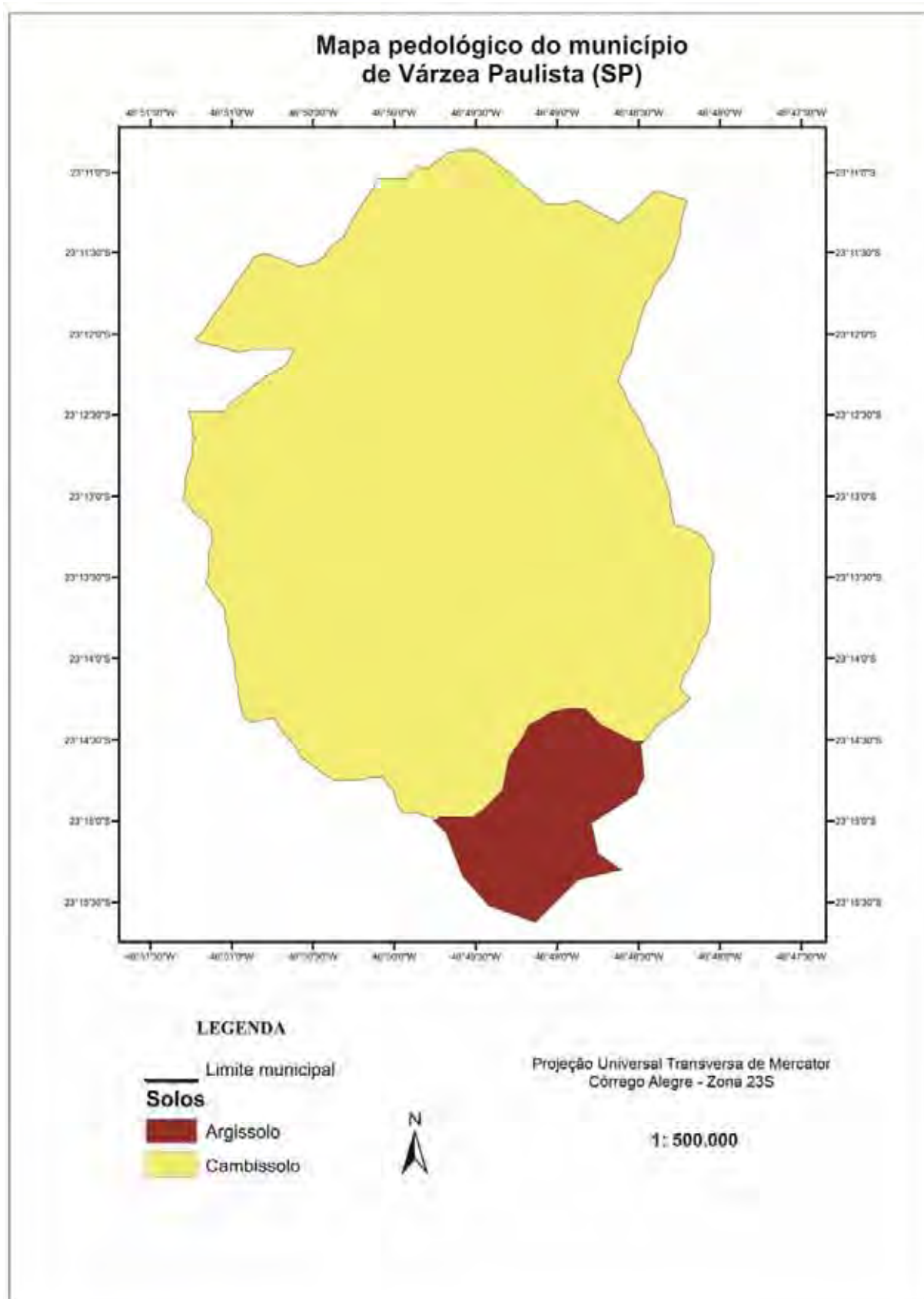


Figura 5.6 – Mapa pedológico do município de Várzea Paulista (SP).
Fonte: Relatório Fehidro, 2010.

5.4 - ASPECTOS CLIMÁTICOS

Segundo Neves (2005 *apud* SÃO PAULO, 2000), o clima na Bacia do Rio Jundiáí, cujos limites podem ser visualizados no mapa da figura 5.7, sofre influência das massas de ar Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica. O regime térmico de tal região possui características tropicais a subtropicais, com temperatura média anual variando entre 18°C e 20°C.

Na classificação climática proposta por Köeppen, o município de Várzea Paulista se encaixa no tipo Cfb. Nesta classificação, a letra “C” é atribuída aos climas temperados, chuvosos e quentes. A letra “f” no entanto, especifica um pouco mais o clima, indicando que este é úmido o ano todo, sem estação seca. A última letra da classificação é relativa à temperatura, onde “b” indica verão moderadamente quente com temperatura média menor do que 22°C no mês mais quente (NEVES, 2005 *apud* AYOADE, 2002).

Neste sentido, o clima Cfb, com verão brando e inverno mais frio, pode ser considerado como Temperado. A ocorrência deste tipo climático na região pode ser explicada segundo Neves (2005 *apud* SETZER, 1966) pela topografia acidentada, tão característica da região, que se encontra situada na transição entre o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica Paulista, além das influências das massas de ar vindas do oceano.



Figura 5.7: Situação climática na Bacia do Rio Jundiáí, pelo sistema de Köeppen, onde se encontra inserida a área alvo deste estudo.

Fonte: Extraído de Neves (2005).

Ainda segundo Neves (2005), existe outra classificação climática baseada na efetividade da precipitação, cujo índice inclui as chuvas e a temperatura na mesma fórmula. Tomando por base esta classificação, o município de Várzea Paulista apresenta o clima do tipo Bcr, onde a letra B indica muita umidade, com índice anual de efetividade da precipitação entre 354 e 500 mm. Já o símbolo “c” indica que a temperatura média anual está entre 18°C e 22°C, enquadrando a área no clima Subtropical. A última letra “r” indica que não há estiagem pronunciada durante o ano todo. A delimitação do clima na região, segundo esta classificação, pode ser visualizada na figura 5.8.



Figura 5.8: Mapa regional, com destaque para Várzea Paulista, contendo a classificação climática de acordo com a efetividade da precipitação.

Fonte: Extraído de Neves (2005).

Neves (2005) destaca que a precipitação anual na bacia do rio Jundiaí, varia entre 1.200 e 1.800 mm. Os meses mais secos são julho e agosto, com médias pluviométricas mensais entre 25 e 40 mm, e os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro, com médias pluviométricas entre 190 e 215 mm.

Tanto no sistema climático proposto por Köeppen, onde o município de Várzea Paulista se enquadra como Temperado, quanto no sistema climático de efetividade da precipitação, onde se enquadra como Subtropical a umidade é classificada como sendo alta,

sem estiagens pronunciadas durante todo o ano, informação que é de extrema relevância para este estudo, pois os escorregamentos são catalisados pelo encharcamento do solo.

5.5 – DECLIVIDADE

Como já dito, o município de Várzea Paulista possui relevo bastante movimentado, dadas suas condições litológicas e climáticas. O mapa de declividade do município (figura 5.9) mostrou que boa parte de sua área pode ser ocupada sob restrições.

Para regulamentar a ocupação de áreas como estas, o estado brasileiro, por meio de algumas leis, aponta diretrizes para o parcelamento do solo no que tange à ocupação de encostas. A lei federal nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979 veta a ocupação em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes (Ministério das cidades, 2001). E o Código Florestal, por intermédio da lei federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, alterada posteriormente pelas leis federais nº 7.803/89 e nº 9.505/98 regulamenta que: *“Não é permitida a derrubada de florestas, situadas em áreas de inclinação entre 25° (47%) a 45° (100%), só sendo nelas tolerada a extração de toros, quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes”* (Ministério do Meio Ambiente, 2011).

Assim, cabe salientar que as áreas representadas no mapa da figura 5.9 pelos dois tons de verde, bem como as representadas pela cor amarela, são aquelas favoráveis à ocupação. Já as representadas em laranja e vermelho são as áreas ocupáveis com restrição e não ocupáveis, respectivamente.

No município de Várzea Paulista chama a atenção o extremo sul do seu território composto por altitudes entre 820 metros e 1060 metros. Este é um local com elevação e declividade bastante acentuadas, estando associado a rochas bastante frágeis do ponto de vista mecânico (filitos), e compartimentação geomorfológica de morros com topos agudos, reunindo, portanto, todos os parâmetros desfavoráveis à ocupação.

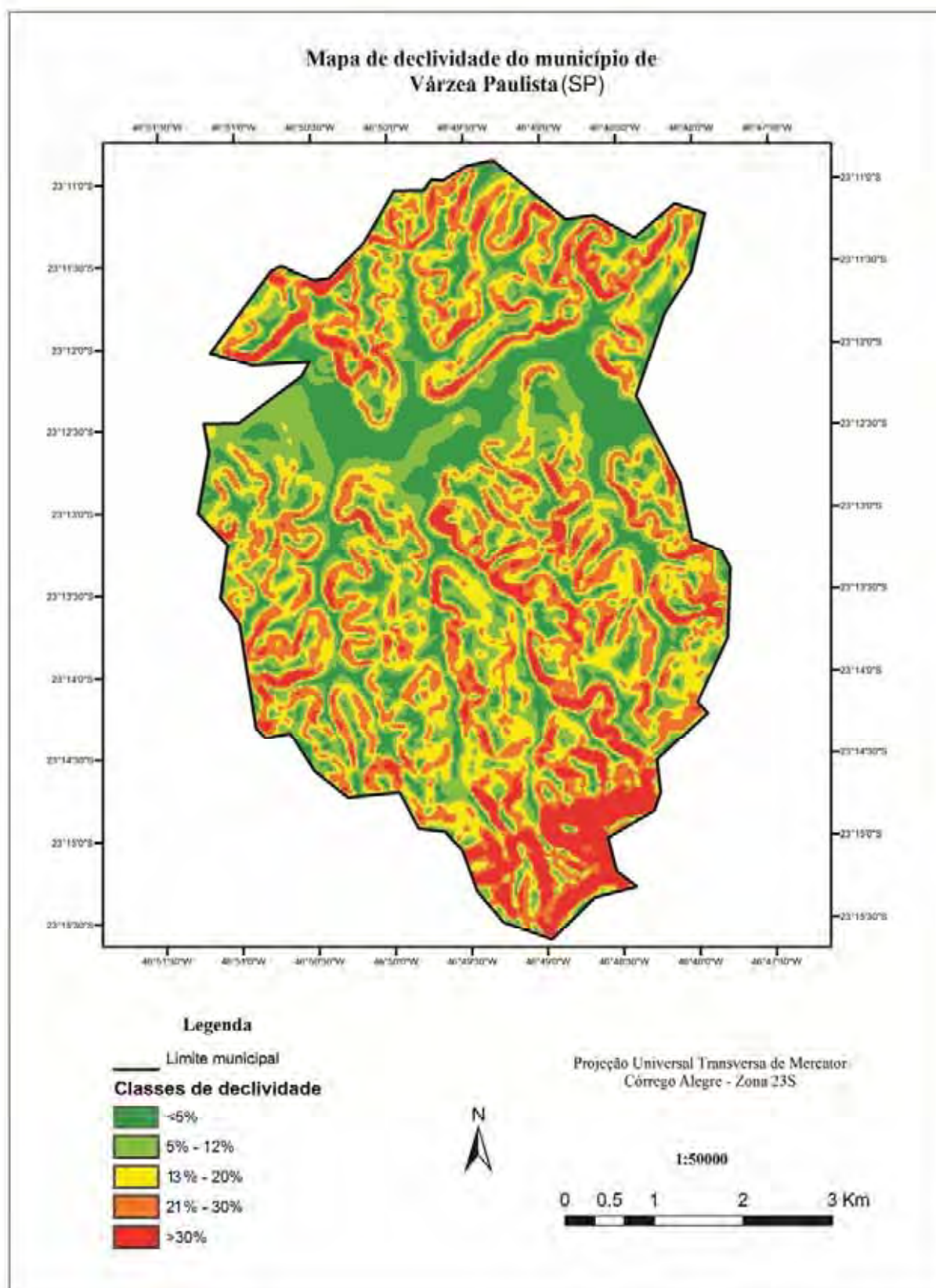


Figura 5.9 – Mapa de declividade do município de Várzea Paulista.

5.6 – USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A análise do uso e ocupação da terra, é possível de ser feita com base no mapa gerado a partir da imagem quickbird do município.

A mancha urbana municipal de Várzea Paulista possui direção preferencial SO-NE. No entanto, uma outra mancha começa a se desenvolver mais visivelmente a E-SE.

O Rio Jundiaí, corta o município no sentido leste-oeste, “dividindo-o” em dois compartimentos. O compartimento norte, localizado acima do Rio Jundiaí é bastante ocupado, sendo este o local que apresenta maiores problemas com escorregamentos, segundo a prefeitura municipal, no bairro Vila Real. Em campo pôde ser verificado que isto ocorre, pois a direção de fraturamento das rochas coincide com a direção de vertente. De fato, este é um bairro densamente ocupado, como mostra a figura 5.10, com casas denotando uma população de baixa renda. Pelas observações em campo tais ocupações não ultrapassavam os 30 m², algumas mostrando total precariedade.



Figura 5.10 – Padrão de ocupação no bairro Vila Real, norte do município.

Ainda no setor norte encontra-se também o bairro Jardim América, com o mesmo padrão precário de ocupação em algumas áreas. Tal bairro possui muitas ruas de terra, com vertentes muito inclinadas, como pode ser visto na figura 5.11.



Figura 5.11 – Padrão de ocupação no bairro Jardim América, norte do município.

Já no setor sul em relação ao rio Jundiaí, e a sudoeste em relação à mancha urbana, encontram-se os bairros não menos populosos que os dois já descritos acima: Jardim Bertioga e Vila Popular. Estes bairros estão assentados, no compartimento geomorfológico chamado, neste trabalho, de colinas e morrotes. Apesar do relevo bastante declivoso, estes são bairros já bem consolidados, e com um padrão de ocupação melhor em relação aos outros dois já descritos, como mostra a figura 5.12. São áreas em que o entorno está em franca expansão, com bastante abertura de loteamentos para bairros residenciais, como também pôde ser verificado em campo.



Figura 5.12 – Padrão de ocupação nos bairros Vila Popular e Jardim Bertiooga, extremo sudoeste do município.

No setor centro-sul do município as ocupações são bem mais incipientes em relação ao setor norte. São áreas também bastante acidentadas, localizadas no compartimento geomorfológico de colinas e morrotes, mas que possuem ocupações do tipo chácaras, relativamente esparsas, como mostra a figura 5.13.



Figura 5.13 – Padrão de ocupação do setor sul do município.

De maneira geral, o relevo do município de Várzea Paulista é bastante movimentado, apresentando altas declividades.

No entanto, o setor com a topografia mais elevada (800 – 1050 m) descrito por Carneiro (2003) como morros com topos agudos, e que se encontra no extremo sul do município, possui boa conservação da vegetação e quase ausência de uso, até mesmo pelo difícil acesso. O mapa da figura 5.6 apontou que as declividades nesta área estão acima dos 30%, sendo impróprias ao assentamento. Neste sentido, cabe salientar que nestes morros com topos agudos a vegetação precisa ser mantida, sendo este um setor do município onde não há possibilidade de expansão. Acrescenta-se a isso, o fato da litologia desta área ser composta por filitos, com presença de filossilicatos, que criam uma película entre o solo e a rocha facilitando o fluxo de massa.

É importante ressaltar que no mapeamento com base nos dados da imagem da imagem *quickbird*, bem como no trabalho de campo, não foram verificadas áreas significativas de agricultura, a não ser aquelas de subsistência nos quintais das chácaras.

O mapa da figura 5.14 é o resultado do mapeamento e classificação da imagem *quickbird*, já com o recorte do limite municipal de Várzea Paulista.

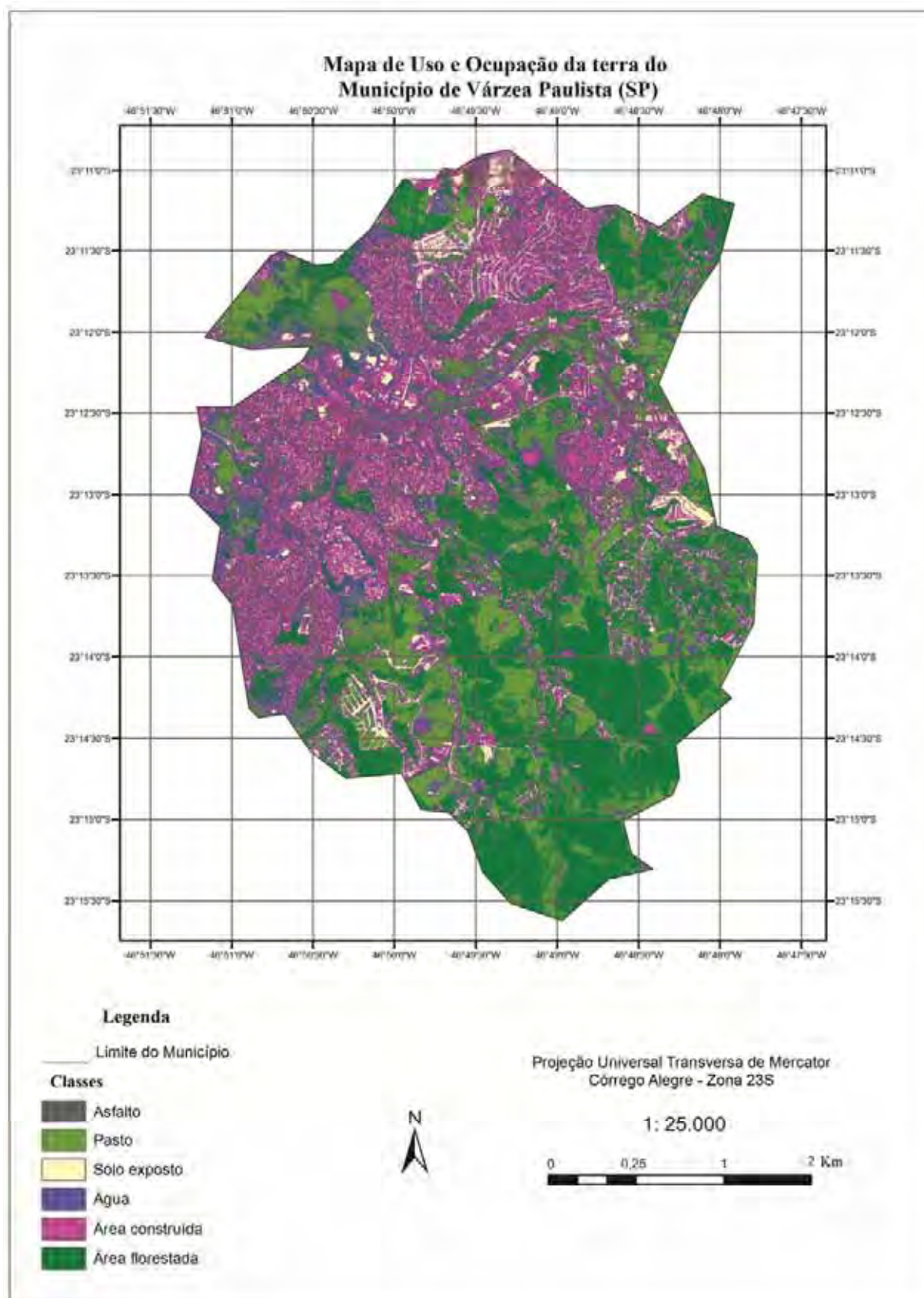


Figura 5.14 – Mapa de uso e ocupação da terra do município de Várzea Paulista (SP).

6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

É consenso entre os pesquisadores, dos artigos e trabalhos pesquisados, a dificuldade em analisar a suscetibilidade aos movimentos de massa, pelo fato da grande quantidade de parâmetros envolvidos. Também é consenso que não existe uma metodologia-modelo aplicável à variedade de situações possíveis (MARTINI, 2006 p 42). Foi considerando isto, que neste trabalho, optou-se trabalhar com os parâmetros: geologia, geomorfologia, declividade, uso e ocupação da terra e pedologia para compor o cenário de análise.

Cabe ressaltar que de fato, a grande quantidade de fatores envolvidos na deflagração dos movimentos de massa dificulta muito a pesquisa. No entanto, a falta de bases de dados em escala apropriada, também é preciso ser citada como fator limitante aos trabalhos e análises.

6.1 – Manipulação dos dados obtidos em campo

Para esta pesquisa, como já citado anteriormente, a saída a campo para avaliação das estruturas morfológicas e geológicas, bem como para averiguação do padrão de uso e ocupação da terra foi essencial.

Em campo também foram feitas as medidas de ângulo e direção das fraturas encontradas nos afloramentos (tabela 6.1). As fraturas, ou diáclases, possuem direções variadas e são aberturas que aparecem nas rochas, principalmente por conta de esforços tectônicos. Tais estruturas constituem em pontos fracos de ataque por parte da erosão (Guerra, 2003).

Cabe ressaltar que quando a direção de fraturas coincide com a direção das vertentes existe um alto risco para ocupação antrópica.

Silva (2010) apoiada em inúmeros outros autores coloca que de maneira geral as estruturas tendem a fragilizar o comportamento geotécnico de qualquer tipo de rocha, pois estas condicionam o aparecimento de descontinuidades mecânicas e hidráulicas. A mesma autora ainda cita os estudos feitos por Pradhan, Singh e Buchroithner (2006) que propõe uma classificação onde a existência de até 1 lineamento caracteriza áreas com baixa suscetibilidade, de 1 a 2 lineamentos são caracterizadas áreas com suscetibilidade moderada e acima de 2 lineamentos alta suscetibilidade, ou seja, áreas com grande densidade de lineamentos são mais suscetíveis. No mapa da figura 6.3 é possível visualizar por meio dos Pontos de Controle, que em alguns locais foram medidas até três famílias de fraturas, o que

configura, segundo a autora, como alta suscetibilidade. Como regra geral, quanto maior o fraturamento maior a instabilidade do terreno (SILVA, 2010 *apud* TATIZANA *et. al*, 1987).

Dias e Herrmann (2002) ressaltam que a existência de fragilidades como falhas, fraturas, bandamentos e foliações, associadas às suas características de direção e mergulho, condicionam o surgimento de discontinuidades mecânicas e hidráulicas, as quais contribuem decisivamente na deflagração dos movimentos.

Tabela 6.1: Valores dos ângulos e direções de fraturas medidas em campo.

PC	Direção da camada aflorante	Ângulo e Direção de mergulho
I	N40	75NW
	N140	60SW
II	N50	70N
IV	N220	44NW
VIII	N225	70NW
	N105	65NE
	N125	50SW
XI	N290	30SW
XII	N280	40SW
XIII	N290	70NE

Elaboração: Venancio-Machado, 2011.

Segundo Machado (2011 comunicação verbal), quanto maior o ângulo de mergulho das camadas maior a força-peso e maior o risco à movimentação do terreno. A partir dos 30° a situação já se configura como sendo de risco. Assim, para melhor visualização dos padrões de fraturamento, dividiu-se o município em dois setores: norte e sul. O setor norte é aquele que se encontra localizado acima do rio Jundiaí, que corta o município de leste-oeste; e o setor sul é aquele abaixo do rio Jundiaí. No entanto, para simplificação do método de análise, fez-se uma ponderação dos dois setores para homogeneizar a questão (figura 6.1).

Diante do exposto, consideraram-se, os ângulos de mergulho abaixo de 30° como sendo de baixo risco, os ângulos entre 30° e 60° como sendo de médio risco e os acima de 60° como sendo de alto risco. Isto foi feito para mensurar quais fraturas apresentavam maior risco. Cabe ressaltar que no mapa da figura 6.3 estão evidenciadas as medidas e os ângulos das fraturas medidas em campo.

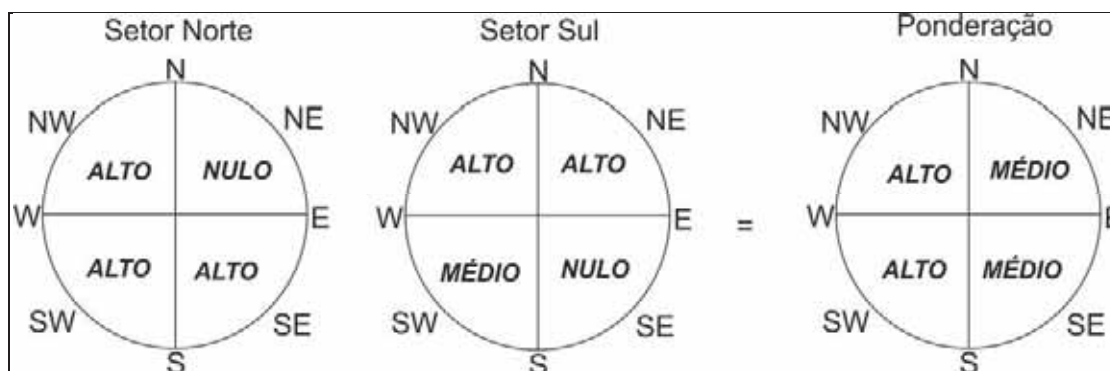


Figura 6.1 – Ponderação dos fatores de risco das fraturas medidas em campo
Elaboração: Venancio-Machado, 2011.

As fraturas do 1º quadrante foram consideradas no setor norte como sendo de risco nulo, e no setor sul como sendo de alto risco, por isso foram consideradas na ponderação como sendo de risco médio. No 2º quadrante, as fraturas do setor sul foram consideradas como sendo de risco nulo e no setor norte como risco alto, assim foram ponderadas como sendo de risco médio. No 3º quadrante, as fraturas do setor sul foram consideradas como sendo de risco médio e no setor norte como sendo risco alto, assim foram ponderadas como exercendo alto risco. No 4º quadrante para os dois setores as fraturas foram consideradas de alto risco, e na ponderação considerou-se, portanto, alto risco.

Apesar da impossibilidade de incluir este mapa na análise multicritério, dada a quantidade muito grande de dados e parâmetros, optou-se em analisá-lo separadamente. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que, para todo o município as vertentes voltadas para NW, SW e N, representadas pelas cores amarela, verde e vermelha respectivamente no mapa da figura 6.3, são consideradas de alto risco por suas direções coincidirem com a direção dos planos de fraqueza das rochas; as vertentes voltadas para NE e SE, representadas pelas cores azul escuro e branco respectivamente, podem ser consideradas de médio risco, porque apesar da direção dos planos de fraqueza das rochas coincidirem com a direção das vertentes, os ângulos de mergulho não são tão acentuados; e as vertentes voltadas para E, S e W, representadas pelas cores lilás, azul claro e azul médio respectivamente, são consideradas de baixo risco, pois não foram encontrados, em campo, planos de fraqueza nestes sentidos.

Em campo, somente no Ponto de Controle 2 (PC-2), as condições permitiram que as fraturas fossem medidas no início de uma das vertentes densamente ocupadas. Este ponto diz respeito ao bairro Vila Real, relatado por membros da prefeitura como sendo um local que causa grandes problemas com escorregamentos nos meses chuvosos. Assim, neste ponto foi possível ver que a direção de mergulho das fraturas coincide com a direção da vertente, fato que, juntamente com uma associação de fatores permite explicar a fragilidade deste local, que

se encontra na província geomorfológica de colinas e morrotes já descritas por Carneiro (2003) como sendo terrenos moderadamente favoráveis à ocupação. Acrescenta-se a isso o fato do substrato rochoso ser composto por xistos, litologia que apresenta foliações que favorecem a suscetibilidade; a alta declividade das vertentes e a presença de solo exposto nas ruas de terras, que favorece a infiltração e saturação do solo e conseqüentemente o escorregamento dos mesmos. As condições geológicas e estruturais são condicionantes determinantes na fragilidade deste local do ponto de vista da ocupação, que é muito densa, como mostra a figura 6.2.



Figura 6.2 – Local do PCII, onde as condições permitiram ver, em campo, que a direção das estruturas coincide com a direção das vertentes densamente ocupadas.

Deste modo, neste local do município, recomenda-se ao Poder Público, estudos mais detalhados do substrato rochoso e das estruturas que os condicionam, para que com isso possa haver maior critério no padrão de ocupação, para que no decorrer dos anos menos vidas sejam perdidas com os escorregamentos de massa.

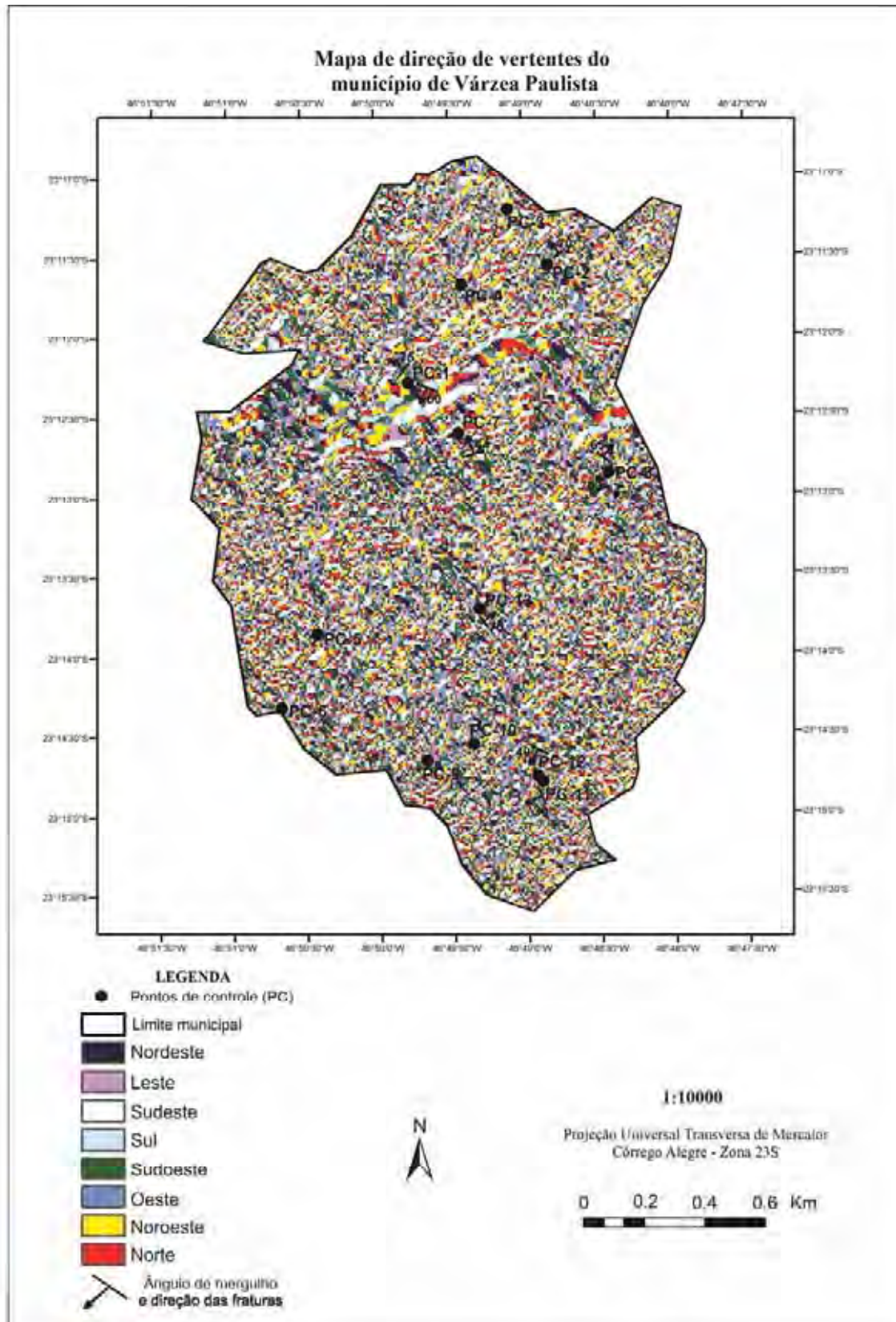


Figura 6.3 – Mapa de orientação de vertentes e fraturas medidas em campo.

6.2 – Análise das suscetibilidades do município

Nesta pesquisa objetivou-se fazer uma análise sistêmica do problema dos escorregamentos no município de Várzea Paulista, até mesmo pela gama de fatores envolvidos.

A análise multicritério apoiou de forma satisfatória a análise, pois permitiu o entrelaçamento dos fatores geologia, declividade, geomorfologia, pedologia e uso e ocupação da terra.

Como já dito anteriormente o cenário que melhor representou a realidade vista em campo foi aquele cujos pesos de influência foram maiores para a declividade e uso e ocupação da terra, com 35% de influência para cada mapa.

O mapa resultado de suscetibilidade a movimentos de massa é apresentado na figura 6.4, onde optou-se por dividir as classes de suscetibilidade em muito baixa, baixa, média e alta.

As áreas que apresentaram suscetibilidade muito baixa e baixa são aquelas ao longo do rio Jundiaí e nos fundos de vales dos seus afluentes. Estas são áreas cujas declividades são menores que 5% até 12%. A literatura, de fato, evidencia que áreas com estas características de inclinação são propícias à ocupação, no que tange aos movimentos de massa.

Contudo, mesmo não sendo objetivo deste trabalho, cabe ressaltar que as áreas menores que 5% de inclinação são muito suscetíveis a inundações e enchentes, por serem muito planas e principalmente por serem leitos de inundação dos rios. Para corroborar com esta informação, vale lembrar que existem registros na história recente de Várzea Paulista de enchentes em algumas áreas e bairros ao longo do rio Jundiaí.

Cabe salientar que pelo menos dois fatores contribuem bastante para ocorrências como estas. Um deles é o escoamento superficial proveniente das áreas mais altas, com declividade mais elevada, que ao serem impermeabilizadas aumentam mais ainda o fluxo de água que chega na calha dos afluentes, sobrecarregando o rio principal e fazendo-o transbordar. Outro fator que é decisivo nos eventos de enchentes é a ocupação dos leitos dos rios, apesar da legislação determinar que deve existir uma faixa de vegetação, a partir do nível mais alto do rio, ou seja, a partir do último leito inundável do rio ou ainda a partir do nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água. Assim, para rios com largura entre 10 e 50 metros a legislação prevê uma faixa de vegetação com 50 metros de largura. Já para rios com menos de 10 metros de largura, a legislação determina uma faixa de 30 metros de vegetação. Portanto, as áreas ao longo do rio Jundiaí e seus afluentes possuem baixa suscetibilidade a movimentos de massa. Tais áreas são representadas no mapa da figura 6.4 pelos tons da cor verde.

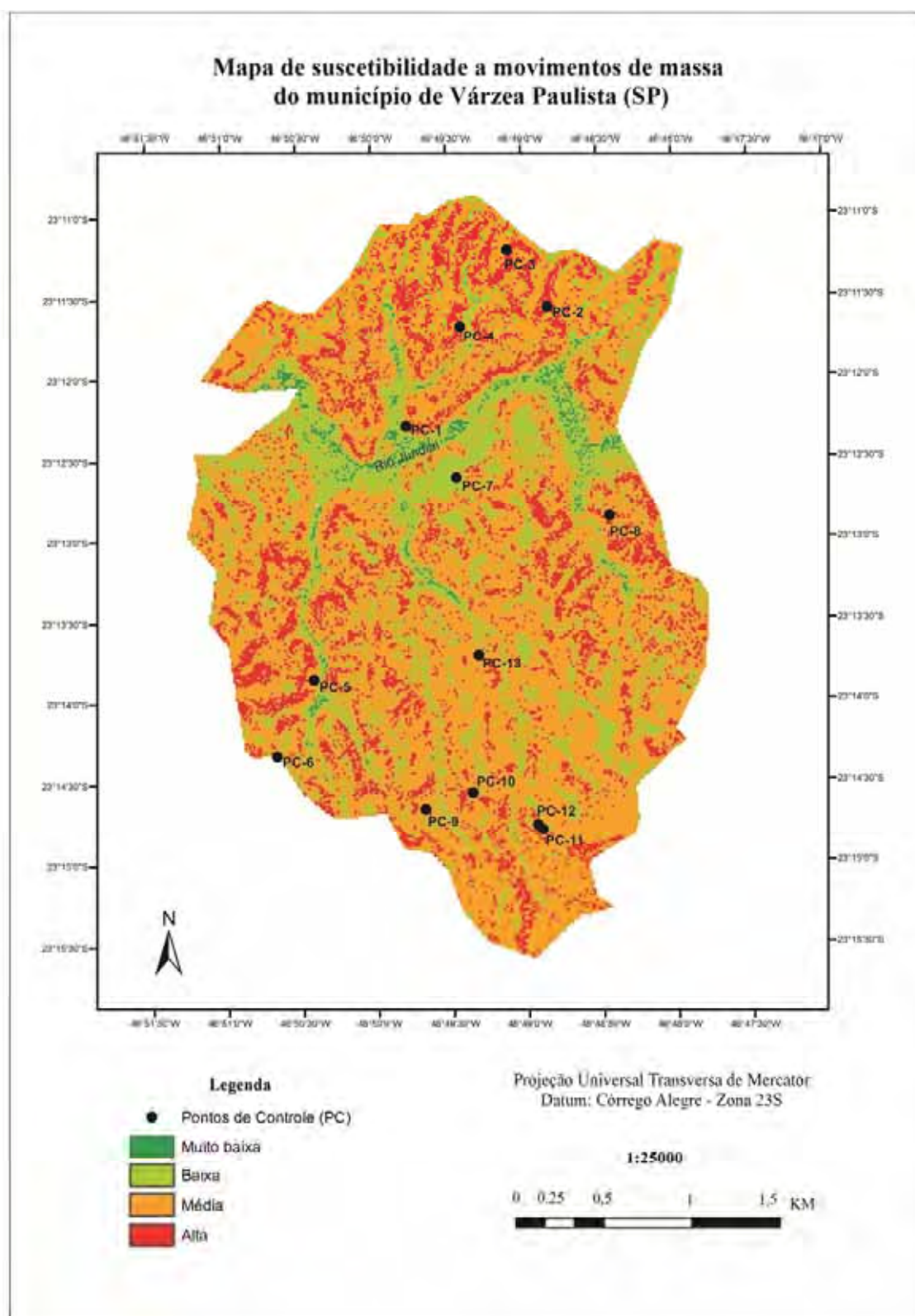


Figura 6.4 – Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa de Várzea Paulista.

Com base no mapa de suscetibilidade (figura 6.4) pode-se notar que a região norte, onde se encontram os Pontos de Controle 1, 2, 3 e 4, situada acima do rio Jundiá, foi a área com maior densidade de áreas apresentando alta suscetibilidade.

Vale lembrar que na região do PC-2 está localizado o bairro Vila Real com histórico de escorregamentos, fato que corrobora com os resultados obtidos. Esta área situa-se no compartimento geomorfológico de colinas e morrotes e morros e morrotes no extremo leste, áreas já descritas por Carneiro (2003) como sendo moderadamente favoráveis à ocupação. Neste setor a litologia é composta por xistos e metarenitos com xistos intercalados, rochas descritas por Silva (2010) como sendo de alta suscetibilidade por conta da anisotropia acentuada. Soma-se a estes fatores as altas declividades, a densidade de ocupação, e o fato da maioria das ruas dos bairros aí presentes serem de terra, como pode ser visto no mapa de uso e ocupação da terra na figura 5.14. O solo exposto nas altas declividades favorece sobremaneira os eventos de escorregamento, como já avaliado por Silva (2010).

A figura 6.5 mostra algumas evidências de risco encontradas em campo, configurando o setor norte do município como sendo mesmo a região mais problemática do ponto de vista dos escorregamentos.



Figura 6.5 – A) Casa em risco de desabamento na beirada do morro; B) Evidência de deslizamento.

O setor onde se situa o Ponto de Controle 7 foi classificado no mapa como sendo de baixa suscetibilidade. De fato, esta é uma região que apesar de estar assentada sobre xistos é contemplada por colinas amplas de baixa declividade, fator que desfavorece o perigo de escorregamentos.

O setor sudoeste do município, na região dos Pontos de Controle 5 e 6, mostrou áreas de baixa suscetibilidade referente aos fundos de vale bastante planos, áreas de média

suscetibilidade e áreas de alta suscetibilidade. Nesta região encontram-se os bairros Jd Bertioiga, Jd Paulista e adjacências, bem consolidados do ponto de vista da ocupação.

As áreas de média suscetibilidade deste setor correspondem às áreas bastante planas no mapa de declividade. Este é um setor assentado sobre xistos e com algumas áreas de solo exposto, fatores que associados requerem atenção, sobretudo pela alta densidade de ocupação.

As faixas deste setor acusadas no mapa como sendo de alta suscetibilidade são áreas bastante inclinadas, associadas aos xistos e com alta densidade de ocupação. De fato a ocupação de vertentes íngremes favorece sobremaneira a suscetibilidade a movimentação de massa. Carneiro (2003) considerou esta área como sendo moderadamente favorável à ocupação devido justamente a presença de vertentes muito íngremes.

O setor leste-sudeste do município, na região do Ponto de Controle 8, possui padrão de ocupação relativamente baixo comparado aos outros setores analisados até o momento,. Neste setor estão presentes rochas do tipo xistos porfiroblásticos e metarenitos. O setor sobre os xistos tiveram maior intensidade de áreas com alta suscetibilidade; já os setores sobre os metarenitos, tiveram menos áreas consideradas de alta suscetibilidade, pois os metarenitos são rochas com muito teor de quartzo, que são os minerais mais estáveis que se conhece na natureza. Soma-se a isso o padrão incipiente de ocupação nestas áreas dominadas pelos metarenitos.

De maneira geral, neste setor leste-sudeste, as áreas de maior suscetibilidade são aquelas associadas a altas declividades.

No setor mais ao centro do município, na região do Ponto de Controle 13, o mapa apontou áreas de média e baixa suscetibilidade. Esta é uma área quase que desocupada se comparada aos outros setores analisados até o momento, e as faixas ocupadas se situam ao longo dos fundos de vale minimizando a possibilidade de ocorrência de movimentação de massa. Soma-se a isso a cobertura vegetal que pode ser visualizada na área, fator que também minimiza a ocorrência de deslizamentos.

O extremo sul do município é região dos Pontos de Controle 9, 10, 11 e 12. Esta é uma área que apesar de ser praticamente desocupada já apresenta média e alta suscetibilidade a movimentos de massa. Isto ocorre, porque ela está assentada sobre filitos, rochas bastante suscetíveis, por serem enriquecidas em filossilicatos, minerais que criam uma película impermeável entre a rocha e o saprólito favorecendo o escorregamento de massas. Soma-se a isto, o fato deste setor possuir as mais altas declividades do município, com vertentes acima dos 30% de inclinação. Cabe ressaltar que Zuquete e Pejon (2004) apontaram que em áreas com declividade maior que 10% compostas por filitos já existe perigo de escorregamentos.

Carneiro (2003) classificou este compartimento geomorfológico como sendo de morros com topos agudos e por este motivo desfavoráveis à ocupação, informação que corrobora com os resultados obtidos.

Cabe salientar que inteligentemente, as áreas onde foram tomados os Pontos de Controle, 9, 10, 11, 12 e 13 constituem a “Macrozona de Proteção Ambiental” do município, segundo consta no Plano Diretor.

De maneira geral apresentaram alta suscetibilidade aqueles locais cujas vertentes muito íngremes estão ocupadas e baixa suscetibilidade os fundos de vale, a região de colinas no setor que acompanha o traçado do rio Jundiá e os topos dos morros, como mostra a figura 6.6. Os locais com declividade mediana acusaram média suscetibilidade, exceto o setor extremo sul do município, que apesar das altas declividades acusou média suscetibilidade pelo fato de encontrar-se protegido pela cobertura vegetal.

Os topos dos morros, como pode ser visto na figura 6.6, apesar da alta elevação (entre 800 metros e 1060 metros de altura) acusaram baixa suscetibilidade por serem áreas planas que favorecem a infiltração e percolação da água meteórica. Já as vertentes, com elevações relativamente menores que os topos, acusaram alta suscetibilidade pela união do grau de inclinação elevado com a alta densidade de ocupação, justamente pelo fato destas serem áreas que auxiliadas pela força da gravidade, favorecem o escoamento superficial, pois nas vertentes íngremes somente parte da água infiltra e o restante escoar em direção ao fundo de vale favorecendo conseqüentemente o escorregamento de massas.

Cabe ressaltar, assim como também destaca Silva (2010) apoiada em diversos autores, que a água é o principal agente deflagrador dos movimentos de massa, pois sua ação reduz a resistência dos materiais e interfere na plasticidade e fluidez dos solos. Assim, nos locais apontados como de alta suscetibilidade, principalmente no bairro Vila Real, cabe ao Poder Público, por meio de seus órgãos competentes, o intenso monitoramento destas áreas em épocas chuvosas, lembrando que os eventos meteóricos de excepcionalidade configuram-se num risco ainda maior. Cabe ressaltar ainda que o plano de ruptura da força de coesão da massa geralmente está relacionado a descontinuidades mecânicas e/ou hidráulicas, localizando-se preferencialmente nos contatos entre o solo, o saprólito e a rocha-sã.

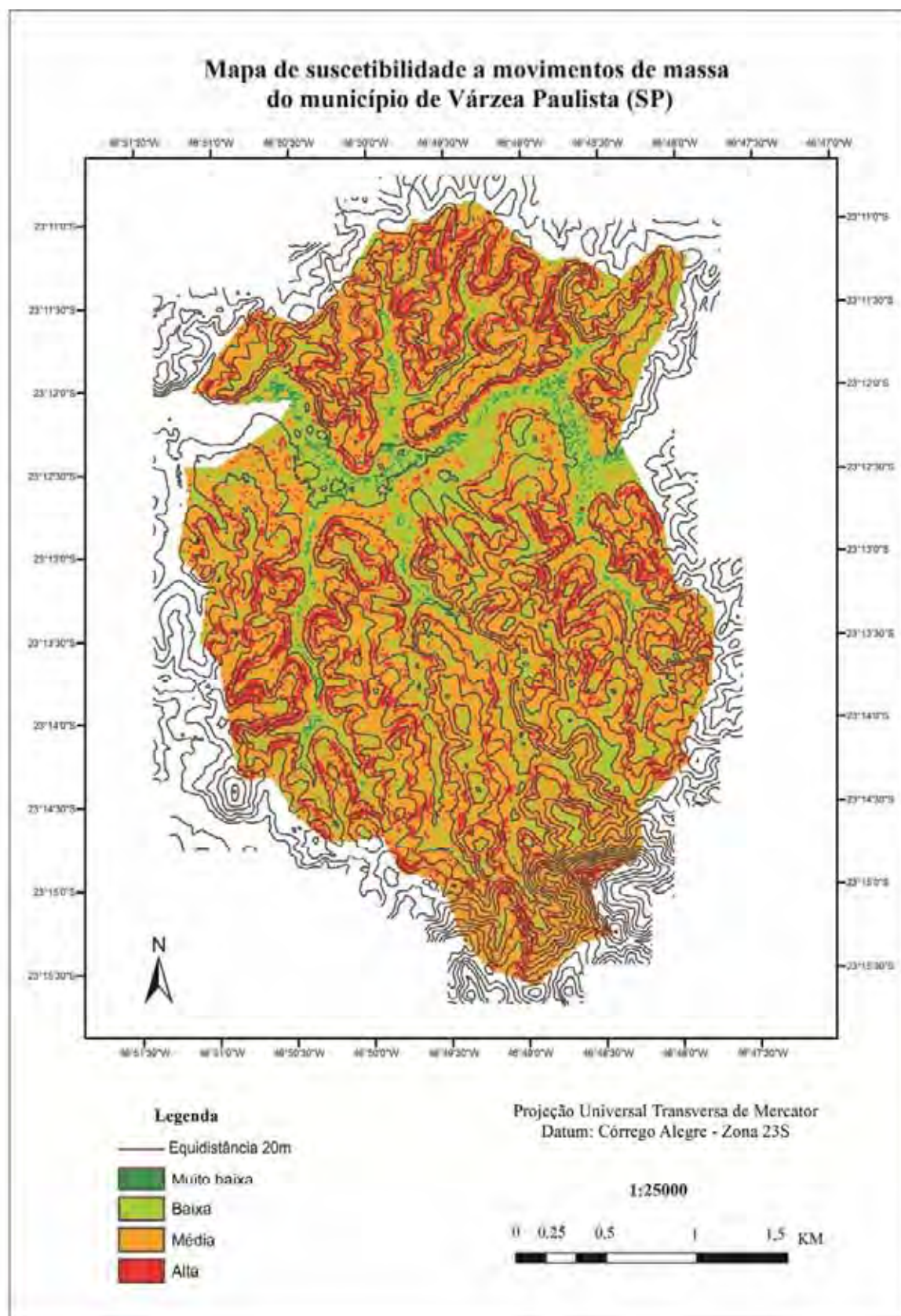


Figura 6.6 – Mapa de suscetibilidade sobreposto pelas curvas de nível.

6.3 – A importância da cobertura vegetal

O setor extremo sul do município de Várzea Paulista chama a atenção pelas altas declividades que exhibe. Na análise de suscetibilidade, o esperado era que toda esta área fosse apontada como de altíssima suscetibilidade, somando-se o fato do substrato rochoso também ser muito suscetível. No entanto, apenas poucas áreas foram apontadas como sendo de alta suscetibilidade. Como já dito anteriormente, a média suscetibilidade apontada, se deve ao fato desta área manter preservada uma boa cobertura vegetal.

Segundo Silva (2010), corroborada por diversos autores, a vegetação impede o impacto direto da chuva no solo e retarda ou minimiza a quantidade de água por ele absorvida. Impedindo a chegada de grande quantidade de água, ela impede também que haja perda da coesão e aumento do peso específico do solo por umedecimento. Soma-se a isto, o fato das raízes aumentarem a resistência do solo, diminuírem a ação do escoamento superficial e retirarem por absorção parte da água infiltrada. A autora apurou ainda em Dias e Hermann (2002) e Perotto-Baldiviezo *et al* (2004) que é em declividades acentuadas que a retirada da vegetação natural implica em maior aumento da suscetibilidade.

Dias e Herrmann (2002) também pontuam que a retirada da vegetação contribui para rápida saturação do solo durante chuvas intensas, deixando-o mais suscetível.

Neste sentido, para comprovar a importância da cobertura vegetal em áreas íngremes, foi elaborado um cenário fictício onde a cobertura vegetal desta área no extremo sul do município foi substituída por solo exposto. Assim, cabe enfatizar que atividades como a pecuária, a agricultura, bem como a existência de solo exposto são fatores considerados como condicionantes dos movimentos de massa e sua ocorrência aumenta com o aumento da declividade (Silva, 2010).

O mapa da figura 6.7 mostra este cenário fictício.

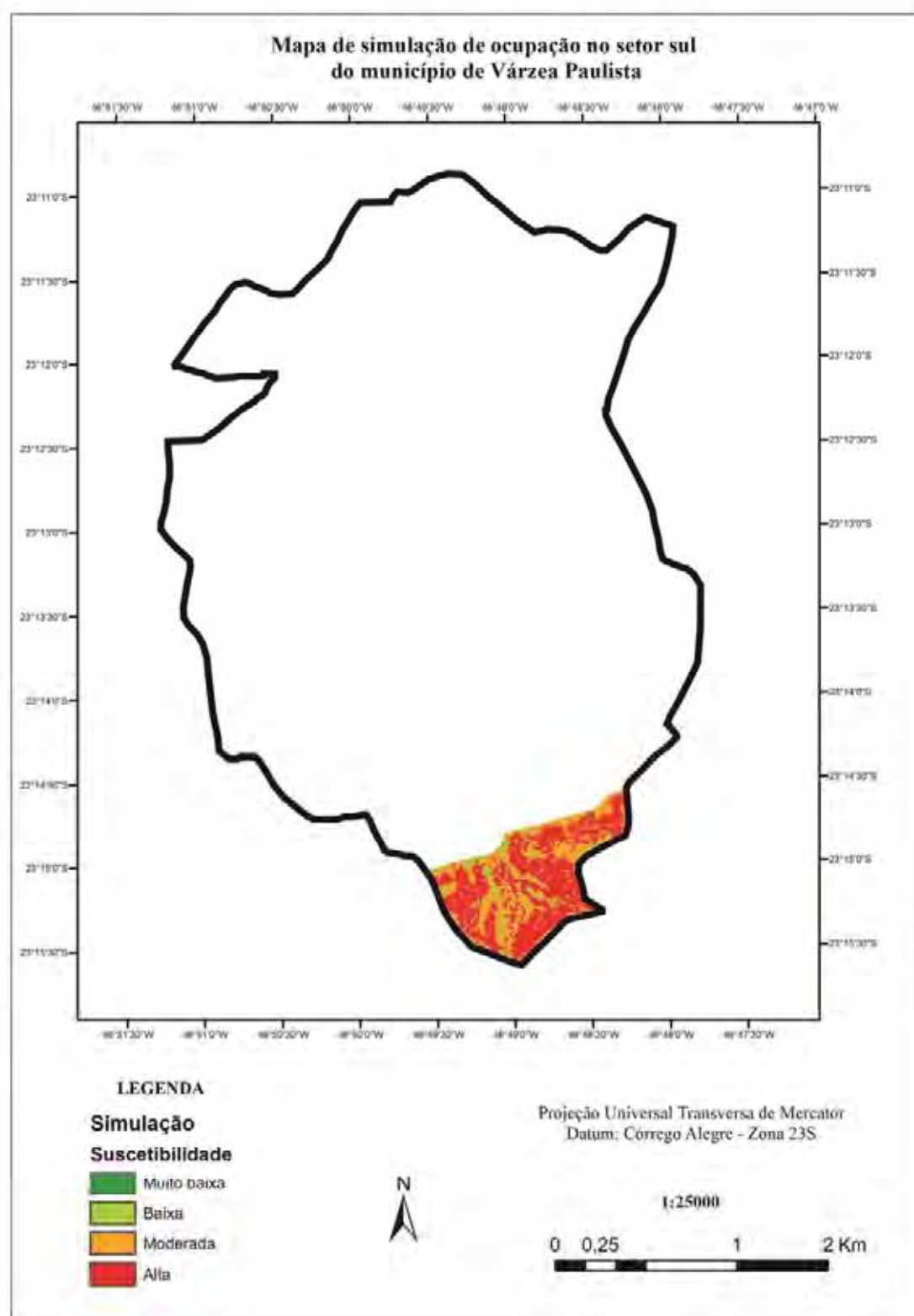


Figura 6.7 – Simulação de ocupação no setor sul do município de Várzea Paulista.

De fato, como visto na figura 6.7 a retirada da proteção vegetacional do solo em áreas íngremes se configura num alto risco para deflagração de movimentos de massa. Mas cabe salientar que outras ações também contribuem para aumentar a periculosidade de incidentes, como jogar lixo nas encostas, lançar água não controlada, bem como águas servidas nas encostas, executar cortes e aterros inadequados para construção de habitações, instalar obras e habitações muito próximas à base ou ao topo de taludes naturais ou de corte.

7 - CONSIDERAÇÕES E REFLEXÕES

Todos os anos no Brasil, especialmente na época das chuvas, populações de vários estados, como Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina, sofrem com os processos de movimentação de massa.

Os movimentos de massa são processos naturais importantes no condicionamento da evolução do relevo ao longo do tempo geológico (Fernandes *et. al*, 2001 p. 53). Contudo, mesmo sendo processos naturais, são passíveis de serem reconhecidos, mapeados e monitorados pelo poder público e órgãos competentes. Considerando o exposto, vale à pena parafrasear com Newerla (1999) e destacar que embora os movimentos de massa possam parecer obra do acaso, e na maioria das vezes as manifestações governamentais e a divulgação do fato contribua para esta concepção, na verdade nem acaso e nem destino determinam os movimentos, que em muitos casos podem ser percebidos em trincas de paredes, árvores tortas, e degraus no terreno, ou mesmo em condições de chuvas muito intensas. Assim, cabe ao Poder Público monitorar as áreas frágeis, especialmente em episódios de chuvas intensas, já que a água é o principal agente deflagrador do processo de movimentação.

Neste estudo, bem como em outras pesquisas, ficou evidente que Várzea Paulista possui inúmeras fragilidades do ponto de vista geológico e geomorfológico, com áreas caracterizando altíssimo risco para ocupação, como o bairro Vila Real e o extremo sul do município.

Cabe ressaltar que o bairro Vila Real, caracteriza-se como sendo, geotecnicamente, o bairro mais frágil do município, nas porções onde as vertentes muito íngremes possuem a mesma direção dos fraturamentos das rochas, que aliados com a força da gravidade, caracterizam alto risco à ocupação.

Como evidenciou este Trabalho de Conclusão de Curso, as áreas de vertentes com alta inclinação e elevada densidade de ocupação, configuram-se como sendo de elevado risco, por uma sucessão de fatores como, a própria inclinação da vertente, o fato de estarem assentadas sobre rochas que apresentam muitas foliações e fraturas e, a retirada da vegetação das encostas. Tudo isso contribui para a instabilidade do terreno e deflagração dos movimentos de massa.

Vale a pena ressaltar que o extremo sul do município, que se destaca por possuir as vertentes mais íngremes e as rochas mais suscetíveis, se configura como sendo uma área totalmente imprópria a qualquer tipo de ocupação, mesmo que esta seja somente ocupada com pastos para gado ou agricultura. São vertentes cujas declividades ultrapassam os 30%, sendo

protegidas, portanto, pela lei quanto a qualquer tipo de ocupação. Vale ressaltar que esta área precisa ter a cobertura vegetal mantida para que se mantenha a estabilidade do terreno.

Cabe ressaltar ainda, que estudos cada vez mais detalhados das características físicas e hidrológicas do município precisam ser realizados, pois somente assim a administração municipal conseguirá explorar suas potencialidades e administrar suas vulnerabilidades para o bem-estar social.

REFERÊNCIAS

- ALIBERTI, P. M. **Geotecnologias na análise ambiental da expansão urbana de Americana/SP**. 128f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia). Universidade Estadual Paulista (UNESP): Rio Claro, 2010.
- AMARAL JR, A. F. do; ZUQUETTE, L. V. **Zoneamento geológico-geotécnico de porção da região da Costa Verde – RJ, escala 1:10.000**. Revista Brasileira de Geociências, 37(4), p. 727-744, 2007.
- ARANHA, V. **Migração na metrópole paulista**. São Paulo em perspectiva, 10 (2), 1996.
- ARAÚJO, P. C. de. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos: uma abordagem probabilística**. 152f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista (UNESP): Rio Claro, 2004.
- BAENINGER, R. **Região metropolitana de Campinas: expansão e consolidação do urbano paulista**. In Hogan, D. J; Baeninger, R; Cunha, J. M. P. da; Carmo, R. L. do (Org). Migração e ambiente nas aglomerações urbanas. Campinas: Nepo/Unicamp, 2000.
- BAENINGER, R. **São Paulo e suas migrações no final do século 20**. São Paulo em Perspectiva, vol. 19, n. 03. São Paulo: 2005.
- BEU, S.E; GRISOTO, L.E.G.; CRUZ, E.C. da; PEREIRA, C.A.A.O.; BITTENCOURT, A.G. **Modelo Multicriterial como subsídio ao planejamento ambiental em bacias hidrográficas: estudo de caso da Bacia do Rio Cotia**. In: Workshop sobre Gestão Estratégica de Recursos Hídricos. Cobrape, 2006.
- BRASIL. Ministério das cidades. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Carvalho, C. S.; Macedo, E. S; Ogura, A. T. (orgs.) Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Brasília: 2007.
- CÂMARA, G. DAVIS, C.; MONTEIRO A.M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2001. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>> Acessado em 20 de fevereiro de 2011.
- CARNEIRO, C.D.R.; SOUZA, J. J. **Mapeamento geomorfológico em escala de semidetalhe da região de Jundiaí-Atibaia**. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 4, n. 2, p. 17-30, 2003.
- CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Ed. da UFG, 2001.

CERRI, L. E. da S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes.** 197f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista (UNESP): Rio Claro, 1993.

CORSEUIL, C. W.; CAMPOS, S. **Geoprocessamento aplicado na adequação do uso das terras.** Anais XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado, 2007.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** IG/UNICAMP: Campinas, 1992.

DE BIASE, M. **A carta clinográfica. Os métodos de representação e elaboração.** Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, n. 6, p. 45-61, 1992.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Editores técnicos: Santos, H. G. *et al.* Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006.

DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D. de; SILVA, L. C. da; SILVEIRA FILHO, N. C. da; SANTOS, R. A. dos; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T; ANGELIM, L. A. de A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V. de; VALENTE, C. R.; PERROTTA, M. M.; HEINECK, C. A. Geotectônica do escudo atlântico. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (editores), **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: textos, mapas e SIG.** Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003.

DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L. de P. **Susceptibilidade a deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis – SC.** Revista Caminhos de Geografia 3(6), Uberlândia, 2002. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/10109/5978>> Acessado em 23/10/2011.

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

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. Exemplos do município de Cubatão, Serra do Mar Paulista.** Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, n. 60, p. 385-400, dez. 2008.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FUNDAÇÃO SEADE. **Pesquisa sobre caracterização do território de Várzea Paulista.** São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php?page=tabela>. Acesso em: 12/01/2011.

GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 3ª ed, Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação.** Edgard Blucher, São Paulo: 1983.

HASUI, Y. **A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional.** Revista Geociências, São Paulo, v. 29, p. 141-169, 2010.

HASUI, Y; OLIVEIRA, M. A. F. de. Província Mantiqueira: setor central. In: ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y. (coordenadores), **O Pré-Cambriano Do Brasil.** São Paulo: Edgard Blucher, 1984.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Ocupação de encostas.** CUNHA, M. A. (coord). São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1991.

KUX, H. J. H.; ARAÚJO, E. H. G.; DUPONT, H. S. J. B. **Imagens de alta resolução do satélite Quickbird e técnicas de SIG para a análise de problemas geológico-geotécnicos em áreas urbanas: estudo de caso Belo Horizonte (MG).** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, 2007, p. 573-580.

LOPES, E. S. S. **GIS – Conceitos, Aplicações e Tendências.** Curso CI, GEOBrazil, BrazilGEO: São Paulo, 2002. CD

_____. Modelagem espacial dinâmica aplicada ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar Paulista, na escala de 1:10.000. 277f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista (UNESP): Rio Claro, 2006.

MACEDO, D. R.; MAGALHÃES JR., A.P. **Avaliação dos riscos para ocupação urbana: proposição metodológica baseada em geotecnologias.** Revista Brasileira de Estudos de População. São Paulo, v. 24, n. 2, p.337-338, jul/dez. 2007.

MARTINI, L. C. P; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T. **Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em Sistemas de Informações Geográficas.** Geol. USP Sér.Cient., São Paulo, vol. 6, n.1, p. 41-52, julho: 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979.** Disponível em: <www:
<http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/programas-urbanos/legislacao/regularizacao-fundiaria/legislacao-federal/leis-federais/6766.pdf>.>
 Acessado em 20 de março de 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=311>.> Acessado em 20 de março de 2011.

NEVES, M. A. **Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na bacia do Rio Jundiá (SP).** 187f. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Universidade Estadual Paulista (UNESP): Rio Claro, 2005.

NEWERLA, V. B. **Deslizamentos: um mal inevitável?** Revista Ciência e ensino, n. 6, Campinas: 1999.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal.** 236f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista (IGCE). Rio Claro, 2002.

OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. de (editores) **Geologia de engenharia.** Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo, 1998

OLIVEIRA, L. M. de. **Acidentes geológicos urbanos.** Mineropar: Curitiba, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VÁRZEA PAULISTA. **Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Fehidro),** Plano Diretor de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – Relatório de Andamento 1 – Parte 1, Agosto, 2010.

REIS, F. A. G. V. **Geodinâmica externa.** Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09.html>> Acessado em: 13/12/2010.

ROSA, R. **Sistema de Informação Geográfica.** Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALLI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da; SILVA, J. M. F. da. **Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná.** Revista Brasileira de Geociências, 37(4): 812-820, dezembro de 2007.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 2.ed. São Paulo: Hucitec, 1994.

SILVA, O. A. **Dinâmica territorial da indústria e da circulação no estado de São Paulo: o papel do município de Jundiaí**. Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos: Porto Alegre, 2010.

SILVA, O. C. A. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos e as implicações da evolução do uso e cobertura do solo no município de Paraty, RJ, entre 1973 e 2008**. 151f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). Universidade de São Paulo (USP): São Paulo, 2010.

SILVA, O. C. A.; ALMEIDA, T. I. R. de; CORSI, A. C.; OGURA, A. T. **Análise da evolução da suscetibilidade a movimentos de massa no município de Paraty, RJ, baseada em dados de sensoriamento remoto óptico multitemporal e dados de campo**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 3371-33778. INPE: Natal, 2009.

VALE, R. C. M.; LOBÃO, J. S. B.; ROCHA, W. J. S. F.; NOLASCO, M. C. **Contribuições das geotecnologias ao zoneamento ambiental do setor sul do Parque Nacional da Chapada Diamantina/BA**. In: R. RA E GA, n.16, p. 149-165. Editora UFPR, Curitiba: 2008.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J. **Eventos perigosos geológico-geotécnicos no Brasil**. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. Anais...p.312-336. Florianópolis:GEDN/UFSC, 2004. Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%20OK/2-24.pdf>> Acessado em 23/10/2011.

ANEXO I

FICHAS DE CAMPO

PONTO DE CONTROLE 1

Data: 30/09/2011

Horário: 09:46

Coordenadas geográficas: 23° 12' 19" S / 46° 49' 47" W

Altitude: 730 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos porfiroblásticos e metarenitos

Medidas de fraturas: 1º família (N240/75NW)

2º família (N140/60SW)

Descrição e considerações: Sedimentos ricos em quartzo; rocha-mãe mostrando alteração média; predominância de intemperismo físico

PONTO DE CONTROLE 2

Data: 30/09/2011 – Vila Real

Horário: 10:20

Coordenadas geográficas: 23° 11' 35" S / 46° 48' 50" W

Altitude: 808 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos porfiroblásticos e metarenitos

Medidas de fraturas: N50/70N

Descrição e considerações: Bairro densamente povoado. Muitas ocupações precárias. Forte declividade. Muitas ruas de terra.

Pôde ser observado em campo que a direção das fraturas coincide com a direção da vertente, o que favorece o escorregamento. Este fator ajuda a explicar o histórico de escorregamentos na área.

PONTO DE CONTROLE 3

Data: 30/09/2011

Horário: 10:40

Coordenadas geográficas: 23° 11' 14" S / 46° 49' 06" W

Altitude: 800 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos porfiroblásticos e metarenitos

Medida da lineação mineral: N40/10SW

Descrição e considerações: Ocupações precárias, alta densidade demográfica, muitas ruas de terra, alta declividade.

Lineação mineral caindo para o lado da vertente pôde ser observada em campo, fator que favorece os escorregamentos.

PONTO DE CONTROLE 4

Data: 30/09/2011 – Jd América

Horário: 11:10

Coordenadas geográficas: 23° 11' 42" S / 46° 49' 25" W

Altitude: 750 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos porfiroblásticos e metarenitos

Descrição e considerações: PC incluído, pois haviam cicatrizes de escorregamento na área. Forte declividade; alguns locais do bairro com moradias muito precarizadas; muitas ruas de terra.

PONTO DE CONTROLE 5

Data: 30/09/2011 – Jd Bertioga

Horário: 12:20

Coordenadas geográficas: 23° 13' 53" S / 46° 50' 25" W

Altitude: 742 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos porfiroblásticos e metarenitos

Descrição e considerações: Bairro bem consolidado neste ponto, com boas moradias. Declividade baixa. Morrote suavizado com supressão da vegetação e modificação da topografia. Bairro em expansão com abertura de loteamentos.

PONTO DE CONTROLE 6

Data: 30/09/2011

Horário: 13:40

Coordenadas geográficas: 23° 14' 21" S / 46° 50' 40" W

Altitude: 805 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos finos

Descrição e considerações: Ocupações ora precárias, ora boas; alta densidade demográfica; alta declividade; área de nascentes; algumas casas construídas encostadas na vertente com forte inclinação.

Corpo granítico detectado, que não constava no mapa de geologia utilizado.

PONTO DE CONTROLE 7

Data: 30/09/2011

Horário: 15:15

Coordenadas geográficas: 23° 12' 38" S / 46° 49' 27" W

Altitude: 755 metros

Unidade geomorfológica: Col (colinas)

Geologia: Xistos porfiroblásticos e metarenitos

Medidas de fraturas: N220/44NW

Medida da lineação mineral: N50/11W

Descrição e considerações: Afloramento numa estrada, apresentando xisto com veios de quartzo sem direção preferencial. Colina suavizada. Área com algumas indústrias.

PONTO DE CONTROLE 8

Data: 30/09/2011

Horário: 15:28

Coordenadas geográficas: 23° 12' 53" S / 46° 47' 26" W

Altitude: 757 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos porfiroblásticos e metarenitos

Medidas de fraturas: 1º família (N225/70NW)

2º família (N105/65NE)

3º família (N125/50SW)

Medida da lineação mineral: N80/60SW

Descrição e considerações: Afloramento na borda da cidade. Área de indústrias e estradas de rodagem.

PONTO DE CONTROLE 9

Data: 30/09/2011

Horário: 15:40

Coordenadas geográficas: 23° 14' 41" S / 46° 49' 41" W

Altitude: 767 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos finos

Descrição e considerações: Área de chácaras; pôde ser observada a presença de uma mineração.

PONTO DE CONTROLE 10

Data: 30/09/2011

Horário: 16:15

Coordenadas geográficas: 23° 14' 35" S / 46° 49' 22" W

Altitude: 806 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Xistos finos

Descrição e considerações: Área ocupada por chácaras bastantes esparsas; declividade bastante acentuada.

PONTO DE CONTROLE 11

Data: 30/09/2011

Horário: 16:22

Coordenadas geográficas: 23° 14' 49" S / 46° 48' 54" W

Altitude: 776 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Região de contato entre Gnaisses miloníticos e filitos laminados

Medidas de fraturas: N290/30SW

Descrição e considerações: Ocupações com chácaras esparsas. Não foram encontrados afloramentos para medir fraturas.

PONTO DE CONTROLE 12

Data: 30/09/2011

Horário: 16:30

Coordenadas geográficas: 23° 14' 47" S / 46° 48' 56" W

Altitude: 793 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Gnaisses miloníticos

Medidas de fraturas: N280/40SW

Descrição e considerações: Ocupações de chácaras. Solo: saprólito de gnaiss. Sem possibilidade de medir fraturamento. Pontos difíceis de serem alcançados, dificuldade de aproximação dos afloramentos.

PONTO DE CONTROLE 13

Ponto de Controle (PC): XIII

Data: 30/09/2011

Horário: 16:47

Coordenadas geográficas: 23° 13' 44" S / 46° 49' 19" W

Altitude: 766 metros

Unidade geomorfológica: CMt (colinas e morrotes)

Geologia: Metarenitos e xistos intercalados

Medidas de fraturas: 1º família (N290/70NE)

Descrição e considerações: Ocupações de chácaras, mas já aumentando o adensamento de construções.

ANEXO II

MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DOS
MAPAS

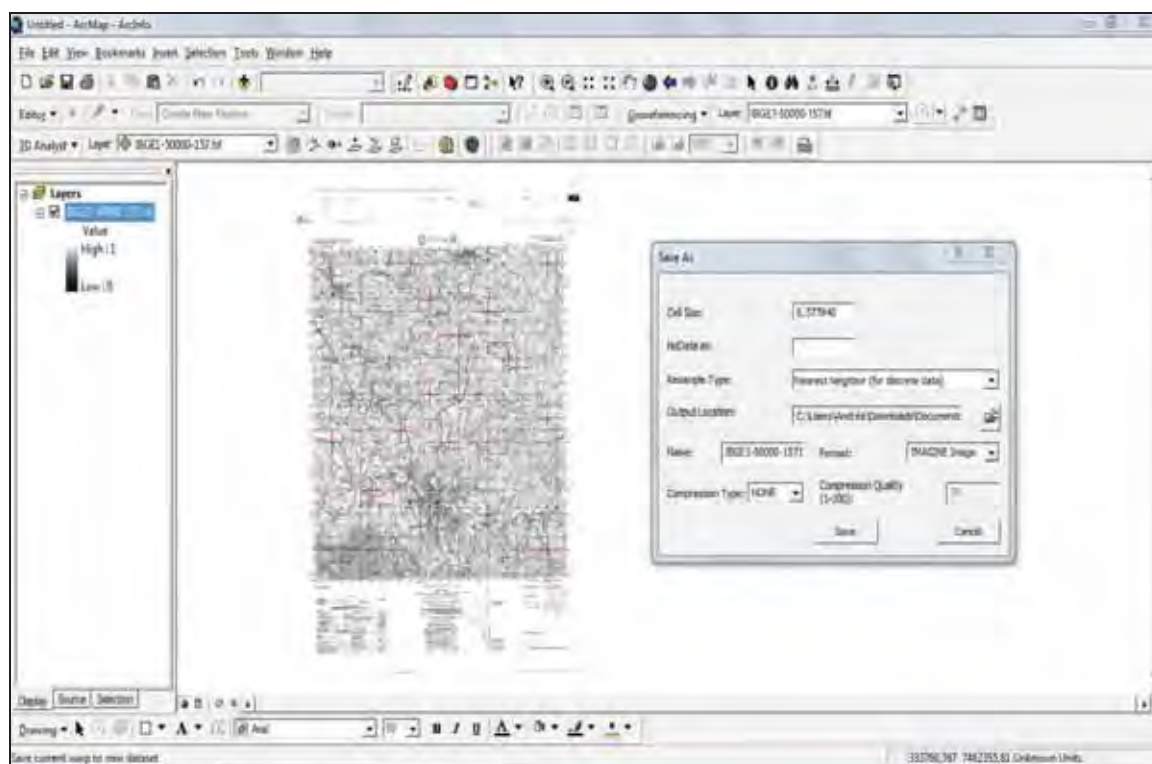


Figura 3.1: Pontos de georreferenciamento da carta 1:50000 do IBGE e ferramenta “rectify” na tela.

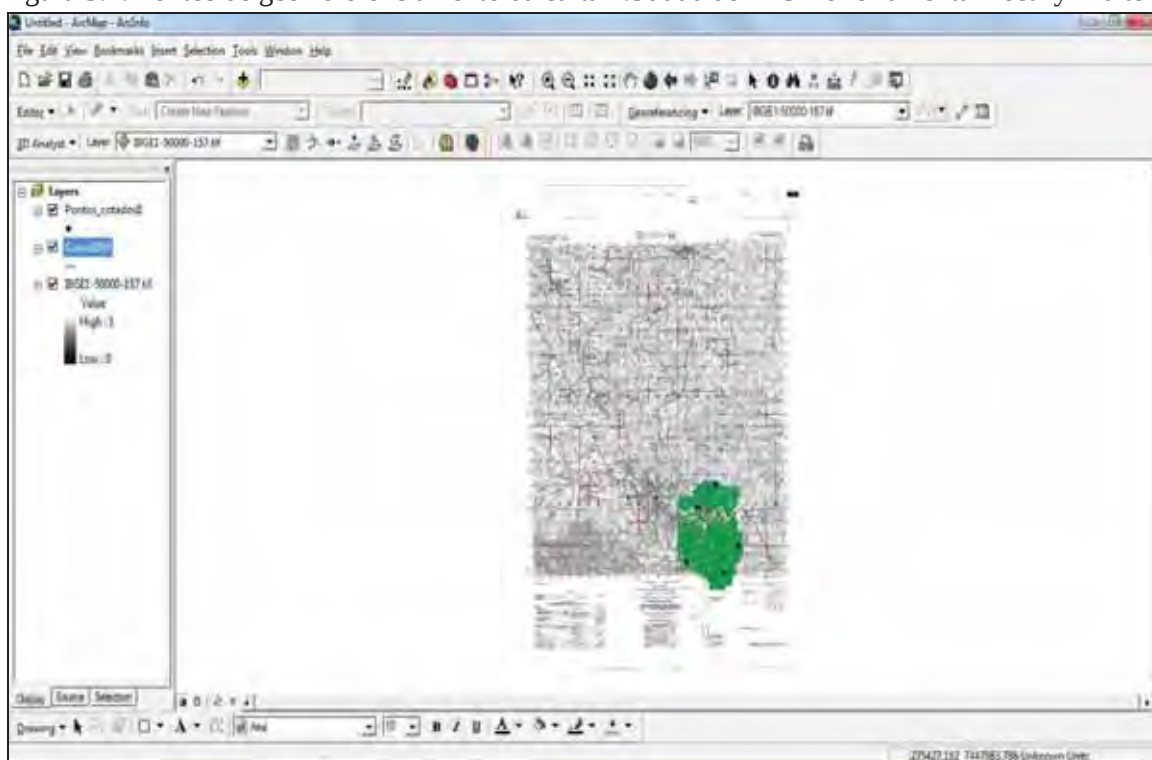


Figura 3.2: Carta topográfica de Jundiá em escala 1:50.000 georreferenciada, sobreposta pelas curvas de nível do município de Várzea Paulista e os pontos cotados coletados.

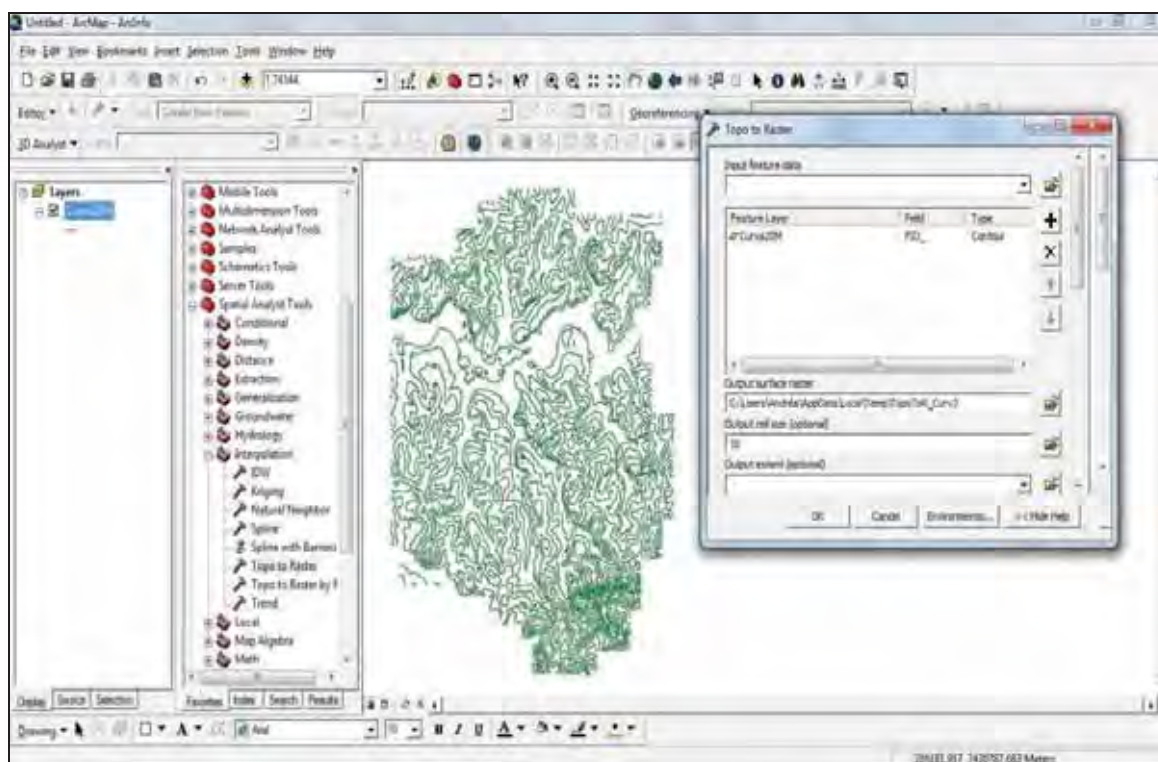


Figura 3.3: Procedimento para criação do Modelo de Elevação do Terreno (DEM).

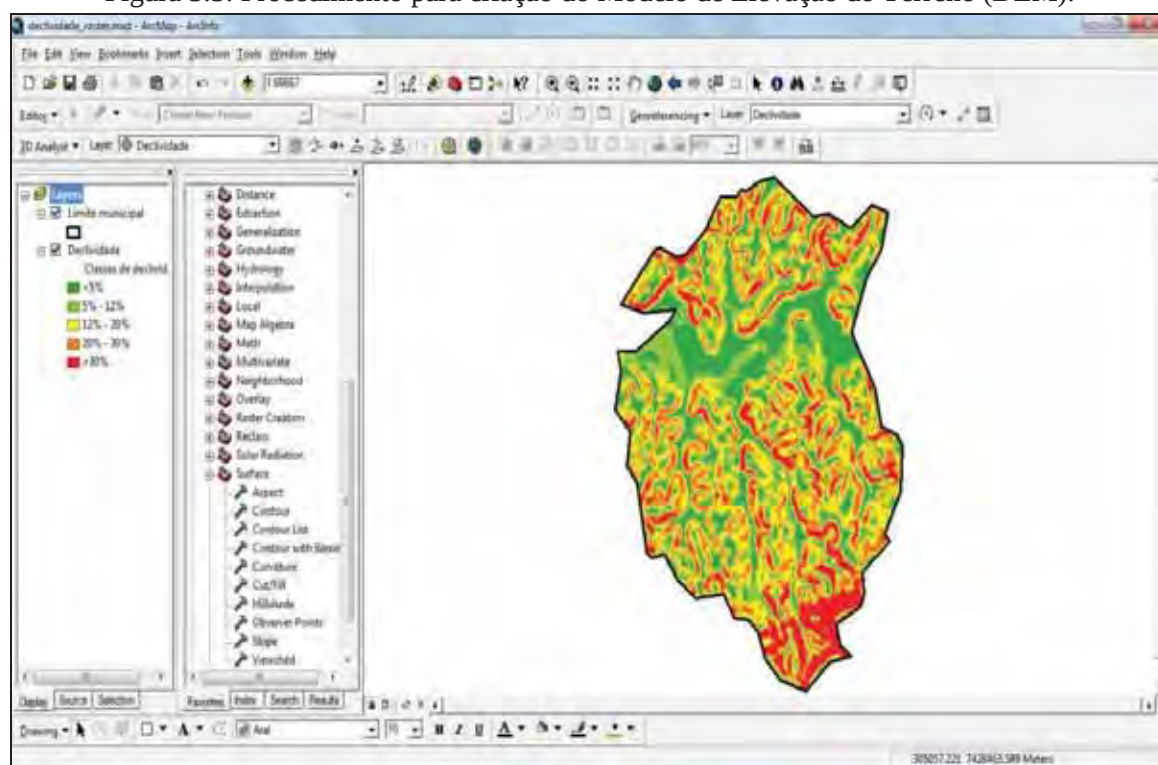


Figura 3.4: Geração do mapa de declividade.



Figura 3.5: Criação do “banco de dados” no software Spring.

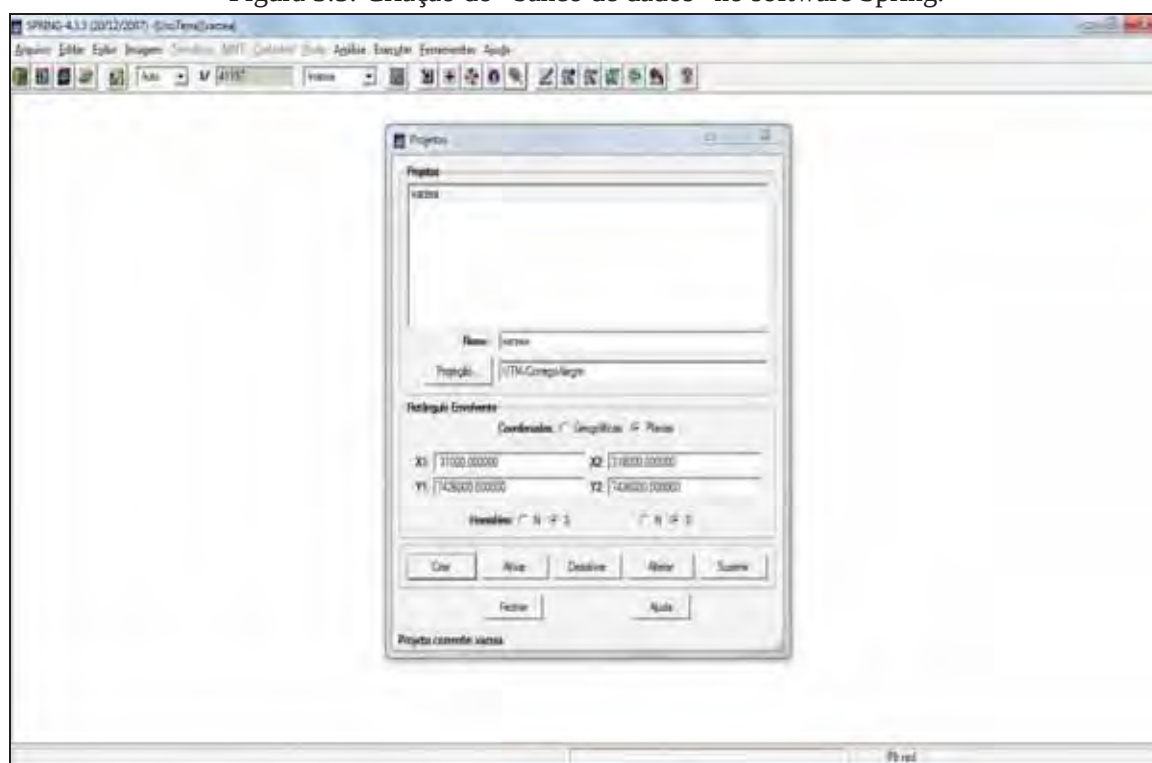


Figura 3.6: Criação do projeto, definição de coordenadas e inserção dos pares de coordenadas para o retângulo envolvente da área.

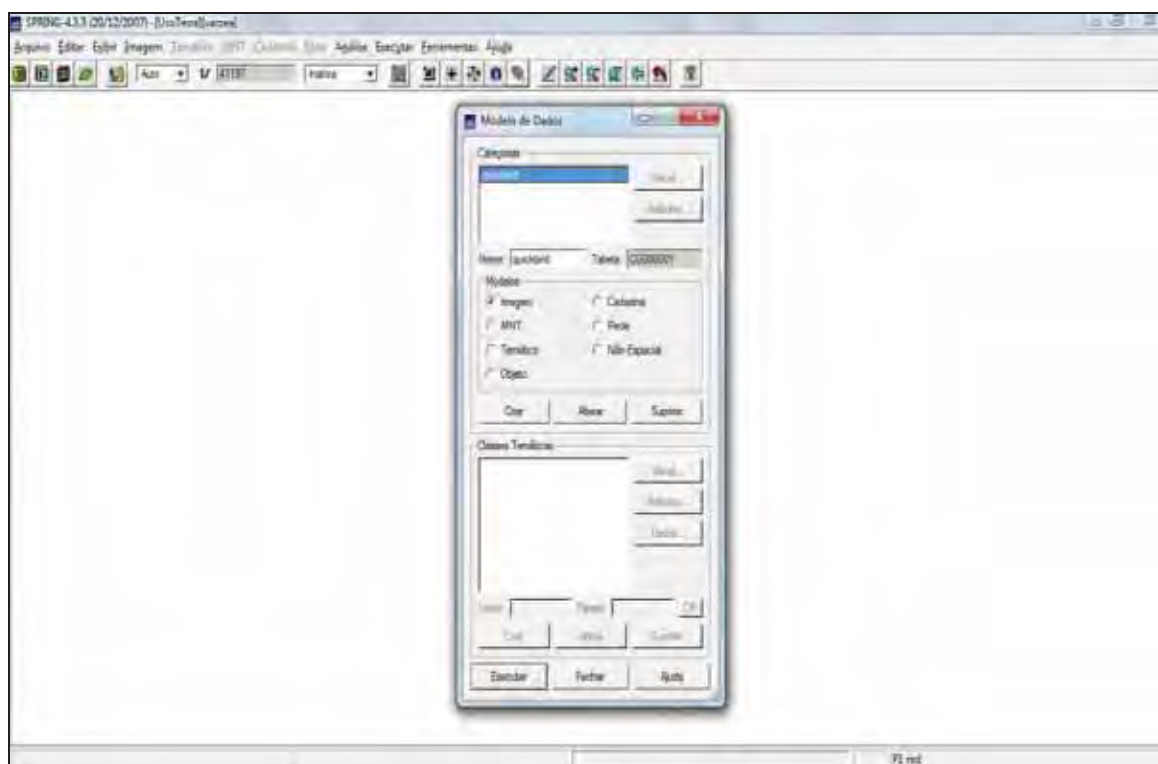


Figura 3.7: Atribuição do nome à categoria na aba “modelo de dados”.

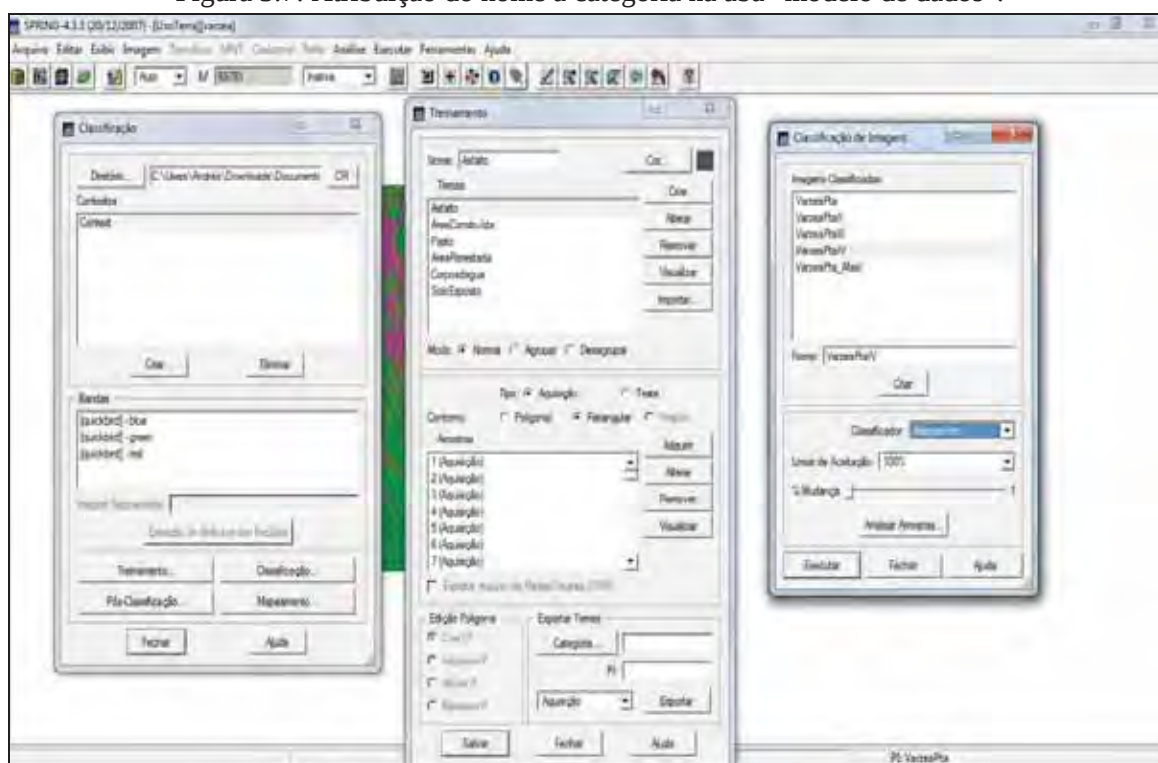


Figura 3.8: Criação do contexto, definição das classes, aquisição das amostras representativas e escolha do classificador.

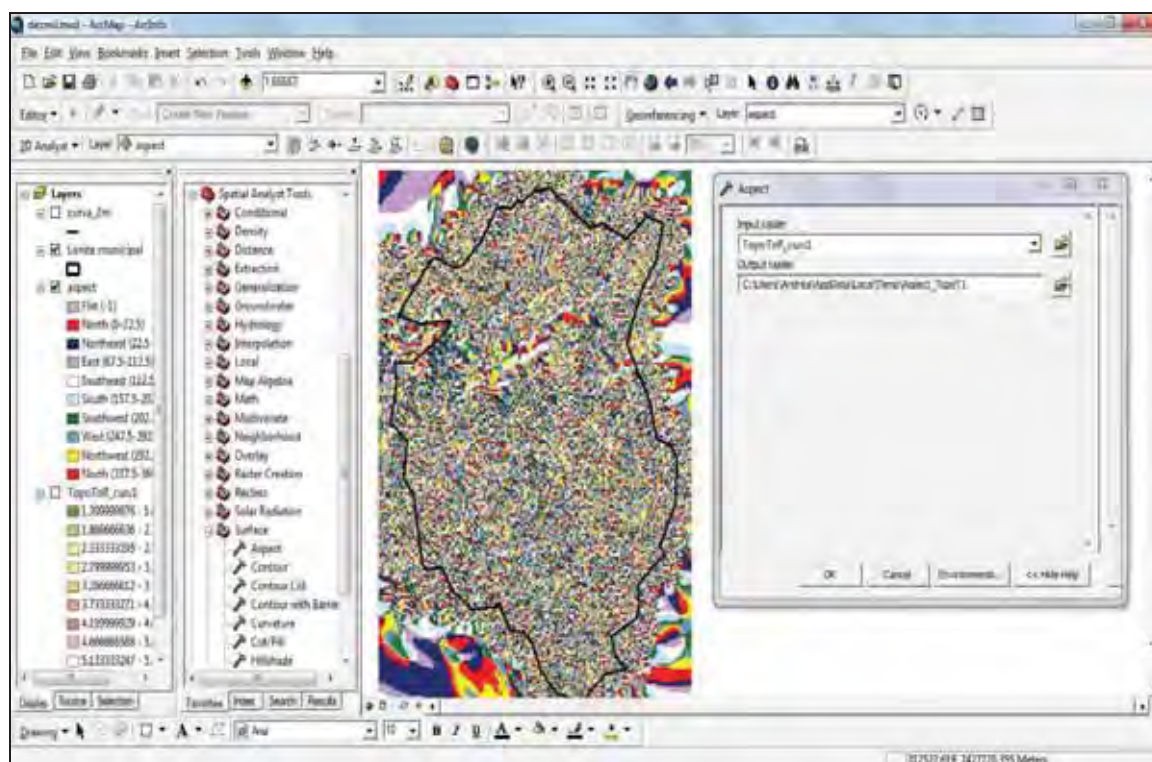


Figura 3.11 – Mapa de orientação de vertentes. Em preto o limite municipal de Várzea Paulista.

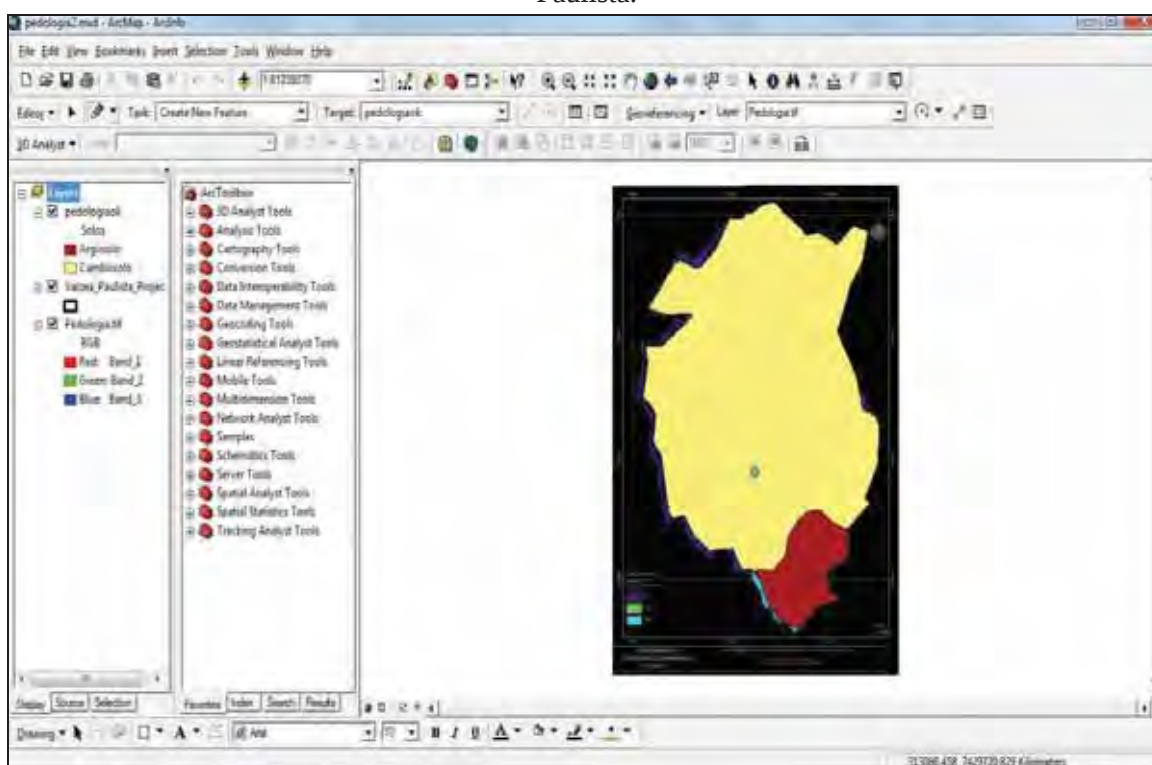


Figura 3.12 – Mapa pedológico do município de Várzea Paulista.

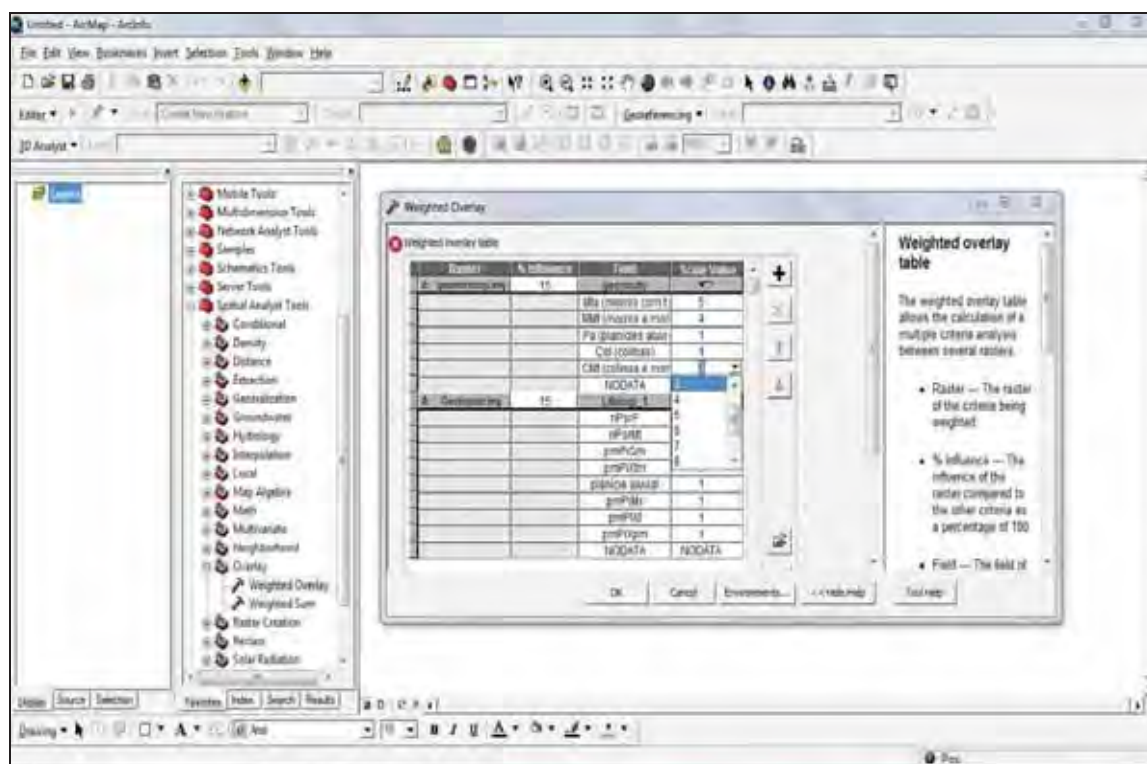


Figura 3.13 – Atribuição dos pesos de influência para mapas e fatores condicionantes e construção do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa por meio da ferramenta overlay no ArcMap.