



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - FCT  
CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**MELINA FUSHIMI**

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS  
EROSIVOS LINEARES DE PARTE DOS MUNICÍPIOS DE  
MARABÁ PAULISTA-SP E PRESIDENTE EPITÁCIO-SP**



**Presidente Prudente  
2016**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - FCT  
CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

---

**MELINA FUSHIMI**

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS  
EROSIVOS LINEARES DE PARTE DOS MUNICÍPIOS DE  
MARABÁ PAULISTA-SP E PRESIDENTE EPITÁCIO-SP**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Professor Livre Docente João Osvaldo Rodrigues Nunes

**PRESIDENTE PRUDENTE  
2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

F991v Fushimi, Melina.  
Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP / Melina Fushimi.  
- Presidente Prudente : [s.n.], 2016  
199 f. : il.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Inclui bibliografia

1. Vulnerabilidade ambiental. 2. Erosão linear. 3. Lógica Fuzzy. I. Nunes, João Osvaldo Rodrigues. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE MELINA FUSHIMI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA.**

Aos 17 dias do mês de junho do ano de 2016, às 09:00 horas, no(a) Sala de Videoconferência, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES - Orientador(a) do(a) Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Profa. Dra. MARIA CRISTINA PERUSI do(a) Coordenadoria Executiva / Unidade de Ourinhos / Unesp/Campus de Ourinhos, Prof. Dr. JOSE TADEU GARCIA TOMMASELLI do(a) Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/UNESP, Profa. Dra. REGINA CÉLIA DE OLIVEIRA do(a) Departamento de Geografia / Unicamp, Profa. Dra. LEDA CORREIA PEDRO MIYAZAKI do(a) UFU, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de MELINA FUSHIMI, intitulada **VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES DE PARTE DOS MUNICÍPIOS DE MARABÁ PAULISTA-SP E PRESIDENTE EPITÁCIO-SP**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

Profa. Dra. MARIA CRISTINA PERUSI

Prof. Dr. JOSE TADEU GARCIA TOMMASELLI

Profa. Dra. REGINA CÉLIA DE OLIVEIRA

Profa. Dra. LEDA CORREIA PEDRO MIYAZAKI

# AGRADECIMENTOS

À mãe Celi, pai Jorge, avó Emília e avô Mário pelo amor e apoio.

À irmã e amiga Flávia pelo companheirismo em todos os momentos.

Ao Robson pelo amor, compreensão, tranquilidade e ajuda nos trabalhos de campo.

Às amigas de infância Juliana, Nery (Camila) e Sassa (Mariana) por, apesar da distância, sempre se fazerem presentes.

Aos amigos que os bons tempos de graduação me proporcionaram: Marcelo, Tico (Luis Fernando), Kátia, Susana e Nathy (Nathalia).

Aos queridos amigos da pós-graduação: Baiano (Lindberg), Cirso (Vinicius), Agnaldo, Tainá, Núbia, Márcio, Letícia, Janaína e Renata.

Ao pessoal do Laboratório de Solos, sobretudo, Érika, Marcel, Jéssica, Alessandro, Ana, Mayara, Mariana, Dener e Victor e aos tatus antigos Caio, Joãozinho (João Cândido), Bruna, Lucas, Marcus, João Vitor, Jeff (Jefferson) e Denise pela parceria dentro e fora do grupo de trabalho.

À Tabilla pela amizade e paciência.

Ao amigo e orientador João Osvaldo pela amizade e por confiar no meu trabalho desde o estágio não obrigatório da graduação.

Ao Ítalo pelo auxílio nos trabalhos de campo e processamento dos dados.

Ao Prof. Dr. Antonio Cezar Leal e ao Grupo de Pesquisa GADIS por ceder as imagens de satélite ALOS/PRISM e ALOS/AVNIR-2.

Ao Prof. Dr. Júlio Kiyoshi Hasegawa por disponibilizar o Sistema de Processamento de Imagens *Pushbroom* e georreferenciar as imagens de satélite ALOS/PRISM.

À Cinthia, André, Aline, Ivonete e Leonardo da Seção de Pós-Graduação.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio à pesquisa.

À banca examinadora composta pela Profa. Dra. Maria Cristina Perusi, Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli, Profa. Dra. Regina Célia de Oliveira e Profa. Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki pelas contribuições ao trabalho.

A todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, colaboraram para a realização da presente tese.

Por fim, porém não menos importante, à Deus.

**MUITO OBRIGADA!**

A TAREFA NÃO É TANTO VER AQUILO QUE NINGUÉM VIU,  
MAS PENSAR O QUE NINGUÉM AINDA PENSOU SOBRE AQUILO

QUE TODO MUNDO VÊ.

(ARTHUR SCHOPENHAUER)

## RESUMO

No atual momento histórico, diante das transformações aceleradas das paisagens, em que as dinâmicas da sociedade se interpenetram e, muitas vezes, se sobressaem às dinâmicas da natureza, a questão ambiental assume importância em vários campos do conhecimento, sobretudo, na Geografia. Em meio aos diversos trabalhos desenvolvidos no âmbito geográfico e ambiental, tem-se a erosão como um dos assuntos mais enfatizados. Neste contexto, o objetivo geral da tese foi analisar os principais elementos que influenciam na vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP. Sob a perspectiva teórico-metodológica do pensamento da complexidade, foram caracterizados os aspectos do relevo, declividade, solos, substrato rochoso, cobertura vegetal, curvatura da superfície e uso da terra, além da elaboração de documentos cartográficos em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica, em especial, o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares. Em virtude das possibilidades de integração dos dados e atribuição de pesos, o referido mapa foi realizado a partir da lógica *fuzzy*, especificamente, da Técnica do Processo Analítico Hierárquico (AHP), a qual proporcionou o mapeamento de maneira classificada: baixa (0.32%), média (65.15%), alta (34.45%) e muito alta vulnerabilidade (0.08%). A baixa vulnerabilidade está elencada às matas ciliares remanescentes. A média vulnerabilidade se localiza nos topos das colinas com declividades inferiores a 5%. O uso da terra predominante é a pastagem e os solos são, em sua maioria, desenvolvidos e arenosos. A alta vulnerabilidade está, principalmente, nas vertentes convexas e retilíneas, em que as inclinações podem alcançar 15%. A pastagem prevalece, todavia, verificou-se a expansão do cultivo de cana de açúcar e do solo exposto para seu consecutivo plantio. A muito alta vulnerabilidade apresenta-se nas vertentes côncavas, cuja curvatura favorece a convergência das águas pluviais e, portanto, o fluxo linear. Tal evento se intensifica perante às declividades acentuadas – superiores a 20% para a região. Combinado a estes atributos, sobre solos rasos tem-se o pastoreio intensivo do gado, o qual acelera a compactação do solo e acarreta a erosão, sendo uma das formas de degradação mais recorrente no Extremo Oeste Paulista. Assim, o presente estudo pode contribuir no sentido de orientar a implantação de medidas preventivas e corretivas de controle à erosão por intermédio do planejamento ambiental.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade Ambiental. Erosão Linear. Mapeamento Geomorfológico. Lógica *fuzzy*. Técnica do Processo Analítico Hierárquico (AHP).

## ABSTRACT

In the current historical moment, given the accelerated changes in landscapes, in which the dynamics of society interpenetrate and, often, exceed the dynamics of nature, the environmental issue assumes importance in several fields of knowledge, especially, Geography. Among the diverse assignments developed in geographical and environmental contexts, erosion is one of the most commonly emphasized subjects. Therefore, this thesis aimed to analyze the main elements that influence environmental vulnerability to linear erosive processes (rills, ravines and gullies) in parts of Marabá Paulista-SP and Presidente Epitácio-SP. From the theoretical-methodological perspective of thought complexity, the relief, slope plans, soils, bedrocks, vegetation, surface curvature and land use aspects were characterized, in addition to the elaboration of cartographic documents using the Geographic Information System, in particular, the map of environmental vulnerability to linear erosive processes. Due to the possibilities of integrating data and assigning weights, the map was performed based on fuzzy sets, specifically, the Analytical Hierarchy Process (AHP), which provided classified mapping: low (0.32%), medium (65.15%), high (34.45%) and very high vulnerability (0.08%). The low vulnerability is identified in the reminiscent ciliary forests. The medium vulnerability is located on the hilltops with slopes of less than 5%. The land use is predominantly for pasture and soils are for the most part developed and sandy. The high vulnerability is primarily the convex and rectilinear aspects, where the slopes can reach 15%. On the prevailing pasture, however, the expansion of the sugar cane crop was found and soil exposed to its successive planting. The very high vulnerability is present in the concave slopes, whose curvature favors the convergence of rainwater and thus, linear flow. This event is intensified towards the steep slopes – more than 20% of the region. Combined with these attributes, on shallow soils there is intensive grazing of livestock, which accelerates soil compaction and leads to erosion, one of the most recurrent means of degradation in the Far West of São Paulo. Thus, the present study may contribute to guiding the management of preventive and corrective measures to control erosion through environmental planning.

**Keywords:** Environmental Vulnerability. Linear Erosion. Geomorphological Mapping. Fuzzy sets. Analytical Hierarchy Process (AHP).

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de localização da área de estudo.	21
<b>Figura 2.</b> Espaço geográfico: articulação entre natureza e sociedade.	31
<b>Figura 3.</b> Representação do espaço geográfico.	32
<b>Figura 4.</b> Esquema síntese sobre os meios morfodinâmicos propostos por Tricart (1977).	38
<b>Figura 5.</b> Esquema representativo com os fatores que compõem o mapa de vulnerabilidade natural e o mapa de vulnerabilidade ambiental elaborados por Grigio (2003).	40
<b>Figura 6.</b> Vertentes convexa e côncava e direção do escoamento das águas pluviais.	43
<b>Figura 7.</b> Representação da ação do <i>splash</i> .	44
<b>Figura 8.</b> Caminhos percorridos pela água precipitada na vertente.	46
<b>Figura 9.</b> Ilustração dos tipos de escoamento superficial.	46
<b>Figura 10.</b> Estrutura geral de um terraço.	48
<b>Figura 11.</b> Representação de terraceamento e caminhos das águas pluviais.	49
<b>Figura 12.</b> Esboço hipotético de uma voçoroca com medidas de estabilização.	50
<b>Figura 13.</b> Representação esquemática das articulações entre teoria e prática desenvolvidas no presente trabalho.	51
<b>Figura 14.</b> Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica.	53
<b>Figura 15.</b> Representação geométrica matricial.	55
<b>Figura 16.</b> Elementos da representação geométrica vetorial.	55
<b>Figura 17.</b> Paradigma dos quatro universos.	56
<b>Figura 18.</b> Diagrama de Venn, com os resultados da aplicação de operadores da lógica <i>booleana</i> para dois conjuntos (A e B).	58
<b>Figura 19.</b> Diferença de fronteiras entre os conjuntos de inferência <i>fuzzy</i> e <i>booleano</i> .	59
<b>Figura 20.</b> Matriz de comparação pareada.	64
<b>Figura 21.</b> Escala de comparações de critérios.	65
<b>Figura 22.</b> Coleta de amostras de solos em corte de estrada.	69
<b>Figura 23.</b> Coleta de amostras de solos com o trado do tipo holandês.	69
<b>Figura 24.</b> Análise textural (areia, silte e argila) adaptada do manual de métodos de análise de solo proposto pela Embrapa (1997).	70

<b>Figura 25.</b> Fracionamento da areia.	71
<b>Figura 26.</b> Trabalhos de campo com GPS geodésico em 13 pontos.	72
<b>Figura 27.</b> Localização dos 13 pontos na imagem ALOS/PRISM.	73
<b>Figura 28.</b> Localização dos 13 pontos na imagem do Google Earth® e trajeto percorrido em campo.	73
<b>Figura 29.</b> Sistema de Processamento de Imagens <i>Pushbroom</i> .	75
<b>Figura 30.</b> Delimitação das feições geomorfológicas.	76
<b>Figura 31.</b> Feições geomorfológicas restituídas no AutoCAD®.	76
<b>Figura 32.</b> Manipulação e edição gráfica das feições geomorfológicas.	77
<b>Figura 33.</b> Lógica da comparação pareada por intermédio da ferramenta “Suporte à Decisão AHP” no SPRING 5.2.3®.	81
<b>Figura 34.</b> Programação em LEGAL no SPRING 5.2.3®.	82
<b>Figura 35.</b> Valores atribuídos às classes temáticas das variáveis.	82
<b>Figura 36.</b> Fatiamento do Modelo Numérico de Terreno (MNT).	84
<b>Figura 37.</b> Imagem temática a partir de uma grade retangular.	85
<b>Figura 38.</b> Representação esquemática das fases de elaboração dos mapeamentos.	86
<b>Figura 39.</b> Coluna litoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná, com destaque para as Formações presentes na área de estudo.	89
<b>Figura 40.</b> Esboço Geológico adaptado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo e a localização da área de estudo.	90
<b>Figura 41.</b> Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo e a localização da área de estudo.	94
<b>Figura 42.</b> Mapa Pedológico adaptado do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo e a localização da área de estudo.	97
<b>Figura 43.</b> Trajetos preferenciais das massas de ar que percorrem o Extremo Oeste Paulista.	101
<b>Figura 44.</b> Porto Tibiriçá.	104
<b>Figura 45.</b> Estação da Estrada de Ferro Sorocabana de Presidente Epitácio-SP.	104
<b>Figura 46.</b> Evolução da destruição da cobertura florestal primitiva no Oeste Paulista.	107
<b>Figura 47.</b> Vegetação natural na região do Oeste Paulista no ano de 2001.	108
<b>Figura 48.</b> Área explorada pelo cultivo da cana de açúcar entre 2003 a 2012 – Unidade de gestão Pontal do Paranapanema-SP.	109
<b>Figura 49.</b> Mapa de Compartimentos do Relevo de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	113

<b>Figura 50.</b> Gráfico de distribuição das classes de compartimentos do relevo de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	114
<b>Figura 51.</b> Mapa de curvatura da superfície de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	115
<b>Figura 52.</b> Mapa de hipsometria de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	116
<b>Figura 53.</b> Mapa clinográfico de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	117
<b>Figura 54.</b> Mapa de uso da terra e cobertura vegetal de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	118
<b>Figura 55.</b> Esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	119
<b>Figura 56.</b> Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	120
<b>Figura 57.</b> Gráfico de distribuição das classes de curvaturas da superfície de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	122
<b>Figura 58.</b> Gráfico de distribuição das classes hipsométricas de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	122
<b>Figura 59.</b> Gráfico de distribuição das classes de declividade de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	123
<b>Figura 60.</b> Gráfico de distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	123
<b>Figura 61.</b> Gráfico de distribuição das classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	124
<b>Figura 62.</b> Gráfico de distribuição das classes de vulnerabilidade de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	124
<b>Figura 63.</b> Perfis topográficos e suas localizações no mapa de hipsometria de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	125
<b>Figura 64.</b> Perfil topográfico E-F. Colinas tabulares e aplainadas.	126
<b>Figura 65.</b> Pontos de observação do relevo 1, 2 e 3 – colinas tabulares e aplainadas.	127
<b>Figura 66.</b> Perfil topográfico G-H. Colinas amplas suavemente onduladas.	128
<b>Figura 67.</b> Perfil topográfico I-J. Colinas amplas suavemente onduladas.	129
<b>Figura 68.</b> Pontos de observação do relevo 4, 5 e 6 – colinas amplas suavemente onduladas.	130
<b>Figura 69.</b> Pontos de observação do relevo 7, 8 e 9 – colinas amplas suavemente onduladas.	131
<b>Figura 70.</b> Perfil topográfico K-L. Colinas onduladas.	132

<b>Figura 71.</b> Pontos de observação do relevo 10, 11 e 12 – colinas onduladas.	133
<b>Figura 72.</b> Localização dos pontos de amostragem dos solos no esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	135
<b>Figura 73.</b> Colinas tabulares e aplainadas.	136
<b>Figura 74.</b> Coleta de amostra de solo do horizonte superficial com o trado.	136
<b>Figura 75.</b> Rio Paraná.	137
<b>Figura 76.</b> Descrição geral e resultados da análise textural (areia, silte e argila) do horizonte superficial do Ponto 1.	137
<b>Figura 77.</b> Predomínio de colinas onduladas.	138
<b>Figura 78.</b> Feição erosiva linear no setor de pastagem.	139
<b>Figura 79.</b> Representação do perfil pedológico do Ponto 2.	139
<b>Figura 80.</b> Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 2.	140
<b>Figura 81.</b> Colinas amplas suavemente onduladas.	141
<b>Figura 82.</b> Representação do perfil pedológico do Ponto 3.	141
<b>Figura 83.</b> Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 3.	142
<b>Figura 84.</b> Vestígios de queimada nos torrões do horizonte B coletados em campo.	143
<b>Figura 85.</b> Córrego do Arigó.	144
<b>Figura 86.</b> Representação do perfil pedológico do Ponto 4.	144
<b>Figura 87.</b> Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 4.	145
<b>Figura 88.</b> Maquinário agrícola para implantar bacias de captação. Ao fundo, cultivo de cana de açúcar.	146
<b>Figura 89.</b> Representação do perfil pedológico do Ponto 5.	147
<b>Figura 90.</b> Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 5.	147
<b>Figura 91.</b> Pastagem e gramínea no Ponto 6 e plantio de cana de açúcar nas proximidades.	148
<b>Figura 92.</b> Representação do perfil pedológico do Ponto 6.	149
<b>Figura 93.</b> Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 6.	149
<b>Figura 94.</b> Paisagem do Ponto 7 – colinas onduladas.	150
<b>Figura 95.</b> Terraceamento em setores de gramínea e pastagem.	151

<b>Figura 96.</b> Erosão subsuperficial nos arenitos da Formação Adamantina.	151
<b>Figura 97.</b> Localização do Ponto 7 na paisagem.	151
<b>Figura 98.</b> Representação do perfil pedológico do Ponto 7.	152
<b>Figura 99.</b> Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 7.	153
<b>Figura 100.</b> Vertentes com declividades inferiores a 5%.	154
<b>Figura 101.</b> Representação do perfil pedológico do Ponto 8.	154
<b>Figura 102.</b> Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 8.	155
<b>Figura 103.</b> Blocos angulares e subangulares coletados em campo.	155
<b>Figura 104.</b> Pontos de observação dos solos (1 a 9) no esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	157
<b>Figura 105.</b> Pontos de observação dos solos (10 a 14) no esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	158
<b>Figura 106.</b> Localização dos pontos de vulnerabilidade no mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	160
<b>Figura 107.</b> Ponto 1: baixa vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.	161
<b>Figura 108.</b> Córrego Jataí – lado esquerdo da rodovia.	162
<b>Figura 109.</b> Córrego Jataí – lado direito da rodovia.	162
<b>Figura 110.</b> Terraços fluviais e planície aluvial do córrego Jataí.	162
<b>Figura 111.</b> Ponto 2: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.	163
<b>Figura 112.</b> Topos das colinas tabulares e aplainadas.	164
<b>Figura 113.</b> Vegetação de gramínea e uso da terra pela pastagem.	164
<b>Figura 114.</b> Rompimento dos terraços pelo pisoteio do gado.	165
<b>Figura 115.</b> Assentamento rural Santa Maria.	165
<b>Figura 116.</b> Ponto 3: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.	166
<b>Figura 117.</b> Amostras de solos desenvolvidos da Formação Caiuá coletadas por tradagem.	167
<b>Figura 118.</b> Colinas amplas suavemente onduladas com vertentes convexas.	167
<b>Figura 119.</b> Ponto 4: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.	168

<b>Figura 120.</b> Córrego da Lagoa.	169
<b>Figura 121.</b> Planície aluvial do córrego da Lagoa (lado esquerdo da estrada de terra).	169
<b>Figura 122.</b> Sedimentos advindos de montante no córrego da Lagoa (lado direito da estrada de terra).	170
<b>Figura 123.</b> Ponto 5: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.	171
<b>Figura 124.</b> Curso d'água do Ponto 5.	172
<b>Figura 125.</b> Vegetação de taboa – lado esquerdo da estrada de terra.	172
<b>Figura 126.</b> Eucalipto, taboa e feno – lado direito da estrada de terra.	173
<b>Figura 127.</b> Ponto 6: alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.	174
<b>Figura 128.</b> Colinas onduladas.	175
<b>Figura 129.</b> Vestígios de queimada e de maquinário agrícola.	175
<b>Figura 130.</b> Solo exposto e APP ao fundo.	176
<b>Figura 131.</b> Ponto 7: muito alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.	177
<b>Figura 132.</b> Afloramentos dos arenitos da Formação Caiuá.	178
<b>Figura 133.</b> Feição de relevo do tipo <i>demoiselle</i> .	178
<b>Figura 134.</b> Relevo caracterizado por colinas onduladas.	179
<b>Figura 135.</b> Cabeceira de drenagem em anfiteatro nas proximidades do Ponto 7.	179
<b>Figura 136.</b> Paisagens degradadas.	180
<b>Figura 137.</b> Paisagens degradadas, com sulcos e ravinas.	180
<b>Figura 138.</b> Rastejos.	180
<b>Figura 139.</b> Paisagem degradada pela erosão.	181
<b>Figura 140.</b> Focos erosivos do tipo ravina.	182
<b>Figura 141.</b> Pisoteio do gado que acelera o fluxo linear.	182
<b>Figura 142.</b> Pisoteio do gado em direção ao açude.	183

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Quantidade de amostras e localização dos pontos de amostragem dos solos.	69
<b>Tabela 2.</b> Classificação da fração areia, de acordo com as aberturas das peneiras utilizadas no fracionador.	71
<b>Tabela 3.</b> Coordenadas UTM obtidas por GPS geodésico e localização dos 13 pontos.	72
<b>Tabela 4.</b> Distribuição média mensal dos valores absolutos e relativos da precipitação média mensal (P) e dos índices de erosividade (EI30) para Presidente Prudente-SP no período de 01/01/1973 a 31/12/1997.	102
<b>Tabela 5.</b> Valores de precipitação média anual (P) e índices de erosividade (EI30) de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP para o período de 1973 a 1996.	103
<b>Tabela 6.</b> Resultados do fracionamento da areia do horizonte superficial do Ponto 1.	138
<b>Tabela 7.</b> Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 2.	140
<b>Tabela 8.</b> Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 3.	143
<b>Tabela 9.</b> Resultados do fracionamento da areia do horizonte do Ponto 4.	145
<b>Tabela 10.</b> Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 5.	148
<b>Tabela 11.</b> Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 6.	150
<b>Tabela 12.</b> Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 7.	153
<b>Tabela 13.</b> Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 8.	156

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Escala de valores AHP para comparação pareada.	63
<b>Quadro 2.</b> Escala de pesos para comparação pareada por meio da ferramenta “Suporte à Decisão (AHP)” no <i>software</i> SPRING®.	64
<b>Quadro 3.</b> Adaptação das classes de solos propostas por Trentin (2011) para a área de estudo.	80
<b>Quadro 4.</b> Períodos relevantes sobre o uso e a ocupação de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP.	110
<b>Quadro 5.</b> Síntese integrada da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.	121

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D = 2 Dimensões

3D = 3 Dimensões

AHP = *Analytical Hierarchy Process*

ALOS = *Advanced Land Observing Satellite*

APP = Áreas de Preservação Permanente

AVNIR-2 = *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*

CAD = *Computer-Aided Design*

cm = centímetro

DAEE = Departamento de Águas e Energia Elétrica

E = Este

EIA / RIMA = Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental

Embrapa = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FCT/UNESP = Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho”

g = grama

GADIS = Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

GPS = *Global Positioning System*

h = hora

ha = hectare

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE = Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT = Instituto de Pesquisas Tecnológicas

kg = quilograma

km = quilômetro

km<sup>2</sup> = quilômetro quadrado

LEGAL = Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico

m = metro

MJ = megajoule

ml = mililitro

mm = milímetro

MNT = Modelo Numérico de Terreno

PRISM = *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*

S = Sul

SIG = Sistemas de Informação Geográfica

SIRGAS 2000 = Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000

SPRING = Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas

TFSA = Terra Fina Seca ao Ar

TIN = *Triangular Irregular Networks*

UTM = Universal Transversa de Mercator

WGS 84 = *World Geodetic System 84*

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b>	20
<b>HIPÓTESE</b>	24
<b>OBJETIVOS</b>	24
<b>CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA</b>	25
<b>1. Pensamento da complexidade e vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares</b>	26
1.1 <i>Superação dos “quatro pilares da certeza”: emergência da complexidade</i>	26
1.2 <i>Geografia: relação sociedade-natureza</i>	29
1.2.1 Espaço geográfico e paisagem	31
1.3 <i>Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares</i>	36
1.3.1 Sobre o conceito de Vulnerabilidade	37
1.3.2 Fragilidade e Vulnerabilidade: principais referências	37
1.4 <i>Processos erosivos</i>	41
1.4.1 Elementos (da natureza e sociais) relacionados à erosão pluvial	43
1.4.2 Escoamento superficial da água: difuso, laminar e linear	45
1.4.3 Impactos ambientais e práticas de controle à erosão	47
<b>2. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica</b>	52
2.1 <i>Representação da informação geográfica no computador</i>	53
2.2 <i>Técnicas de inferência espacial</i>	56
2.2.1 Inferência booleana	57
2.2.2 Inferência fuzzy ou nebulosa	59
2.2.3 Técnica AHP – Processo Analítico Hierárquico	62
<b>CAPÍTULO 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	67
<b>1. Trabalhos de campo e análises no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP</b>	68
<b>2. Mapeamentos e perfis topográficos</b>	74
<b>CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO DAS PAISAGENS DE PRESIDENTE EPITÁCIO-SP E MARABÁ PAULISTA-SP: ASPECTOS FISIOGRÁFICOS E HISTÓRICOS</b>	87

<b>1. Principais características geológicas, do relevo, pedológicas e climáticas</b>	<b>88</b>
<b>2. Histórico de uso e ocupação</b>	<b>103</b>
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>111</b>
<b>1. Dinâmicas das paisagens e vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares</b>	<b>112</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>184</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>188</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>197</b>

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

No atual momento histórico, diante das transformações aceleradas das paisagens urbanas e rurais, em que as dinâmicas da sociedade se interpenetram e, muitas vezes, se sobressaem às dinâmicas da natureza, a questão ambiental assume importância crescente em vários campos do conhecimento, sobretudo, na Geografia.

De modo geral, a temática ambiental supera a dicotomia entre Geografia Física e Geografia Humana ao possuir caráter integrador entre os atributos físico-naturais e humano-sociais nas análises dos fenômenos e reconhece a pertinência desta perspectiva unificada no desenvolvimento das reflexões teóricas articuladas à prática.

Sob esse ponto de vista, em meio aos diversos trabalhos realizados no âmbito geográfico e ambiental, tem-se a erosão como um dos assuntos mais enfatizados. Sua representatividade se contextualiza no cenário frequente de degradação dos solos do território brasileiro associado aos ciclos econômicos e usos da terra.

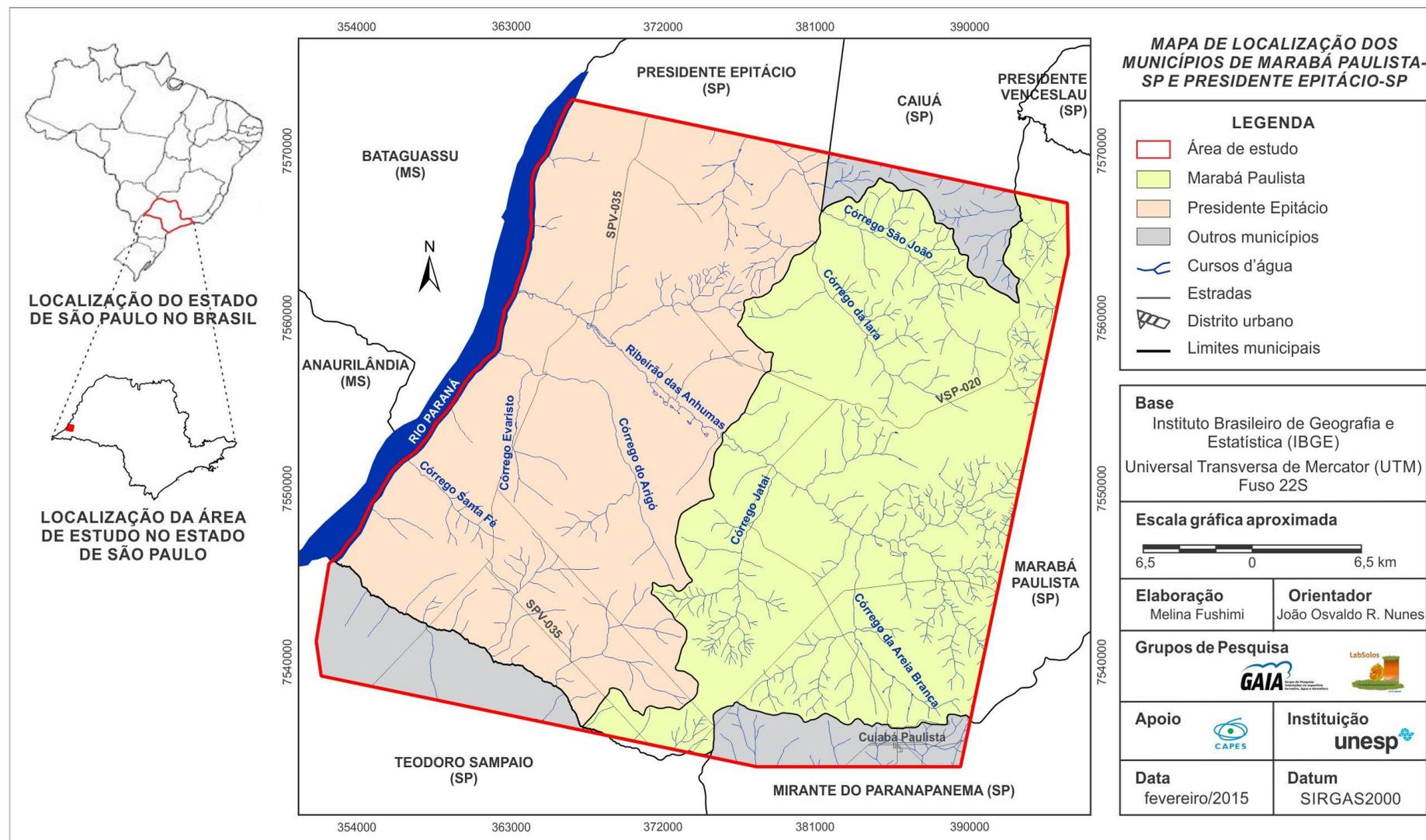
Apesar da erosão dos solos estar fortemente relacionada às práticas sociais, é um processo que ocorre na natureza há milhões de anos, isto é, anterior ao aparecimento do ser humano, com participação essencial na esculturação da superfície terrestre, na formação dos solos aluviais e das rochas sedimentares (WEILL; PIRES NETO, 2007).

No entanto, os usos da terra conduzidos pelo modo de produção capitalista, por desconsiderar as fragilidades dos constituintes da natureza – como relevo, declividade, solos, substrato rochoso, cobertura vegetal e curvatura da superfície – podem promover o surgimento/incremento de feições erosivas.

Dessa maneira, a relação sociedade e natureza apresenta-se materializada nas paisagens em diferentes níveis de vulnerabilidade ambiental à ocorrência de manifestações erosivas, cuja problemática foi tema de interesse e motivação para a presente tese.

Nesse contexto, abordou-se como área de estudo parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP, ambos localizados no Extremo Oeste do Estado de São Paulo (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.



Elaboração: Melina Fushimi.

A área territorial de Marabá Paulista é de 919,519 km<sup>2</sup> e sua população estimada foi de 5.435 em 2015. Presidente Epitácio dispõe 1.260,281 km<sup>2</sup>, com estimativa de 43.535 habitantes no ano de 2015 (IBGE, 2016).

O estudo se justifica pela necessidade de uma compreensão aprofundada a respeito das dinâmicas das paisagens da área de trabalho, as quais definem níveis de fragilidade e vulnerabilidade, além do quadro erosivo da região, conforme o mapa de erosão por ravinas e boçorocas do Estado de São Paulo na escala 1:250.000, desenvolvido sob coordenação do DAEE e IPT (KERTZMAN et al., 1995).

Historicamente, em virtude das transformações socioambientais, a princípio, por meio de monoculturas (principalmente, café e algodão) e, a posteriori, atividade pastoril e expansão gradativa do cultivo de cana de açúcar, sem a implantação de medidas conservacionistas adequadas, proporcionaram o predomínio do escoamento superficial, com fluxos laminares e lineares em solos vulneráveis à erosão.

Destaca-se ainda a pesquisa sobre vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de Presidente Prudente-SP (FUSHIMI, 2012), uma vez que o município se situa nas proximidades e possui a mesma conjuntura histórica de uso e ocupação.

O recorte espacial, o qual não coincide com os limites dos municípios, foi delimitado de acordo com a área imageada do satélite ALOS, sensor PRISM, cujo par estereoscópico viabilizou a elaboração do Mapa de Compartimentos do Relevo e, em seguida, do mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

Devido à ausência de bases detalhadas, somente de semidetalhe na escala 1:50.000 (em relação às curvas de nível, pontos cotados, principais vias de acesso, limites municipais e cursos d'água), todas as representações cartográficas foram realizadas e padronizadas na referida escala para posterior combinação de dados em ambiente SIG.

Cabe mencionar que o Mapa de Compartimentos do Relevo é parte de um projeto mais amplo, coordenado pelo Professor Livre Docente João Osvaldo Rodrigues Nunes, em que o objetivo é mapear os principais aspectos geomorfológicos do Extremo Oeste Paulista em escala de detalhe ou semidetalhada por intermédio da estereoscopia analógica ou no ambiente digital.

Como documentos cartográficos resultantes, pode-se mencionar os mapas geomorfológicos das áreas urbanas (NUNES et al., 2006) e rurais de Presidente Prudente-SP (NUNES; FUSHIMI, 2010), das cidades de Marília-SP (SANTOS, 2006) e de Álvares Machado-SP (VINHA, 2011), bem como os mapas de compartimentos do relevo de parte dos municípios de Santo Anastácio-SP (NUNES et al., 2014) e de Estrela do Norte-SP (FELIPE, 2015).

## HIPÓTESE

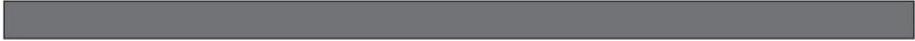
O delineamento da hipótese da tese de doutorado parte do pressuposto de que a análise das dinâmicas das paisagens, ao integrar elementos naturais e sociais (uso da terra), define relações de vulnerabilidade.

## OBJETIVOS

O objetivo geral da presente tese foi analisar os principais elementos que influenciam na vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

Com a finalidade de atingir o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar historicamente as transformações socioambientais ocorridas nas paisagens da área de estudo;
- Caracterizar os principais compartimentos do relevo – topos, vertentes e fundos de vales – e as respectivas feições geomorfológicas representativas;
- Analisar a estrutura superficial dos compartimentos do relevo;
- Caracterizar os aspectos pedológicos, de uso da terra, cobertura vegetal, curvatura da superfície, hipsometria, clinografia e o substrato rochoso para auxiliar na compreensão das dinâmicas das paisagens;
- Compreender a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

## 1. Pensamento da complexidade e vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares

Acerca da organização do pensamento e apreensão de mundo, tem-se o pensamento da complexidade. Em processo de construção nos diversos campos do conhecimento, inclusive na Geografia, possui como uma das principais referências as obras de Edgar Morin<sup>1</sup>. Almeida (2004, p. 21, grifo do autor) contextualiza sua importância: “Em meio ao *big bang* dos avanços do conhecimento e à crise dos princípios que norteavam a ciência clássica, coube a Edgar Morin assumir o desafio de religar e fazer dialogar o que à partida se constituíam em revoluções dispersas por domínios disciplinares”.

Além do mais, Almeida (2004), ao expor e discorrer sobre um conjunto de princípios organizadores do pensamento complexo, assevera que “[...] Morin não oferece ao conhecimento científico uma tábua de mandamentos, mas insufla o cientista a, de posse de princípios fundamentais e gerais, ensaiar seus próprios caminhos técnicos e metodológicos no fazer ciência, educação e pesquisa” (ALMEIDA, 2004, p. 23-24).

Nesse sentido, a presente pesquisa optou pela perspectiva do pensamento da complexidade como modo predominante de ordenação das ideias, entretanto, não desconsidera as demais interpretações existentes, uma vez que “As geografias atuais são múltiplas, adotam múltiplos métodos, constroem múltiplas visões/leituras, valorizam as singularidades, as identidades” (SUERTEGARAY, 2004, p. 188).

### 1.1 Superação dos “quatro pilares da certeza”: emergência da complexidade

Almeida (2004), utilizando as concepções de Edgar Morin, afirma que a emergência da complexidade se dá sob o contexto em que começam a dissolver os “quatro pilares da certeza” que sustentaram a ciência “clássica”, sendo eles:

1. Ordem: postula um universo regido por leis deterministas, como as leis de Newton<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Apesar do trabalho focar as ideias de Edgar Morin, demais autores, como Ilya Prigogine, também possuem contribuições relevantes na compreensão da complexidade.

<sup>2</sup> “O universo Newtoniano era um imenso sistema mecânico, que funcionava com leis matemáticas exatas, sob a força da gravidade” (KOZEL, 2004, p. 163).

A noção de “ordem” se depreendia de uma concepção determinista e mecânica do mundo. Qualquer desordem aparente era considerada como o fruto da nossa ignorância provisória. Atrás da desordem aparente existia uma ordem a ser descoberta.

A idéia de ordem universal foi posta em causa primeiramente pela termodinâmica, que a reconheceu no calor de uma agitação molecular desordenada, em seguida pela microfísica, depois pela cosmofísica e hoje pela física do caos. As idéias de ordem e de desordem param de se excluir simultaneamente. De um lado, uma ordem organizacional pode nascer em condições vizinhas da turbulência; de outro, processos desordenados podem nascer a partir de estados iniciais deterministas. (MORIN; LE MOIGNE, 2000, p. 199).

Diante das interações dos elementos ambientais, onde as dinâmicas das paisagens abrangem não somente as leis físicas, mas também a relação sociedade-natureza, tem-se a superação do substrato newtoniano:

Os sistemas complexos não podem ser entendidos apenas por suas complicações e por fluxos de suas funções dinâmicas originais, pois um sistema complexo não é apenas um problema de ação e re-ação como nos modelos mecânicos, pois implicam antes, reestruturações e rupturas que se integram na totalidade. (VITTE, 2007, p. 8).

É válido considerar a importância e as contribuições dos modelos mecanicistas, todavia, são insuficientes para compreender a complexidade dos sistemas.

2. Lógica indutiva-dedutiva-identitária: está relacionada à razão, ou seja, é ressaltada na medida em que os aspectos variantes e contraditórios são excluídos pelas ciências.

Morin (2010) contrapõe-se, ao ressaltar que:

[...] é preciso deixar de sonhar com uma ciência pura, uma ciência libertada de toda ideologia, uma ciência cuja verdade seria tão absoluta como a verdade “ $2 + 2 = 4$ ”, isto é, uma ciência “verdadeira” de uma vez por todas; pelo contrário, é preciso que haja conflitos de idéias no interior da ciência, e a ciência comporta ideologia. (MORIN, 2010, p. 150).

A incorporação da variabilidade, da contradição e do conflito de ideias podem proporcionar discussões construtivas e, conseqüentemente, o desenvolvimento e o avanço do conhecimento.

3. Princípio da Separabilidade: conforme Descartes no “Discurso do método”<sup>3</sup>, propõe decompor qualquer fenômeno em elementos simples como condição de analisá-lo. Colaborou para a especialização não comunicante, separando os grandes ramos da ciência e, especificamente, as disciplinas, além do entendimento de que a realidade objetiva pode ser considerada sem o seu observador (MORIN; LE MOIGNE, 2000).

O método de investigação de Descartes tem como ponto central a “dúvida”, e o conhecimento é construído pela indução e dedução, o que denominou “método analítico”, consistindo na decomposição do todo em partes para posterior análise e ordenação. Essas perspectivas proporcionaram as investigações científicas de caráter parcial e fragmentado, sobretudo por perder a dimensão do todo. (KOZEL, 2004, p. 162-163).

4. Princípio de Redução: fortalece o Princípio da Separabilidade ao priorizar a análise quantitativa, mensurável e supõe que os constituintes físicos e biológicos são a base do conhecimento, permanecendo a compreensão do conjunto, da mudança e da diversidade em plano secundário.

Reconhecendo a relevância dos “quatro pilares da certeza” percorridos por Almeida (2004), porém, com o propósito de avançá-los, tem-se o pensamento da complexidade:

Esse pensamento da complexidade não é absolutamente um pensamento que expulsa a certeza para colocar a incerteza, que expulsa a separação para colocá-la no lugar da inseparabilidade, que expulsa a lógica para autorizar todas as transgressões. A caminhada consiste, ao contrário, em fazer um ir e vir incessante entre certezas e incertezas, entre o elementar e o global, entre o separável e o inseparável. [...] Em síntese, o pensamento complexo não é o contrário do pensamento simplificador, ele integra este último [...] (MORIN; LE MOIGNE, 2000, p. 205).

Além disso, a complexidade busca a conjunção científica, isto é, discutir e, mais que isso, incorporar a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade nas ciências. Nesse contexto, Suertegaray (2004, p. 192) diferencia ambos os termos:

---

<sup>3</sup> DESCARTES, R. *Discours de la méthode*. 1637.

A interdisciplinaridade pressupõe trabalho coletivo, atitude dialógica, ou seja, busca de compreensão do problema em questão mediante o consenso na interpretação/compreensão. Agora, alcançar a interdisciplinaridade requer abertura e capacidade de compreender as múltiplas leituras que emanam das diferentes formas, de certo modo já consolidadas, de entender um problema. A transdisciplinaridade é uma possibilidade de auxílio nesta tarefa. Podemos entendê-la como capacidade de trânsito, capacidade de dialogar com os diferentes saberes, entendê-los e incorporá-los ao nosso conhecimento.

A autora prossegue, sustentando que “Essa abertura ao conhecimento do outro é um primeiro passo à construção interdisciplinar construída democraticamente, capaz de romper hierarquias e dominações de uns saberes (disciplinares) sobre outros” (SUERTEGARAY, 2004, p. 192).

Por outro lado, Carvalho (2004) reconhece as limitações e resistências de comunicação entre as ciências:

Entretanto, a comunicação entre as ciências, considerando os âmbitos disciplinares, ou entre as diversas formas de conhecimento, considerando os outros âmbitos não disciplinados, continua sendo limitada. As resistências advindas da manutenção de um certo *esprit de corps*, ou da rigidez das fronteiras analíticas, ou da hierarquização valorativa das diversas disciplinas e campos do conhecimento, com toda a carga de preconceitos que a partir daí se distribui, permanecem sendo barreiras dificultadoras dessa comunicação. (CARVALHO, 2004, p. 115-116).

Se faz necessário superar o caráter simplificador que segmenta tais conhecimentos em físico-naturais, de um lado, e humano-sociais, de outro (CARVALHO, 2004). No princípio da complexidade, “Trata-se de estabelecer a relação entre ciências naturais e ciências humanas, sem as reduzir umas às outras (pois nem o humano se reduz ao biofísico, nem a ciência biofísica se reduz às suas condições antropossociais de elaboração)” (MORIN, 2010, p. 31).

### 1.2 Geografia: relação sociedade-natureza

No âmbito da Geografia, a dicotomia entre Geografia Física e Geografia Humana está cristalizada para muitos geógrafos (SUERTEGARAY, 2002). Nesse aspecto, enquanto a primeira é o estudo referente somente aos elementos da

natureza, como clima, vegetação, relevo e hidrografia, a segunda está relacionada apenas à sociedade (população e urbanização, por exemplo).

Conforme Caseti (1991, p. 11), para muitos autores baseados na tradição positivista, “A “natureza” é estudada exclusivamente pela ciência natural, enquanto a ciência social preocupa-se exclusivamente com a sociedade, a qual não tem nada a ver com a natureza”.

Ao considerar tal abordagem parcial e insuficiente na análise e compreensão dos fenômenos geográficos, assumem importância as interpretações integradas mediante a interface sociedade e natureza.

Num mundo em transformações constantes, cujas expressões revelam desequilíbrios socioeconômicos, ambientais e culturais, podemos perguntar sobre a importância da geografia como a ciência que problematiza a relação homem/natureza, suas estratégias e procedimentos, para entender de forma ampla, abrangente e integrada a realidade em escalas diferentes e contextualizadas. (DANTAS, 2004, p. 247).

Para Suertegaray (2004), no contexto atual da pós-modernidade<sup>4</sup>, a ciência se direciona à conjunção científica, bem como à interação entre as ciências da natureza e da sociedade. Nesse caminho, inclui-se a Geografia, denominada por Morin (2000) como a “Ciência da Terra dos Homens”.

Em especial sobre a denominada “Geografia Física”,

O que se espera é que a Geografia, em especial a Geografia Física, construa uma visão plena dos processos de produção da natureza, onde natureza e sociedade sejam integradas, independente da verticalização do tema, ou do recorte espacial, a serem adotados nos estudos geográficos. (NUNES et al., 2006, p. 125).

Historicamente, os estudos relacionados ao ambiente estão presentes na pauta dos geógrafos desde os anos de 1970, seja na perspectiva pragmática de elaboração de diagnósticos e monitoramentos com vista à gestão territorial, como na construção do conhecimento (SUERTEGARAY, 2004).

---

<sup>4</sup> “O discurso da pós-modernidade está centrado na valorização das diferenças, da pluralidade, dos diferentes olhares, das diferentes compreensões, questionando a possibilidade da construção científica una, neutra e generalizante” (SUERTEGARAY, 2004, p. 191).

Mediante o pensamento complexo, Suertegaray (2004) utiliza como referência Naveh et al. (1993) e apreende a questão ambiental como uma problemática transversal:

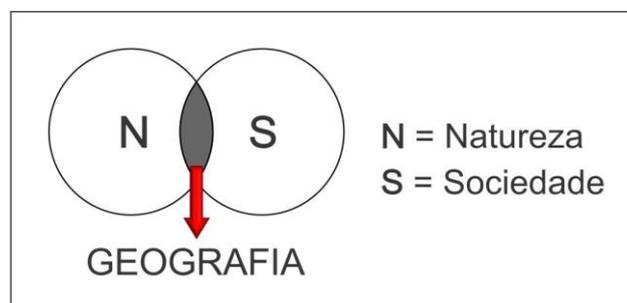
Há também neste momento, com a emergência da questão ambiental, o desejo de classificar as ciências que tratam da interface natureza e sociedade como ciências ambientais. Não obstante, sabemos que esta (a questão ambiental) é uma problemática transversal e nenhuma ciência teria plena capacidade de desvendar esta questão isoladamente, mesmo que trate e já tenha significativa experiência, como a geografia que historicamente busca as conexões entre a natureza e a sociedade e a ecologia que se construiu analisando os organismos e o meio e, mais recentemente, encaminha-se para a ecologia de paisagens (Naveh et al. 1993). Isto porque, afirmamos hoje, toda a realidade que nos rodeia é complexa. A complexidade do mundo implicou uma reavaliação da ciência. (SUERTEGARAY, 2004, p. 192-193).

Associados aos conceitos de interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, o tratamento da questão ambiental não cabe exclusivamente à Geografia; requer o diálogo com outros saberes disciplinares.

### 1.2.1 Espaço geográfico e paisagem

Ao partir do pressuposto de uma perspectiva geográfica, tem-se a concepção de espaço geográfico com referência em Suertegaray (2001), expressada mediante a articulação entre sociedade e natureza, isto é, constitui-se objeto de interface entre as ciências naturais e sociais (Figura 2).

Figura 2. Espaço geográfico: articulação entre natureza e sociedade.



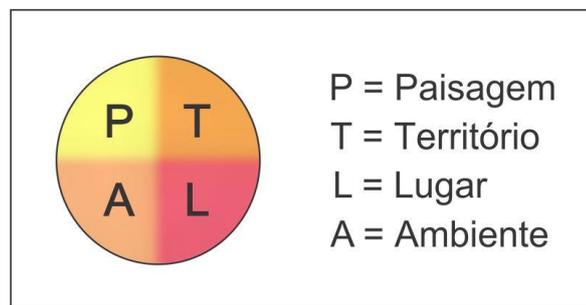
Fonte: Suertegaray (2001).  
Modificado por Melina Fushimi.

O espaço geográfico também é considerado “um todo uno, múltiplo e complexo” (SUERTEGARAY, 2001). Múltiplo no sentido de possibilidades de leituras

por meio de diferentes conceitos, como paisagem, ambiente, região, lugar, território, dentre outros.

Conforme a Figura 3 a seguir, por ser dinâmico, é demonstrado pelo círculo e o seu movimento. Além disso, está setorizado em quatro partes<sup>5</sup>, correspondente à visão analítica privilegiada pelo pesquisador. É um sistema complexo, uma vez que “[...] abandonamos um tipo de explicação linear por um tipo de explicação em movimento, circular, onde vamos das partes para o todo, do todo para as partes, para tentar compreender um fenômeno” (MORIN, 2010, p. 182).

Figura 3. Representação do espaço geográfico.



Fonte: Suertegaray (2001).  
Modificado por Melina Fushimi.

A respeito da representação proposta, Suertegaray (2001) prossegue:

Esta representação é elaborada no sentido de expressar a concepção de que: o espaço geográfico pode ser lido através do conceito de paisagem e ou território, e ou lugar, e ou ambiente; sem desconhecermos que cada uma dessas dimensões está contida em todas as demais. Paisagens contêm territórios que contêm lugares que contêm ambientes valendo, para cada um, todas as conexões possíveis. (SUERTEGARAY, 2001, p. 11).

Analisando os recortes analíticos, os quais poderiam ser assimilados como reducionistas na visão de espaço geográfico, Suertegaray (2001) indaga: “[...] pensando em uma Geografia que se construiu independentemente desses conceitos, compartimentada em geografia física e geografia humana com seus respectivos setores, não seriam estes, instrumentos operacionais que permitiriam o retorno a conjunção?” (SUERTEGARAY, 2001, p. 11).

<sup>5</sup> “Outros conceitos poderiam ser também trabalhados, a exemplo do conceito de região. Escolhemos estes em razão de nossas preocupações no âmbito da temática com a qual trabalhamos: a questão ambiental” (SUERTEGARAY, 2001, p. 2).

Com base no entendimento de que os conceitos (partes) possibilitam apreender o espaço geográfico (todo) sob diferentes perspectivas e que o todo e as partes compõem um sistema complexo, pois não se compreende um quando se negligencia o outro, a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares dos municípios de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP foi interpretada e discutida por intermédio da paisagem.

Pela ótica descritiva, a paisagem e a sua delimitação estavam atreladas, principalmente, à visão:

Para uma “ciência descritiva da paisagem”, o problema do conteúdo pareceria não chegar a constituir uma questão: a paisagem se vê. É um problema de boa visão e basta que seja bem descrita. Vale mais uma boa técnica de descrição que a prática especulativa sobre os significados. Na observação clássica de Pierre George, a Geografia é uma ciência do visível, e não do invisível. (MOREIRA, 1987, p. 22).

No mais, era percebida como a materialização das relações do ser humano com a natureza em um determinado espaço visual (SUERTEGARAY, 2001).

Ao pensar de maneira mais ampla, ou seja, além do que se vê, é considerada um conceito operacional que exprime forma (formação) e funcionalidade (organização):

De nosso ponto de vista, percebemos paisagem como um conceito operacional, ou seja, um conceito que nos permite analisar o espaço geográfico sob uma dimensão, qual seja o da conjunção de elementos naturais e tecnificados, sócio-econômicos e culturais. Ao optarmos pela análise geográfica a partir do conceito de paisagem, poderemos concebê-la enquanto forma (formação) e funcionalidade (organização). Não necessariamente entendendo forma–funcionalidade como uma relação de causa e efeito, mas percebendo-a como um processo de constituição e reconstituição de formas na sua conjugação com a dinâmica social. (SUERTEGARAY, 2001, p. 6).

Segundo Nunes et al. (2006), na paisagem ocorre a interpenetração das dinâmicas da natureza – relevo, clima, água, solo e cobertura vegetal – e da sociedade. A segunda promove transformações ao realizar significativas mudanças na primeira, por meio dos diferentes níveis históricos de desenvolvimento tecnológico.

Bertrand (1968) concebe a paisagem como o resultado da combinação dinâmica de elementos, sejam eles, físicos, biológicos e antrópicos:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1968, p. 1).

O autor prossegue: “É preciso frisar bem que não se trata somente da paisagem "natural" mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica” (BERTRAND, 1968, p. 1), visto que as paisagens ditas “físicas” são, quase sempre, remodeladas pela exploração antrópica (BERTRAND, 1968).

Deste modo, o sistema de exploração antrópica possui, em geral, papel significativo em circunstâncias, como a ativação ou desencadeamento de erosões e a modificação da vegetação ou solo com o desmatamento ou reflorestamento, por exemplo (BERTRAND, 1968).

A partir das reflexões de Vitte e Silveira (2010) e Vitte (2011), realce para as considerações de Alexander von Humboldt que buscou entender o funcionamento da natureza como um todo, sendo a paisagem a delimitação desse todo.

Mesmo em meio à especialização científica desenfreada de hoje, a busca de Humboldt pela “unidade da natureza” não só sobrevive como também prospera, produzindo ainda algumas das mais instigantes áreas de investigação contemporâneas, tais como a das cordas cósmicas, da complexidade, da emergência e a da elusiva “teoria do tudo”. (HELFERICH, 2005, p. 24).

Vitte (2011) descreve que Humboldt desenvolveu o método da observação da paisagem como postura científica, registrando a organicidade da natureza e estabelecendo suas relações causais. Para isto, utilizou como apoio as mensurações precisas, os mapeamentos e as construções gráficas.

A exatidão das mensurações é expressa por gráficos, com o intuito de representar a realidade física, a natureza interpretada pelo observador. “Ou seja, marcado por uma forte sensibilidade, o observador poderia registrar as forças imateriais da natureza que plasmam a paisagem” (VITTE, 2011, p. 75).

Os mapas, como o de isolinhas, denotam a precisão da observação da natureza e a apresentação gráfica de dados de cunho científico reflete o esforço em mostrar a unidade, a diversidade e a interdependência da natureza (VITTE, 2011).

Traçar isolinhas, por exemplo, é reconhecer elementos unificadores de determinada área e dispor essa conexão cartograficamente, ou seja, há aí uma ligação entre os particulares, e mais, há uma capacidade de enxergar a regularidade que os envolve. Essa produção de uma cartografia temática é, sem maiores controvérsias, uma contribuição geográfica. (VITTE; SILVEIRA, 2010, p. 86).

Vale mencionar que Humboldt incorpora o ser humano como elemento de síntese na natureza, sendo parte do processo de construção natural, diferentemente da concepção de ser humano enquanto “sociedade” (VITTE; SILVEIRA, 2010).

O humano aparece, bem dizer, no plano de análises orgânicas na superfície terrestre, quer dizer, ele representa, no plano da civilizações e no que se refere a dimensão objetiva, ao elemento orgânico mais bem desenvolvido, que vive e age em interação com a natureza. (VITTE; SILVEIRA, 2010, p. 89).

Por conseguinte, destacam-se as contribuições de Alexander von Humboldt neste trabalho, no que se refere ao método da observação da paisagem, aos mapas temáticos e às elaborações gráficas.

Contudo, o presente estudo se respalda no entendimento de ser humano na qualidade de sociedade, cuja relação com a natureza possui caráter, sobretudo, econômico, diante do predomínio do modo de produção capitalista.

Em face das demais referências apresentadas, compreende-se a paisagem como essencialmente dinâmica e é contemplada mediante as formas e os processos, em que os elementos naturais e sociais se articulam ao compor um cenário (leitura conjuntiva). Seu limite não é rígido nem pré-estabelecido conforme o alcance da visão, já que está relacionado à ocorrência dos fenômenos analisados.

Nesse sentido, a Geomorfologia possui estreita relação com a Geografia, pois o relevo, enquanto forma e processo, é constituinte da paisagem.

Geomorfologia, numa definição simplificada, é a “ciência que estuda as formas de relevo”. No entanto, para alcançar esse objetivo, à primeira vista tão simples e direto, é necessário percorrer um vasto caminho de observações, interpretações, correlações e análises. [...] para estudar as formas não basta apenas descrevê-las, é necessário, ainda, compreender e explicar como elas surgem e evoluem. Ou seja, a Geomorfologia deve considerar também os processos responsáveis pela gênese e evolução das formas de relevo e por sua distribuição espacial. (MOROZ – CACCIA GOUVEIA, 2010, p. 7, grifo da autora).

Moroz – Caccia Gouveia (2010) inclui a análise dos materiais, cujas características condicionam a atuação dos processos e, por conseguinte, as formas resultantes.

A aparente simplicidade no estudo das formas de relevo, na verdade, constitui-se em tarefa de extrema complexidade, uma vez que estas formas refletem um comportamento dinâmico pois estão sujeitas a ajustes contínuos, como resultado de suas relações com os processos que atuam sobre elas, e de acordo com os materiais constituintes.

Portanto, considera-se a melhor aceção para a Geomorfologia, aquela que a define como sendo o estudo das formas, dos materiais, e dos processos da superfície terrestre, tomados em suas diversas expressões espaço-temporais. (MOROZ – CACCIA GOUVEIA, 2010, p. 8, grifo da autora).

Assim, a Geomorfologia contribui significativamente nas pesquisas geográficas, dentre elas, no âmbito ambiental<sup>6</sup>, o estudo da vulnerabilidade às manifestações erosivas lineares.

A ideia de vulnerabilidade incorpora a fragilidade, ao integrar os aspectos da natureza, no entanto, introduz as práticas sociais que transformam as paisagens sob o contexto econômico do modo de produção capitalista.

### *1.3 Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares*

Os seres humanos, apreendidos como sociedade, em conjunto com os elementos naturais, são partes que se inter-relacionam e constituintes de um todo, influenciando, dessa forma, as dinâmicas das paisagens urbanas e rurais.

Especialmente nas áreas rurais, diante da substituição gradativa e expressiva da cobertura vegetal original e até mesmo secundária pelo uso da terra, como pastagem e monoculturas, observa-se um quadro de degradação pela erosão.

Nessa conjuntura, se faz pertinente as discussões sobre o tema e a sua inserção no planejamento ambiental, em que a vulnerabilidade aos processos erosivos é um componente relevante a ser considerado nas análises, tanto do ponto de vista teórico, quanto na aplicabilidade, com a implantação de manejo adequado (medidas conservacionistas e/ou corretivas).

---

<sup>6</sup> “[...] podemos afirmar que a Geografia tem pensado o ambiente diferentemente da Ecologia, nele o homem se inclui não como ser naturalizado mas como um ser social produto e produtor de várias tensões ambientais” (SUERTEGARAY, 2001, p. 9).

### 1.3.1 Sobre o conceito de Vulnerabilidade

O termo “vulnerabilidade”, embora empregado comumente e com ênfase nas pesquisas, podendo estar associado às abordagens ambientais, sociais, socioambientais ou naturais (dentre outras), em algumas ocasiões não apresenta definição ou embasamento teórico.

Almeida (2010) discorre sobre as confusões e contradições no estabelecimento de uma explicação consensual, as quais implicam em obstáculos na operacionalização do conceito e, com referência em Cutter (1996), admite que a ausência de concordância advém de dois fatores:

- Dificuldade em se apreender a multidimensionalidade da realidade analisada que perpassa pelas dimensões cultural, social, econômica, ecológica, tecnológica, ambiental, etc;
- Diversidade de orientações epistemológicas, como análise espacial, ciências físicas, ecologia política e humana e, conseqüentemente, das práticas metodológicas.

Segundo Cutter (1996) e Almeida (2010), o significado amplo de vulnerabilidade como “potencial de perda” (*potential for loss*) não está articulado a qual perda se está descrevendo nem responde às seguintes questões: “Quem é/está vulnerável?”, “Vulnerável a que processo?” e “Em função de quais condições socioespaciais?”.

Ademais, apesar do seu uso na Geografia desde o início dos anos de 1980, a vulnerabilidade ainda possui diferentes interpretações para diversas pessoas (CUTTER, 1996), conforme demonstrou a autora por meio da esquematização de 18 definições de vulnerabilidade ao longo dos anos (Anexo A).

Nesse sentido, o tópico a seguir expõe e discute as principais concepções que nortearam a pesquisa no que tange à vulnerabilidade e assuntos relacionados, especificamente, na ótica ambiental.

### 1.3.2 Fragilidade e Vulnerabilidade: principais referências

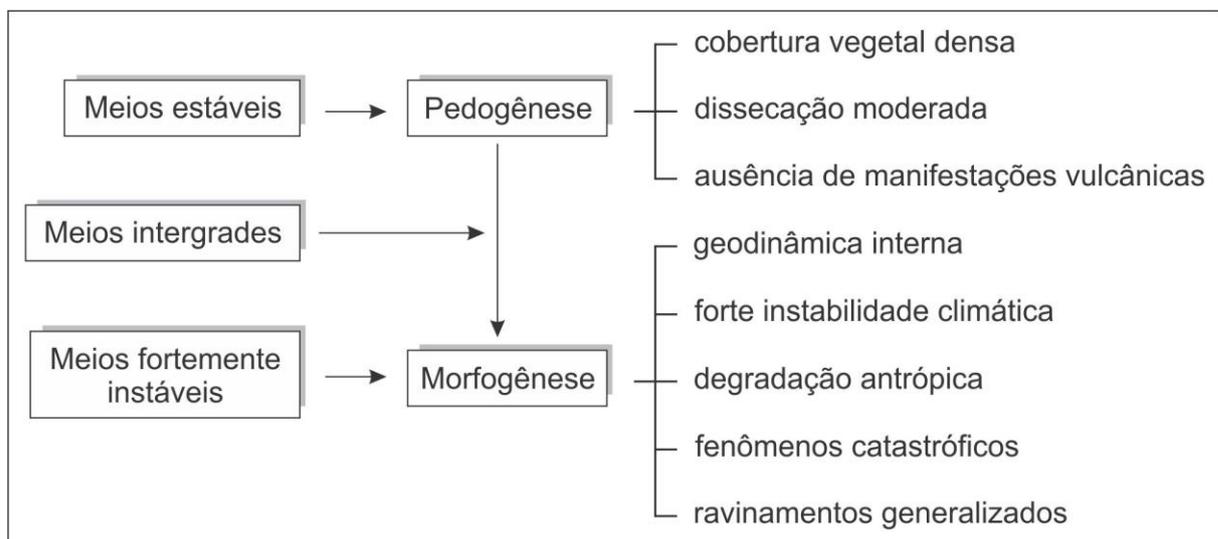
Ross (1994), ao tratar da fragilidade dos ambientes naturais, discorre que:

A fragilidade dos ambientes naturais face as intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais. (ROSS, 1994, p. 63).

No Brasil, face aos problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas predatórias, ao desperdício dos recursos naturais e à degradação generalizada, Ross (1994) evidencia a importância de um planejamento territorial ambiental que leve em consideração não somente o desenvolvimento econômico e tecnológico, como também as potencialidades dos recursos e, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais perante às distintas inserções da sociedade na natureza.

Com fundamento na Teoria de Sistemas<sup>7</sup>, as fragilidades dos ambientes naturais são estabelecidas com base nos meios morfodinâmicos classificados por Tricart (1977), cujos principais atributos estão esquematizados na Figura 4:

Figura 4. Esquema síntese sobre os meios morfodinâmicos propostos por Tricart (1977).



Fonte: Tricart (1977).  
Elaboração: Melina Fushimi.

<sup>7</sup> A Teoria de Sistemas “[...] parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções do homem nas diversas componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até permanentes” (ROSS, 1994, p. 65).

Em relação à análise empírica, baseada no princípio de que “[...] a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas” (ROSS, 1994, p. 65), esta requer estudos básicos do relevo, subsolo, solo, uso da terra e clima e a realização de documentos cartográficos de geomorfologia, geologia, pedologia, uso da terra/vegetação e climatologia.

De acordo com Ross (1994), os solos contribuem na avaliação da potencialidade agrícola (aptidão agrícola ou capacidade de uso) e no subsídio ao entendimento da fragilidade do ambiente às ações antrópicas vinculadas à agropecuária. Já os levantamentos geológicos proporcionam a compreensão da relação relevo/solo/rocha.

As informações sobre o clima, em particular, as chuvas (intensidade, volume e duração), também auxiliam na potencialidade agrícola, bem como na fragilidade natural dos ambientes. Enfim, a rugosidade topográfica do relevo (índices de dissecação) e as declividades das vertentes elencadas aos tipos de uso da terra e manejo dos solos para agricultura possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Pedro Miyazaki (2014) concebe a fragilidade como a análise dos componentes naturais e utiliza este conceito ao trabalhar com a vulnerabilidade à ocupação do relevo:

Para iniciar nossa reflexão, parte-se do pressuposto que os estudos de vulnerabilidade, sob uma perspectiva geográfica, devem avaliar se um determinado ambiente, cujas características naturais (solo, relevo, rocha, cursos d’água, vegetação) possam apresentar graus variados de fragilidade. Neste sentido, deve ser incorporado a este estudo sobre fragilidade os aspectos socioeconômicos de um determinado grupo, e que sejam analisados de forma articulada, para se chegar a vulnerabilidade de um determinado ambiente. Um ambiente pode se tornar vulnerável quando a sociedade interfere nas dinâmicas dos processos naturais, de forma a provocar profundas alterações nos fluxos ou nos ritmos dos processos [...] (PEDRO MIYAZAKI, 2014, p. 103).

A autora afirma que “[...] o conceito de vulnerabilidade deve abranger, de forma conjunta, a análise das condições do ambiente, envolvendo a sociedade e a natureza e suas inter-relações” (PEDRO MIYAZAKI, 2014, p. 99), portanto, as discussões referentes ao tema possuem caráter essencialmente geográfico.

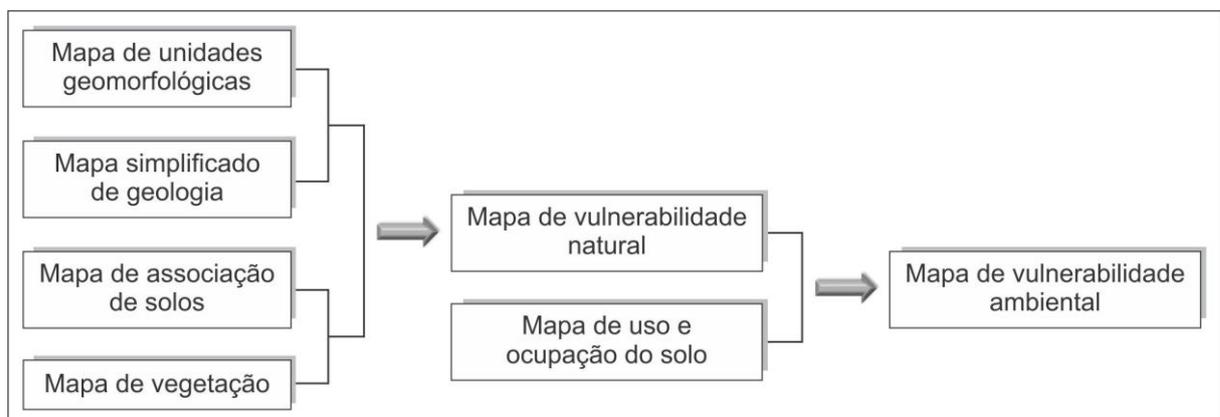
Grigio (2003) reconhece que vulnerabilidade e sensibilidade, do mesmo modo que fragilidade e susceptibilidade, em muitas ocasiões são abordadas como

sinônimos. Dessa forma, ao incorporar o termo vulnerabilidade, em especial, ambiental, adota a definição de Tagliani (2002):

[...] *significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. O sentido dado ao termo susceptibilidade refere-se à tendência (ser passível) de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades diferentes das que já tinha.* (GRIGIO, 2003, p. 181, grifo do autor).

A princípio, Grigio (2003) elabora o mapa de vulnerabilidade natural do município de Guamaré-RN que visa mostrar a intensidade e a distribuição da susceptibilidade do ambiente, considerando as variáveis geomorfologia, geologia, solos e vegetação. Em seguida, associado ao uso e ocupação do solo, tem-se o mapa de vulnerabilidade ambiental do recorte de estudo<sup>8</sup>, conforme representa a Figura 5.

Figura 5. Esquema representativo com os fatores que compõem o mapa de vulnerabilidade natural e o mapa de vulnerabilidade ambiental elaborados por Grigio (2003).



Elaboração: Melina Fushimi.

Para Fushimi (2012), a vulnerabilidade é uma expressão abrangente por possuir variadas interpretações por diversos pesquisadores, os quais a assimilam com outros conceitos e a adjetivam perante o objetivo de suas pesquisas. Desse modo, a autora elencou com concepções de fragilidade, susceptibilidade, sensibilidade e risco e com alguns tipos de vulnerabilidade: natural, social e ambiental.

<sup>8</sup> Os cruzamentos dos documentos cartográficos foram feitos no *software* ArcView GIS 3.2®, programa que possibilita a combinação pareada dos fatores. ArcView GIS é marca registrada pela ESRI Inc.

Fushimi (2012) opta pela vulnerabilidade ambiental, assimilando-a às práticas sociais que transformam as paisagens e, em interação com os elementos da natureza, podem proporcionar o aparecimento/aceleração da erosão. Áreas com baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade ambiental foram espacializadas no mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do município de Presidente Prudente-SP.

Em conformidade com as referências expostas, entende-se que a fragilidade vincula-se à análise conjunta dos componentes naturais e nos procedimentos operacionais tem-se a elaboração de documentos cartográficos temáticos. Dado o cunho integrador e a representação dos fenômenos em formato de mapas, seu uso é significativo nos trabalhos que tratam a vulnerabilidade.

A partir desse pressuposto, compreende-se para o presente estudo que a vulnerabilidade, sob a abordagem ambiental, está atrelada à fragilidade, isto é, à inter-relação dos constituintes da natureza. Todavia, se diferencia pela incorporação da ação da sociedade que altera as paisagens em detrimento dos seus interesses econômicos, sendo estes conduzidos pelo modo de produção capitalista.

Assim, a interface sociedade e natureza ocorre pelas relações complexas entre relevo/declividade/solos/substrato rochoso/cobertura vegetal/curvatura da superfície/uso da terra, materializada em áreas com diferentes níveis de vulnerabilidade aos processos erosivos laminares e, especificamente nesta tese, lineares.

Características físicas, como solos arenosos, vertentes côncavas e declividades acentuadas, associadas à substituição da vegetação para a atividade pecuária, por exemplo, sem o manejo ambiental adequado, viabilizam o desenvolvimento de sulcos, ravinas e voçorocas.

#### *1.4 Processos erosivos*

Guerra e Guerra (2009, p. 229), ao considerar erosão como “destruição das saliências ou reentrâncias do relevo”, afirmam que:

Alguns autores são muito restritos no conceito de erosão, considerando-a apenas como o trabalho mecânico de destruição – exercido pelas águas correntes, carregadas de sedimentos. Em nada, porém, se justifica o fato de não se considerar como erosão a decomposição química feita pelas águas correntes, uma vez que se considere no sentido amplo a destruição das formas salientes. Pode-se distinguir vários tipos de erosão: a) erosão acelerada; b) erosão elementar; c) erosão eólica; d) erosão fluvial; e) erosão glaciária; f) erosão marinha; g) erosão pluvial. (GUERRA; GUERRA, 2009, p. 229).

No que concerne à erosão acelerada dos solos, vale evidenciar as concepções de formação das ravinas e voçorocas:

[...] por vezes utilizado para fazer referência à erosão por voçorocas, deriva da concepção de que ravinas e voçorocas resultam da intervenção causada pelas atividades humanas (Neboit, 1983). Apesar de pertinente, esta concepção ignora o fato de que ravinas e voçorocas são feições erosivas que caracterizam, no Brasil e em outras partes do mundo, antigos depósitos sedimentares cuja idade pode atingir mais de 20.000 AP (Hugget, 1974; Oliveira, 1989; Camargo, 1998), sendo portanto, no que nos diz respeito, anteriores aos primeiros humanos documentados na América do Sul (Mello e Alvim, 1972). Conseqüentemente, ravinas e voçorocas podem ser vistas como canais incisivos naturais que resultam de desequilíbrios naturais ou induzidos pelo homem. (OLIVEIRA, 2014, p. 58).

Os municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP situam-se em uma área transicional dos sistemas atmosféricos inter e extratropicais (BOIN, 2000), em que os aspectos do clima (em especial, a precipitação), inter-relacionados com os demais fatores das paisagens, influenciam o desenvolvimento da erosão pluvial.

A erosão, no seu aspecto físico, é simplesmente a realização de uma quantidade de trabalho no desprendimento do material de solo e no seu transporte. O processo erosivo começa quando as gotas de chuva embatem a superfície do solo e destroem os agregados, e termina com as três etapas seguintes: (a) as partículas de solo se soltam; (b) o material desprendido é transportado; (c) esse material é depositado. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p. 70).

Diante da dinâmica erosiva observada na área de estudo (assunto discutido no item “Dinâmicas das paisagens e vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares”) e de um dos princípios do pensamento complexo, em que o todo é mais do que a soma das partes (MORIN, 2010), a pesquisa se atentou à conexão dos elementos naturais e sociais (partes) que influenciam a erosão do tipo pluvial (todo).

#### 1.4.1 Elementos (da natureza e sociais) relacionados à erosão pluvial

Os componentes da natureza, como clima, relevo, solos, substrato rochoso e cobertura vegetal, em conjunto com os aspectos sociais (uso da terra) são fatores que intervêm no grau de desenvolvimento do processo erosivo, conforme explicitado a seguir e baseado em Weill e Pires Neto (2007):

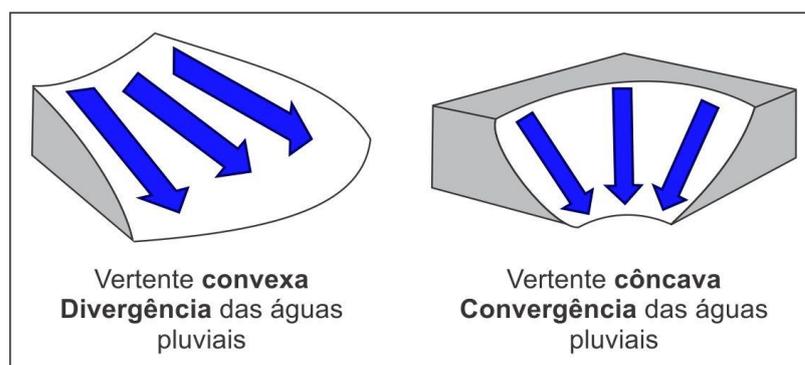
- **Clima:** especialmente na erosão hídrica, têm-se a quantidade, a distribuição, a energia cinética e, sobretudo, a intensidade das precipitações. Adiante, estão incluídos os ventos e as variações de temperatura;
- **Relevo:** desempenha papel relevante na circulação da água pluvial, de modo que, nos topos das colinas tabulares e aplainadas, por exemplo, predomina a infiltração, enquanto em áreas mais íngremes, como nas vertentes com declividades acentuadas, prevalece o escoamento superficial e/ou subsuperficial.

O comprimento das encostas interfere na velocidade do escoamento e no volume de água:

O comprimento de rampa não é menos importante que o declive, pois à medida que o caminho percorrido vai aumentando, não somente as águas vão-se avolumando proporcionalmente como, também, a sua velocidade de escoamento vai aumentando progressivamente. Em princípio, quanto maior o comprimento de rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante se traduz por uma erosão maior. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p. 56-57).

Os formatos côncavo e convexo das vertentes definem o tipo de escoamento: as vertentes convexas, geralmente, são distribuidoras de água, ao passo que as curvaturas côncavas são coletoras (Figura 6);

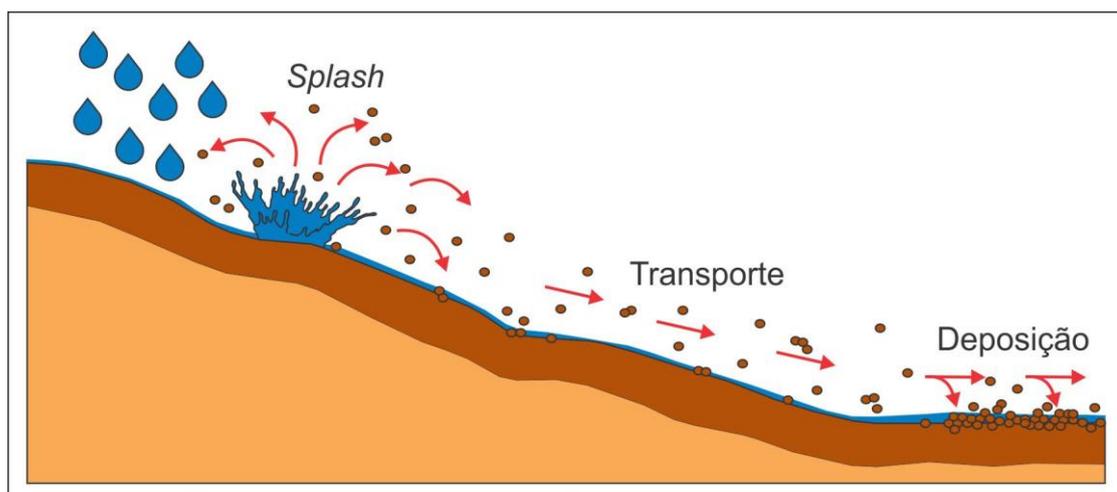
Figura 6. Vertentes convexa e côncava e direção do escoamento das águas pluviais.



Fonte: Troeh (1965 apud Caseti, 2005).  
Modificado por Melina Fushimi.

- Solos: atributos como granulometria, estrutura e agregação dos horizontes superficiais, capacidade de infiltração e retenção de água no solo, permeabilidade ou velocidade de transmissão de água no perfil, teor de matéria orgânica e espessura ou profundidade estão associados à sua erodibilidade, isto é, maior ou menor resistência à manifestação erosiva;
- Substrato rochoso: caracterizado pela constituição, textura e estrutura; as rochas mais alteráveis propiciam a formação de horizontes pedológicos desenvolvidos, disponibilizando maior quantidade de material para remoção, transporte e deposição;
- Cobertura vegetal: promove a dispersão da água, interceptando-a e favorecendo sua evaporação antes de alcançar o solo e a proteção direta contra a ação do *splash*<sup>9</sup> (Figura 7).

Figura 7. Representação da ação do *splash*.



Elaboração: Melina Fushimi.

A vegetação também atua indiretamente, à medida que a incorporação de raízes no perfil pedológico e sua posterior decomposição contribuem na acumulação de matéria orgânica no solo, com efeito sobre a estrutura, agregação e fertilidade e a formação de macroporos de origem biológica, o que possibilita a infiltração;

- Uso da terra: interfere na forma e intensidade de atuação dos processos erosivos, tais como: em atividades pecuárias, quando não são implantadas medidas

<sup>9</sup> “A erosão por *splash*, também conhecida no Brasil como erosão por salpicamento, ocorre, basicamente, como um resultado das forças causadas pelo impacto das gotas de chuva. [...] Além de as partículas serem transportadas pelo impacto causado pelas gotas de chuva, algumas são deslocadas pelo choque proporcionado por sedimentos que se batem uns contra os outros” (GUERRA, 2009, p. 175).

preventivas pode ocorrer a erosão associada ao pisoteio do gado; já nos cultivos de cana de açúcar tem-se a erosão laminar.

#### 1.4.2 Escoamento superficial da água: difuso, laminar e linear

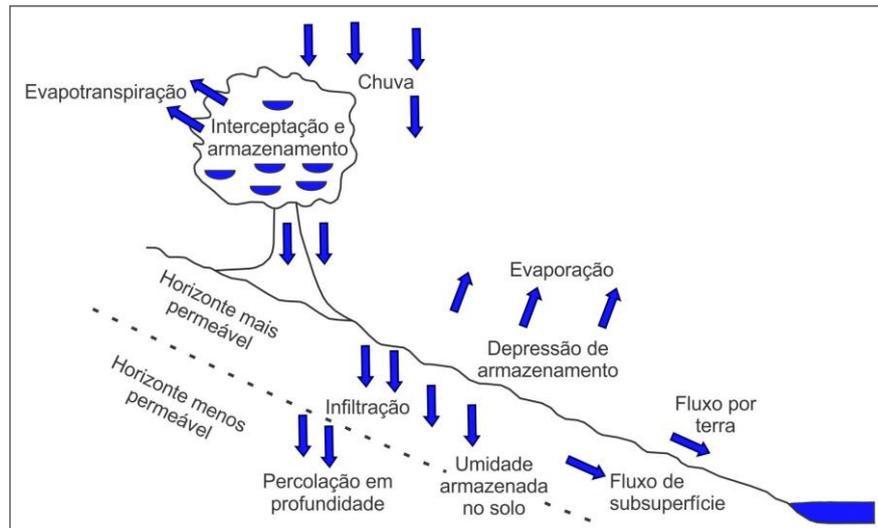
Casseti (2005) ressalta a importância da vertente para o estudo dos processos geomorfológicos nas escalas temporais geológica e histórica:

Uma vertente contém subsídios importantes para a compreensão dos mecanismos morfogenéticos responsáveis pela elaboração do relevo na escala de tempo geológico (propriedades geológicas), permitindo entender as mudanças processuais recentes (processos morfodinâmicos), na escala de tempo histórico, se individualizando como palco de transformações sócio-reprodutoras. (CASSETI, 2005, não paginado).

Sob essa interpretação, a dinâmica erosiva, uma das preocupações da Geomorfologia, possui representatividade no referido compartimento do relevo.

Segundo Casseti (2005), em relação aos vários caminhos percorridos pela água precipitada em uma vertente, têm-se: parte é evapotranspirada e a outra é interceptada e mantida pela cobertura vegetal (quando presente). Nessas condições, por intermédio do fluxo pelo tronco da vegetação, ocorre a infiltração no horizonte mais permeável até atingir área de menor permeabilidade, com o armazenamento da umidade no solo e fluxo de subsuperfície. O excedente ou o que não foi infiltrado permanece nas depressões superficiais, no qual uma parcela é evaporada e o restante escoar (fluxo por terra ou escoamento superficial) em direção à jusante (Figura 8).

Figura 8. Caminhos percorridos pela água precipitada na vertente.

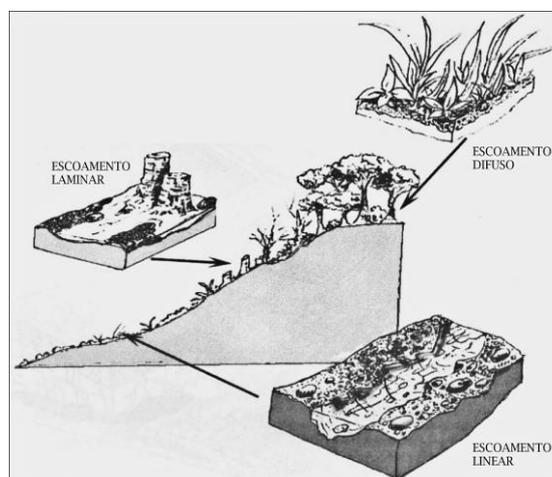


Fonte: Carson e Kirkby (1972 apud Casseti, 2005).  
Modificado por Melina Fushimi.

O desenvolvimento dos processos erosivos associados à dinâmica pluvial está elencado aos aspectos do clima, relevo, solos, substrato rochoso, cobertura vegetal e uso da terra (de acordo com o tópico anterior “Elementos (da natureza e sociais) relacionados à erosão pluvial”), proporcionando diferentes tipos de escoamento superficial, como explica e ilustra (Figura 9) Suertegaray (2008):

É o escoamento que ocorre nas encostas durante um evento chuvoso, quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada. Ele pode ser *areolar*, quando a água escoar regularmente sobre a superfície, dividindo-se em escoamento difuso e laminar, ou pode ser *linear*, concentrando-se em canais. (SUERTEGARAY, 2008, p. 70, grifo do autor).

Figura 9. Ilustração dos tipos de escoamento superficial.



Fonte: Suertegaray (2008).

Dessa maneira, Casseti (2005) discorre sobre os fluxos difuso, laminar e linear:

1. Fluxo difuso: vinculado à rugosidade do terreno, em que obstáculos, como serrapilheira, vegetação de sub-bosque ou gramínea, dificultam o fluxo por terra, mesmo quando o escoamento é maior do que a infiltração. Em geral, não deixa impressões significativas na área de ocorrência;

2. Fluxo laminar: é distribuído de modo disperso, não se concentrando em canais (GUERRA, 2009). Responsável por uma erosão oculta, uma vez que não é perceptível a curto e médio prazo na paisagem;

3. Fluxo linear: resultante da convergência do escoamento superficial, onde caminhos preferenciais são percorridos diante da morfologia do relevo.

Dentre as feições relacionadas ao fluxo linear, têm-se as ravinas. Oliveira (2014) as diferenciam das voçorocas, afirmando que as primeiras são incisões de até 50 cm de largura e profundidade, enquanto valores superiores são denominados de voçorocas ou boçorocas.

Por outro lado, técnicos do IPT propõem: “[...] ravinas seriam canais criados pela ação do escoamento superficial; e voçorocas, canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático” (OLIVEIRA, 2014, p. 59), sendo essa a classificação adotada para o presente trabalho.

#### 1.4.3 Impactos ambientais e práticas de controle à erosão

De acordo com Sánchez (1998a e 2008), a locução “impacto ambiental”, em meio às várias definições existentes, pode ser considerada como:

[...] “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana” (Sánchez, 1998a). Tal definição, ao trabalhar sob a óptica dos *processos* ambientais, tenta refletir o caráter *dinâmico* do ambiente. (SÁNCHEZ, 2008, p. 32, grifo do autor).

Sánchez (2008) prossegue:

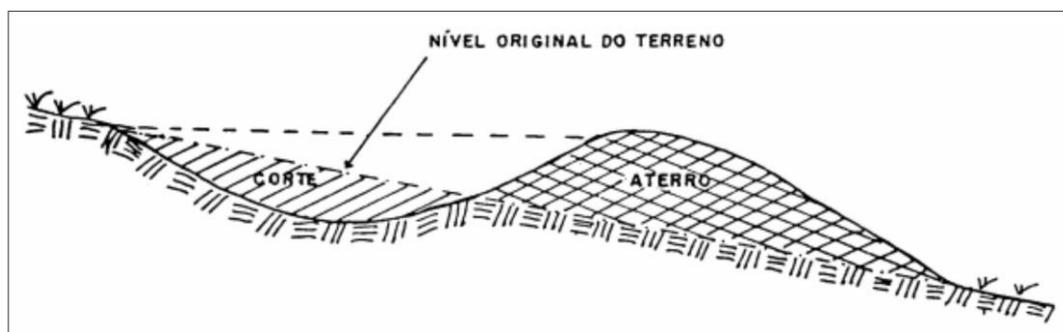
Impacto ambiental é, claramente, o *resultado* de uma ação humana, que é a sua causa. Não se deve, portanto, confundir a causa com a consequência. Uma rodovia não é um impacto ambiental; uma rodovia *causa* impactos ambientais. Da mesma forma, um reflorestamento com espécies nativas não é um impacto ambiental benéfico, mas uma ação (humana) que tem o propósito de atingir certos objetivos ambientais, como a proteção do solo e dos recursos hídricos ou a recriação do hábitat da vida selvagem. (SÁNCHEZ, 2008, p. 32, grifo do autor).

Nessa perspectiva, os processos erosivos, quando propiciados e/ou acelerados por atividades antrópicas consistem em impacto ambiental. Entretanto, a alteração das paisagens pela ação da sociedade também pode ser benéfica, como a implantação de medidas preventivas e corretivas de controle à erosão.

O terraceamento<sup>10</sup>, por exemplo, é uma prática mecânica de conservação dos solos introduzido nas propriedades rurais, com o propósito de conter a erosão hídrica.

De maneira geral, o terraço é uma estrutura que combina um canal (corte) e um camalhão (aterro) (Figura 10), sendo construído em intervalos dimensionados e no sentido transversal ao declive da vertente (EMBRAPA, 2014).

Figura 10. Estrutura geral de um terraço.



Fonte: Embrapa (2014).

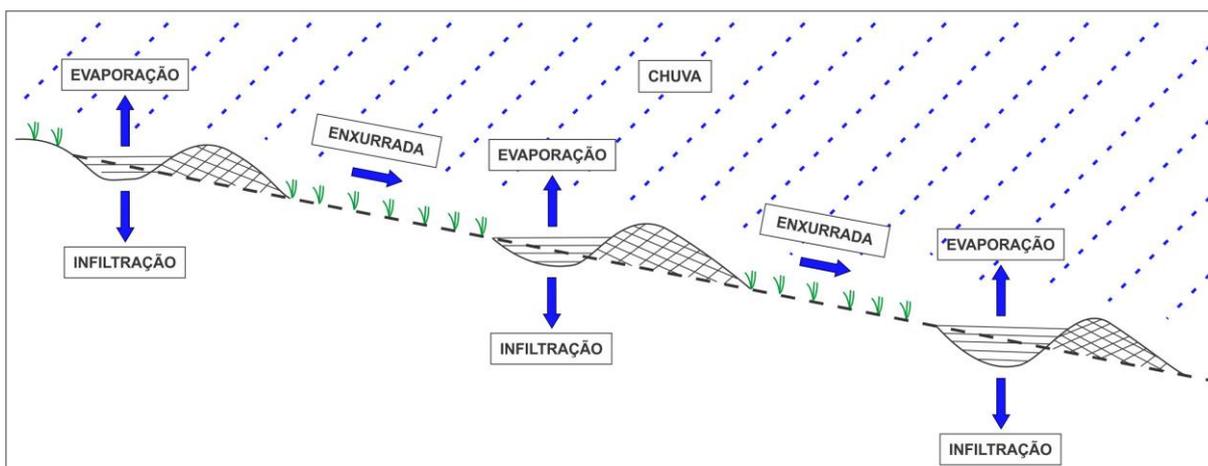
Para garantir sua estabilidade é importante a implantação durante o período seco, anterior à ocorrência de chuvas (MOURA, 1994).

Lombardi Neto et al. (1994) representam esquematicamente um terraceamento, com os caminhos percorridos pelas águas pluviais (Figura 11):

---

<sup>10</sup> A escolha do terraceamento como exemplo de medida conservacionista se justifica pela presença dessa estrutura em vários setores da área de estudo.

Figura 11. Representação de terraceamento e caminhos das águas pluviais.



Fonte: Lombardi Neto et al. (1994).  
Modificado por Melina Fushimi.

Vale ressaltar que a referida atividade se torna mais eficiente quando combinada a outras ações que favoreçam o incremento da cobertura vegetal e da infiltração de água no solo, como plantio e cultivo em nível, rotação de culturas, manejo de restos culturais, calagem e outras (LOMBARDI NETO et al., 1994).

Outro exemplo são as medidas de controle da dinâmica erosiva linear, organizadas e ilustradas (Figura 12) pela Embrapa (2014)<sup>11</sup>:

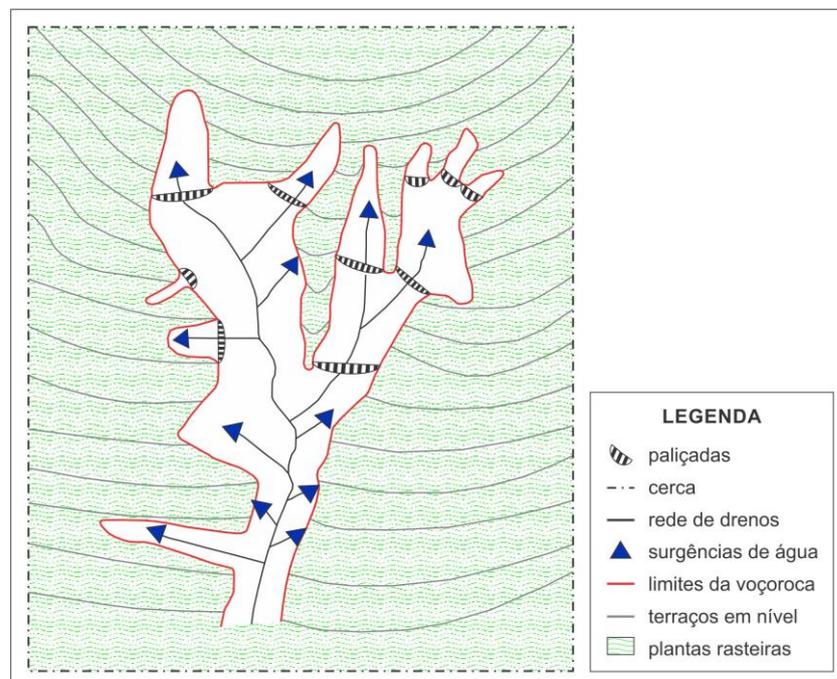
- Cercamento do entorno, a fim de impedir o acesso do gado e o trânsito de maquinário agrícola;
- escoamento da água subterrânea que aflora no fundo e nas laterais da voçoroca em direção ao curso d'água mais próximo mediante drenos de pedra, feixes de bambu ou material geotêxtil;
- Controle do processo erosivo na bacia de captação para evitar que o escoamento linear em um ou mais canais alcance a voçoroca. Pode ser feito de duas formas: mecânica e vegetativa;
- Suavizar os taludes da erosão, visto que as vertentes das voçorocas, comumente, são íngremes. A redução da declividade favorece sua estabilização, reduz a ação da força gravitacional e facilita o plantio da cobertura vegetal no interior da feição erosiva;

<sup>11</sup> Com base nos procedimentos da Embrapa (2014), uma das propostas do presente trabalho seria a aplicação de parcelas experimentais para o controle dos processos erosivos lineares. Porém, as áreas acessíveis para sua implantação (como nos assentamentos rurais) não apresentam sulcos, ravinas e voçorocas devido a introdução e manutenção do terraceamento como prática mecânica de conservação dos solos.

- As principais características da vegetação estabelecida são: sistema radicular abundante, capacidade de desenvolvimento em solos erodidos e boa cobertura da superfície;
- Construção de paliçadas ou pequenas barragens com bambus, madeiras, pedras, galhos, troncos de árvores, entulhos ou terras, objetivando diminuir a velocidade da água dentro da manifestação erosiva;
- Contenção da erosão associada às estradas (inclusive, as vicinais) e ao pisoteio do gado.

A aplicação dos procedimentos apresentados não é rígida, com possibilidade de adequação de acordo com os aspectos ambientais da área estudada.

Figura 12. Esboço hipotético de uma voçoroca com medidas de estabilização.



Fonte: Embrapa (2014).

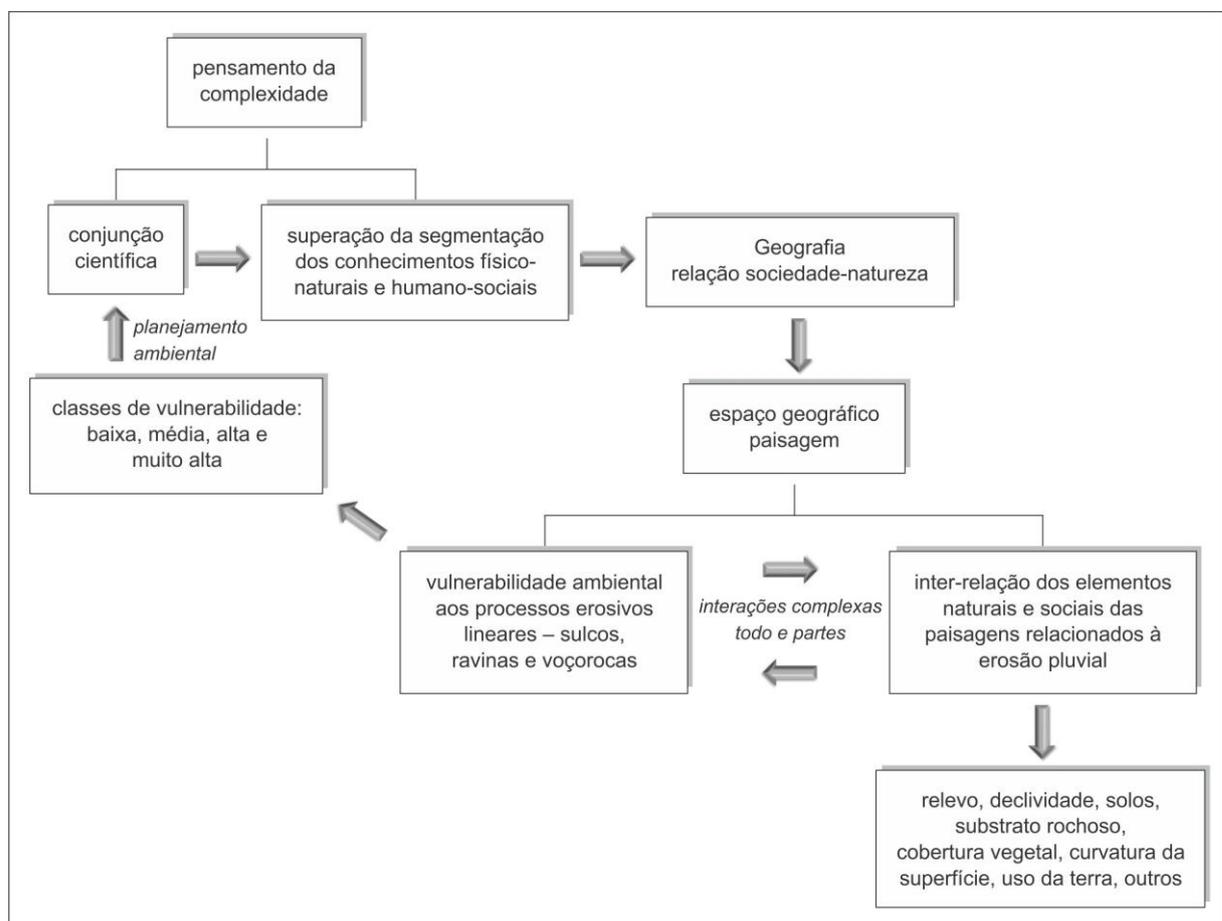
Diante das considerações realizadas, destaca-se a importância das práticas de controle à erosão no contexto da Geografia:

Na sua origem, geografia significou descrever a Terra, mas geografia, como sabemos, também pode ter outro significado, o da ação, ou seja, grafar o espaço, delimitar, atuar sobre. Se atentarmos para nossa "performance", observaremos que sendo geógrafos temos desejo de, muito mais do que descrever, grafar o espaço. Não é por nada que este campo do conhecimento sempre se fez presente no planejamento. (SUERTEGARAY, 2004, p. 199-200).

O geógrafo, juntamente com profissionais de outros campos do conhecimento (conjunção científica), podem contribuir de maneira significativa na conservação e recuperação de paisagens degradadas por meio do planejamento ambiental.

A partir da perspectiva do pensamento da complexidade, a relação sociedade-natureza ocorre tanto na discussão teórica quanto na aplicabilidade. A Figura 13 a seguir expressa as articulações entre teoria e prática desenvolvidas no presente estudo.

Figura 13. Representação esquemática das articulações entre teoria e prática desenvolvidas no presente trabalho.



Elaboração: Melina Fushimi.

## 2. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica

A partir da segunda metade do século XX, no contexto histórico do fim da Segunda Guerra Mundial e advento da Guerra Fria, com o desenvolvimento da ciência espacial e, conseqüentemente, da tecnologia da informática, possibilitaram o armazenamento e a representação de documentos cartográficos em ambiente computacional. Sob tais circunstâncias tem-se o surgimento do Geoprocessamento, o qual:

[...] denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. (CÂMARA; DAVIS, 2001, p. 2).

Essa disciplina tem sido incorporada gradativamente na Geografia brasileira, a princípio, na década de 1980 e, em especial, após 1990, com o surgimento de alternativas menos onerosas de *hardwares* e *softwares*, além de bases de dados geográficos (CÂMARA; DAVIS, 2001).

O Geoprocessamento é constituído pelo conjunto de ferramentas computacionais denominadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG ou GIS<sup>12</sup>), em que “[...] permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos” (CÂMARA; DAVIS, 2001, p. 2).

Segundo Davis e Câmara (2001), um SIG possui os seguintes componentes ou subsistemas que se relacionam de modo hierárquico:

- Interface homem-máquina: nível mais próximo ao usuário, quem define como o sistema é operado e controlado;
- Entrada e integração de dados: nível intermediário;
- Funções de consulta e análise espacial: nível intermediário;
- Visualização e plotagem: nível intermediário;

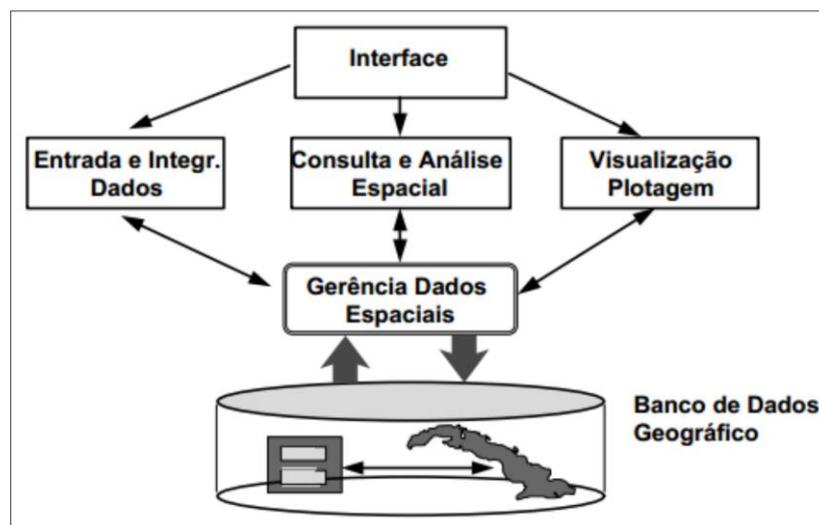
---

<sup>12</sup> Sigla em inglês: “*Geographic Information System*”. No presente trabalho, optou-se pela utilização do termo em português (SIG).

▪ Armazenamento e recuperação de dados espaciais e seus atributos, organizados sob a forma de um banco de dados geográficos: nível mais interno do sistema.

A Figura 14 representa a estrutura geral de um SIG. Apesar de cada sistema, em virtude de seus objetivos e necessidades, implementar esses componentes de forma diferenciada, é relevante que todos os subsistemas citados estejam presentes.

Figura 14. Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica.



Fonte: Davis e Câmara (2001).

O avanço e a difusão das técnicas computacionais em diversos campos do conhecimento têm proporcionado utilizá-las como instrumento importante nos estudos ambientais, bem como na espacialização de informações para auxiliar a elaboração de diagnósticos e prognósticos, tanto nas paisagens urbanas quanto rurais.

Por conseguinte, o presente capítulo também foi abordado sob a perspectiva do pensamento da complexidade, não desconsiderando, todavia, a relevância e a influência da Geografia Quantitativa e outras escolas com as pesquisas que envolvem Sistemas de Informação Geográfica.

### *2.1 Representação da informação geográfica no computador*

De acordo com Câmara e Monteiro (2001), fundamentados em Gomes e Velho (1995), com o intuito de compreender o processo de tradução do mundo real

para o ambiente computacional, tem-se um arcabouço conceitual embasado no “paradigma dos quatro universos”:

1. Universo do mundo real: inclui os fenômenos passíveis de representação, por exemplo, geomorfologia, tipos de solos e cadastro urbano e rural.

2. Universo matemático (conceitual): definição matemática (formal) dos fenômenos a serem representados. As classes formais de dados geográficos são distinguidas em contínuas e individualizáveis e são especializadas nos tipos de dados geográficos utilizados comumente: redes, Modelos Numéricos de Terreno (MNT), dados temáticos, cadastrais e de sensoriamento remoto.

Ao manter como referência Câmara e Monteiro (2001), a seguir foram descritos, em geral, os tipos de dados em geoprocessamento aplicados na presente pesquisa:

- Modelos Numéricos de Terreno: denotam a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Estão, geralmente, associados à altimetria, como a elaboração do mapa clinográfico e de hipsometria;

- Dados temáticos: descrevem a distribuição espacial qualitativa de uma informação geográfica. Esses dados são inseridos no sistema por digitalização ou, de maneira mais automatizada, pela classificação de imagens. Como exemplo, têm-se o esboço simplificado das principais classes de solos, o Mapa de Compartimentos do Relevo e o mapa de curvatura da superfície;

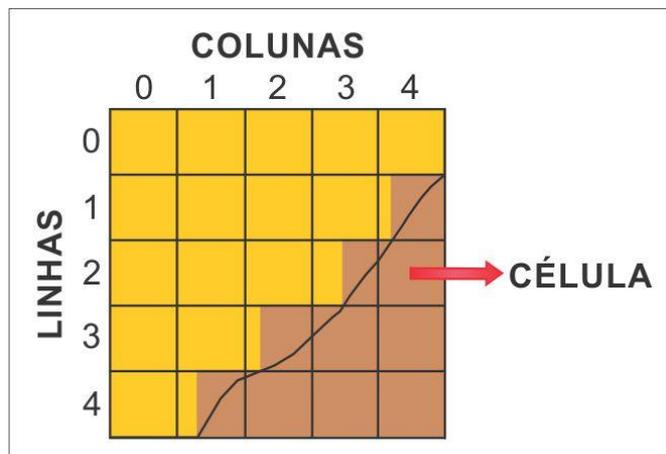
- Dados de sensoriamento remoto (imagens): obtidos por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados, representam formas de captura indireta de informação espacial. São armazenados como matrizes, em que cada elemento de imagem (pixel) possui um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente.

Tais dados estão relacionados às imagens do satélite ALOS, sensores AVNIR-2 e PRISM, além da imagem em tons de cinza gerada com base nos dados MNT.

3. Universo de representação: os fenômenos definidos no universo matemático são vinculados a diferentes representações geométricas, as quais podem variar de acordo com a escala e a projeção cartográfica. Distingue-se em duas grandes classes de representação: matricial e vetorial.

- Representação geométrica matricial: o espaço é retratado por uma matriz  $P(m,n)$ , constituída de  $m$  colunas e  $n$  linhas. Cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas e possui um número de linha, um de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado. Portanto, supõe-se que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno (Figura 15);

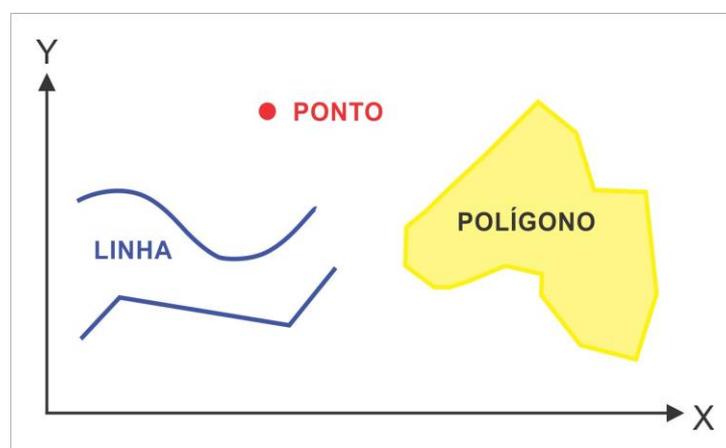
Figura 15. Representação geométrica matricial.



Elaboração: Melina Fushimi.

- Representação geométrica vetorial: qualquer elemento gráfico de um mapa é reduzido a três formas básicas: ponto, linha (arco ou elemento linear) e área (polígono) (Figura 16). Assim, a localização e a aparência gráfica de cada objeto estão inseridas em um ou mais pares de coordenadas.

Figura 16. Elementos da representação geométrica vetorial.

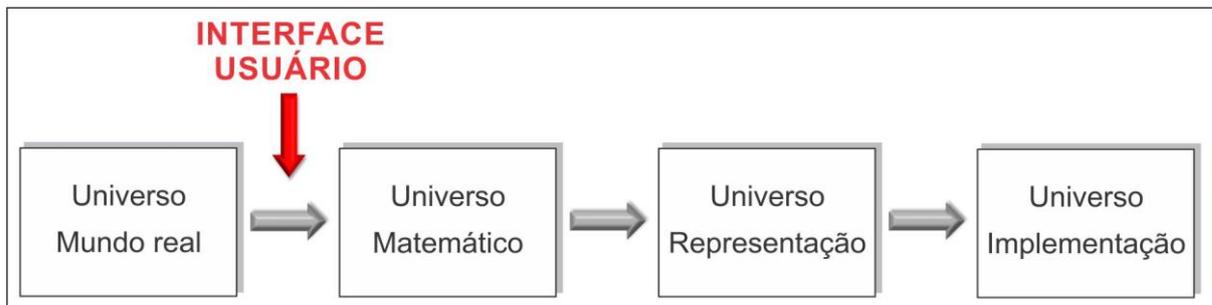


Fonte: Câmara e Monteiro (2001).  
Modificado por Melina Fushimi.

4. Universo de implementação: se refere à escolha da estrutura de dados para executar as geometrias do universo de representação.

A Figura 17 esquematiza o paradigma dos quatro universos:

Figura 17. Paradigma dos quatro universos.



Fonte: Câmara e Monteiro (2001).  
Modificado por Melina Fushimi.

Nesse sentido, é válido ressaltar a etapa da interface com o usuário, isto é, “[...] a inclusão do observador na observação” (MORIN, 2010, p. 206), o qual determina os fenômenos a serem espacializados (universo do mundo real), conforme referencial teórico, conhecimento empírico, trabalhos de campo e o objetivo da pesquisa. Outros critérios, como percepção, sensibilidade e estimativa também podem ser levados em consideração.

## 2.2 Técnicas de inferência espacial

Diante da complexidade das paisagens, as técnicas de inferência espacial vêm contribuindo, por meio da combinação de informações espaciais, na análise e compreensão da inter-relação dos processos. Sob o contexto de elaboração de novos mapas com base em dados ou documentos cartográficos já existentes, existem diversas técnicas disponíveis: *Booleana*, *Média Ponderada*, *Fuzzy*, *Bayesiana* e *Redes Neurais Artificiais*.

Segundo Morin (2010, p. 180, grifo nosso), “[...] o todo organizado é alguma coisa a **mais** do que a soma das partes, porque faz surgir qualidades que não existiriam nessa organização”. Em ambientes SIG, a escolha pelo usuário da(s) técnica(s) de inferência espacial permite simplesmente a soma dos elementos ou ir além, ao integrar as evidências e proporcionar, como consequência, qualidades no mapa resultante (todo organizado).

Baseada nessa concepção proposta por Morin (2010) e utilizando como principal referência o trabalho de Câmara et al. (2001) serão apresentados e discutidos os conjuntos de inferência *booleano* e *fuzzy*, particularmente, a Técnica do Processo Analítico Hierárquico (*Analytical Hierarchy Process – AHP*).

Importante destacar, conforme aborda Morin (2010), que o uso das tecnologias computacionais está vinculado à cibernética e à teoria da informação.

A cibernética rompe o início da causalidade linear e introduz o entendimento de círculo causal, uma vez que “A age sobre B e B age, em retorno, sobre A. A causa age sobre o efeito e o efeito sobre a causa” (MORIN; LE MOIGNE, 2000, p. 202).

A teoria da informação é uma ferramenta relacionada à incerteza, à surpresa e ao inesperado que permite entrar em um universo onde existem, simultaneamente, a ordem, a desordem e, portanto, o novo (a informação). Além disso, a informação pode assumir a forma organizadora (programadora) no interior de uma máquina cibernética (MORIN; LE MOIGNE, 2000).

Dessa maneira, a articulação entre os conceitos apresenta duas vertentes:

[...] uma em que existe nova mensagem e nova complexidade que nos levam a modificar e a enriquecer o olhar; outra é a da redução de qualquer aspecto do real em favor do elemento novo que deixa de ser complexo porque reduz tudo a si. (MORIN, 2010, p. 109-110).

Neste texto, optou-se pela primeira ideia por compreender que o uso da cibernética não pode ser reduzido a meros trabalhos manuais ou a máquinas artificiais, ou seja, pensar de forma unidimensional, mas por entender que o desenvolvimento das técnicas computacionais, de modo transdisciplinar entre os diversos ramos científicos, está relacionado às concepções de sociedade, vida e ser humano (MORIN, 2010).

### 2.2.1 Inferência booleana

A inferência *booleana* aplicada em ambientes SIG corresponde à combinação de mapas mediante a sobreposição de “*overlayers*” em formato analógico sobre uma mesa de luz. De maneira geral, pode ser considerado um procedimento de soma das partes (mapas), em contraposição à primeira etapa da complexidade

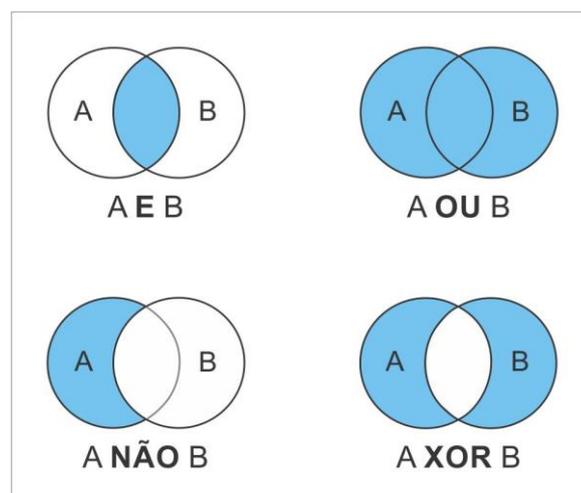
preconizada por Morin (2003, p. 124, grifo do autor), em que “*Um todo é mais do que a soma das partes que o constituem*”.

Câmara et al. (2001) explicam que, a partir de uma preposição definida, os mapas, compreendidos como planos de informação (evidências), são agrupados e o resultado é expresso de modo binário e dicotômico: “0” (hipótese não satisfeita) e “1” (hipótese satisfeita), não sendo possível a circunstância talvez.

Com o intuito de integrar os planos de informação binários, a álgebra *booleana* emprega os ponderadores lógicos e simples “E”, “OU”, “Exclusivo OU (XOR)” e “NÃO”, os quais determinam se uma hipótese satisfaz ou não dada condição.

Para melhor compreensão, associa-se cada atributo a um conjunto: o operador “E” retorna à intersecção entre dois ou mais conjuntos, isto é, entidades (fenômenos) que pertencem aos conjuntos A e B; “OU” retorna à união dos conjuntos, com entidades que pertencem tanto ao conjunto A como ao B; “NÃO” é o operador da diferença, identificando as entidades que pertencem somente ao conjunto A e não ao B. Por fim, “XOR” recupera as entidades pertencentes a um conjunto e ao outro, porém não aos dois concomitantemente (CÂMARA et al., 2001; MOREIRA, 2001), em conformidade com a Figura 18:

Figura 18. Diagrama de Venn, com os resultados da aplicação de operadores da lógica *booleana* para dois conjuntos (A e B).



Fonte: Burrough e McDonnell (1998).

Câmara et al. (2001) ainda afirmam que, apesar da praticidade e simplicidade, a lógica *booleana*, em geral, não é a mais adequada, pois as evidências não

denotam importância relativa e, conseqüentemente, não recebem pesos diferentes nas combinações. Entretanto, sua aplicação é viável e utilizada no que se refere às situações que limites de corte foram estabelecidos por leis ou códigos, por exemplo, delimitações de APP e de Reservas Legais.

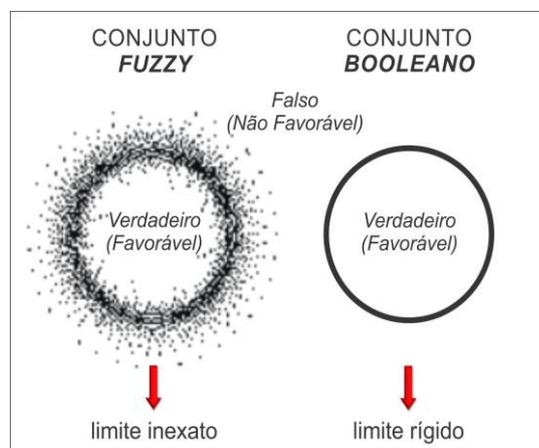
### 2.2.2 Inferência fuzzy ou nebulosa

Com a proposta de lidar com conceitos inexatos e a preocupação em relação aos modelos matemáticos tradicionais, os quais apresentavam rápida diminuição da qualidade da informação conforme aumentava a complexidade do sistema, Zadeh (1965) introduziu a inferência *fuzzy* (CÂMARA et al., 2001; MOREIRA, 2001).

A imprecisão, comumente desconsiderada nos estudos de vários campos do conhecimento, é reconhecida na ciência matemática. “Ora é preciso aceitar uma certa imprecisão e uma imprecisão certa, não apenas nos fenômenos, mas também nos conceitos, e um dos grandes progressos da matemática de hoje é considerar os *fuzzy sets*, os conjuntos imprecisos” (MORIN, 2003, p. 53).

Sob essa concepção, a inferência nebulosa é uma metodologia de caracterização de classes, onde não são definidos limites rígidos (bordas) entre elas (BURROUGH; MCDONNELL, 1998 apud CÂMARA et al., 2001), existindo uma faixa progressiva entre as situações favoráveis e não favoráveis. Por outro lado, o conjunto *booleano* é representado somente por duas classes: verdadeiro e falso ou favorável e não favorável (Figura 19).

Figura 19. Diferença de fronteiras entre os conjuntos de inferência *fuzzy* e *booleano*.



Fonte: Burrough (1989).  
Modificado por Melina Fushimi.

No conjunto *fuzzy*, as classes são definidas de maneira inexata e permanecem inseridas em um contexto organizado, pois são previamente estabelecidas pelo usuário, de acordo com variados critérios, como conhecimento teórico e empírico, bem como a finalidade do documento cartográfico a ser elaborado.

Na presente tese, com base nas características ambientais de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP, nos trabalhos de campo e de gabinete, o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares foi elaborado a partir da inferência *fuzzy* e classificado em níveis de vulnerabilidade: baixo, médio, alto e muito alto.

A lógica *fuzzy* se aproxima do raciocínio humano e, por conseguinte, do pensamento de especialistas e pesquisadores em análises de problemas, situações e fenômenos, os quais, exceto em restrições impostas pela legislação, geralmente, não há respostas binárias (sim ou não) em procedimentos de tomada de decisão, sendo, dessa forma, aceita a condição talvez.

As vantagens do modelamento *fuzzy* são inúmeras quando comparadas aos modelamentos convencionais que forçam os especialistas à definirem regras dicotômicas rígidas com contatos normalmente artificiais que diminuem a habilidade de articular eficientemente soluções para problemas complexos, tão comum em processos naturais. (MOREIRA et al., 2001, p. 286).

Como explicita Morin (2010), era próprio da ciência eliminar a imprecisão, a ambiguidade e a contradição, deste modo, a ciência identificava-se com a verdade, em que:

A ciência parecia, finalmente, o único lugar de certeza, de verdade certa, em relação ao mundo dos mitos, das idéias filosóficas, das crenças religiosas, das opiniões. A verdade da ciência parecia indubitável, visto que se baseava em verificações, em confirmações, numa multiplicação de observações, que confirmavam sempre os mesmos dados. (MORIN, 2010, p. 147).

Assim, a inferência nebulosa abrange uma nova perspectiva ao incluir as referidas características nas análises espaciais. “A utilização de um conjunto *Fuzzy* é indicada sempre que se tiver que lidar com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos” (BURROUGH; MCDONNELL, 1998 apud CÂMARA et al., 2001, p. 243).

Klir e Yuan (1995 apud LARANJEIRA, 2003, p. 39-40) reconhecem quatro fatores que tornam a inferência *fuzzy* superior à *booleana*:

1. Fornece meios de expressar observações e medidas incertas em qualquer forma que se apresentam;
2. Oferece maior quantidade de recursos para demonstrar a complexidade; quanto maior a complexidade, maior a superioridade dos modelos embasados na lógica nebulosa;
3. Apresenta recursos mais expressivos que permitem trabalhar com uma variedade maior de problemas e com a capacidade particular de colocar em termos matemáticos questões que necessitam o uso de linguagem;
4. Possui aptidão de capturar a razão humana e outras características do conhecimento e intuição e incluí-las, ao invés de excluí-las, aos sistemas de computação.

No âmbito *fuzzy* são disponibilizadas variadas metodologias, como os operadores *fuzzy* – *fuzzy* mínimo, *fuzzy* máximo, *fuzzy* média, *fuzzy* gama e *fuzzy* ponderado, em especial, a técnica do Processo Analítico Hierárquico – os quais viabilizam as combinações de dados nos Sistemas de Informação Geográfica e a elaboração de diferentes hipóteses (cenários) sobre o tema de estudo.

Moreira (2001) empregou e comparou o desempenho de oito metodologias de análise espacial – inferência *booleana*, média ponderada, inferência *fuzzy* (mínimo-máximo, média, ponderado e gama), *bayes* e redes neurais artificiais – com o objetivo de selecionar áreas com maior potencial à ocorrência de minerais radioativos no complexo alcalino de Poços de Caldas-MG. Como conclusão, verificou que a representação gerada por intermédio do *fuzzy* ponderado (técnica AHP) apresentou o melhor desempenho em comparação às demais.

Especificamente sobre a técnica AHP, Melo et al. (2010) a utilizaram para determinar níveis de vulnerabilidade natural e ambiental (baixo, médio e alto) na zona estuarina do rio Formoso-PE e concluíram que a metodologia se mostrou eficiente no âmbito dos conceitos, das ferramentas e da aplicabilidade.

Fushimi (2012), com o propósito de compreender a morfodinâmica das paisagens das áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP, usou o Processo Analítico Hierárquico ao elaborar o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares. As classes de vulnerabilidade foram ordenadas em:

baixa, média, alta e muito alta, cuja espacialização se mostrou condizente e representativa no recorte de trabalho.

Pinese Júnior e Rodrigues (2012) também aplicaram a análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade-MG e destacaram sua relevância em cartografar áreas de forma classificada: fracamente vulnerável, levemente vulnerável, moderadamente vulnerável, fortemente vulnerável e extremamente vulnerável. Os autores ainda reconheceram a importância do gestor (usuário) e sua capacidade intelectual de análise para obter um modelo coerente com a realidade estudada.

### 2.2.3 Técnica AHP – Processo Analítico Hierárquico

Apesar da variedade de técnicas existentes, Eastman et al. (1995) apontam a técnica AHP como a mais promissora em processos decisórios, possibilitando estabelecer e organizar um modelo racional de integração de dados. Ferramenta de análise multicritério, permite melhorias em aplicações desenvolvidas em SIG (MOREIRA, 2001).

Foi proposta por Saaty (1992) e requer uma estruturação hierárquica, ou seja, “A hierarquia como forma de estrutura de um sistema permite expressar um problema complexo através da decomposição de seus elementos e da identificação das diferentes classes que compreendem um sistema no seu todo” (MOREIRA, 2001, p. 66). Nesse sentido, os elementos são classificados pelo seu grau de relevância em relação ao objetivo do mapeamento (problema).

Uma hierarquia bem construída será um bom modelo da realidade, podendo trazer vantagens. Primeiramente, a representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos. A hierarquia também permite a obtenção de uma visão geral de um sistema, desde os atores de níveis mais baixos até seus propósitos nos níveis mais altos. [...] Entretanto, apesar de apresentar vantagens, a hierarquia por si própria não é uma ferramenta poderosa no processo de tomada de decisões ou de planejamento. É preciso computar a força com que elementos de um nível atuam sobre os elementos do nível mais alto seguinte, assim como considerar forças relativas entre os níveis e os objetivos gerais. (SILVA, 2007, p. 41).

Por conseguinte, tem-se a lógica da comparação pareada, isto é, os diferentes fatores que contribuem para uma finalidade superior são comparados dois a dois e um critério de importância relativa, preferência ou probabilidade é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, em conformidade com a escala pré-definida no Quadro 1 (CÂMARA et al., 2001).

Quadro 1. Escala de valores AHP para comparação pareada.

Intensidade de importância	Definição e explicação
1	<i>Importância igual</i> – os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	<i>Importância moderada</i> – um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	<i>Importância essencial</i> – um fator é claramente mais importante que o outro
7	<i>Importância demonstrada</i> – um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	<i>Importância extrema</i> – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2, 4, 6, 8	<i>Valores intermediários entre julgamentos</i> – possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: CÂMARA et al. (2001).

O valor 1 é atribuído quando os dois fatores possuem o mesmo nível de importância. Ao contrário, no valor 9, um fator é extremamente mais relevante que o outro. 2, 4, 6 e 8 representam valores intermediários. De acordo com Silva (2007), o julgamento reflete as respostas de duas perguntas: “Qual dos dois elementos é mais importante com respeito a um critério de nível superior?” e “Com que intensidade, utilizando a escala que varia de 1 a 9?”.

Baseado no Processo Analítico Hierárquico, o *software* SPRING<sup>®13</sup> dispõe de uma ferramenta de apoio à tomada de decisões em Geoprocessamento intitulada “Suporte à Decisão (AHP)”, em que as variáveis (mapas) são comparadas par a par, segundo pesos distribuídos em nove níveis (Quadro 2):

<sup>13</sup> SPRING é marca registrada pelo INPE.

Quadro 2. Escala de pesos para comparação pareada por meio da ferramenta “Suporte à Decisão (AHP)” no software SPRING®.

Pesos - “Suporte à Decisão (AHP)”	
1 - Igual	6 - Bem melhor
2 - Um pouco melhor	7 - Muito melhor
3 - Algo melhor	8 - Criticamente melhor
4 - Moderadamente melhor	9 - Absolutamente melhor
5 - Melhor	

Elaboração: Melina Fushimi.

Posteriormente, os pesos atribuídos são representados em uma matriz de comparação pareada (quadrada), como o exemplo da “Matriz A” a seguir (Figura 20):

Figura 20. Matriz de comparação pareada.

Matriz A				
	A	B	C	D
A	1	5	6	7
B	1/5	1	4	6
C	1/6	1/4	1	4
D	1/7	1/6	1/4	1

Fonte: Saaty (1991 apud SILVA, 2007).

As posições da diagonal (sentido Noroeste-Sudeste) são sempre 1, afinal, um elemento é igualmente importante a ele mesmo. No caso da “Matriz A”, o elemento-linha A é dominante em relação aos elementos-colunas B, C e D, pois são apresentados valores acima de 1: A é 5 vezes mais dominante do que B, 6 vezes mais dominante do que C e 7 vezes mais dominante do que D (SILVA, 2007). Para as comparações inversas, os valores são invertidos (Figura 21).

Figura 21. Escala de comparações de critérios.

<b>1/9</b>	<b>1/7</b>	<b>1/5</b>	<b>1/3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
extremamente	bastante	muito	pouco	igual	pouco	muito	bastante	extremamente
<b>MENOS IMPORTANTE</b>				<b>MAIS IMPORTANTE</b>				

Fonte: Zambon et al. (2005).

Em seguida, o sistema fornece uma indicação da consistência dos julgamentos (índice de consistência). De modo geral, é aconselhável que seja sempre inferior a 0.1. Caso contrário, recomenda-se refazer os julgamentos (MOREIRA, 2001; SILVA, 2007).

É válido considerar possibilidades de erros, como a realização de cenários incoerentes com a realidade. Todavia, em concordância com Samizava (2006), uma matriz de comparação pareada consistente, baseada no conhecimento empírico do usuário, pode proporcionar inferências representativas.

Destaca-se que a matriz de comparação por si só, não garante a total aderência à realidade. Porém, a subjetividade está ligada fundamentalmente ao conhecimento empírico do usuário ao atribuir valores de importância relativa entre as variáveis na matriz de comparação pareada. Assim, se esses valores forem coerentes com a realidade e a matriz for consistente, os cenários produzidos pelo processo de análise hierárquica têm grande representatividade. (SAMIZAVA, 2006, p. 160-161).

A partir da aplicação da Técnica AHP e sob a ótica da complexidade, foi elaborado o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP. Resultado da inter-relação dos mapas temáticos, sua representação cartográfica não desfaz a variedade e a diversidade dos elementos – compartimentos do relevo, clinografia, classes de solos, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal – que o constitui.

Assim, Morin (2010) afirma que:

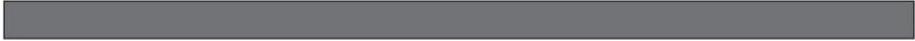
[...] *complexus* é o que está junto; é o tecido formado por diferentes fios que se transformaram numa só coisa. Isto é, tudo isso se entrecruza, tudo se entrelaça para formar a unidade da complexidade; porém, a unidade do *complexus* não destrói a variedade e a diversidade das complexidades que o teceram. (MORIN, 2010, p. 188).

Com fundamento na teoria dos sistemas, Morin e Le Moigne (2000) discorrem sobre o princípio sistêmico:

*O princípio sistêmico ou organizacional* que liga o conhecimento das partes ao conhecimento do todo, segundo a forma indicada por Pascal: “Eu sustento que é impossível conhecer o todo sem conhecer as partes e conhecer as partes sem conhecer o todo”. A idéia sistêmica, que se opõe à idéia reducionista, é que “o todo é mais do que a soma das partes”. Do átomo à estrela, da bactéria ao homem e à sociedade, a organização de um todo produz qualidades ou propriedades novas em relação às partes consideradas isoladamente: **as emergências**. Então, a organização do ser vivo produz qualidades desconhecidas no nível dos seus constituintes físico-químicos. Acrescentemos que o todo é igualmente menos do que a soma das partes, cujas qualidades são inibidas pela organização do conjunto. (MORIN; LE MOIGNE, 2000, p. 209, grifo dos autores).

Portanto, partindo do pressuposto de que o todo é mais do que a soma das partes, o todo é representado pelo mapa de vulnerabilidade ambiental, resultado da combinação das variáveis (partes). Por outro lado, com base no princípio de que o todo é menos do que a soma das partes, destacam-se as características dos fatores considerados relevantes no desenvolvimento de manifestações erosivas do tipo linear na área de estudo e que são inibidas pela organização do conjunto.

Diante das considerações expostas, o presente capítulo objetivou discutir o Geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica na perspectiva do pensamento complexo. Tendo em vista compreender e buscar alternativas para os atuais problemas ambientais, tanto em áreas rurais como urbanas, os documentos cartográficos podem ser utilizados como importantes ferramentas na análise das dinâmicas das paisagens e no processo de tomada de decisões por especialistas e estudiosos.



# CAPÍTULO 2

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Além do levantamento e da revisão bibliográfica que fundamentaram a temática de estudo, foram realizados procedimentos que orientaram o presente trabalho.

## **1. Trabalhos de campo e análises no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP**

Nos trabalhos de campo ocorreram levantamentos de pontos representativos de observação, com a finalidade de compreender as dinâmicas das paisagens, em que os aspectos do relevo, declividade, solos, substrato rochoso, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal foram inter-relacionados e se materializam em áreas com diferentes níveis de vulnerabilidade aos processos erosivos lineares.

Nesse sentido, sulcos e ravinas, previamente constatados em imagens do Google Earth<sup>®14</sup>, datadas de 20 de outubro de 2011 e 26 de maio de 2014, foram identificados e analisados em campo<sup>15</sup>.

Em trabalhos de campo também se caracterizaram sete perfis pedológicos, cuja escolha considerou sua localização nas proximidades das vias de acesso pavimentadas e de terra, dado o predomínio de propriedades rurais particulares, e a sua disposição no recorte de estudo. O objetivo foi subsidiar a elaboração do esboço simplificado das principais classes de solos da área de trabalho.

Assim, foram feitas descrições gerais e análises morfológicas, adaptadas de Lemos e Santos (1996) e classificadas as cores dos horizontes segundo a Carta de Munsell (2000) nas amostras secas, nas quais as nomenclaturas em português foram traduzidas pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (LEMOS; SANTOS, 1996).

Além disso, em oito pontos de amostragem dos solos, 18 amostras de solos foram coletadas (Tabela 1 e Figura 22) e, na ausência de cortes de estrada manuseou-se o trado do tipo holandês (Figura 23)<sup>16</sup>, de acordo com o manual de descrição e coleta de solo no campo de Lemos e Santos (1996).

---

<sup>14</sup> Google Earth é marca registrada pela Google, Inc.

<sup>15</sup> As feições erosivas do tipo voçoroca não foram identificadas nos trabalhos de campo.

<sup>16</sup> “Em áreas onde não exista cortes, efetua-se o estudo do perfil do solo com o uso do trado de rosca, holandês ou caneco - sendo o mais recomendado o holandês” (LEMOS; SANTOS, 1996, p. 3).

Tabela 1. Quantidade de amostras e localização dos pontos de amostragem dos solos.

Pontos	Quantidade de amostras	Localização (município)
1	1	Presidente Epitácio-SP
2	3	Presidente Epitácio-SP
3	2	Presidente Epitácio-SP
4	1	Presidente Epitácio-SP
5	3	Presidente Epitácio-SP
6	3	Marabá Paulista-SP
7	2	Marabá Paulista-SP
8	3	Marabá Paulista-SP

Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 22. Coleta de amostras de solos em corte de estrada.



Fotos: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

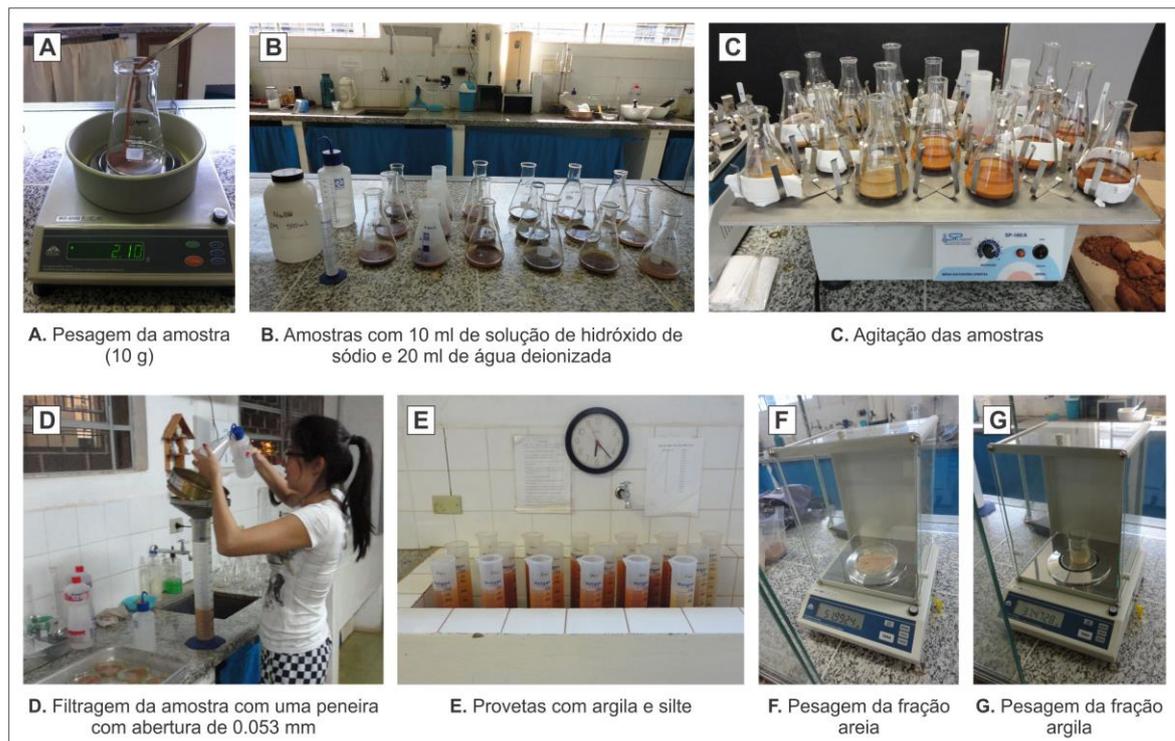
Figura 23. Coleta de amostras de solos com o trado do tipo holandês.



Fotos: da autora, trabalho de campo, maio de 2014.

Adiante, no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP, as amostras de solos passaram pela análise textural (areia, silte e argila), sendo o procedimento adaptado do manual de métodos de análise de solo da Embrapa (1997) (Figura 24). Os resultados adquiridos em porcentagem foram transformados em “g.kg<sup>-1</sup>”<sup>17</sup>.

Figura 24. Análise textural (areia, silte e argila) adaptada do manual de métodos de análise de solo proposto pela Embrapa (1997).



Elaboração: Melina Fushimi.  
Fotos: da autora, 2014.

Obtidas a partir da referida análise, as porcentagens de areia, silte e argila foram transpostas para o diagrama de classes texturais do solo proposto pelo *Soil Survey Manual* (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993) e modificado por Lemos e Santos (1996), com o propósito de analisar se há ou não incremento da fração argila entre os horizontes para diferenciá-los.

Com a areia resultante da análise textural foi feito o fracionamento (Figura 25), conforme as aberturas das peneiras da escala de Wentworth (1922)<sup>18</sup>,

<sup>17</sup> “Recomenda-se que o conteúdo dos separados do solo sejam apresentados em g.kg<sup>-1</sup>. A correspondência entre porcentagem dos separados e a forma recomendada é a seguinte: porcentagem dos separados x 10 = g.kg<sup>-1</sup>” (FREIRE, 2006, p. 15).

<sup>18</sup> WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377-392, 1922.

mencionada por Suguio (1973), adaptando a peneira relacionada à areia muito fina (Tabela 2) para dar sequência ao procedimento da Embrapa (1997).

Figura 25. Fracionamento da areia.



Foto: da autora, 2014.

Tabela 2. Classificação da fração areia, de acordo com as aberturas das peneiras utilizadas no fracionador.

<b>Aberturas das peneiras (mm)</b>	<b>Classificação</b>
1.000	Areia muito grossa
0.500	Areia grossa
0.250	Areia média
0.125	Areia fina
0.053	Areia muito fina

Elaboração: Melina Fushimi.

Na primeira fase de elaboração do Mapa de Compartimentos do Relevo de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP foram realizados trabalhos de campo na área de estudo, objetivando obter as coordenadas no sistema de projeção UTM de 13 pontos (Tabela 3), com o uso de GPS geodésico (ou GPS de precisão), modelo TRIUMPH-1<sup>®19</sup> (Figura 26).

<sup>19</sup> TRIUMPH-1 é marca registrada pela JAVAD GNSS.

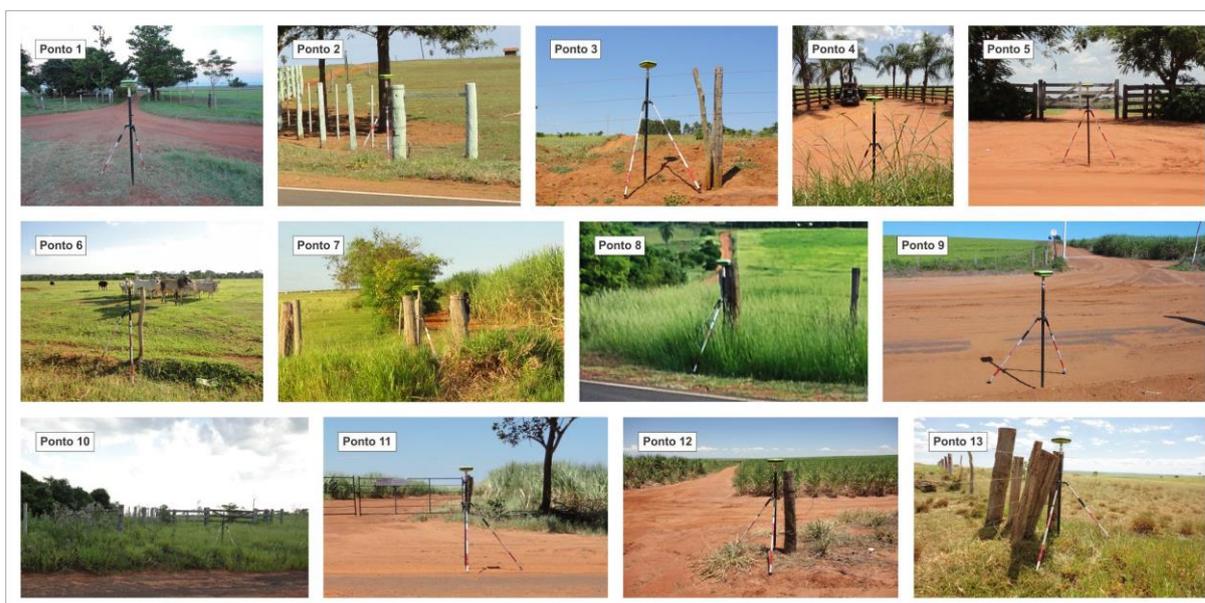
Tabela 3. Coordenadas UTM obtidas por GPS geodésico e localização dos 13 pontos.

Pontos	Direção leste (m)	Direção norte (m)	Localização (município)
Ponto 1	372349.433	7567683.713	Presidente Epitácio-SP
Ponto 2	368103.156	7560966.845	Presidente Epitácio-SP
Ponto 3	366235.965	7551042.761	Presidente Epitácio-SP
Ponto 4	367779.189	7544713.165	Presidente Epitácio-SP
Ponto 5	361118.582	7545232.727	Presidente Epitácio-SP
Ponto 6	374813.343	7540276.988	Marabá Paulista-SP
Ponto 7	384774.485	7539313.154	Marabá Paulista-SP
Ponto 8	382236.972	7543776.234	Marabá Paulista-SP
Ponto 9	377638.176	7549147.484	Marabá Paulista-SP
Ponto 10	378795.895	7559605.521	Marabá Paulista-SP
Ponto 11	387212.122	7554109.563	Marabá Paulista-SP
Ponto 12	393132.746	7558235.670	Marabá Paulista-SP
Ponto 13	390172.789	7564665.246	Caiuá-SP

Datum: WGS 84

Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 26. Trabalhos de campo com GPS geodésico em 13 pontos.

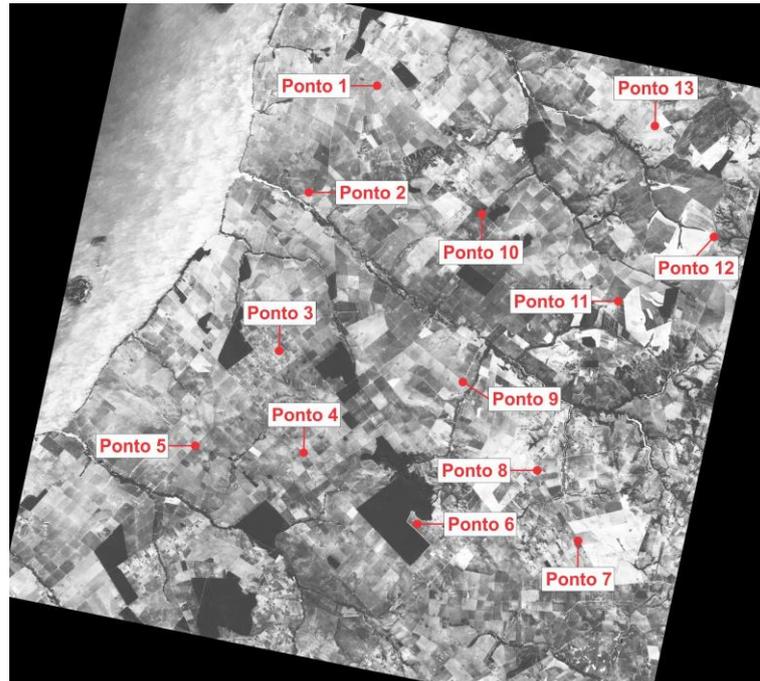


Elaboração: Melina Fushimi.

Fotos: da autora, trabalhos de campo, fevereiro de 2014.

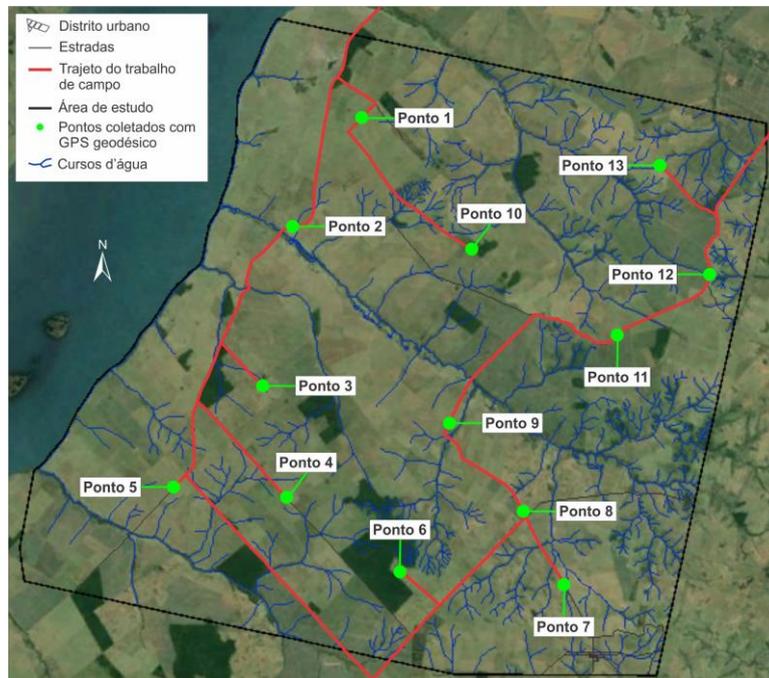
Os pontos foram previamente estabelecidos em trabalhos de gabinete, levando-se em consideração as principais vias de acesso e utilizando como base as imagens ALOS/PRISM (Figura 27) e do Google Earth® (Figura 28), datadas de 19 de abril de 2007 e 20 de outubro de 2011, respectivamente.

Figura 27. Localização dos 13 pontos na imagem ALOS/PRISM.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 28. Localização dos 13 pontos na imagem do Google Earth® e trajeto percorrido em campo.



Elaboração: Melina Fushimi.

Posteriormente, as imagens ALOS, sensor PRISM, com resolução espacial de 2.5 metros, “065714100-O1B2G\_UB” e “065713990-O1B2G\_UF”<sup>20</sup>, as quais constituem um par estereoscópico, foram georreferenciadas, por meio das coordenadas dos 13 pontos e referências específicas, por exemplo, ponto de intersecção dos alinhamentos das cercas.

No processo de demarcação das feições geomorfológicas, bem como de elaboração dos demais documentos cartográficos também foram realizados trabalhos de campo: a princípio para reconhecer as características das paisagens, anteriormente estudadas e analisadas na etapa de levantamento e revisão bibliográfica e, a posteriori, com o intuito de verificar e atualizar as informações mapeadas.

## 2. Mapeamentos e perfis topográficos

Em relação aos procedimentos realizados no Mapa de Compartimentos do Relevo, foram adaptadas as metodologias de Tricart (1965), compreendendo a 6ª unidade taxonômica  $10^{-2}$ , Ross (1992), correspondente ao 4º, 5º e 6º taxons, Nunes et al. (2006) e Fushimi (2012).

A delimitação entre os topos das colinas e o plano de declive, onde se inicia o domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, possuiu como embasamento o trabalho de Savigear (1965).

Para a elaboração do mapa, a partir das imagens ALOS/PRISM “065714100-O1B2G\_UB” e “065713990-O1B2G\_UF” georreferenciadas, aplicou-se a técnica de Restituição – 3D.

A restituição (ou a compilação das feições) é a tarefa de interpretar e de destacar objetos das imagens de um estereomodelo orientado. O resultado é um arquivo de dados que contém as coordenadas digitais dos vários objetos interpretados (I.S.M., 2007). Este arquivo é um arquivo posicional onde as localizações (X, Y, Z) dos objetos traçados é armazenado, que junto com a simbologia cartográfica compõem o mapa. (HASEGAWA, 2010, não paginado).

O programa utilizado foi o Sistema de Processamento de Imagens *Pushbroom* (Figura 29), desenvolvido por Hasegawa (2011). “O sistema possibilita a digitalização (restituição fotogramétrica) de feições no espaço 2D ou 3D, ambos com

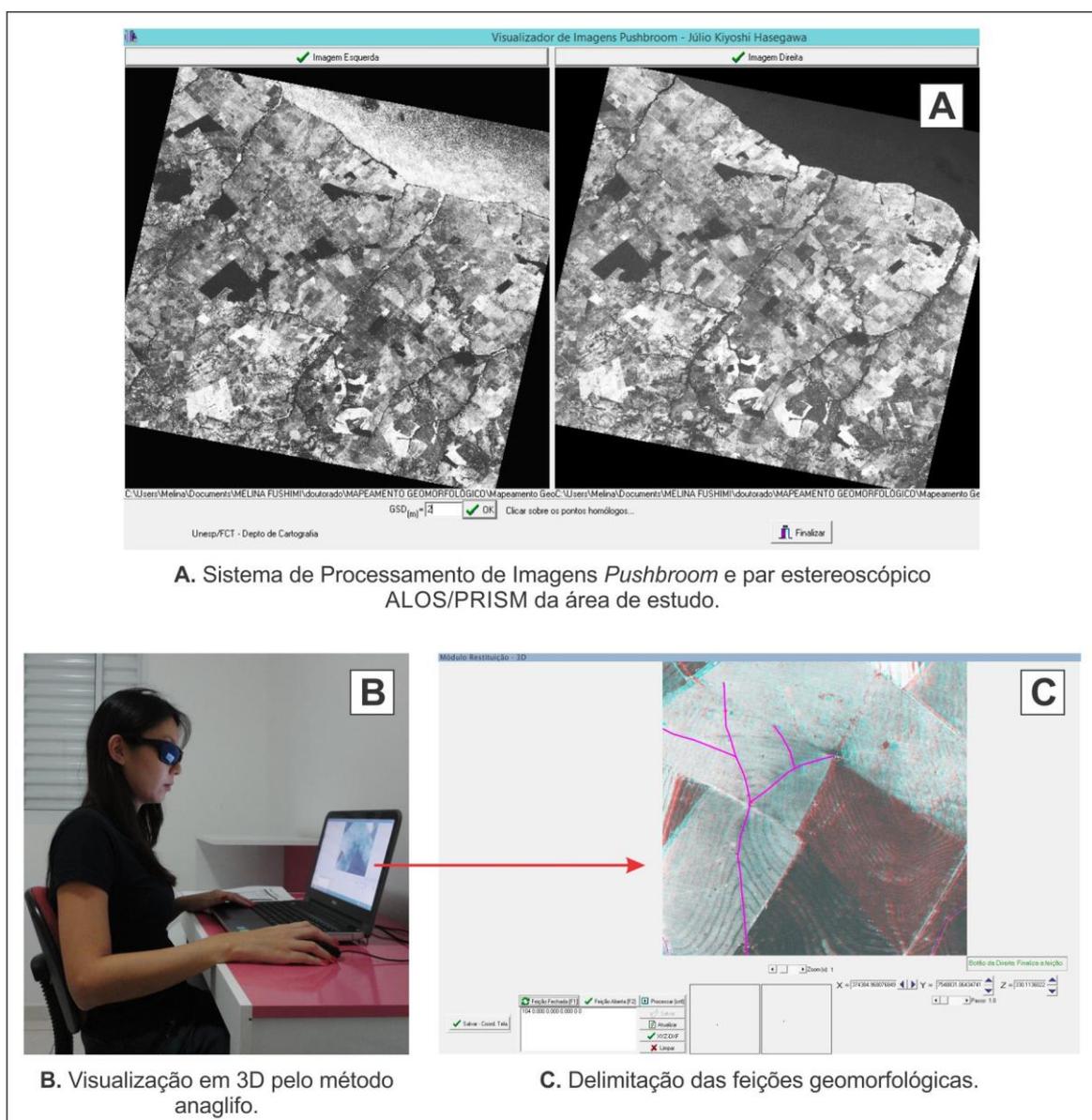
---

<sup>20</sup> As imagens foram adquiridas pelo Grupo de Pesquisa GADIS da FCT/UNESP, sob a coordenação do Professor Doutor Antonio Cezar Leal.

possibilidade de observação estereoscópica da cena” (HASEGAWA, 2011, p. 2387). A visualização estereoscópica se deu pelo método anaglifo:

De modo geral, pode-se dizer que este método consiste em direcionar os campos de visão dos olhos, cada um para uma fotografia, através da aplicação dos filtros vermelho e ciano (verde e azul) [...]. Se o observador utilizar óculos cuja lente da direita for vermelha e a da esquerda for ciano, o olho esquerdo vê apenas a imagem da esquerda e o olho da direita, apenas a imagem da direita, formando assim a imagem tridimensional em tons de cinza. (AMORIM, 2000, p. 11 e 12).

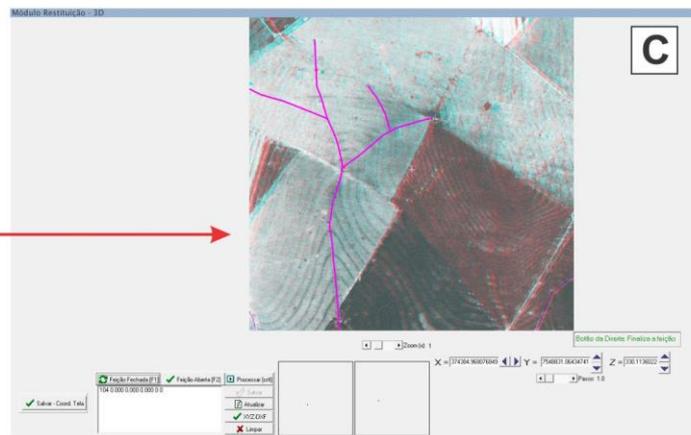
Figura 29. Sistema de Processamento de Imagens *Pushbroom*.



A. Sistema de Processamento de Imagens *Pushbroom* e par estereoscópico ALOS/PRISM da área de estudo.



B. Visualização em 3D pelo método anaglifo.

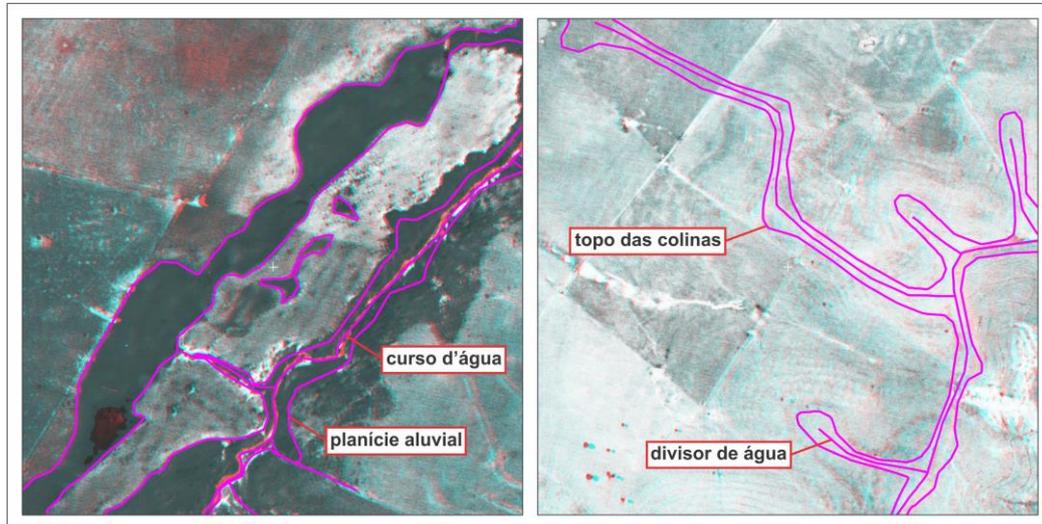


C. Delimitação das feições geomorfológicas.

Elaboração: Melina Fushimi.  
Foto: da autora, 2014.

A delimitação das feições seguiu uma sequência: os cursos d'água, os divisores de águas, os topos das colinas e as planícies aluviais e alveolares (Figura 30).

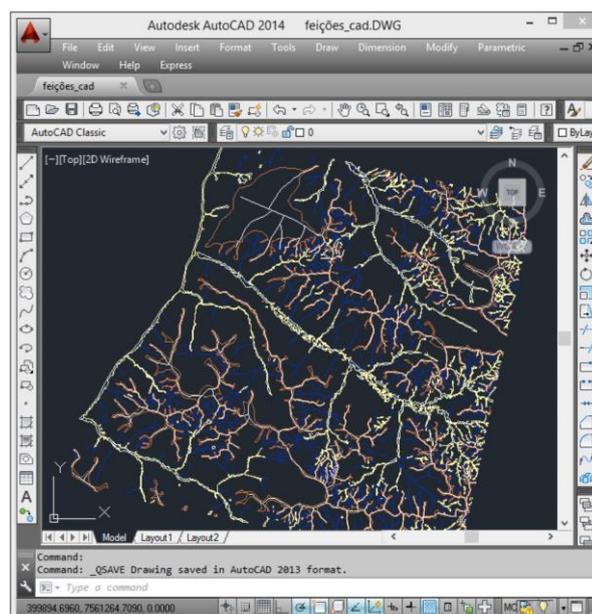
Figura 30. Delimitação das feições geomorfológicas.



Elaboração: Melina Fushimi.

Esses arquivos podem ser salvos no formato texto (extensão – v2d) e no formato público do *CAD Drawing Exchange Format* (extensão – dxf). A Figura 31 apresenta a tela com as feições restituídas no programa AutoCAD®<sup>21</sup>.

Figura 31. Feições geomorfológicas restituídas no AutoCAD®.



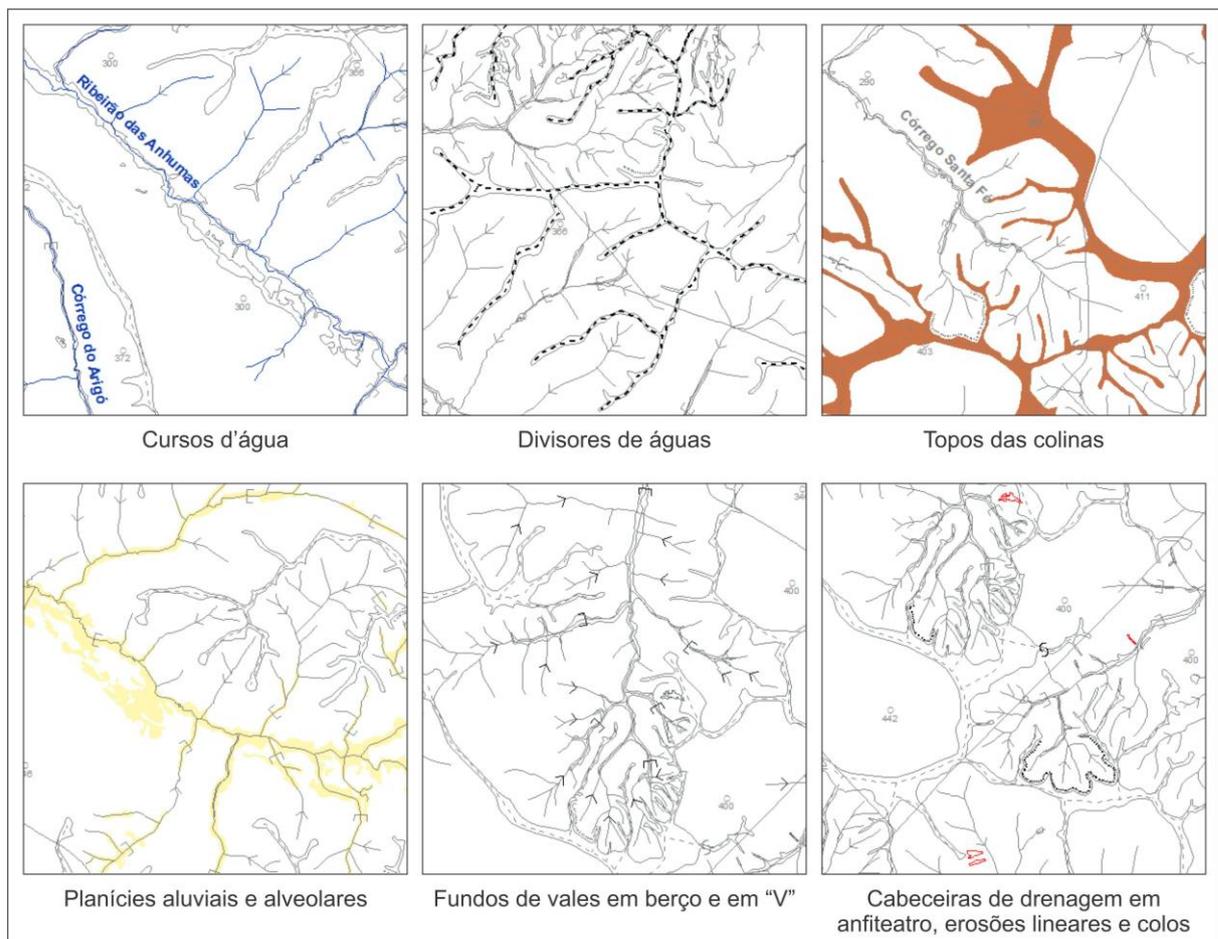
Elaboração: Melina Fushimi.

<sup>21</sup> AutoCAD é marca registrada pela Autodesk, Inc.

Ainda no Sistema de Processamento de Imagens *Pushbroom*, as cabeceiras de drenagem em anfiteatro, as erosões lineares e os colos foram identificados e suas coordenadas no sistema de projeção UTM foram organizadas em planilhas no Excel 2013<sup>®22</sup> e importadas no ArcGIS 10.2.2<sup>®23</sup>, *software* onde também se delimitou a morfologia dos fundos de vales chatos (em berço) e encaixados (em “V”).

A manipulação e a edição gráfica foram realizadas no ArcGIS 10.2.2<sup>®</sup> (Figura 32), em que foram inseridos os cursos d’água e as demais feições geomorfológicas – divisores de águas, topos das colinas e planícies aluviais e alveolares – bem como as principais vias de acesso, os limites municipais e os pontos cotados, cedidos pelo IBGE (2015) na escala 1:50.000. Dessa forma, cada tipo de informação foi armazenado em um *shapefile*, os quais foram, posteriormente, sobrepostos.

Figura 32. Manipulação e edição gráfica das feições geomorfológicas.



Elaboração: Melina Fushimi.

<sup>22</sup> Excel é marca registrada pela Microsoft.

<sup>23</sup> ArcGIS é marca registrada pela ESRI Inc.

Por fim, a legenda se baseou nos mapas geomorfológicos do perímetro urbano e do município de Presidente Prudente-SP (NUNES et al., 2006; NUNES; FUSHIMI, 2010).

Os mapas de curvatura da superfície, de hipsometria e de clinografia foram elaborados no ArcGIS 10.2.2<sup>®</sup>, a partir da base digital planialtimétrica do IBGE na escala 1:50.000, cujas curvas de nível possuem equidistâncias de 20 metros.

No mapa de curvatura da superfície criou-se uma estrutura de grade triangular, mais conhecida como TIN, por intermédio das ferramentas “*Create TIN From Features*” e “*TIN to Raster*”. Em seguida, a função “*Curvature*” executou uma varredura das informações do terreno, resultando em um arquivo temático com valores negativos que correspondem às curvaturas côncavas, positivos, relacionados às convexas e o valor zero, equivalente à curvatura retilínea do terreno.

No mapa de hipsometria utilizou-se o TIN gerado anteriormente e o item “*Elevation*” foi selecionado. A amplitude altimétrica dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP é de 220 metros, sendo que o ponto com maior altitude se encontra a 480 metros e o menor a 260 metros. Dessa maneira, a altimetria foi dividida em dez classes hipsométricas.

Para a elaboração do mapa de clinografia, depois de criado o interpolador TIN, a opção “*Face slope with graduated color ramp*” foi adicionada. As classes de declividade foram definidas baseadas em Cunha (2001), com adaptações para as características da área de pesquisa.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi feito a partir de duas imagens do satélite ALOS<sup>24</sup> (ALAV2A173074050-O1B2G\_U e ALAV2A179784040-O1B2G\_U), sensor AVNIR-2, com resolução espacial de 10 metros, datadas de 24 de abril de 2009 e 09 de junho de 2009, nessa ordem.

A princípio, no ArcGIS 10.2.2<sup>®</sup>, mediante as ferramentas “*Build Seamlines*” e “*Create Referenced Mosaic Dataset*”, realizou-se o mosaico das referidas imagens de satélite com inserção de linha de corte na área de sobreposição. “A Linha de Corte é o elemento fundamental para mosaicar imagens. Quando há sobreposição de cenas, é possível especificar um limite entre as imagens. É necessário que esse limite seja irregular e suave nas fronteiras” (PROCESSAMENTO DIGITAL, 2015).

---

<sup>24</sup> As imagens foram adquiridas pelo Grupo de Pesquisa GADIS da FCT/UNESP, sob a coordenação do Professor Doutor Antonio Cezar Leal.

Posteriormente, o mosaico foi importado no Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING 5.2.3<sup>®</sup>), onde ocorreu a segmentação por meio do método “Crescimento de Regiões” e a classificação supervisionada por regiões pelo classificador “Bhattacharya”. “O classificador Bhattacharya, ao contrário do Iseseg que é automático, requer interação do usuário, através do treinamento. Neste caso, as amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens” (CÂMARA et al., 1996, não paginado).

Enfim, a legenda foi adaptada do sistema de classificação da cobertura e do uso da terra proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

O esboço simplificado das principais classes de solos foi realizado no ArcGIS 10.2.2<sup>®</sup> mediante a correlação das informações do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999), dos mapas de Compartimentos do Relevo e de clinografia de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP, além dos trabalhos de campo, com o levantamento de 14 pontos de observação e 8 pontos de amostragem, em que 18 amostras de solos passaram por análises morfológicas e texturais (areia, silte e argila), tal como o fracionamento da areia.

É importante ressaltar que na região de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP não existem mapeamentos pedológicos na escala 1:50.000, somente 1:500.000, com o mapa de solos do Estado de São Paulo (BRASIL, 1960) – executado pela antiga Comissão de Solos, do Ministério da Agricultura, atualmente, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Embrapa-Solos) – e o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999). Dessa forma, justifica-se a elaboração do esboço apesar dos poucos pontos de amostragem e de observação.

Diante das alterações dos atributos pedológicos pela ação da sociedade no recorte de estudo, optou-se pela adaptação das classes de solos propostas por Trentin (2011), de acordo com o Quadro 3:

Quadro 3. Adaptação das classes de solos propostas por Trentin (2011) para a área de estudo.

<b>Classes de solos propostas por Trentin (2011)</b>	<b>Classes de solos adaptadas para a área de estudo</b>
Solos rasos a bem desenvolvidos em colinas arenosas	Solos desenvolvidos
Solos rasos a bem desenvolvidos em rochas areníticas	Solos rasos a desenvolvidos
Solos rasos de altitudes elevadas	Solos rasos
Solos hidromórficos	Solos hidromórficos

Elaboração: Melina Fushimi.

As associações dos solos basearam-se nos atributos das classes do 1º nível categórico (ordens) e nos pontos de amostragem dos solos, a caracterização se estendeu ao 2º nível categórico (subordens) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013)<sup>25</sup>:

- Solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos e Latossolos Amarelos;
- Solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos Vermelhos;
- Solos rasos – associação Neossolos Litólicos;
- Solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos.

O mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares foi elaborado em ambiente SIG, no *software* SPRING 5.2.3<sup>®</sup> e na escala 1:50.000. Resultante da correlação das variáveis das paisagens – compartimentos do relevo, clinografia, classes de solos, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal – estas foram espacializadas em mapas temáticos<sup>26</sup> e incluídos nos Planos de Informações.

<sup>25</sup> Diante das classes de solos presentes na área de estudo, não se utilizou a convenção de cores para mapas de solos da Embrapa (2013). Para melhor diferenciá-las, optou-se pelo uso de cores distintas.

<sup>26</sup> Para viabilizar as correlações no SPRING 5.2.3<sup>®</sup>, o limite de todos os mapas foi padronizado com base no Mapa de Compartimentos do Relevo de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP e a escala 1:50.000 foi definida a partir das curvas de nível, pontos cotados, principais vias de acesso, limites municipais e cursos d'água, cedidos pelo IBGE (2015). Todavia, devido aos custos, os mapas foram impressos em tamanho de papel A3, mostrando somente a escala gráfica e não a numérica.

Baseada na Técnica AHP, utilizou-se a ferramenta de apoio à tomada de decisões em Geoprocessamento “Suporte à Decisão AHP”, com a lógica da comparação pareada (Figura 33). É aconselhável que a razão ou índice de consistência seja inferior a 0.1 (conforme destaque na cor vermelha da Figura 33). Ao contrário, é relevante revisar os julgamentos (MOREIRA, 2001; SILVA, 2007).

Figura 33. Lógica da comparação pareada por intermédio da ferramenta “Suporte à Decisão AHP” no SPRING 5.2.3®.

Critério	Peso		Critério
CLINOGRRAFIA	4	Moderadamente Melhor	USO_COBERTURA
USO_COBERTURA	2	Um Pouco Melhor	COMP_RELEVO
USO_COBERTURA	2	Um Pouco Melhor	CURVATURA
USO_COBERTURA	2	Um Pouco Melhor	SOLOS
CLINOGRRAFIA	4	Moderadamente Melhor	COMP_RELEVO
CLINOGRRAFIA	4	Moderadamente Melhor	CURVATURA
CLINOGRRAFIA	2	Um Pouco Melhor	SOLOS
COMP_RELEVO	1	Igual	CURVATURA
COMP_RELEVO	2	Um Pouco Melhor	SOLOS
CURVATURA	2	Um Pouco Melhor	SOLOS

Razão de Consistência: 0,072

Elaboração: Melina Fushimi.

Como resultado, gerou-se uma base de programação em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) no formato do SPRING®. Segundo Câmara et al. (1996), um programa em LEGAL consiste em uma sequência de operações descritas por sentenças organizadas de acordo com regras gramaticais, envolvendo operadores, funções e dados espaciais representados em Planos de Informações de um mesmo projeto existente em um banco de dados SPRING. Silva Neto (2013, p. 162) complementa ao afirmar que “O Programa em LEGAL é definido como uma ferramenta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas”.

Em seguida, completou-se a referida base de programação (Figura 34), onde se atribuíram valores entre 0.0 a 1.0 para as classes temáticas das variáveis (Anexo B). Quanto maior a vulnerabilidade ambiental à erosão linear, mais próximo de 1.0 (Figura 35).

Figura 34. Programação em LEGAL no SPRING 5.2.3®.

```

1 {
2 // Pesos a ser aplicados
3 // USO_COBERTURA = 0.184
4 // CLINOGRFIA = 0.439
5 // COMP_RELEVO = 0.121
6 // CURVATURA = 0.121
7 // SOLOS = 0.100
8
9 // Razao de consistência
10 // CR = 0.072
11
12 // Programa em LEGAL
13 // Este programa deve ser completado
14 // pelo usuario para incluir os dados
15 // apresentados entre os sinais de <>
16
17 // Definicao dos dados de entrada
18
19 Tematico var1 ("USO_COBERTURA");
20 Tematico var2 ("CLINOGRFIA");
21 Tematico var3 ("COMP_RELEVO");
22 Tematico var4 ("CURVATURA");
23 Tematico var5 ("SOLOS");
24
25 Tabela tab1 (Ponderacao);
26 tab1 = Novo (Categorialni = "USO_COBERTURA" ,
27 "cursos_agua":<0.0>,
28 <

```

Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 35. Valores atribuídos às classes temáticas das variáveis.

**VALORES DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES**

0.0 1.0

baixa vulnerabilidade muito alta vulnerabilidade

BAIXA VULNERABILIDADE (0.0 – 0.25)		MÉDIA VULNERABILIDADE (0.25 F 0.5)	
Atributos	Valores	Atributos	Valores
Mata	0.0	Cana de açúcar	0.25
Planícies aluviais e alveolares	0.1	Topos das colinas	0.25
Solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos	0.2	Solos desenvolvidos – associação Latossolos	0.4
Declividades inferiores a 5%	0.25	Declividades entre 5 a 10%	0.5
		Curvatura da superfície retilínea	0.5

ALTA VULNERABILIDADE (0.5 F 0.75)		MUITO ALTA VULNERABILIDADE (0.75 F 1.0)	
Atributos	Valores	Atributos	Valores
Solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos	0.6	Domínio das vertentes	0.8
Declividades entre 10 a 15%	0.65	Solos rasos – associação Neossolos	0.8
Pastagem e gramínea	0.7	Solo exposto	0.9
Declividades entre 15 a 20%	0.75	Declividades superiores a 20%	0.9
Curvatura da superfície convexa	0.75	Curvatura da superfície côncava	0.9

Elaboração: Melina Fushimi.

Os critérios que detém **baixa vulnerabilidade** são:

- Mata: proporciona a dispersão das águas pluviais e a proteção direta contra a atuação do *splash*;
- Planícies aluviais e alveolares: se encontram nos fundos de vales chatos, em que a morfologia favorece a infiltração da água precipitada;
- Solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos: localizam-se nas planícies aluviais e alveolares e requerem atenção quanto à erodibilidade devido à diferença textural entre o horizonte A ou E e o horizonte B;
- Declividades inferiores a 5%: topografia suave contribui prioritariamente para a infiltração.

Sobre os critérios de **média vulnerabilidade**, têm-se:

- Cana de açúcar: atividade relacionada, principalmente, ao fluxo laminar;
- Topos das colinas: compartimento do relevo onde ocorre o predomínio da infiltração;
- Solos desenvolvidos – associação Latossolos: em virtude da quantidade de areia (cerca de 80%), a coesão das partículas é baixa. Por outro lado, são solos porosos, portanto, facilitam a infiltração;
- Declividades entre 5 a 10%: relação ponderada entre infiltração e escoamento superficial;
- Curvatura da superfície retilínea: balanço entre convergência e divergência das águas pluviais.

A respeito dos critérios elencados à **alta vulnerabilidade**:

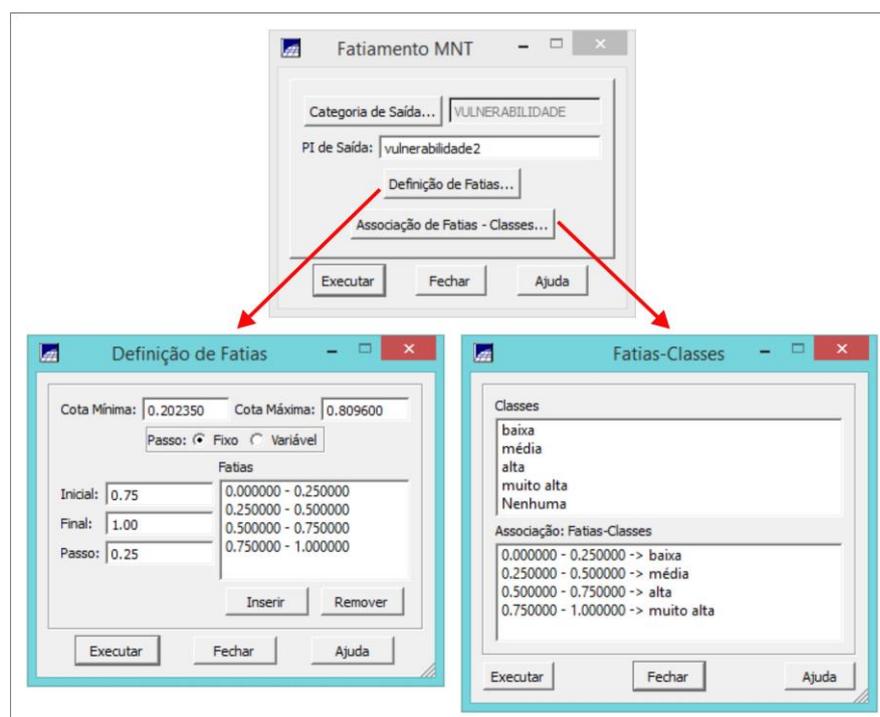
- Solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos: o acúmulo da fração argila no horizonte B dificulta a percolação das águas e, como consequência, o fluxo tende a ser subsuperficial;
- Declividades entre 10 a 15%: colaboram moderadamente para o escoamento superficial;
- Pastagem e gramínea: vegetação associada à presença do gado, cujo pisoteio, ao acelerar a compactação do solo em caminhos, ocasiona a redução da infiltração e o incremento do fluxo linear;
- Declividades entre 15 a 20%: auxiliam de modo considerável no escoamento superficial;
- Curvatura da superfície convexa: destaque para a divergência das águas pluviais.

Enfim, a classe de **muito alta vulnerabilidade** apresenta os seguintes critérios:

- Domínio das vertentes: desempenha função importante na circulação da água precipitada;
- Solos rasos – associação Neossolos: solos com possíveis afloramentos dos arenitos das Formações Caiuá ou Adamantina, os quais dispõem elevada proporção de areia e alta friabilidade, por isso, alteráveis aos agentes intempéricos;
- Solo exposto: terreno desprotegido da ação do *splash*;
- Declividades superiores a 20%: inclinações que influenciam de maneira significativa no escoamento superficial;
- Curvatura da superfície côncava: propicia a convergência das águas.

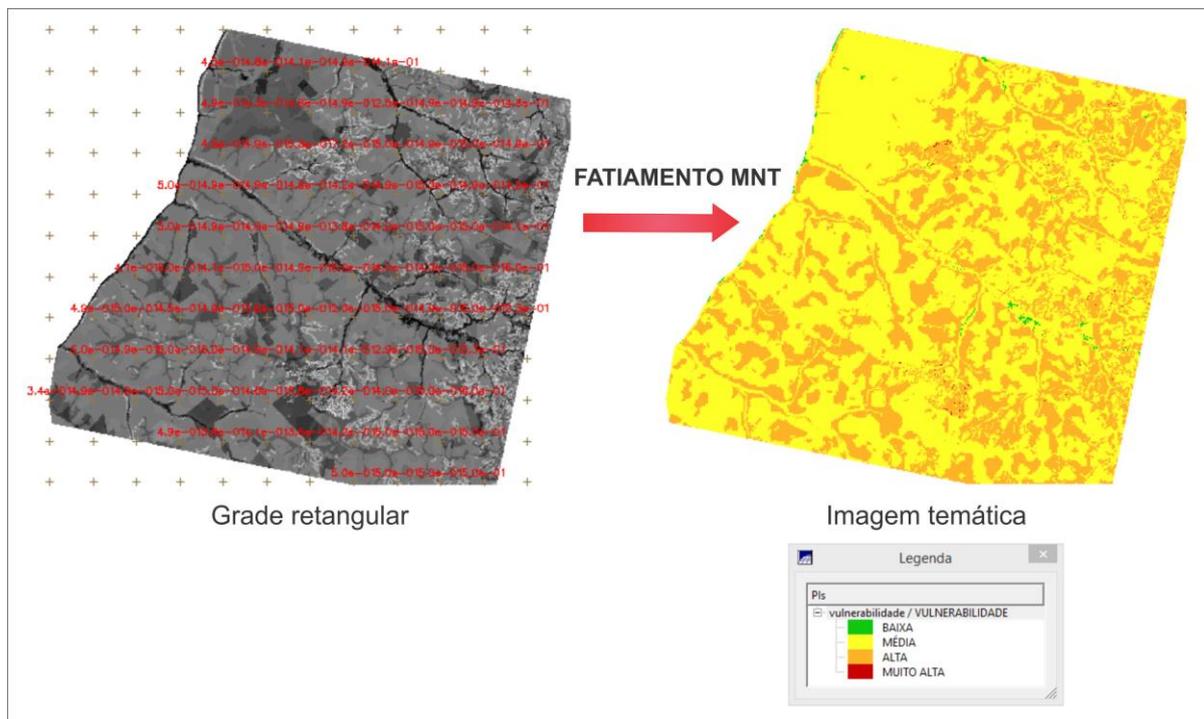
O procedimento final constituiu-se no fatiamento do MNT (Figura 36): “O **fatiamento** consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma **grade retangular**. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, chamados no SPRING de fatias” (CÂMARA et al., 1996, não paginado, grifo dos autores). Assim, foram atribuídas as classes de vulnerabilidade – baixa, média, alta e muito alta – baseadas em Tricart (1977) e Ross (2006), com adaptações para as características ambientais da área estudada (Figura 37).

Figura 36. Fatiamento do Modelo Numérico de Terreno (MNT).



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 37. Imagem temática a partir de uma grade retangular.



Elaboração: Melina Fushimi.

Os pontos cotados, as principais vias de acesso<sup>27</sup>, os limites municipais e os cursos d'água<sup>28</sup> inseridos em todos os documentos cartográficos foram cedidos pelo IBGE (2015) na escala 1:50.000 e as finalizações gráficas das legendas foram feitas no CorelDRAW X7<sup>®29</sup>.

Os cálculos das porcentagens das classes dos mapas ocorreram a partir da opção “Medidas de Classes” do SPRING 5.2.3<sup>®</sup>. Em alguns casos, diante dos valores inferiores a 1%, optou-se pela representação em números decimais. Já os gráficos foram elaborados no Excel 2013<sup>®</sup>.

A seguir, a Figura 38 representa, em síntese, as fases de elaboração dos mapeamentos.

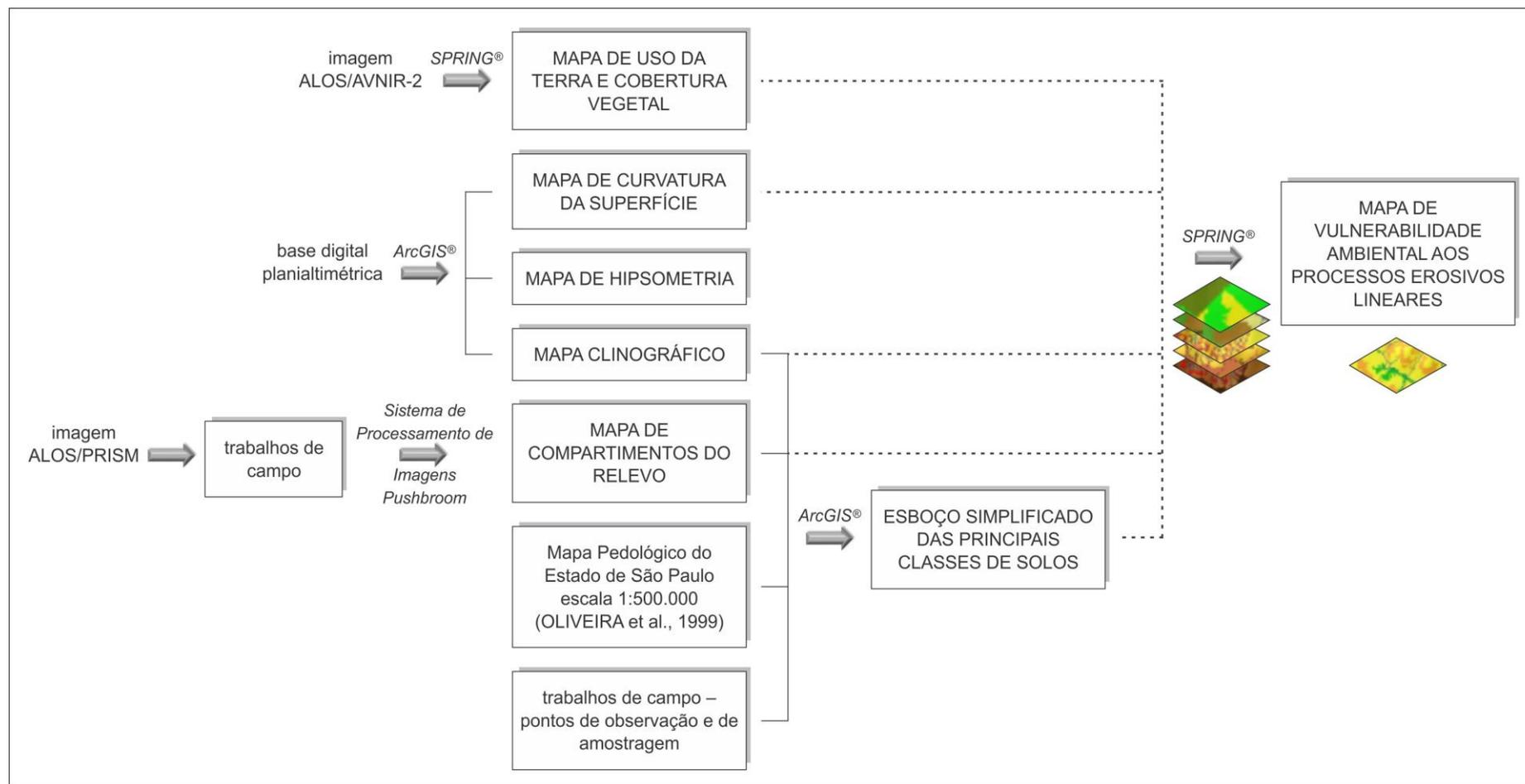
Por fim, no ArcGIS 10.2.2<sup>®</sup>, o TIN proporcionou os traçados dos perfis topográficos por meio das funções “*Interpolate Line*” e “*Profile Graph*”.

<sup>27</sup> No mapa de uso da terra e cobertura vegetal, além das principais vias de acesso, foram inseridos os limites das propriedades rurais, cedidos pelo IBGE (2015) na escala 1:50.000.

<sup>28</sup> Exceto no Mapa de Compartimentos do Relevo, em que os cursos d'água foram delimitados no Sistema de Processamento de Imagens *Pushbroom*.

<sup>29</sup> CorelDRAW é marca registrada pela Corel Corporation.

Figura 38. Representação esquemática das fases de elaboração dos mapeamentos.



Elaboração: Melina Fushimi.

---

# CAPÍTULO 3

**CARACTERIZAÇÃO DAS PAISAGENS DE PRESIDENTE  
EPITÁCIO-SP E MARABÁ PAULISTA-SP: ASPECTOS  
FISIOGRÁFICOS E HISTÓRICOS**

## 1. Principais características geológicas, do relevo, pedológicas e climáticas

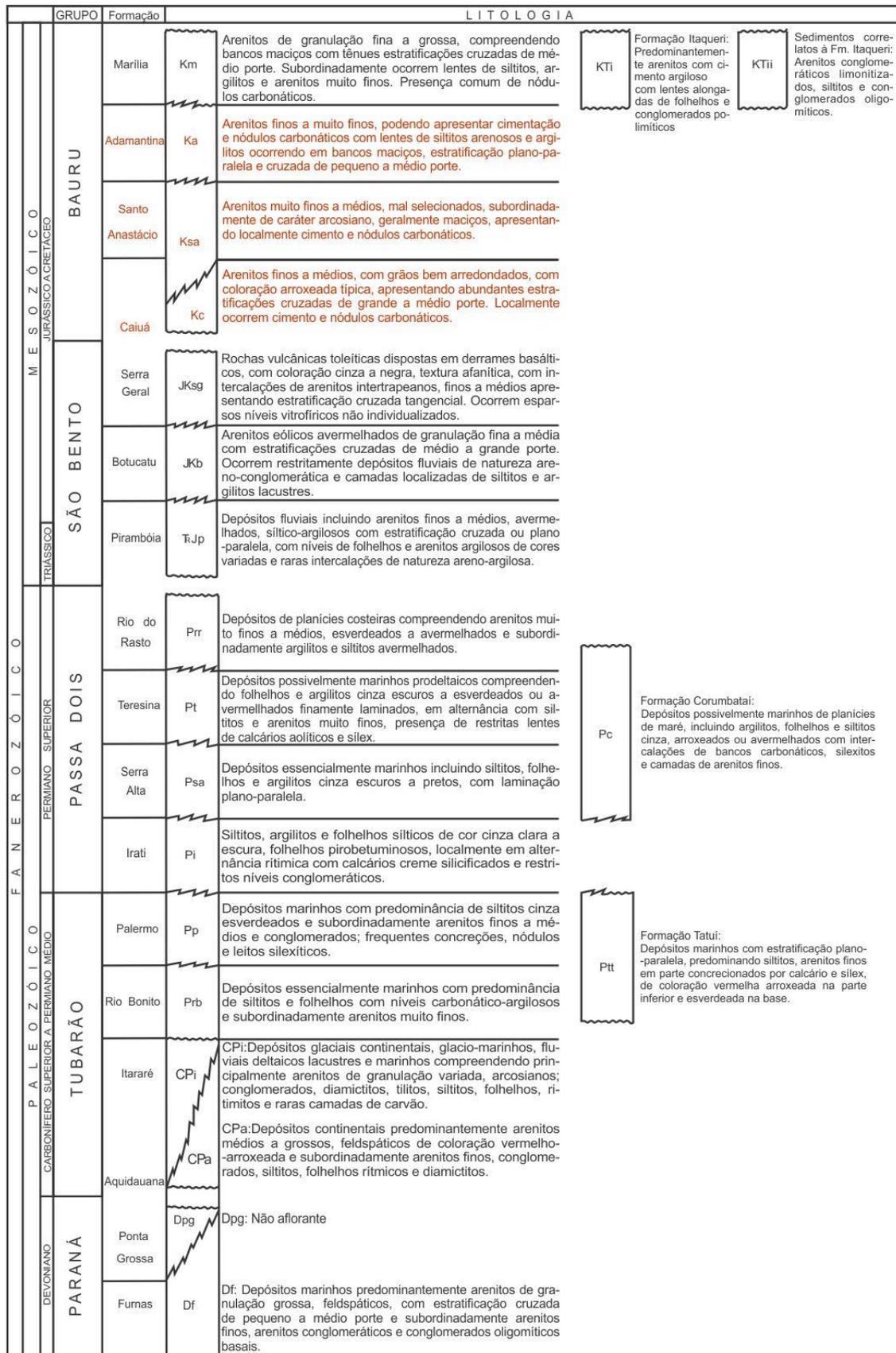
A maior parcela do Estado de São Paulo, inclusive, os municípios de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP, está inserida no centro da Bacia Sedimentar do Paraná, a qual consiste em “[...] uma unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano Inferior, senão mesmo do Siluriano” (IPT, 1981, p. 46).

Sua persistente subsidência, embora oscilatória, permitiu a acumulação de sedimentos, lavas basálticas e *sills* de diabásio, cuja espessura total destes depósitos pode ultrapassar 5.000 metros na região mais profunda da Bacia (IPT, 1981).

Em conformidade com a coluna litoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 39) adotada no Mapa Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000, ambos propostos pelo IPT (1981), foram reconhecidos cinco grupos – Paraná, Tubarão, Passa Dois, São Bento e Bauru – subdivididos por formações geológicas de acordo com o período de desenvolvimento.

Dessa forma, com base na referida classificação, nos municípios de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP, destaque para as rochas sedimentares das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, pertencentes ao Grupo Bauru, além dos Sedimentos Aluvionares (Figura 40).

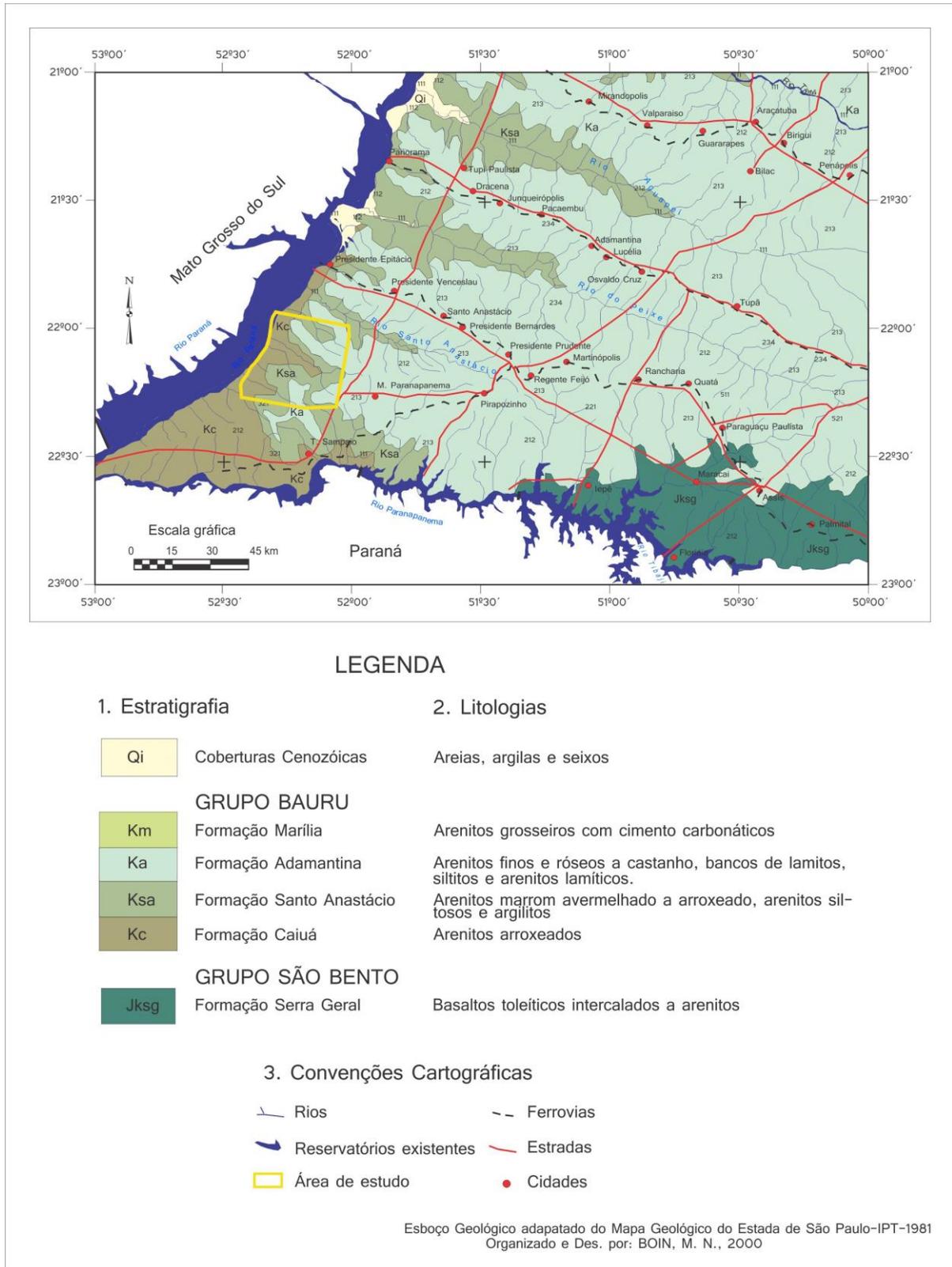
Figura 39. Coluna litoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná, com destaque para as Formações presentes na área de estudo.



Desenho: Mirna M. Ferracini

Fonte: IPT (1981).

Figura 40. Esboço Geológico adaptado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo e a localização da área de estudo.



Fonte: Boin (2000).  
Modificado por Melina Fushimi.

Cessados os derrames de lavas da Formação Serra Geral que marcaram o término dos eventos deposicionais e vulcânicos generalizados na Bacia do Paraná, a Plataforma Sul-Americana em território brasileiro desempenhou uma tendência geral para o soerguimento epirogênico, com exceção da porção Norte da Bacia, na qual se iniciou uma fase de embaciamentos localizados. Por conseguinte, no Cretáceo Superior, recobrando as lavas basálticas do Planalto Ocidental, acumulou-se o Grupo Bauru nesta área deprimida (IPT, 1981).

Em relação às Formações do Grupo Bauru e aos Sedimentos Aluvionares presentes no recorte de estudo, estes apresentam as seguintes descrições, segundo IPT (1981):

- Formação Caiuá (Kc): representa o início da deposição do Grupo Bauru, em um embaciamento ainda restrito e se sobrepõe às eruptivas da Formação Serra Geral.

Constituída essencialmente por arenitos de coloração arroxeadada, marcante estratificação cruzada de grande porte, tangencial na base, granulação fina a média, grãos arredondados a subarredondados e bem selecionados. É comum ocorrer pequena quantidade de matriz fina e, ocasionalmente, possui cimento carbonático ou silicoso.

A passagem para a Formação Santo Anastácio, situada estratigraficamente acima, é transicional.

- Formação Santo Anastácio (Ksa): caracterizada por arenitos marrom avermelhados a arroxeados, granulação fina a média, seleção, de maneira geral, regular a ruim, com grãos arredondados a subarredondados e cobertos por película limonítica.

Localmente, cimentos e nódulos carbonáticos são preservados, cuja dissolução está relacionada à ocorrência de orifícios. Ademais, têm-se bancos maciços com espessuras métricas e decimétricas e incipiente estratificação plano paralela ou cruzada.

Em alguns setores, sobretudo, quando depositado diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral, o arenito Santo Anastácio aponta diferenciações litológicas: a granulação é mais fina, ocorrendo arenitos siltosos e arenitos argilosos. A seleção é pior e há a possibilidade de delgadas intercalações de lentes argilosas e espessura decimétrica.

O contato com a base da Formação Adamantina sobrejacente é transicional e interdigitado, podendo ser, pontualmente, brusco entre as duas unidades.

- Formação Adamantina (Ka): recobre as unidades pretéritas e é coberta, de modo parcial, pela Formação Marília e por Coberturas Cenozóicas. Apresenta sedimentos mais finos e bem selecionados, diferentemente da Formação Santo Anastácio (ALMEIDA et al., 1980 apud IPT, 1981, p. 73).

Conforme Godoy (1999, p. 19 e 21),

[...] caracteriza-se litologicamente pela ocorrência de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de cor róseo a castanho, com espessuras variáveis entre 2 e 20 metros e alternados com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhado a cinza castanho. Quanto à estrutura, as estratificações cruzadas são próprias dos estratos mais areníticos, ao passo que, nos termos lamíticos subordinados a eles, são mais comuns os bancos maciços ou dispostos em acamamento plano-paralelo, com a presença freqüente de marcas de onda e microestratificação cruzada. [...] dentre as unidades do Grupo Bauru, a Formação Adamantina é de longe a mais extensa em afloramento no Estado de São Paulo.

Godoy (1999) ainda afirma que o comportamento diferenciado das camadas da Formação Adamantina aos processos erosivos é observado por meio das colinas escalonadas, cujos arenitos mais compactados e resistentes são distinguidos.

- Sedimentos Aluvionares (Qa): afloram próximos aos principais cursos d'água (na área de estudo, o rio Paraná) e constituem-se por aluviões em geral, incluindo areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais, em depósitos de calha e/ou terraços.

A respeito da Geomorfologia, baseado no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo na escala 1:1.000.000 elaborado pelo IPT (1981), o Extremo Oeste Paulista está inserido no Planalto Ocidental, constituído por “[...] relevos monótonos de colinas e morrotes, dentre os quais se destacam as regiões acidentadas de Marília-Garça-Echaporã, Monte Alto e Catanduva” (IPT, 1981, p. 70). Nos municípios de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP tem-se o predomínio de relevos de degradação e colinosos, com colinas amplas e colinas médias:

- Colinas amplas: prevalecem interflúvios com área superior a 4 quilômetros, topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. A drenagem possui baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas e, possivelmente, lagoas perenes ou intermitentes;

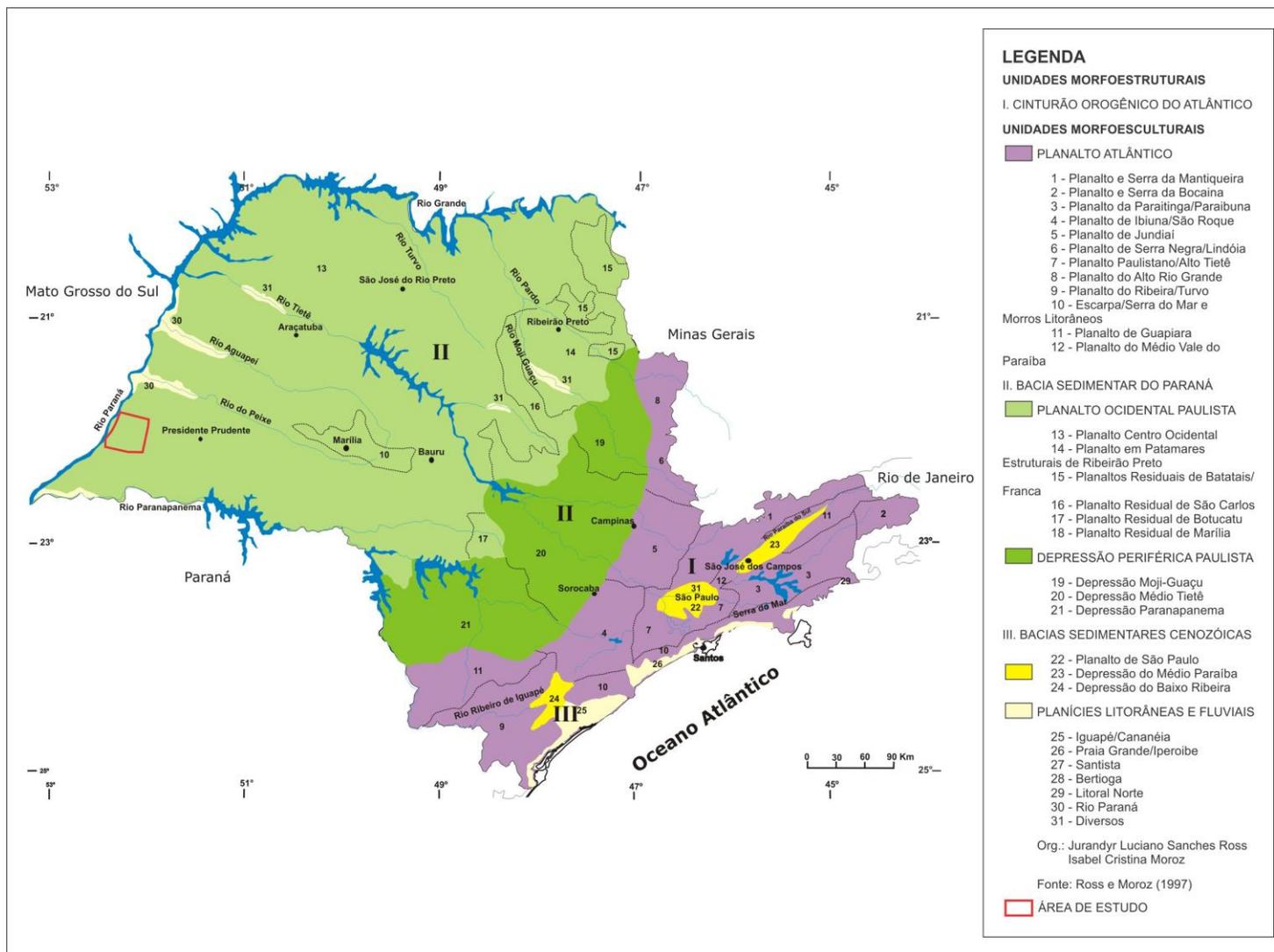
▪ Colinas médias: sobressaem interflúvios com área de 1 a 4 km<sup>2</sup>, topos aplainados, vertentes convexas a retilíneas. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas e eventuais lagoas perenes ou intermitentes.

Como feições de relevo subordinadas, têm-se cabeceiras de drenagem com erosão acelerada.

No mais, vale ressaltar a importância do referido mapa, uma vez que “[...] constitui um marco fundamental para o estudo geomorfológico do estado, pois foi o primeiro trabalho de cartografia sistemática realizado para todo o Estado” (ROSS; MOROZ, 1997, p. 43).

A partir dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura de Gerasimov e Mecerjakov (1968) e dos princípios da taxonomia das formas de relevo propostos por Ross (1992) – 1º, 2º e 3º taxons – Ross e Moroz (1997) realizaram o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (Figura 41).

Figura 41. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo e a localização da área de estudo.



Fonte: Ross e Moroz (1997).  
Modificado por Melina Fushimi.

Em concordância com Ross e Moroz (1997), a área de pesquisa está localizada na Unidade Morfoestrutural “Bacia Sedimentar do Paraná” e na Unidade Morfoescultural “Planalto Ocidental Paulista”, em especial, “Planalto Centro Ocidental”. As formas de relevo predominantes são as colinas amplas e baixas, com altitudes que variam de 300 a 600 metros, declividades entre 10 a 20%, presença de Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos, bem como arenitos, lentes de siltitos e argilitos.

Há também áreas sobre o Planalto Ocidental Paulista pertencentes às “Bacias Sedimentares Cenozóicas” (Unidade Morfoestrutural) e às “Planícies Fluviais do Rio Paraná” (Unidade Morfoescultural). Os modelados dominantes são as planícies e os terraços fluviais, declives inferiores a 2%, com Gleissolos e sedimentos arenosos e argilosos inconsolidados.

As morfoesculturas Planícies Fluviais ocorrem em áreas restritas, associadas a depósitos a montante de níveis de base locais e regionais. Corresponde às áreas essencialmente planas, genéticamente geradas por deposição de origem fluvial, onde atualmente predominam os processos agradacionais. (ROSS; MOROZ, 1997, p. 54).

Referente aos padrões de formas semelhantes, têm-se os seguintes tipos de relevo denudacionais:

- Dt11: formas de topos tabulares (planos), entalhamento dos vales muito fraco (menos de 20 metros), densidade de drenagem muito baixa (superior a 3750 metros) e potencial erosivo muito baixo;
- Dc14: formas de topos convexos, entalhamento dos vales muito fraco, alta densidade de drenagem (entre 250 a 750 metros) e áreas com probabilidade de ocorrência à erosão linear;
- Dc15: formas de topos convexos, entalhamento dos vales muito fraco, muito alta densidade de drenagem (abaixo de 250 metros) e áreas com muito alta probabilidade de desenvolver processos erosivos.

Em relação aos solos, de acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (Figura 42) e sua legenda expandida<sup>30</sup>, ambos elaborados por Oliveira et al. (1999), os mais representativos nos municípios de

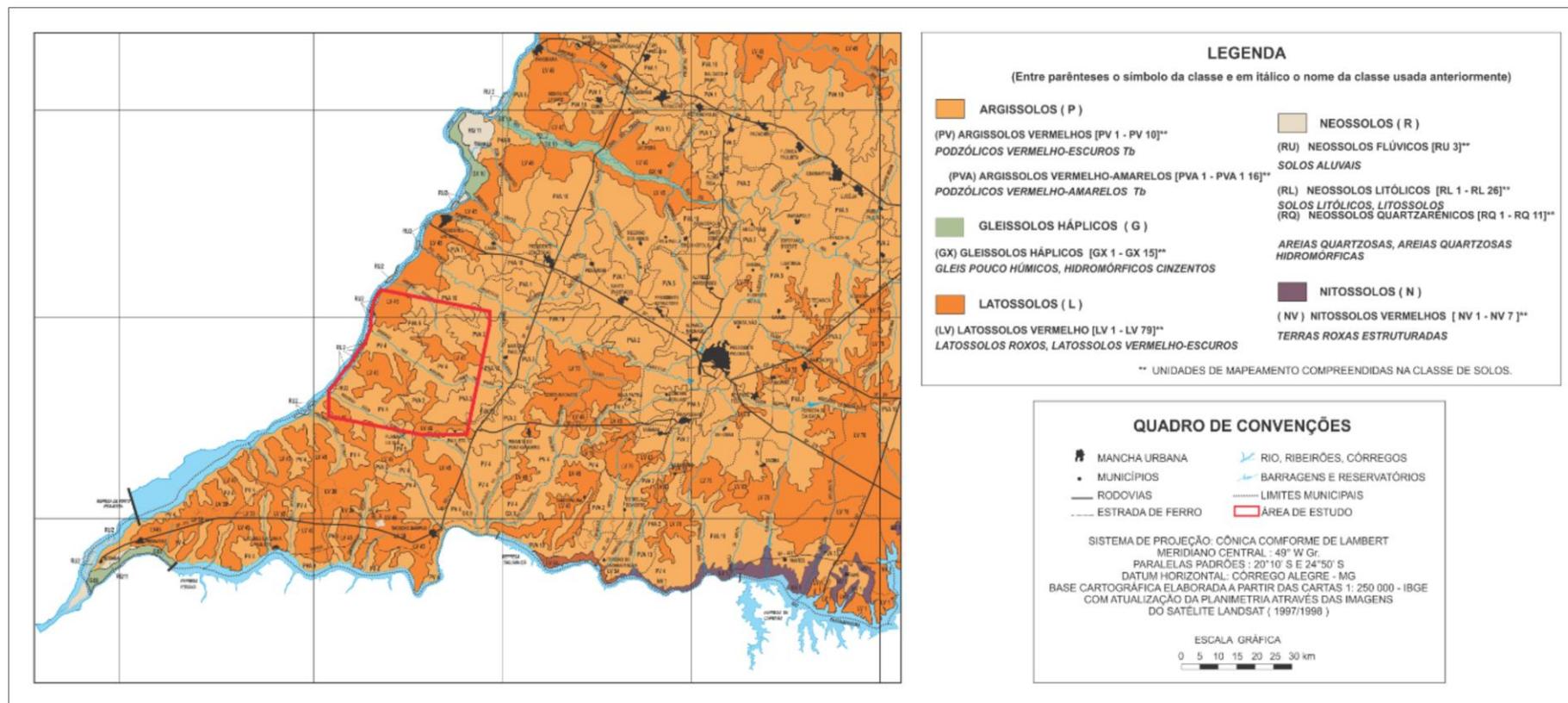
---

<sup>30</sup> Estabelecida conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) da Embrapa (1999).

Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP são os Latossolos Vermelhos, os Argissolos Vermelho-Amarelos, os Argissolos Vermelhos e os Neossolos Flúvicos:

- LV45: Latossolos Vermelhos, Distróficos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado;
- PV4: Argissolos Vermelhos, Distróficos A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado;
- PV5: Argissolos Vermelhos, Distróficos abrupáticos textura média/argilosa relevo ondulado + Latossolos Vermelhos Distróficos textura argilosa relevo suave ondulado ambos A moderado;
- PVA2: Argissolos Vermelho-Amarelos, Eutróficos abrupáticos ou não, A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado e ondulado;
- PVA5: Argissolos Vermelho-Amarelos, Eutróficos textura arenosa/média relevo ondulado e suave ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos pouco profundos textura arenosa/argilosa relevo ondulado ambos abrupáticos A moderado;
- PVA10: Argissolos Vermelho-Amarelos, Eutróficos + Argissolos Vermelhos Distróficos e Eutróficos ambos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado + Latossolos Vermelhos Distróficos textura média relevo plano todos A moderado;
- RU2: Neossolos Flúvicos, Eutróficos A moderado + Gleissolos Hápicos Tb Eutróficos ambos textura argilosa relevo de várzea.

Figura 42. Mapa Pedológico adaptado do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo e a localização da área de estudo.



Fonte: Oliveira et al. (1999).  
Modificado por Vinha (2011) e Melina Fushimi.

Diante de trabalhos de campo na área de estudo, coleta de amostras de solos, descrição geral, análises morfológica e textural (areia, silte e argila) e fracionamento da areia, observou-se a ocorrência de solos desenvolvidos, solos rasos a desenvolvidos, solos rasos e solos hidromórficos, associados aos Latossolos, Argissolos, Neossolos, Planossolos e Gleissolos, respectivamente.

Os Latossolos são “[...] solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura” (EMBRAPA, 2013, p. 197).

São solos com boas propriedades físicas e mesmo os Latossolos bastante argilosos apontam excepcional porosidade total, sendo comum valores entre 50 a 60%. Com exceção da região serrana, o relevo é pouco declivoso (menos de 5%), sendo esta condição favorável ao uso intensivo de máquinas agrícolas. Perante estes atributos, são solos com baixa erodibilidade, inclusive, os Latossolos de textura franco arenosa (OLIVEIRA, 1999).

No recorte de pesquisa, os solos desenvolvidos se associam, especialmente, aos Latossolos Vermelhos: “Solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)” (EMBRAPA, 2013, p. 197). Entretanto, verificou-se que há também manchas de Latossolos Amarelos: “Solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)” (EMBRAPA, 2013, p. 197).

Além do mais, os solos desenvolvidos são encontrados nos topos das colinas tabulares e aplainadas, das colinas amplas suavemente onduladas e das colinas onduladas e se estendem, em algumas áreas, para o compartimento da vertente.

Referente aos Argissolos,

[...] são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos:

- a) Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolo;
- b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolo. (EMBRAPA, 2013, p. 117).

Os Argissolos são de profundidade variável, forte a imperfeitamente drenados, com colorações avermelhadas ou amareladas e, raramente, brunadas ou acinzentadas. No horizonte A, a textura varia de arenosa a argilosa e de média a muito argilosa no horizonte Bt (EMBRAPA, 2013).

Oliveira (1999) menciona que a erodibilidade é exacerbada nos solos com mudança textural abrupta, mais comum entre os Argissolos Vermelho-Amarelos. Estes contêm menor porcentagem de óxido de ferro quando comparados aos Argissolos Vermelhos.

Na área de pesquisa, os solos rasos a desenvolvidos estão presentes, de maneira geral, nas vertentes côncavas, convexas e retilíneas e se relacionam aos Argissolos Vermelhos: “Solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho ou com matiz 5YR e valores e cromas iguais ou menores que 4, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)” (EMBRAPA, 2013, p. 118).

#### Os Neossolos

[...] são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei, plíntico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica para as classes Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente. (EMBRAPA, 2013, p. 221).

Em paisagens com topos estreitos das colinas onduladas, declividades mais acentuadas (superior a 20% para a região de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP) e setores onde afloram rochas sedimentares das Formações Caiuá e Adamantina, predominam solos rasos – associação Neossolos Litólicos.

Solos com horizonte A ou hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Admitem um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. (EMBRAPA, 2013, p. 221).

Na área de estudo, os solos hidromórficos estão vinculados aos Planossolos e Gleissolos e, em geral, se situam nas proximidades dos cursos d'água, sobretudo, nas planícies aluviais e alveolares.

Sobre os Planossolos, “[...] são solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Horizonte plânico sem caráter sódico perde em precedência taxonômica para o horizonte plíntico” (EMBRAPA, 2013, p. 255).

Localizam-se em relevos plano ou suave ondulado, preferencialmente, em planícies aluviais e no terço inferior das vertentes, as quais requerem atenção quanto à erodibilidade, pois a grande diferença textural entre o horizonte A ou E e o horizonte B os tornam vulneráveis à erosão hídrica (OLIVEIRA, 1999).

#### Os Gleissolos

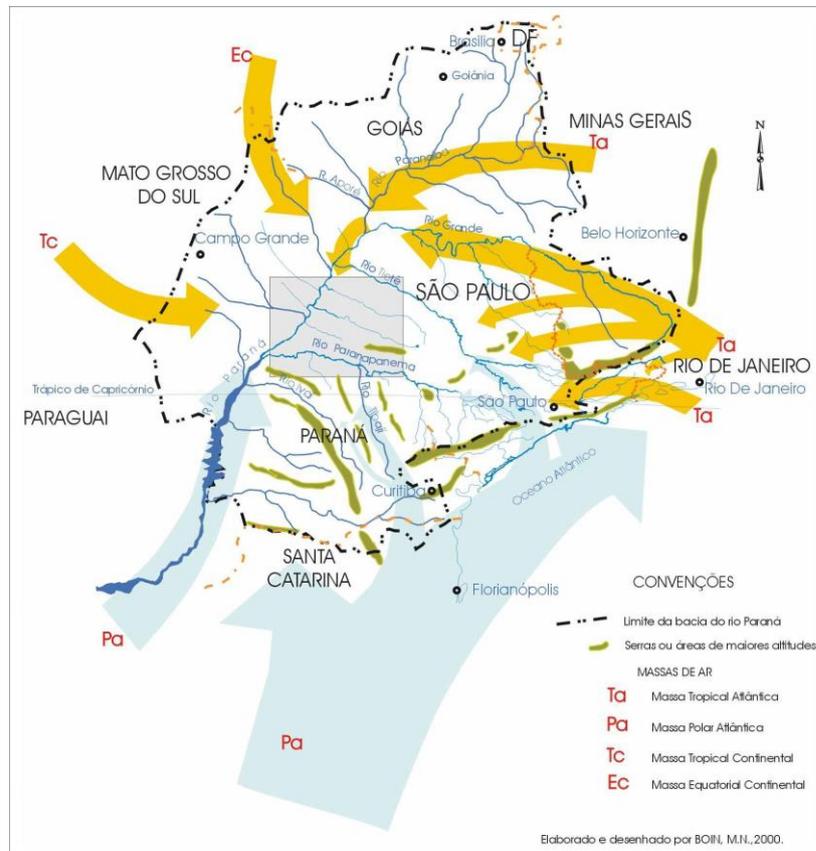
[...] são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo ou a profundidades entre 50 cm e 150 cm desde que imediatamente abaixo do horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam horizonte vértico ou B plânico acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plíntico, se presente, deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo. (EMBRAPA, 2013, p. 177).

Nos solos desta classe ocorre a saturação permanente ou periódica pela água, exceto se drenados de forma artificial. A água permanece estagnada no interior ou se dá pelo fluxo lateral do solo. Assim, se evidenciam por forte gleização, em decorrência do ambiente redutor possivelmente livre de oxigênio dissolvido (EMBRAPA, 2013).

No que se refere às características climáticas, a chuva é o principal tipo de precipitação que ocorre no Extremo Oeste do Estado de São Paulo, o qual encontra-se em uma área de transição dos sistemas atmosféricos inter e extratropicais, com a participação das massas Tropical Atlântica, Tropical Continental, Polar Atlântica e Equatorial Continental (BOIN, 2000).

A Figura 43 a seguir demonstra os trajetos preferenciais das referidas massas de ar na região, cujas espessuras indicam qualitativamente sua intensidade de ação. Tais informações foram inferidas baseadas na pluviosidade média em um período de trinta anos (1967-1996).

Figura 43. Trajetos preferenciais das massas de ar que percorrem o Extremo Oeste Paulista.



Fonte: Boin (2000).

Boin (2000) ainda discorre que a gênese das chuvas está ligada às passagens de frentes frias e, em menor proporção, às correntes do Sul, com os avanços da massa Polar Atlântica, ora com percursos de longitudes orientais e úmidas, ora ocidentais e secas, manifestando maior veemência quando canalizadas pelos vales dos rios que as orientam.

O rio Paraná, apesar de ser o maior “corredor” continental dos fluxos de ar polar que atingem o Extremo Oeste Paulista, possui menor interferência na pluviosidade quando comparado aos rios Tibaji, Pirapó, das Cinzas e Paranapanema. Isto se deve às suas trajetórias no continente, perdendo umidade, e à morfologia pouco encaixada dos fundos de vales, favorecendo a descompressão e ressecamento das massas de ar polar (BOIN, 2000).

A massa Tropical Atlântica também se desloca com maior vigor pelos vales dos rios que fluem nas direções Sudeste-Noroeste e Nordeste-Sudoeste. Já as massas Tropical Continental e Equatorial apresentam, de modo geral, menor participação na geração de chuvas (BOIN, 2000).

Além disso, Boin (2000, p. 218) destaca a influência do relevo na quantidade e intensidade das precipitações:

Os trajetos da massa Polar Atlântica, assim como os da Massa Tropical Atlântica e Equatorial Continental, são conduzidos e barrados pelo relevo, na baixa troposfera, determinando tanto a quantidade quanto a intensidade das chuvas precipitadas sobre as vertentes destes relevos.

Tommaselli et al. (1999), ao estudar a erosividade ou o potencial erosivo das precipitações da região Oeste do Estado de São Paulo, a partir de dados pluviográficos de um período de 25 anos – janeiro de 1973 a dezembro de 1997 – afirmam que, em Presidente Prudente-SP, cerca de 76% da erosividade média anual ( $EI_{30}^{31}$ ) ocorre entre outubro e março, ou seja, na primavera e no verão, sendo que o maior valor pertence ao mês de janeiro e o menor em agosto, época de maior deficiência hídrica (Tabela 4).

Tabela 4. Distribuição média mensal dos valores absolutos e relativos da precipitação média mensal (P) e dos índices de erosividade ( $EI_{30}$ ) para Presidente Prudente-SP no período de 01/01/1973 a 31/12/1997.

Meses	Estação	P		Erosividades médias calculadas $EI_{30}$	
		Absoluta (mm)	Relativa (%)	Absoluto (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> *)	Relativo (%)
Janeiro	Verão	192	14,8	1374	19,2
Fevereiro	Verão	159	12,3	1014	14,2
Março	Outono	126	9,7	767	10,7
Abril	Outono	79	6,1	476	6,6
Maio	Outono	84	6,5	332	4,6
Junho	Inverno	60	4,7	267	3,7
Julho	Inverno	37	2,9	121	1,7
Agosto	Inverno	37	2,9	89	1,2
Setembro	Primavera	82	6,3	296	4,1
Outubro	Primavera	119	9,2	571	8,0
Novembro	Primavera	145	11,2	942	13,2
Dezembro	Verão	174	13,4	911	12,7
Anual		1293	100,0	7161	100,0
Desvio padrão				2334	
Coeficiente de variação (%)				33	

\* megajoule milímetro por hectare hora.

Fonte: Tommaselli et al. (1999).

<sup>31</sup> “[...] proposto por WISCHMEIER e SMITH (1978), que relaciona a energia cinética de impacto das gotas ( $E_c$ ) e a intensidade máxima em 30 minutos ( $I_{30}$ )” (TOMMASELLI et al., 1999, p. 270).

Os valores de precipitação média anual e os índices de erosividade de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP não se apresentam discrepantes quando comparados à Presidente Prudente-SP (Tabela 5):

Tabela 5. Valores de precipitação média anual (P) e índices de erosividade ( $EI_{30}$ ) de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP para o período de 1973 a 1996.

Estação	Latitude	Longitude	P <sup>32</sup> (mm)	EI <sub>30</sub> (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
Marabá Paulista-SP	-22,10	-51,97	1266	6670
Presidente Epitácio-SP	-21,77	-52,10	1261	6706

Fonte: Tommaselli et al. (1999).

Além das características climáticas, a dinâmica erosiva abrange, dentre outros elementos, os aspectos do relevo, solos, substrato rochoso, bem como da cobertura vegetal e do histórico de uso e ocupação da terra.

## 2. Histórico de uso e ocupação

Com base nos trabalhos de Monbeig (1984), Godoy (2002) e Santos (2010), foi realizado um breve resgate histórico sobre o uso e a ocupação do Extremo Oeste Paulista, especialmente, os municípios de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP.

Os primeiros moradores no Extremo Oeste do Estado de São Paulo foram os índios Coroados. Em Presidente Epitácio-SP também habitavam os grupos indígenas Caiuás e Xavantes, cujas terras foram gradativamente ocupadas, no início do século XX, a partir da necessidade de construção de uma estrada de rodagem que ligasse a região, mais conhecida como “sertão nordestino”, com o setor Sul do Mato Grosso (atual Estado do Mato Grosso do Sul).

<sup>32</sup> Cabe mencionar que a precipitação média anual não se compara diretamente com o índice de erosividade.

Até então, os mato-grossenses dessa região só podiam alcançar a capital de São Paulo e Rio de Janeiro pelo Paraguai ou Uberaba, obrigados a percorrer mais de duzentas léguas para chegar a ponto de estrada de ferro. As fazendas dos vales dos rios Verde, Pardo, Ivinhema, Amambai, Iguatemi e outras da bacia hidrográfica do rio Paraguai remetiam para São Paulo o seu gado através do Triângulo Mineiro, efetuando viagem longuíssima, que consumia grande parte de seu valor. Em 1906, a última cidade do Estado de São Paulo, antes de Mato Grosso, era Assis. (GODOY, 2002, p. 17).

Sob esse contexto, fundou-se o Porto Tibiriçá (Figura 44) em 1907, com conseqüente formação da Vila Tibiriçá no seu entorno, bem como a implantação da Estrada Boiadeira.

Figura 44. Porto Tibiriçá.



Fonte: Porto Tibiriçá (2015).

No ano de 1922 foi inaugurada a estação da Estrada de Ferro Sorocabana em Presidente Epitácio-SP (Figura 45), cujo traçado, diferente do projeto inicial, foi orientado para o espigão divisor de águas.

Figura 45. Estação da Estrada de Ferro Sorocabana de Presidente Epitácio-SP.



Fonte: Moroni (2011).

Um projeto antigo previa um traçado que, acompanhando o Paranapanema, deveria atingir a confluência do rio Tibaji. A infeliz experiência da Noroeste ao acompanhar o curso inferior do Tietê e o sucesso dos outros empreendimentos sobre os espigões, assim como um início de povoamento entre o rio do Peixe e o Paranapanema, levaram o governo de São Paulo, dono da Sorocabana, a modificar o plano inicial. Ao invés de correr no vale, sobre a terra roxa, o traçado da Sorocabana foi orientado para o espigão. Os trilhos atingiram Quatá em 1916, Presidente Prudente em 1920 e Presidente Epitácio em 1922. (MONBEIG, 1984, p. 196-197).

Em seguida, os trilhos foram estendidos até a margem direita do rio Paraná. No mesmo período ocorreu a instalação do porto Fluvial, o qual passou a funcionar paralelamente em relação ao porto Tibiriçá.

Com o acelerado extermínio das tribos indígenas e o desmatamento da cobertura vegetal original (mata) associados à construção da Estrada de Ferro, subsídio ao comércio de madeira e expansão das lavouras de café, o processo de povoamento na região se intensificou.

A facilidade de escoamento da madeira pelo rio Paraná, por meio do transporte fluvial, favoreceu a introdução de serrarias na década de 1940, atividade que se manteve até, aproximadamente, 1980.

Tem-se uma idéia do problema criado pelo distanciamento crescente do corte com relação à serraria, sabendo-se que para a Serraria Madeiral, localizada entre Presidente Venceslau e Caiuá, a separação era de 9 km em 1931, 13 em 1936, 17 em 1938 e ultrapassava 20 km em 1946. Atualmente, em certos casos, a madeira vem de mais de 40 km. O aumento da distância leva aos fretes suplementares e ao desgaste mais rápido do material de transporte, o que foi particularmente inquietante durante a última guerra, quando faltaram pneus, peças de reposição e também combustível. Foi essa a causa do abandono do tráfego rodoviário pelos madeireiros das serrarias de Presidente Epitácio, que deram início à exploração da floresta a partir do rio Paraná, tomando pé nas margens desse grande rio a montante (lagoa São Paulo) e a jusante (porto Cabral). Basta um pequeno rebocador para puxar as pilhas de troncos subindo o rio; um simples barco a motor as dirige na descida. (MONBEIG, 1984, p. 245).

Posteriormente, ocorreu o desenvolvimento da agricultura, com o plantio de café (introduzido pelos pioneiros), algodão (sobretudo, em Marabá Paulista-SP nos anos de 1930), melão, tomate, dentre outros produtos cultivados.

Na década de 1980 iniciaram-se as obras da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta<sup>33</sup>, as quais causaram diversos impactos ambientais em Presidente Epitácio-SP, conforme assevera Campanharo (2003, p. 38):

A implantação da Usina Hidrelétrica Eng<sup>o</sup> Sérgio Motta em Porto Primavera/SP e a conseqüente formação do reservatório ocasionou no município de Presidente Epitácio os mais diversos impactos, como a supressão de ecossistemas, perda de patrimônios históricos e arqueológicos e desestruturações nos setores social e econômico. Além disso, foi o município do Estado de São Paulo que mais perdas teve em termos de território, cerca de 21.000 ha, isto é, aproximadamente 20% de sua área total.

Monbeig (1984), partindo da cidade de São Paulo em direção ao rio Paraná, descreve as paisagens observadas:

Quando, partindo de São Paulo, toma-se um dos trens que levam até as barrancas do rio Paraná, atravessam-se umas após outras, as regiões conquistadas pelo homem. Depois do relevo de morros desmatados, próximos da capital, por exemplo na direção de Campinas, aparecem cafezais abandonados, numa topografia menos acidentada. Ainda mais longe, transposto o escarpamento de basaltos e arenitos, que limita os planaltos ocidentais, a leste, lá onde a ferrovia já não encontra obstáculos, e começa a descer lentamente no rumo do rio Paraná, atravessa-se uma paisagem na qual se alternam pastagens, mirradas plantações de café e lavouras de algodão, cujos solos trazem os sulcos da erosão bem à mostra. (MONBEIG, 1984, p. 22).

A respeito dos solos formados pelos arenitos do Grupo Bauru, Monbeig (1984) menciona os processos de ravinamentos nas vertentes:

## 2. Os solos formados pelos arenitos

Eles cobrem a maior parte da área pioneira paulista e se inscrevem na paisagem mais fortemente do que as terras roxas. Turbilhões de areia levantados pelo vento, estradas em que os caminhões encaham durante a estação seca, ravinamentos nas encostas arenosas, são visões mais freqüentes do que os belos coloridos da terra roxa sob um por-de-sol. (MONBEIG, 1984, p. 79).

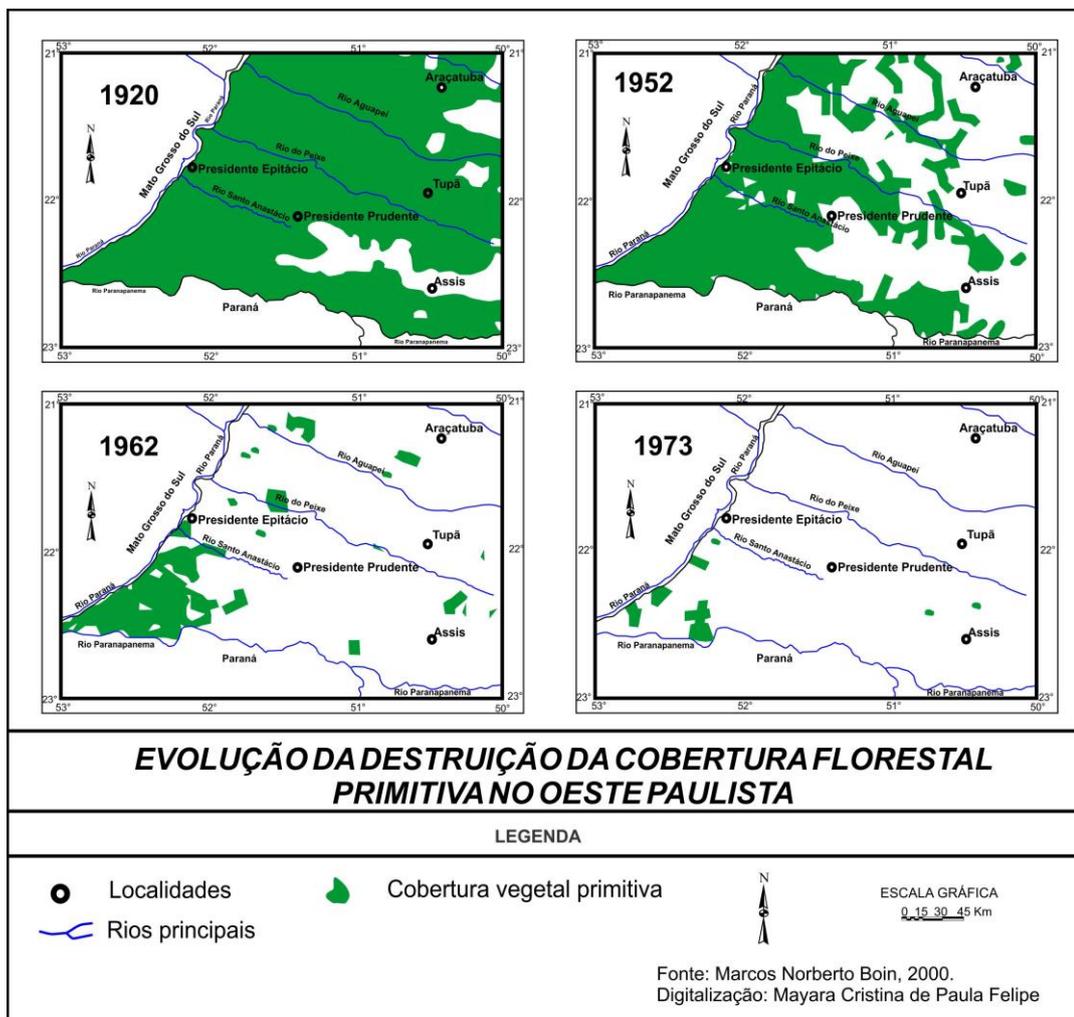
---

<sup>33</sup> “A Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, também chamada de Usina Hidrelétrica Porto Primavera, está localizada no Rio Paraná, 28 km a montante da confluência com o Rio Paranapanema” (CESP, 2015).

No Oeste do Estado de São Paulo, destaque para as feições erosivas lineares – sulcos, ravinas e voçorocas – e o uso da terra pela pastagem, ambos atributos recorrentes até os dias atuais.

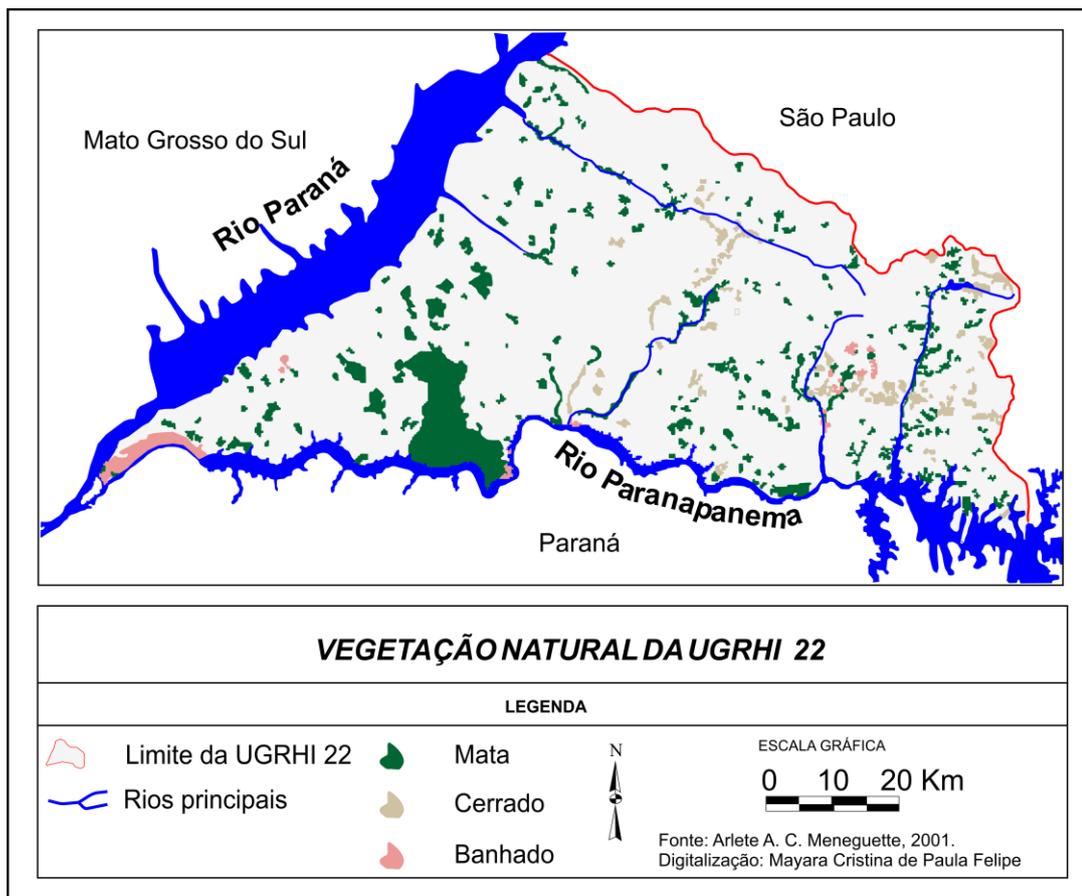
Com referência aos levantamentos publicados por Vitor (1975 apud Tavares, 1986) e Serra Filho et al. (1974), Boin (2000) ressalta a redução das matas no Extremo Oeste do Estado de São Paulo (Figura 46): em 1920, a maior parte da região dispunha da referida cobertura vegetal. Todavia, entre as décadas de 1920 e 1970, a vegetação natural reduziu-se a alguns fragmentos, com maior concentração na reserva do Morro do Diabo, localizada no município de Teodoro Sampaio-SP, situação estendida até o ano de 2001, como demonstra a Figura 47:

Figura 46. Evolução da destruição da cobertura florestal primitiva no Oeste Paulista.



Fonte: Boin (2000).  
Modificado por Felipe (2015).

Figura 47. Vegetação natural na região do Oeste Paulista no ano de 2001.

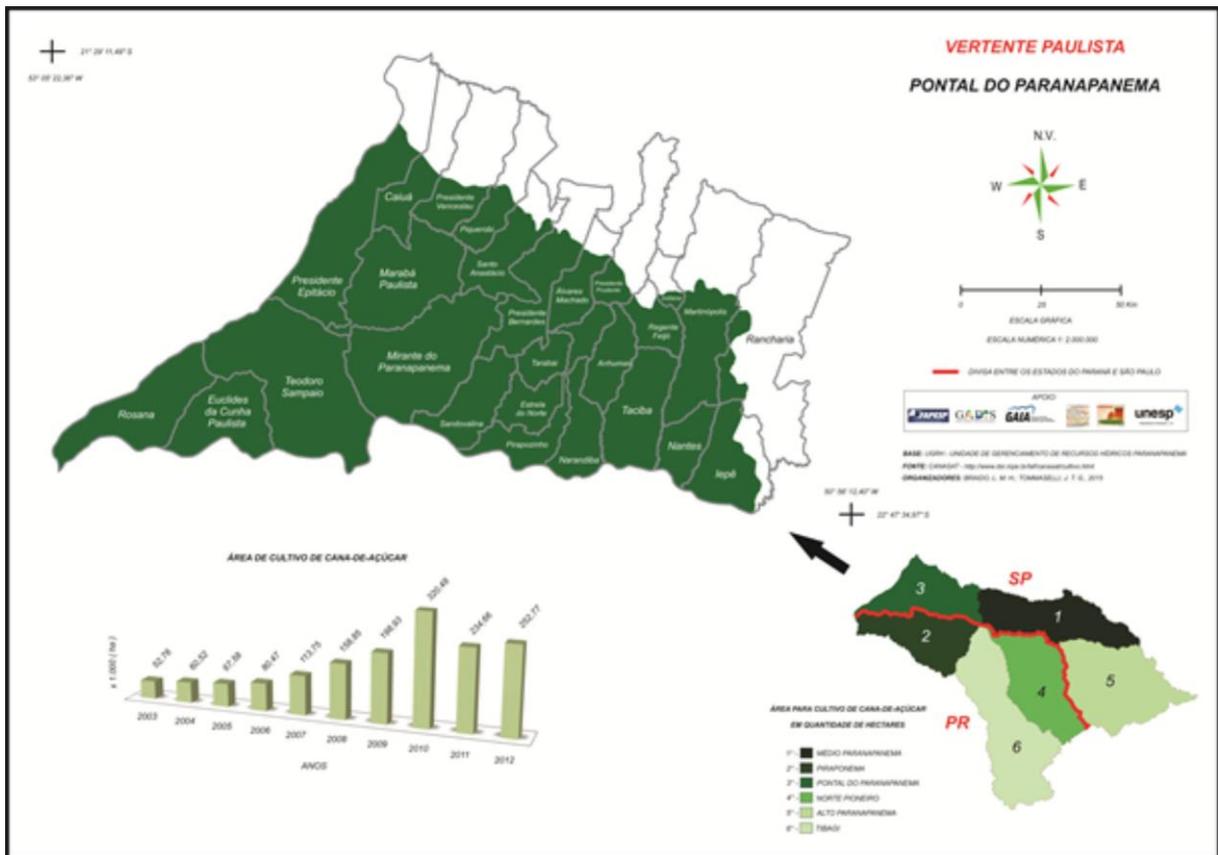


Fonte: Meneguette (2001).  
Modificado por Felipe (2015).

De acordo com Santos (2010), no presente momento histórico, em virtude das características naturais dos solos, isto é, solos arenosos e vulneráveis às manifestações erosivas laminares e lineares, além da retirada parcial ou total da vegetação, inclusive, as matas ciliares próximas aos cursos d'água estão relacionadas ao declínio da produção agrícola e ao predomínio da pecuária no município de Presidente Epitácio-SP. Tais condições também se apresentam em Marabá Paulista-SP.

Ademais, na área estudada, a atividade canvieira vem aumentando no decorrer dos anos, em conformidade com Braido (2015), ao pesquisar a expansão da cana de açúcar na bacia hidrográfica do rio Paranapanema-PR/SP (Figura 48).

Figura 48. Área explorada pelo cultivo da cana de açúcar entre 2003 a 2012 – Unidade de gestão Pontal do Paranapanema-SP.



Fonte: Braido (2015).

Por fim, vale mencionar que, desde 1921, Presidente Epitácio-SP foi considerado distrito de Presidente Prudente-SP; em 1936 foi incorporado à Presidente Venceslau-SP e se tornou município no ano de 1948.

Em relação à Marabá Paulista-SP, há pouca documentação comparada à Presidente Epitácio-SP. Segundo informações do IBGE (2015) e do Memorial dos Municípios (2015), o povoamento começou entre o rio Santo Anastácio e o ribeirão das Anhumas, afluentes do rio Paraná, por meio das fazendas Santo Antônio e Ribeirão das Antas, duas grandes propriedades que ali se instalaram.

A partir de 1938, o povoado foi nomeado “Areia Dourada”. No ano de 1944 foi criado o “Distrito de Paz de Areia Dourada”, com terras desmembradas de Presidente Venceslau-SP e dos Distritos de Caiuá-SP e Presidente Epitácio-SP. Já em 1953 se tornou município, com a denominação de Marabá Paulista-SP.

A seguir, tem-se um quadro síntese (Quadro 4), com períodos relevantes sobre o uso e a ocupação de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP:

Quadro 4. Períodos relevantes sobre o uso e a ocupação de Presidente Epitácio-SP e Marabá Paulista-SP.

<b>CRONOLOGIA</b>	
1907	Dia 1° de janeiro, fundada por Francisco Whitacker, nasce como Porto Tibiriçá a atual Estância Turística de Presidente Epitácio.
1921	A Lei 1798 de 18 de novembro cria o distrito e município de Presidente Prudente, a quem Presidente Epitácio pertencia.
1922	Inaugurada a estação Porto Presidente Epitácio da Estrada de Ferro Sorocabana, no dia 1° de maio.
1936	No dia 13 de janeiro, pela Lei 2571, Presidente Venceslau incorpora Presidente Epitácio como distrito desmembrado de Presidente Prudente.
1938	Formação do povoado de “Areia Dourada” (Marabá Paulista).
1944	Criação do “Distrito de Paz de Areia Dourada” por Decreto-lei 14334 de 30 de novembro, com terras desmembradas de Presidente Venceslau e dos Distritos de Caiuá e Presidente Epitácio (Marabá Paulista).
1948	É criado o município de Presidente Epitácio pela Lei 233 de 24 de dezembro.
1953	É criado o município de Marabá Paulista pela Lei 2456 de 30 de dezembro.
1980	Em junho, iniciadas as obras civis da Usina Hidrelétrica e eclusa de Porto Primavera (hoje “Sérgio Motta”).
1985	Criado, pela Lei 4954 de 27 de dezembro, o Distrito do Campinal no município de Presidente Epitácio.
1990	Presidente Epitácio, em 20 de julho, é elevada à condição de Estância Turística.

Fonte: Godoy (2002), IBGE (2015) e Memorial dos Municípios (2015).  
Organizado por Melina Fushimi.

---

# CAPÍTULO 4

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 1. Dinâmicas das paisagens e vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares

Com base no Mapa de Compartimentos do Relevo de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP (Figura 49) e nos trabalhos de campo realizados, foram identificados três principais compartimentos do relevo que se associam com as seguintes formações geológicas<sup>34</sup> e pedológicas:

1. Topos das colinas tabulares e aplainadas, das colinas amplas suavemente onduladas e das colinas onduladas, onde predominam solos desenvolvidos – associação Latossolos, isto é, solos profundos oriundos dos arenitos da Formação Caiuá ou dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina.

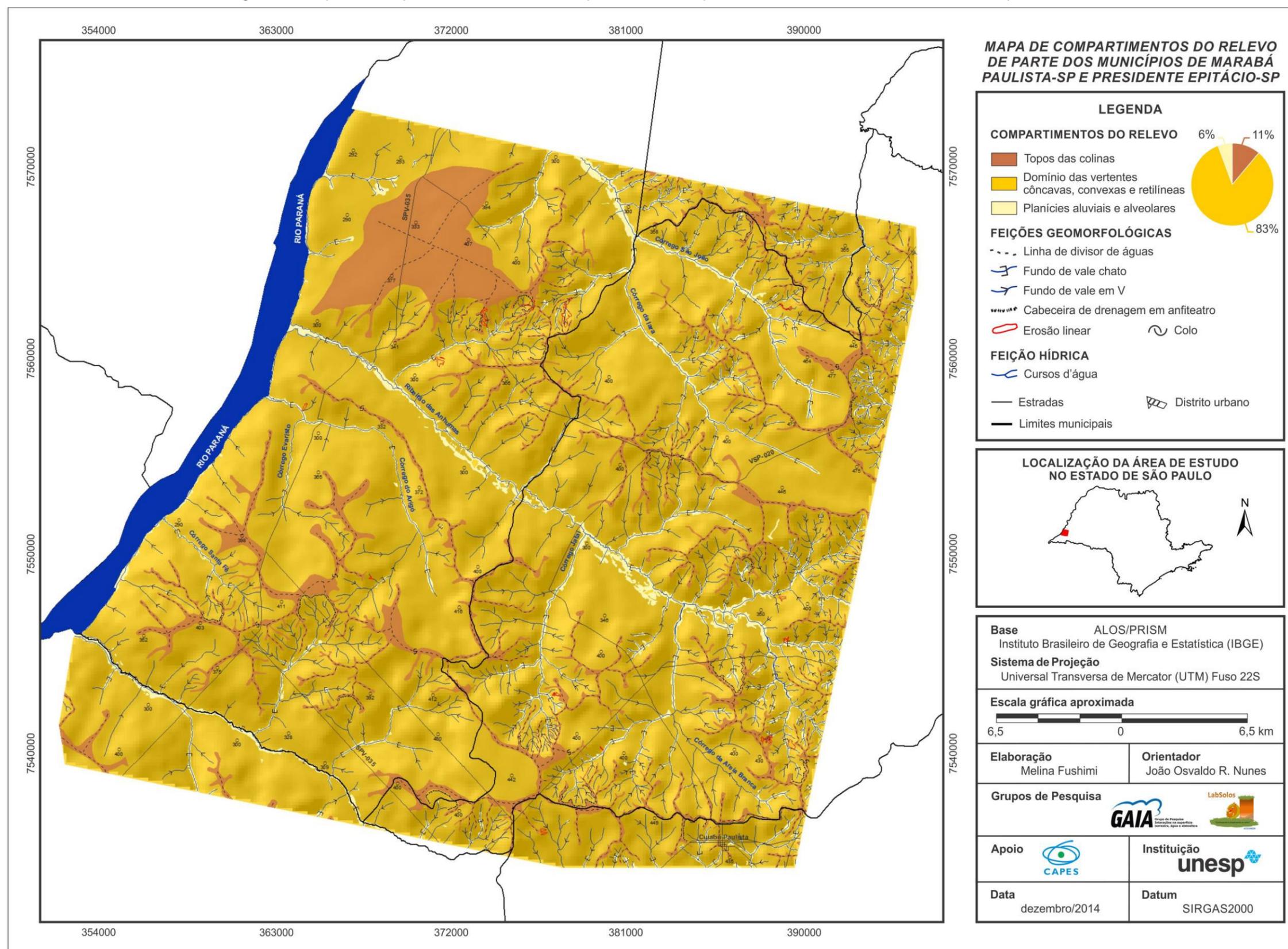
2. Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, nas quais ocorrem solos desenvolvidos – associação Latossolos, solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos ou solos rasos – associação Neossolos. Em alguns setores, têm-se os afloramentos dos arenitos da Formação Caiuá ou dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina.

3. Planícies aluviais e alveolares, com a presença de solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos e materiais sedimentares, inclusive, de origem tecnogênica. Os arenitos da Formação Caiuá ou os arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina afloram em algumas áreas.

---

<sup>34</sup> Apesar do Mapa Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 proposto pelo IPT (1981) apresentar na área de estudo os Sedimentos Aluvionares e a Formação Santo Anastácio, estes não foram identificados nos pontos de observação realizados em trabalhos de campo.

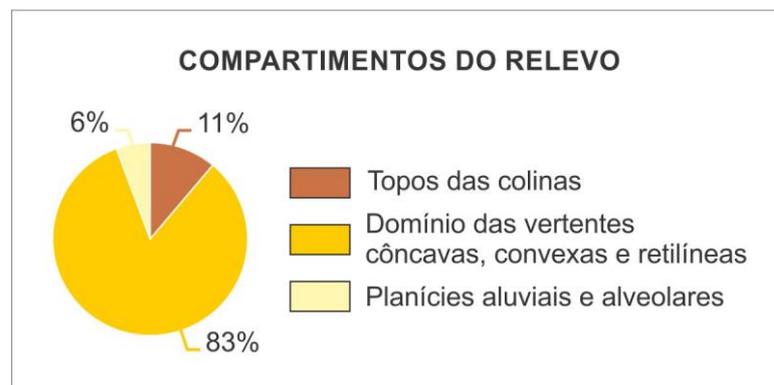
Figura 49. Mapa de Compartimentos do Relevo de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.

Em relação à distribuição das classes de compartimentos do relevo na área de estudo, a maior parte é constituída pelo domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas (83%), seguidos pelos topos das colinas (11%) e pelas planícies aluviais e alveolares (6%), conforme representa o gráfico a seguir (Figura 50):

Figura 50. Gráfico de distribuição das classes de compartimentos do relevo de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

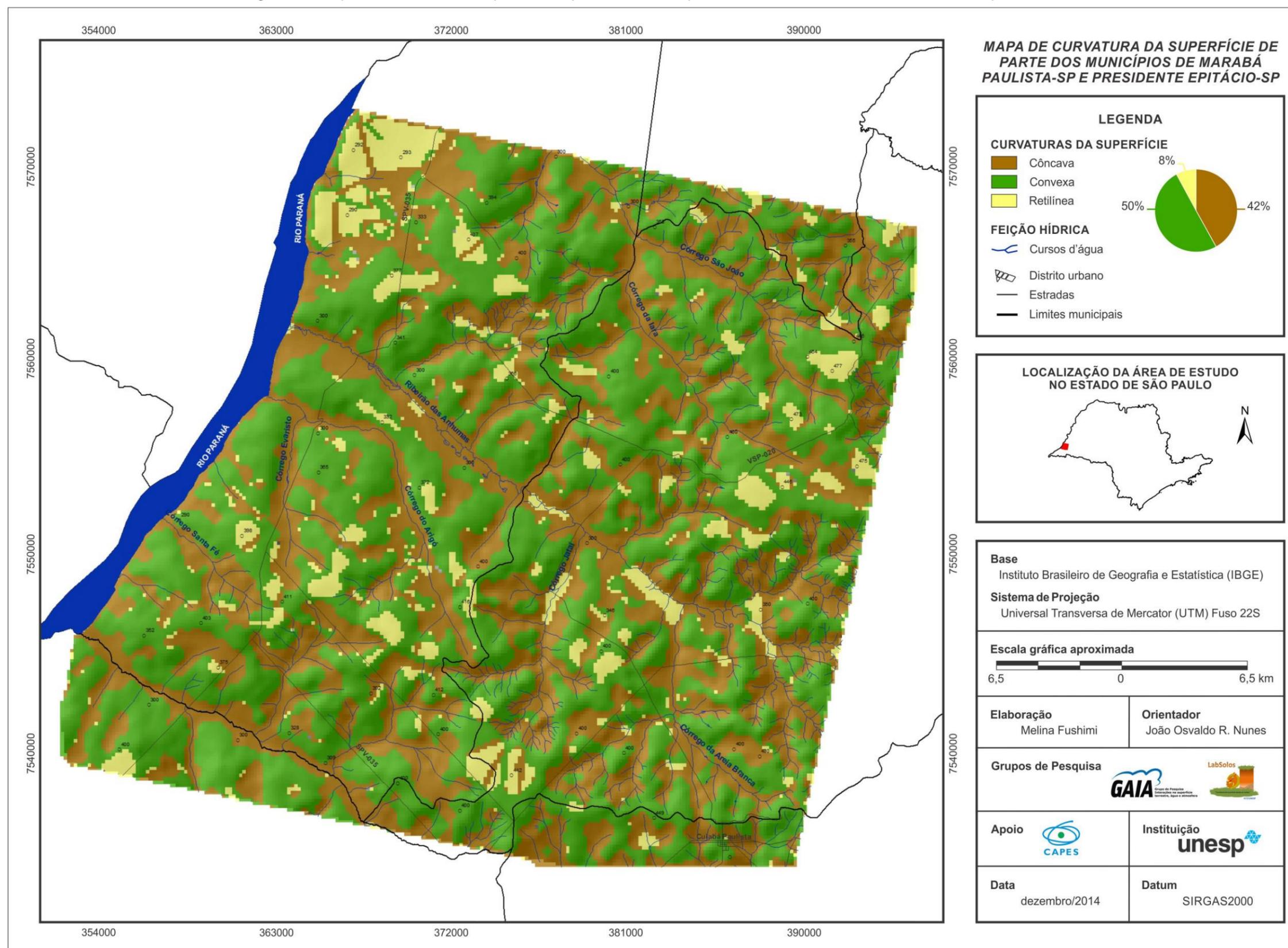


Elaboração: Melina Fushimi.

A partir de um dos princípios do pensamento da complexidade, em que o todo é mais do que a soma das partes (MORIN, 2010), foram elaborados os mapas de curvatura da superfície (Figura 51), de hipsometria (Figura 52), de clinografia (Figura 53), de uso da terra e cobertura vegetal (Figura 54) e o esboço simplificado das principais classes de solos (Figura 55), com a finalidade de compreender as dinâmicas das paisagens, em especial, os aspectos naturais e sociais (partes) que mais influenciam na vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (todo) de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP (Figura 56).

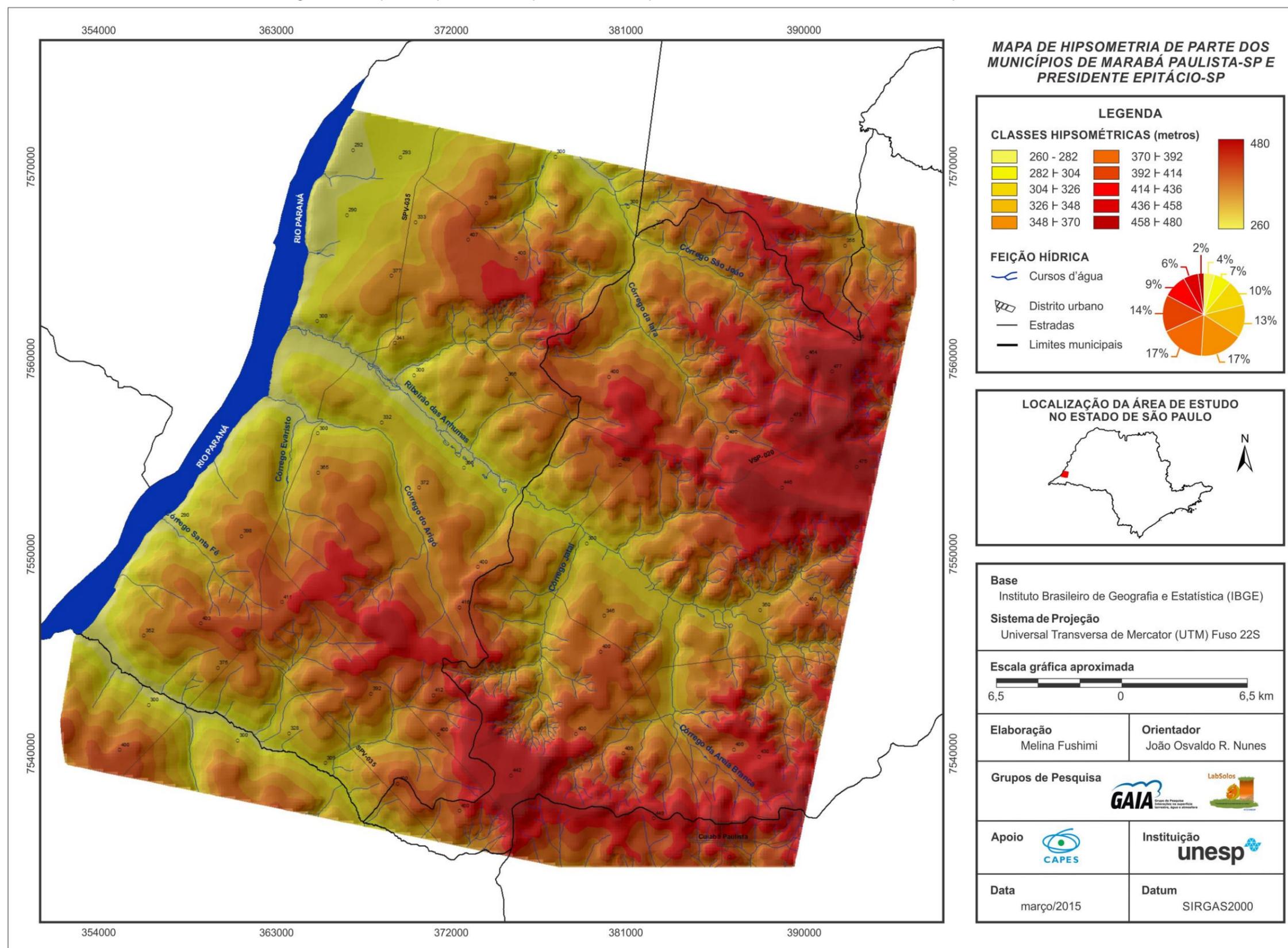
Por conseguinte, tais elementos – relevo, declividade, solos, substrato rochoso, cobertura vegetal, curvatura da superfície e uso da terra – foram integrados e sistematizados no Quadro 5.

Figura 51. Mapa de curvatura da superfície de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



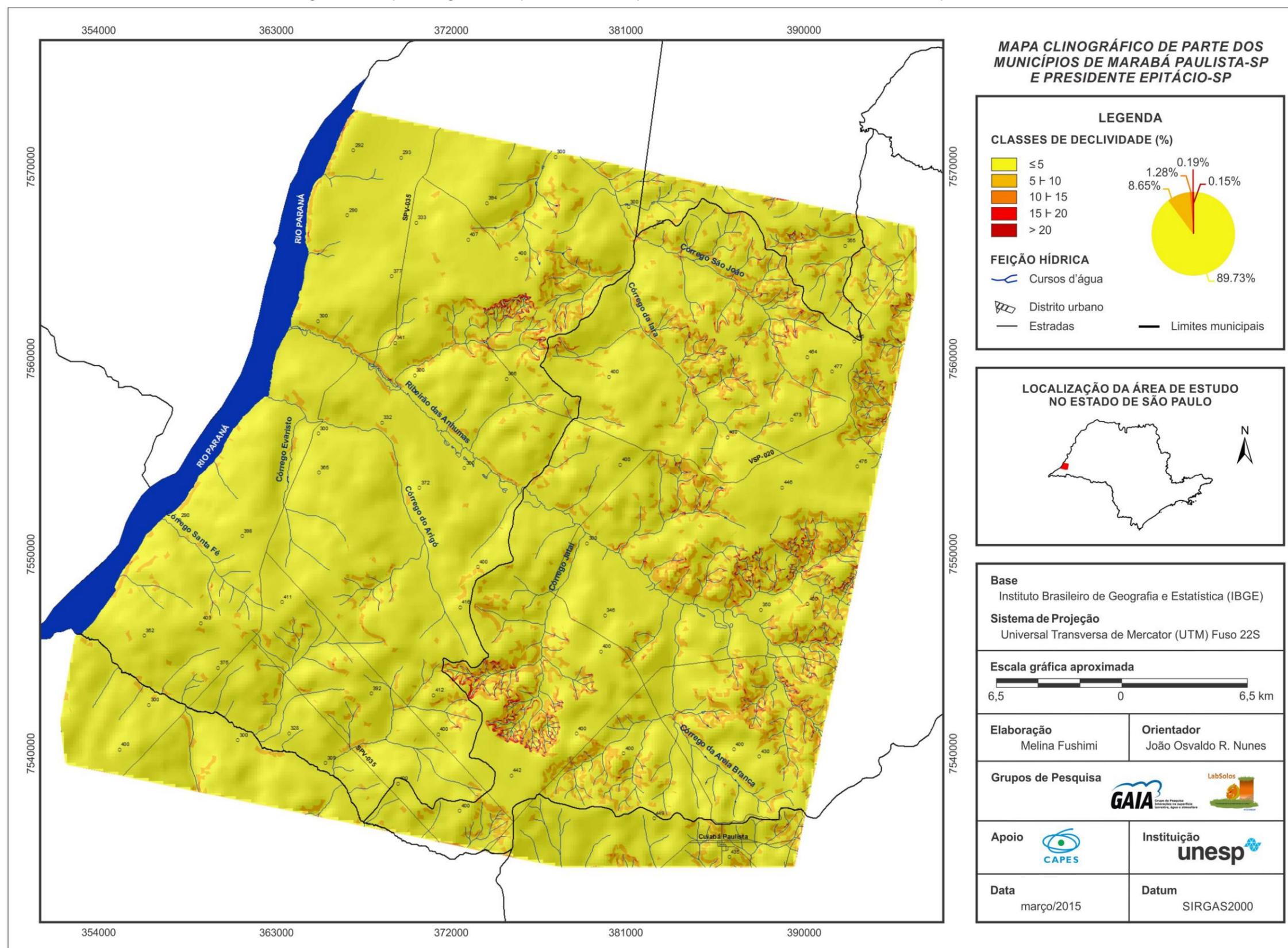
Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 52. Mapa de hipsometria de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



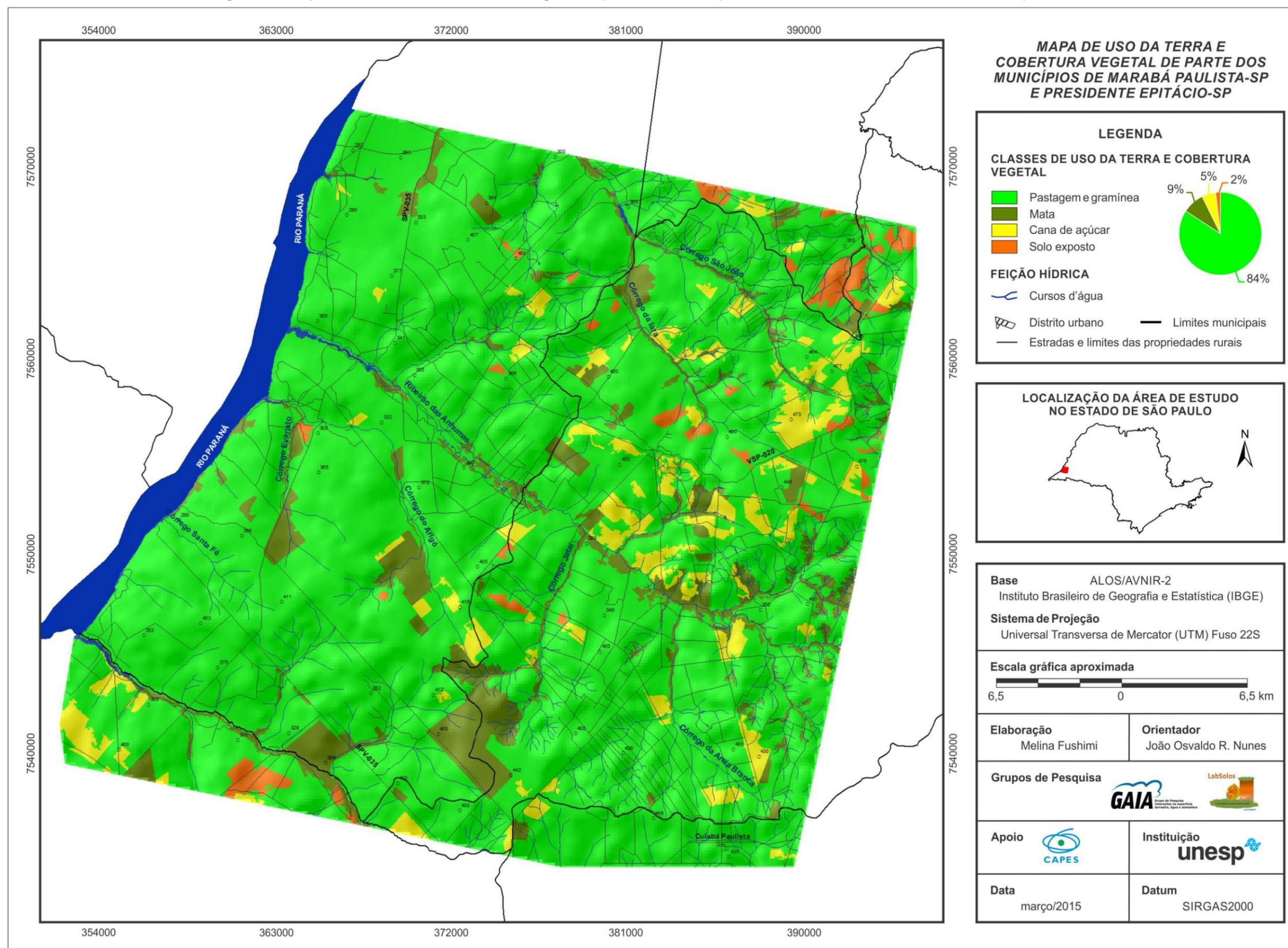
Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 53. Mapa clinográfico de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



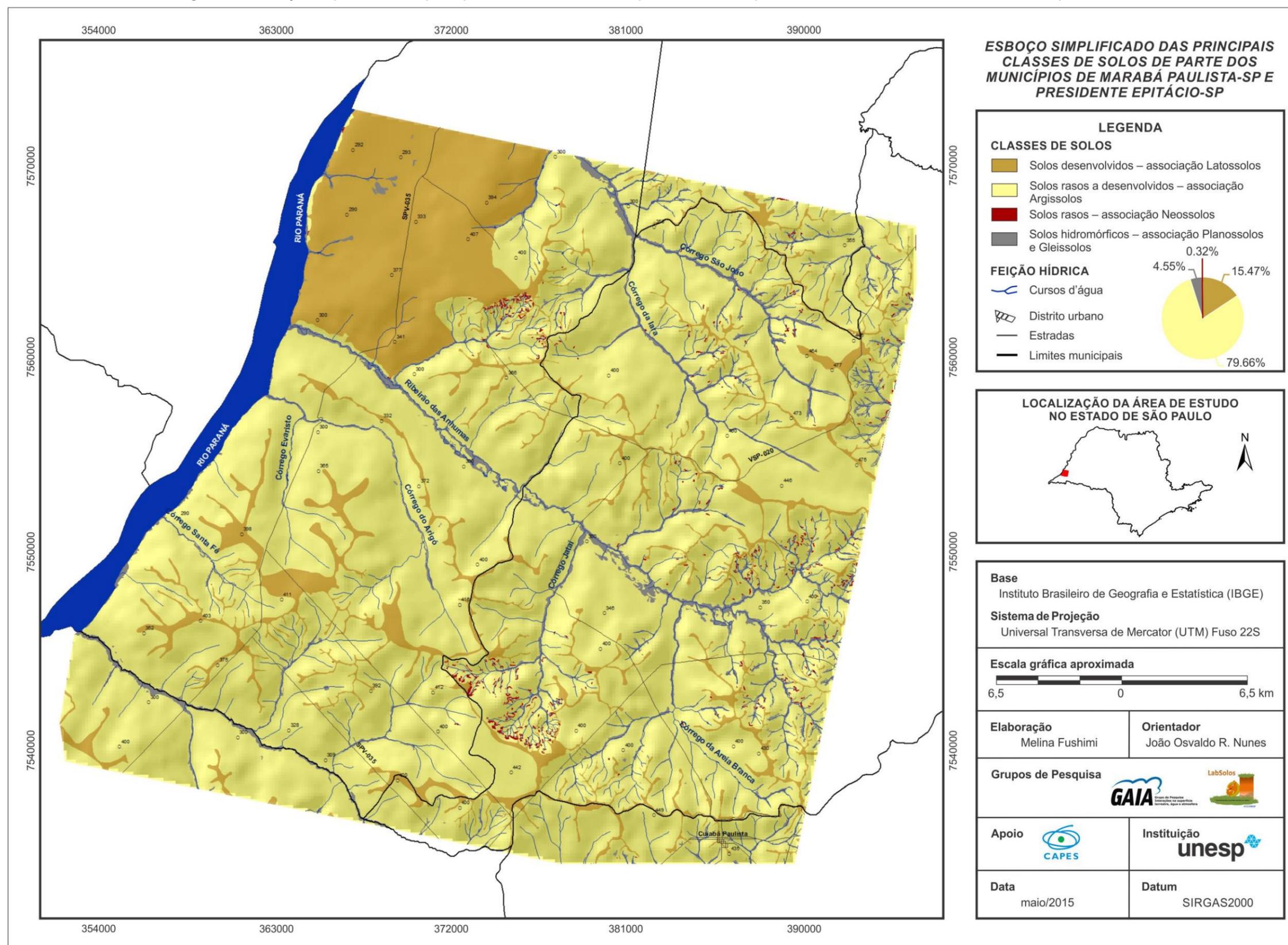
Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 54. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



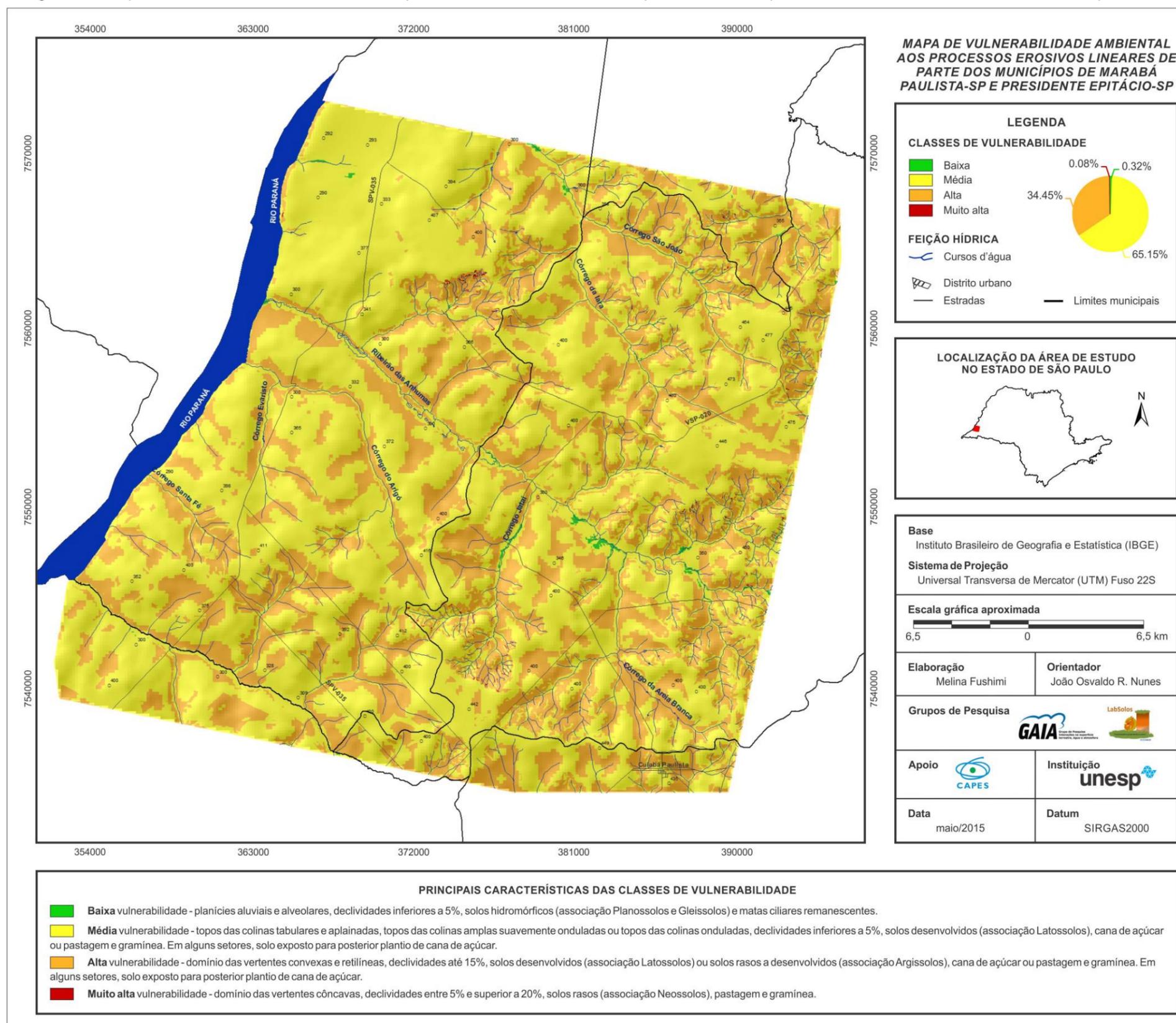
Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 55. Esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 56. Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.

Quadro 5. Síntese integrada da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

CLASSE DE VULNERABILIDADE	COMPARTIMENTO DO RELEVO	TIPOLOGIA DA FORMAÇÃO DO RELEVO	LITOLOGIA	CLASSE DE SOLOS	USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL	MORFODINÂMICA PREDOMINANTE
<p><b>Baixa</b> 0.32% da área total</p> 	Planícies aluviais e alveolares (260 a 304 metros)	Fundos de vales com declividades inferiores a 5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação Adamantina</li> <li>▪ Formação Caiuá</li> <li>▪ Formações aluviais quaternárias</li> <li>▪ Áreas de surgência do aquífero freático</li> </ul>	Solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Assoreamento dos cursos d'água</li> <li>▪ Depósitos tecnogênicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Matas ciliares remanescentes</li> </ul> </li> </ul>	Domínio espacial de condições morfodinâmicas estáveis, principalmente, pela presença de matas ciliares remanescentes
<p><b>Média</b> 65.15% da área total</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Topos das colinas tabulares e aplainadas</li> <li>▪ Topos das colinas amplas suavemente onduladas</li> <li>▪ Topos das colinas onduladas (415 a 480 metros)</li> </ul>	Topos com declividades inferiores a 5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação Adamantina</li> <li>▪ Formação Caiuá</li> </ul>	Solos desenvolvidos (associação Latossolos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ocupação urbana (Distrito de Cuiabá Paulista)</li> <li>▪ Estradas pavimentadas e de terra               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pastagem e gramínea</li> </ul> </li> <li>▪ Cultivo de cana de açúcar               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solo exposto (para posterior plantio de cana de açúcar)</li> </ul> </li> </ul>	Domínio espacial de condições morfodinâmicas intergrades
<p><b>Alta</b> 34.45% da área total</p> 	Domínio das vertentes convexas e retilíneas (305 a 414 metros)	Vertentes convexas e retilíneas com declividades até 15%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação Adamantina</li> <li>▪ Formação Caiuá</li> <li>▪ Áreas de surgência do aquífero freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solos desenvolvidos (associação Latossolos)</li> <li>▪ Solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ocupação urbana (Distrito de Cuiabá Paulista)</li> <li>▪ Estradas pavimentadas e de terra               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pastagem e gramínea</li> </ul> </li> <li>▪ Cultivo de cana de açúcar               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solo exposto (para posterior plantio de cana de açúcar)</li> </ul> </li> </ul>	Domínio espacial de condições morfodinâmicas intergrades
<p><b>Muito alta</b> 0.08% da área total</p> 	Domínio das vertentes côncavas (305 a 414 metros)	Vertentes côncavas com declividades entre 5% e superior a 20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação Adamantina</li> <li>▪ Formação Caiuá</li> <li>▪ Áreas de surgência do aquífero freático</li> </ul>	Solos rasos (associação Neossolos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estradas pavimentadas e de terra</li> <li>▪ Pastagem e gramínea</li> </ul>	Domínio espacial de condições morfodinâmicas fortemente instáveis – presença de sulcos e ravinas

Elaboração: Melina Fushimi.

Sobre as curvaturas da superfície, metade do recorte de pesquisa são convexas (50%). Logo após, têm-se os formatos côncavos (42%), sendo estes localizados preferencialmente nos fundos de vales e somente 8% possui morfologia retilínea (Figura 57).

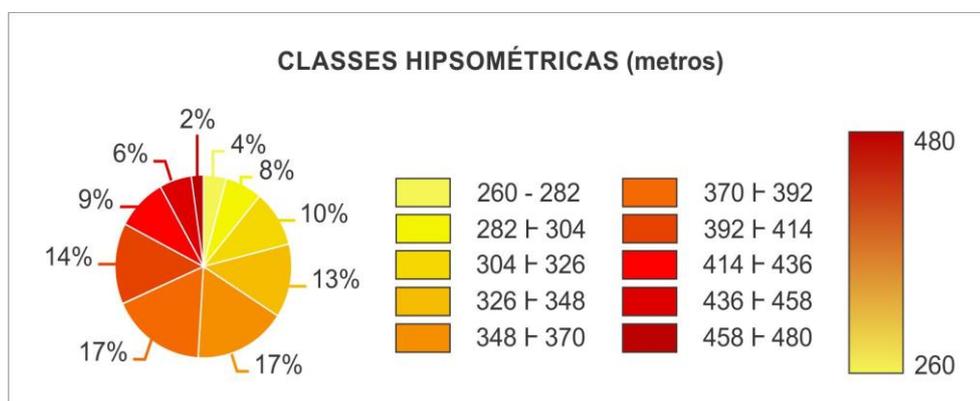
Figura 57. Gráfico de distribuição das classes de curvaturas da superfície de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.

Na hipsometria se sobressaem as elevações intermediárias – as classes 348 † 370 metros e 370 † 392 metros detêm 17% da área total (cada) (Figura 58). As altitudes mais baixas se situam nos fundos de vales (a partir de 260 metros), enquanto os valores máximos (até 480 metros) se encontram nos topos das colinas e em setores de vertentes.

Figura 58. Gráfico de distribuição das classes hipsométricas de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

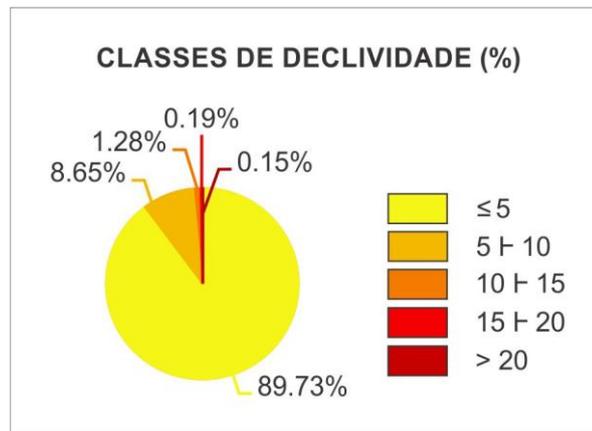


Elaboração: Melina Fushimi.

De maneira geral, ocorre o predomínio de declividades suaves, abaixo de 5%, com presença de 89.73% (Figura 59). Em alguns trechos, variam entre 5 a 10%

(8.65%) e, localmente, de 10 a acima de 20%, sobretudo, nas cabeceiras de drenagem em anfiteatro.

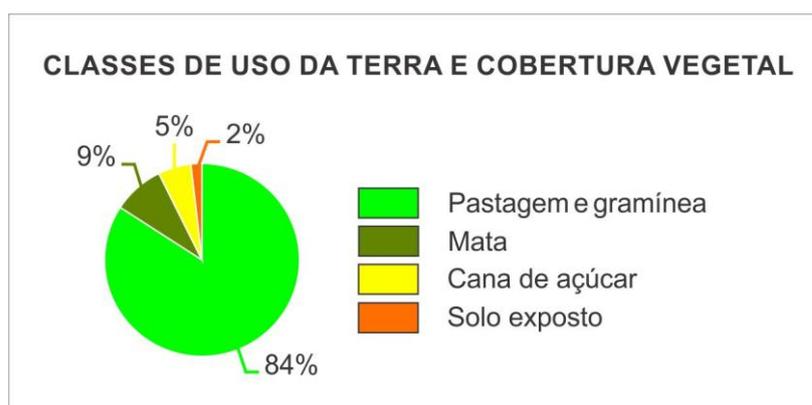
Figura 59. Gráfico de distribuição das classes de declividade de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.

Acerca da configuração espacial do uso da terra e cobertura vegetal (Figura 60), a pastagem e a gramínea recebem destaque, com 84%. As matas (9%) são caracterizadas por ciliares e reflorestadas e, em seguida, têm-se o cultivo de cana de açúcar (5%) e solo exposto (2%).

Figura 60. Gráfico de distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

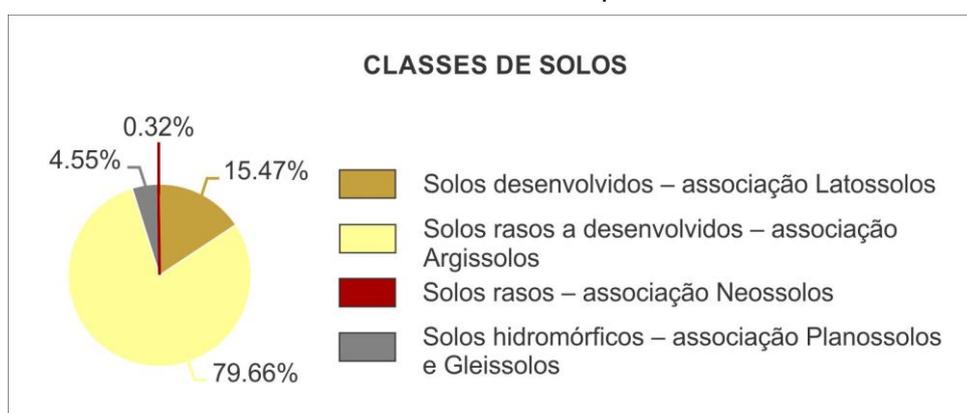


Elaboração: Melina Fushimi.

Grande parte dos solos são rasos a desenvolvidos – associação Argissolos (79.66%), porém, em trabalhos de campo, constatou-se a prevalência de solos desenvolvidos – associação Latossolos, inclusive, no compartimento da vertente. Os

solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos estão espacializados nos fundos de vales em berço (4.55%) e os solos rasos – associação Neossolos são pontuais, com 0.32% (Figura 61).

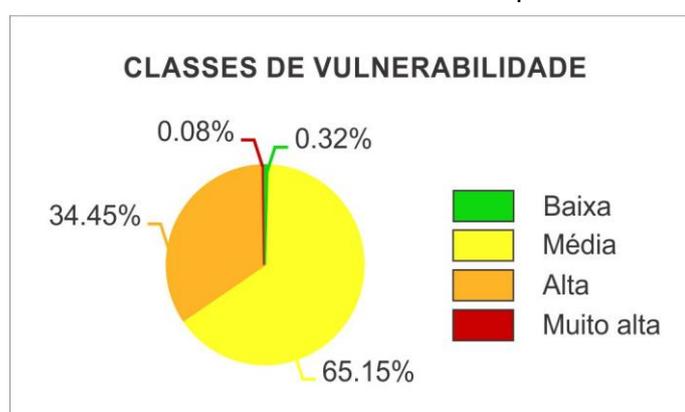
Figura 61. Gráfico de distribuição das classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.

Por fim, em concordância com o gráfico da Figura 62, a média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares possui maior evidência na área de pesquisa (65.15%). Com porcentagem inferior – 34.45% – a alta vulnerabilidade também é representativa. Já as classes baixa e muito alta apontam 0.32% e 0.08%, nessa ordem.

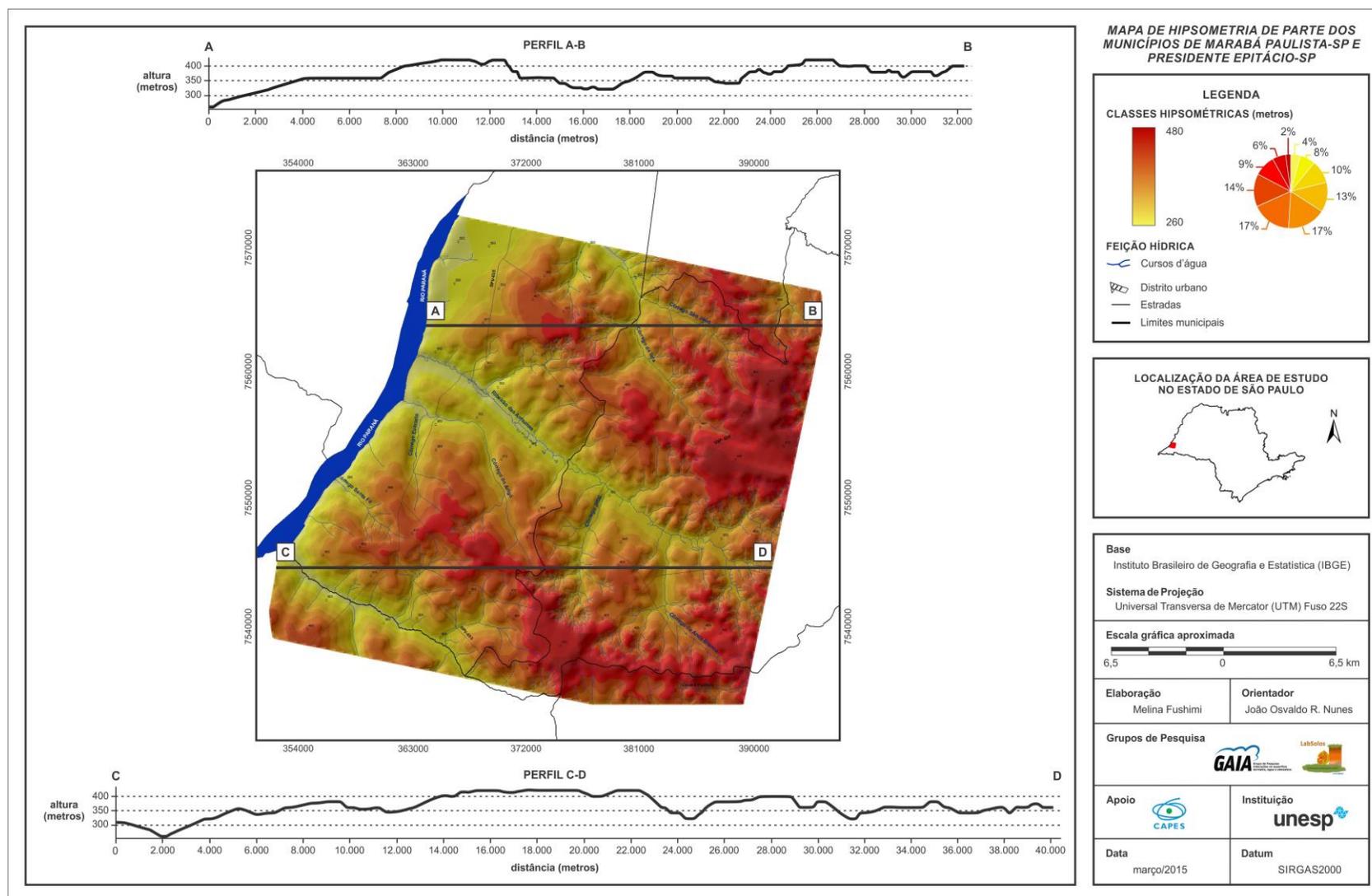
Figura 62. Gráfico de distribuição das classes de vulnerabilidade de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.

Ademais, foram feitos perfis topográficos – perfis A-B e C-D (Figura 63) – para auxiliar a caracterização dos tipos de colinas da área de estudo.

Figura 63. Perfis topográficos e suas localizações no mapa de hipsimetria de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



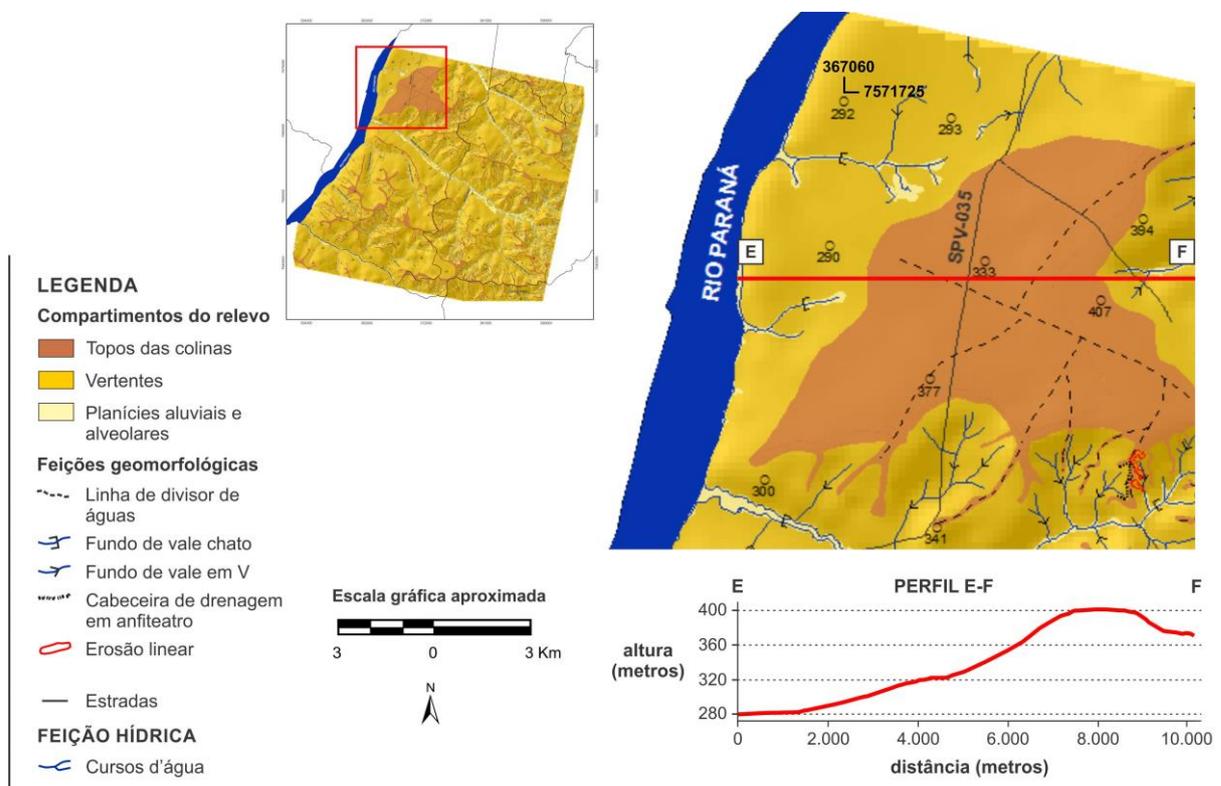
Elaboração: Melina Fushimi.

Dessa forma, foi possível reconhecer três padrões de colinas: colinas tabulares e aplainadas, colinas amplas suavemente onduladas e colinas onduladas.

As **colinas tabulares e aplainadas** (Figura 64) se localizam à Noroeste do recorte de pesquisa (Figura 65) e são caracterizadas, geralmente, por topos bastante amplos, vertentes extensas e retilíneas, em que as declividades não ultrapassam 5%, e nos fundos de vales em berço observaram-se planícies aluviais.

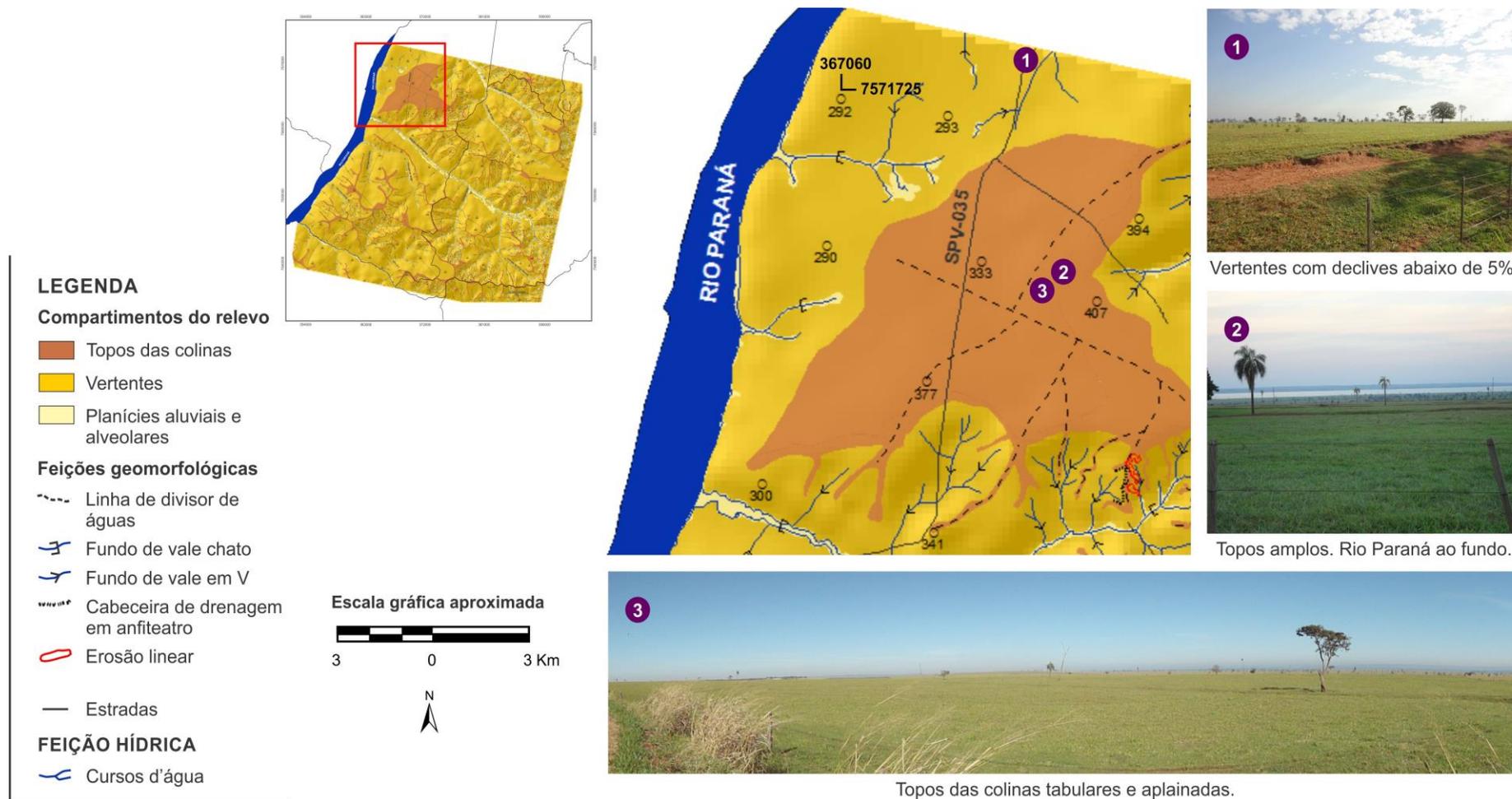
Os solos desenvolvidos – associação Latossolos prevalecem e há pequenas manchas de solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos. A vegetação é de gramínea e ocorrem poucas matas remanescentes.

Figura 64. Perfil topográfico E-F. Colinas tabulares e aplainadas.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 65. Pontos de observação do relevo 1, 2 e 3 – colinas tabulares e aplainadas.



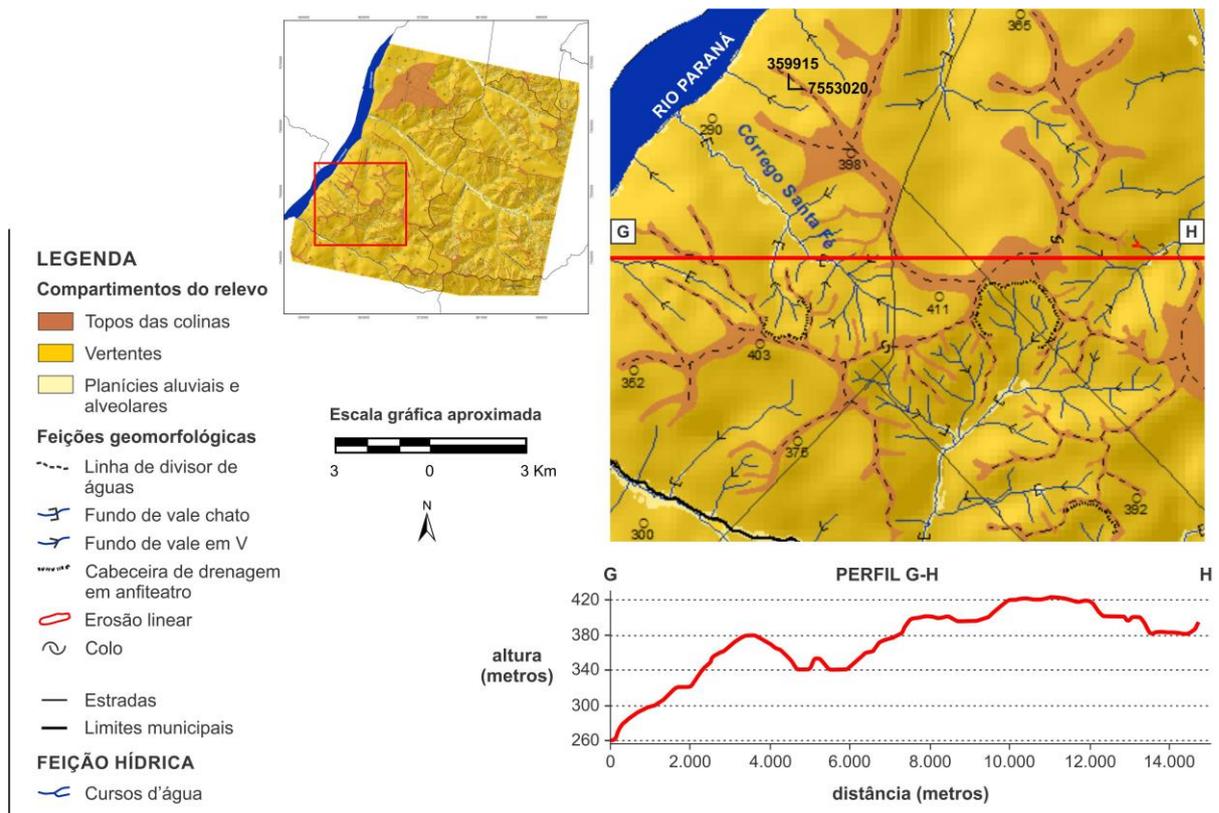
Elaboração: Melina Fushimi.

Fotos: da autora, trabalhos de campo, fevereiro, maio e agosto de 2014.

As **colinas amplas suavemente onduladas** (Figuras 66 e 67) se situam à Sudoeste (Figura 68) e, em alguns setores, à Nordeste da área estudada (Figura 69). Os topos são alongados e convexizados e as vertentes apontam formatos côncavos, convexos e retilíneos. Nos fundos de vales achatados têm-se planícies aluviais e alveolares, solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos e o desenvolvimento da macrófita aquática taboa, indicativo de área de várzea.

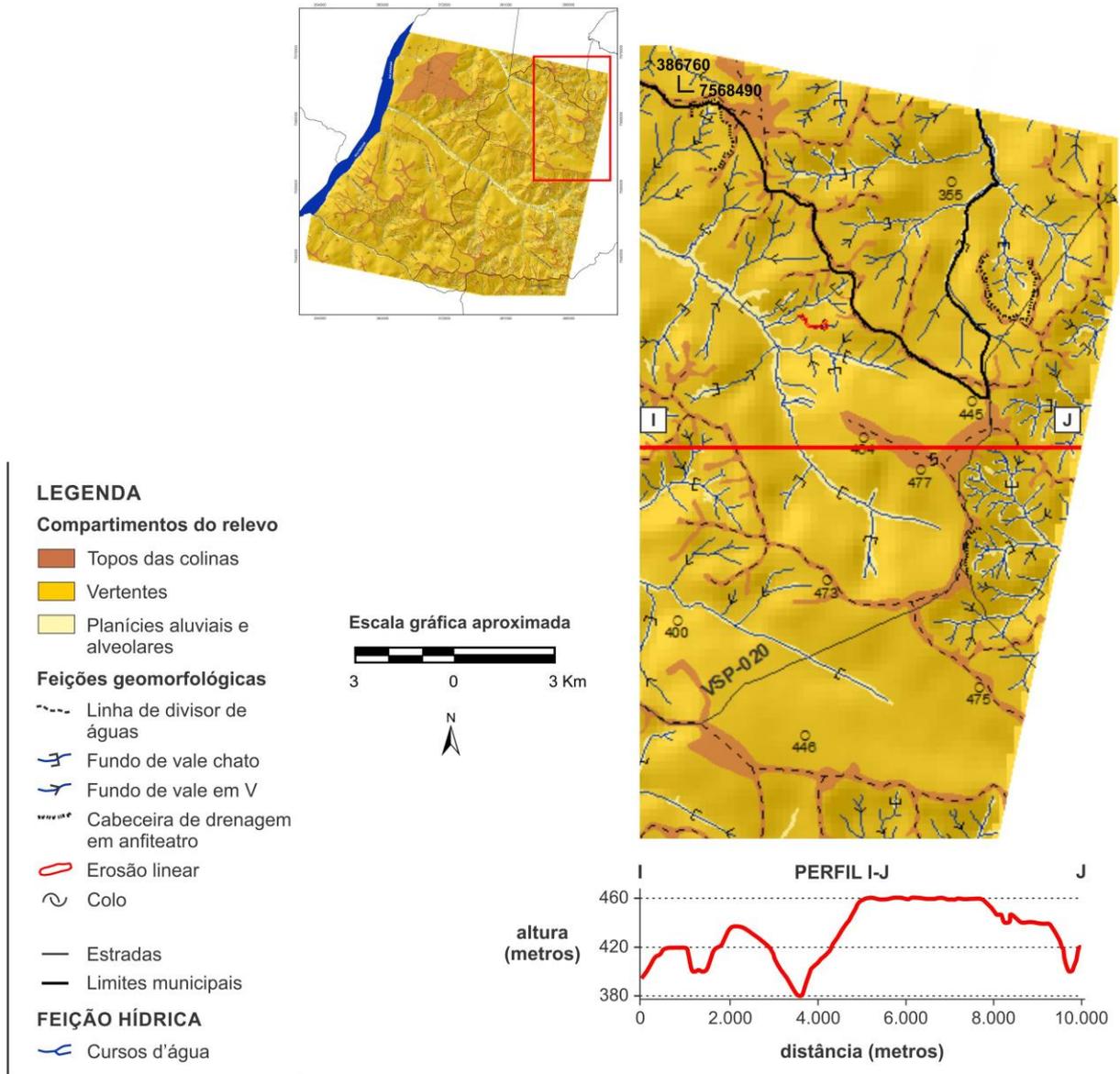
Os solos desenvolvidos – associação Latossolos estão nos topos e se prolongam para as vertentes, compartimento que também possui solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos. As declividades são suaves (abaixo de 5%) e, em alguns pontos, variam entre 5 a 15%. O uso da terra predominante é a pastagem, inclusive, nos assentamentos rurais São Paulo (Presidente Epitácio-SP) e Santa Maria (Marabá Paulista-SP). No entanto, verificou-se que o cultivo de cana de açúcar vem avançando no decorrer dos anos.

Figura 66. Perfil topográfico G-H. Colinas amplas suavemente onduladas.



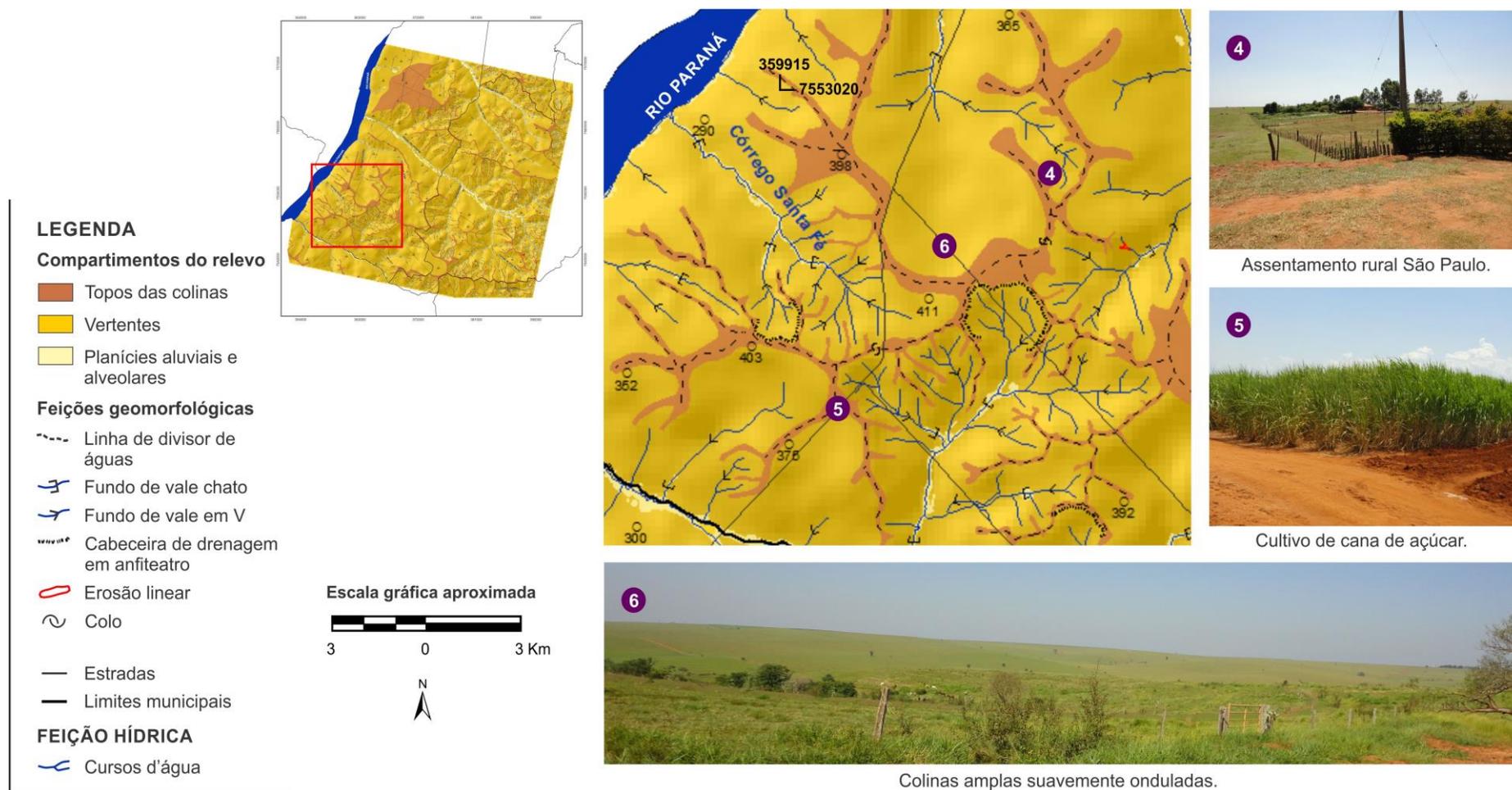
Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 67. Perfil topográfico I-J. Colinas amplas suavemente onduladas.



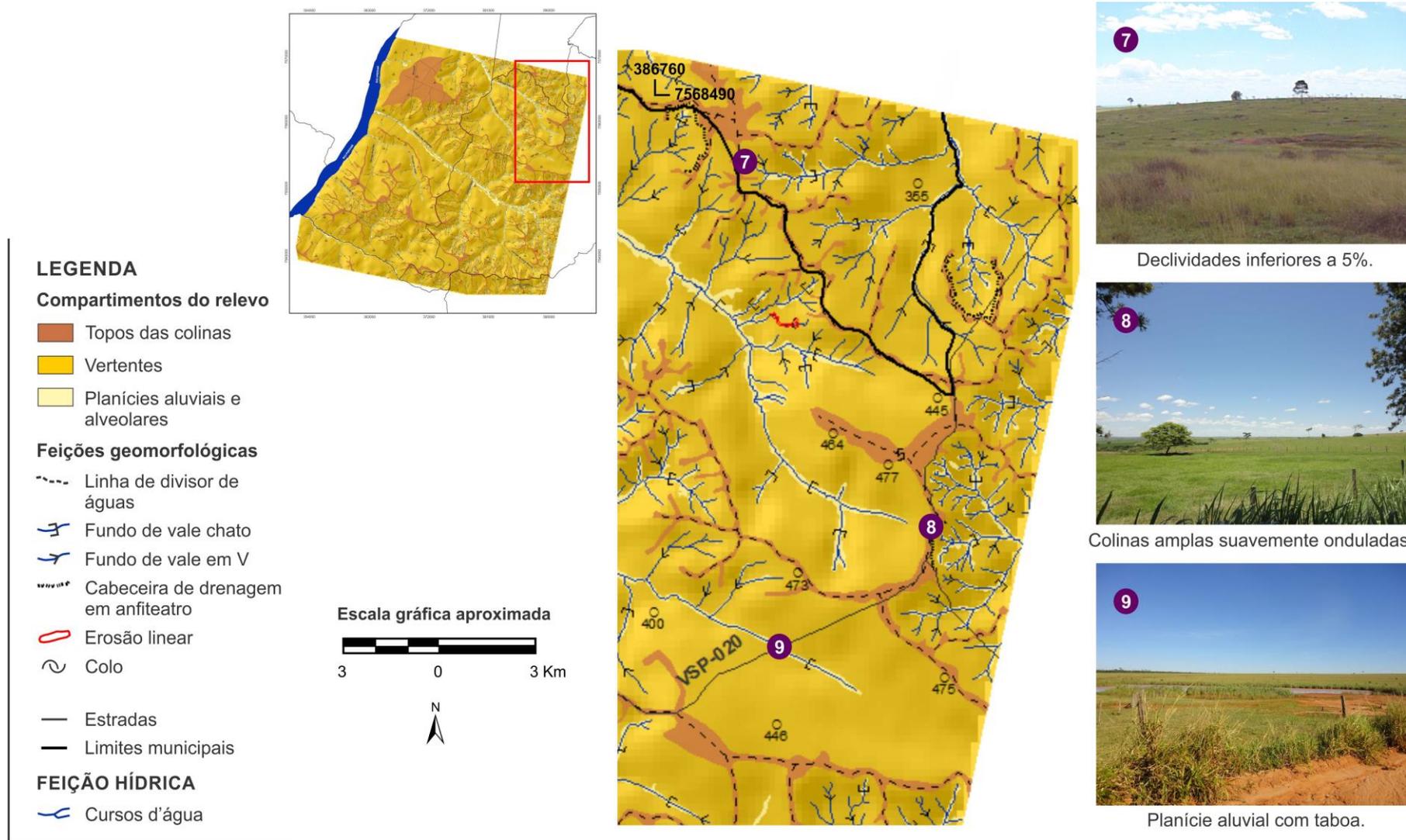
Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 68. Pontos de observação do relevo 4, 5 e 6 – colinas amplas suavemente onduladas.



Elaboração: Melina Fushimi.  
Fotos: da autora, trabalhos de campo, fevereiro e maio de 2014.

Figura 69. Pontos de observação do relevo 7, 8 e 9 – colinas amplas suavemente onduladas.



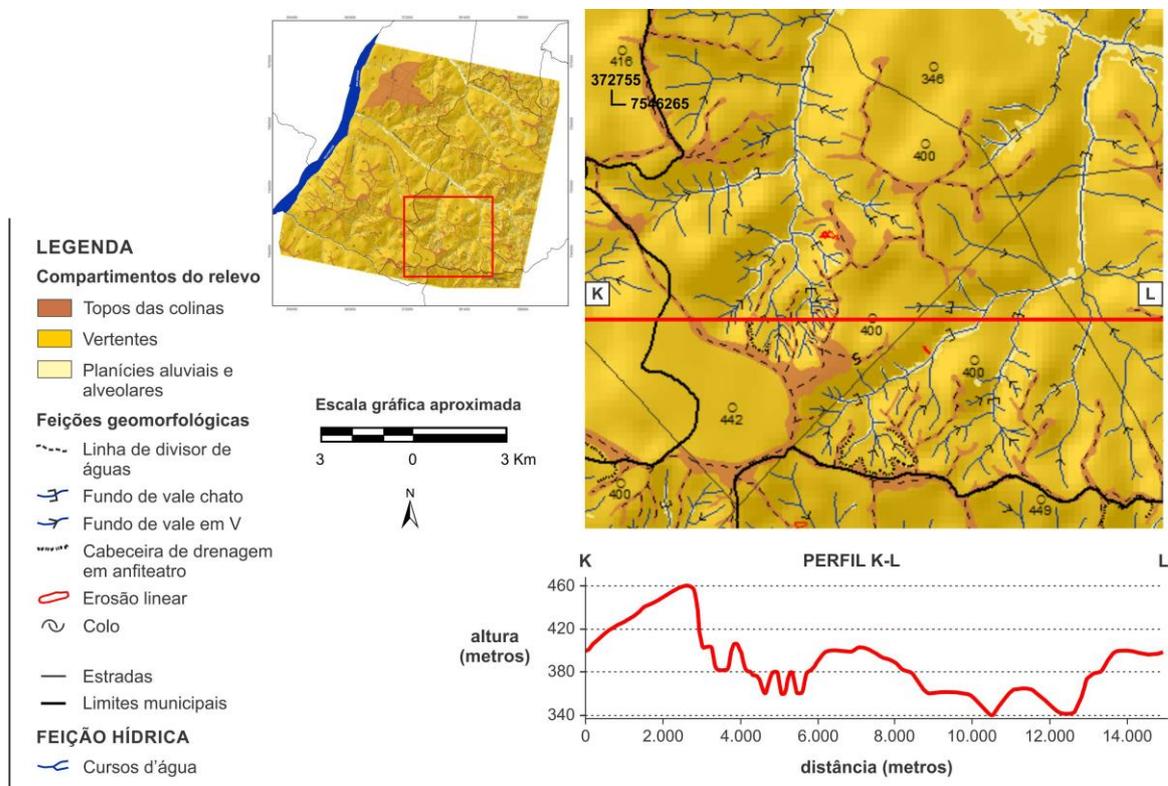
Elaboração: Melina Fushimi.  
Fotos: da autora, trabalhos de campo, fevereiro e agosto de 2014.

Os relevos compostos por **colinas onduladas** (Figura 70) estão presentes nas demais áreas de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP (Figura 71), cujos topos estreitos se interligam aos topos das colinas amplas suavemente onduladas e aos topos das colinas tabulares e aplainadas por meio de colos rasos e pouco alongados.

De modo geral, nas vertentes que possuem concavidade acentuada – superior a 20% para a região – têm-se cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatro e manchas de solos rasos – associação Neossolos, com os afloramentos dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina ou dos arenitos da Formação Caiuá.

A densidade de drenagem é maior, quando comparada aos outros padrões de colinas, e os interflúvios são mais próximos. A morfologia da maioria dos cursos d'água é encaixada e há depósitos tecnogênicos (depósito sedimentar induzido aluvial<sup>35</sup>), pois, como consequência da retirada das matas ciliares e do uso da terra do entorno, tendem a receber grande carga de sedimentos de montante.

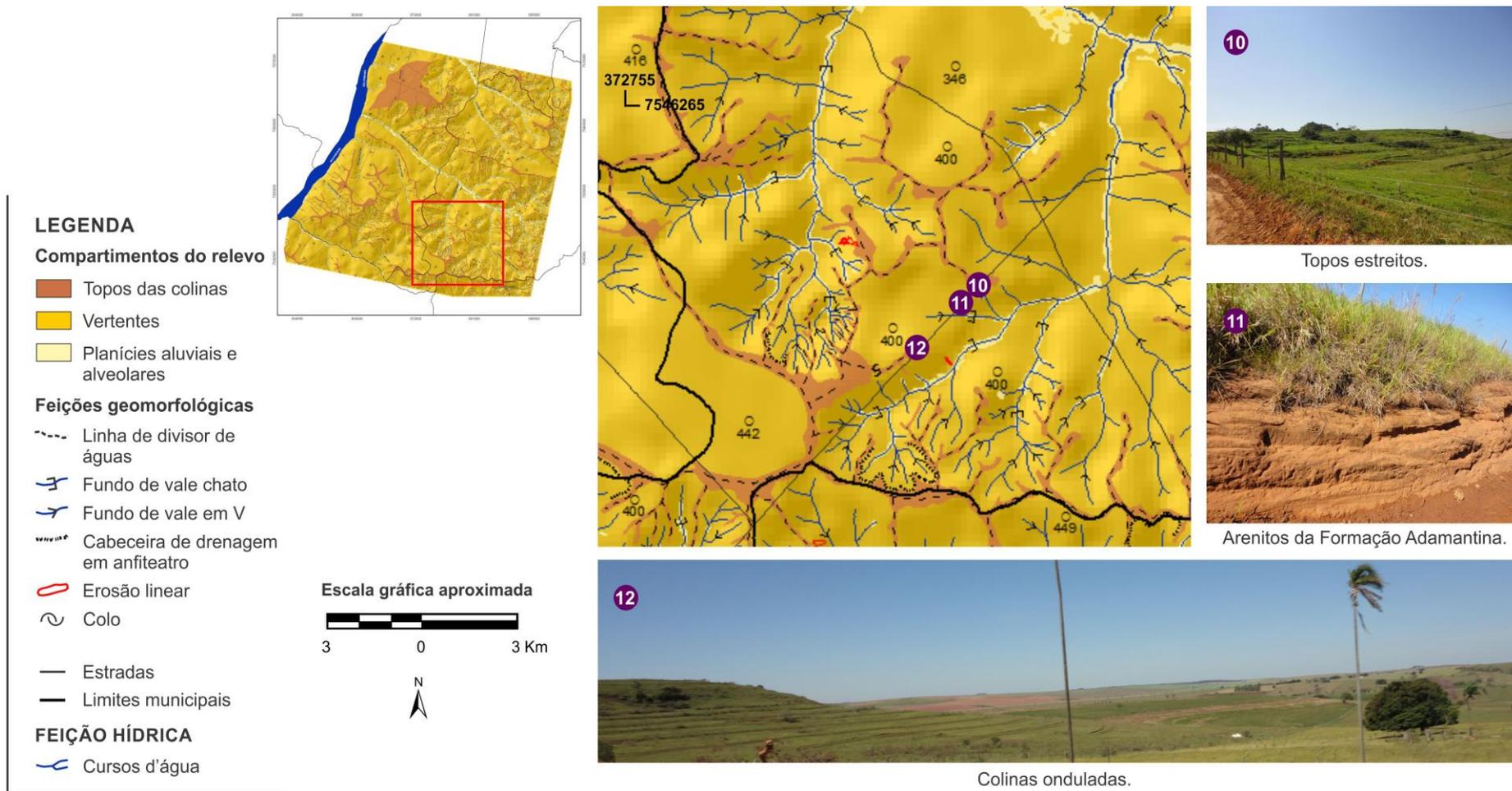
Figura 70. Perfil topográfico K-L. Colinas onduladas.



Elaboração: Melina Fushimi.

<sup>35</sup> Classificação proposta por Peggia et al. (2014, p. 36) e se refere aos “depósitos sedimentares relacionados às redes de drenagem atuais”.

Figura 71. Pontos de observação do relevo 10, 11 e 12 – colinas onduladas.



Elaboração: Melina Fushimi.

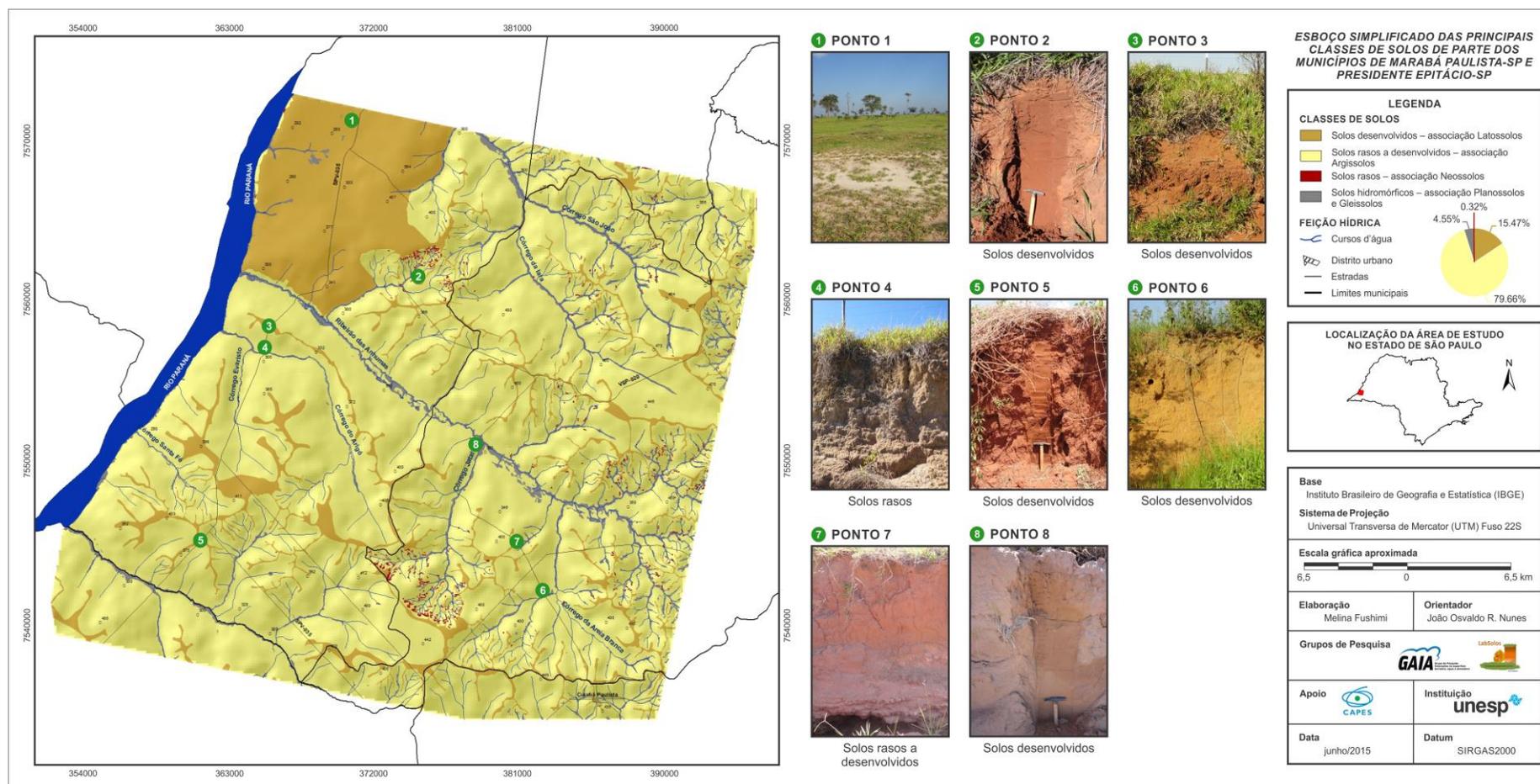
Fotos: da autora, trabalhos de campo, maio e agosto de 2014.

Com o objetivo de auxiliar a compreensão das dinâmicas das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP, tem-se a caracterização dos solos da área de estudo.

A princípio, realizou-se o levantamento de oito pontos representativos de amostragem dos solos (Figura 72), dentre eles, sete perfis pedológicos foram analisados, a partir de descrição geral, análises morfológica e textural (areia, silte e argila) das amostras de solos, bem como o fracionamento da areia.

Em trabalhos de campo foram identificados solos desenvolvidos – associação Latossolos, solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos, solos rasos – associação Neossolos e solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos.

Figura 72. Localização dos pontos de amostragem dos solos no esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.  
Fotos: da autora, trabalhos de campo, fevereiro, maio e agosto de 2014.

- *Ponto 1*

O Ponto 1 se situa nas vertentes retilíneas das colinas tabulares e aplainadas (Figura 73), com declividades inferiores a 5% e cobertura vegetal de gramínea. Ao utilizar o trado<sup>36</sup>, amostras de solos do horizonte superficial foram coletadas (Figura 74) e observou-se que estas apresentam coloração mosqueada, indicando possível hidromorfismo, visto que o ponto está distante cerca de 5 km do rio Paraná (Figura 75).

Figura 73. Colinas tabulares e aplainadas.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2014.

Figura 74. Coleta de amostra de solo do horizonte superficial com o trado.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2014.

---

<sup>36</sup> Como as amostras de solos foram coletadas por meio da tradagem, a análise morfológica e a representação do perfil pedológico não foram realizadas no Ponto 1.

Figura 75. Rio Paraná.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Além do mais, possui elevada quantidade de areia ( $845 \text{ g.kg}^{-1}$ ) em relação à argila ( $154 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e ao silte (apenas  $1 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e classe textural “Franco Arenosa” (Figura 76).

Figura 76. Descrição geral e resultados da análise textural (areia, silte e argila) do horizonte superficial do Ponto 1.

Data	17 de maio de 2014				
Localização	Áreas rurais de Presidente Epitácio-SP				
Situação e declive	Localizado na vertente com declividades inferiores a 5%				
Coordenadas	371274 m E e 7571814 m S				
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifolia e gramínea				
Altitude	293 m				
Litologia e Formação	Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)				
Cronologia	Cretáceo Superior				
Relevo local	Colinas tabulares e aplainadas				
Erosão	Não aparente				
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>				
Uso atual	Pastagem				
Descrito e coletado por	Melina Fushimi, João Osvaldo Rodrigues Nunes e Robson Chacon Castoldi				
		7.5YR 5/2 (bruno)			
		Análise textural			
		Areia	Argila	Silte	Classe Textural
		$\text{g.kg}^{-1}$			Franco Arenosa
		845	154	1	
<sup>1</sup> Esta condição refere-se ao momento da observação.					

Elaboração: Melina Fushimi.

Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2014.

Quanto ao fracionamento da areia proveniente da análise textural, destaca-se a areia média, com  $565 \text{ g.kg}^{-1}$  (Tabela 6).

Tabela 6. Resultados do fracionamento da areia do horizonte superficial do Ponto 1.

Horizonte	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Superficial	0	76	565	244	115

Elaboração: Melina Fushimi.

▪ *Ponto 2: Solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos*

A paisagem do Ponto 2 é constituída, de maneira geral, por colinas onduladas (Figura 77) e áreas com declividades tanto suaves, abaixo de 5%, quanto acentuadas, ou seja, superior a 20% para a região de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

Figura 77. Predomínio de colinas onduladas.



Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

Em alguns setores ocorre o cultivo de cana de açúcar e, em outros, têm-se a gramínea com pastagem, cujo pisoteio do gado rompe os terraços construídos e, combinados aos fatores naturais, como chuvas intensas e solos arenosos, favorecem o desenvolvimento da feição erosiva linear (Figura 78).

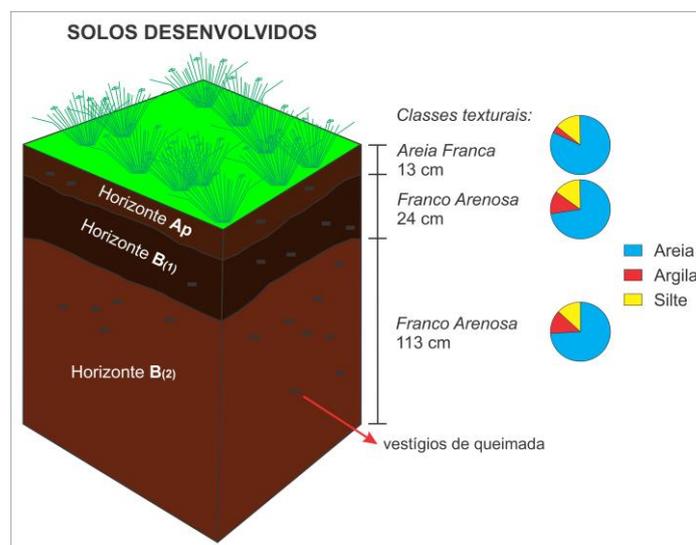
Figura 78. Feição erosiva linear no setor de pastagem.



Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

No perfil pedológico do Ponto 2, os solos são desenvolvidos e se associam aos Latossolos Vermelhos, inclusive, no compartimento da vertente côncava. É formado por um horizonte alterado Ap<sup>37</sup> e dois horizontes B, diferenciados pela cor e denominados B<sub>(1)</sub> e B<sub>(2)</sub>, ambos com o predomínio de areia. A classificação textural do horizonte Ap é “Areia Franca”, diferentemente dos horizontes posteriores (“Franco Arenosa”), em virtude do acréscimo moderado da argila em profundidade (Figuras 79 e 80).

Figura 79. Representação do perfil pedológico do Ponto 2.



Elaboração: Melina Fushimi.

<sup>37</sup> p = *plowed*, em inglês: arado, isto é, alterado pela ação da sociedade.

Figura 80. Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 2.

SOLOS DESENVOLVIDOS					
Data	01 de agosto de 2014				
Identificação	Solos desenvolvidos				
Localização	Áreas rurais de Presidente Epitácio-SP				
Situação e declive	Localizado na vertente com declividades inferiores a 5%				
Coordenadas	375195 m E e 7562097 m S				
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifólia e gramínea				
Altitude	345 m				
Litologia e Formação	Arenito da Formação Caiuá (Grupo Bauru)				
Cronologia	Cretáceo				
Relevo local	Colinas onduladas				
Erosão	Erosão linear				
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>				
Uso atual	Pastagem				
Descrito e coletado por	Melina Fushimi e Robson Chacon Castoldi				
Horizontes	Ap		B(1)	B(2)	
Profundidade (cm)	0-13		14-37	38-150+	
Características morfológicas	5YR 4/4 (bruno avermelhado); transição gradual; não plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.		5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	2.5YR 3/6 (vermelho escuro); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	
Análise textural	Areia	g.kg <sup>-1</sup>	822	725	739
	Argila		36	125	133
	Silte		142	150	128
	Classe Textural		Areia Franca	Franco Arenosa	Franco Arenosa



<sup>1</sup>Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: Melina Fushimi.  
Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

Os resultados obtidos do fracionamento da areia constam na Tabela 7, em que a areia fina apresenta maior quantidade em todos os horizontes.

Tabela 7. Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 2.

Horizontes	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Ap	0	15	201	462	322
B(1)	0	10	166	468	356
B(2)	0	8	141	472	379

Elaboração: Melina Fushimi.

▪ *Ponto 3: Solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos*

Os solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos do Ponto 3 localizam-se nos topos convexizados das colinas amplas suavemente onduladas (Figura 81) e declividades que não ultrapassam 5%.

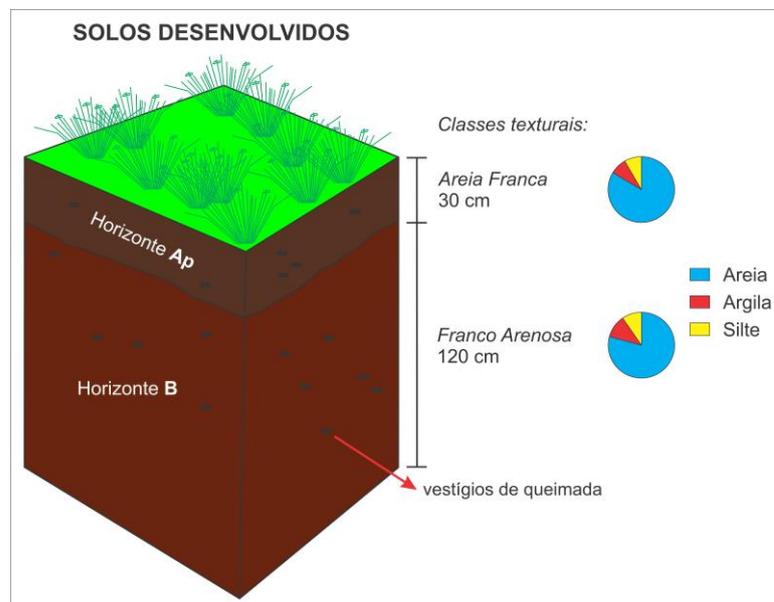
Figura 81. Colinas amplas suavemente onduladas.



Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

Os horizontes Ap e B são bastante arenosos, com valores de  $835 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $791 \text{ g.kg}^{-1}$  e texturas “Areia Franca” e “Franco Arenosa”, respectivamente (Figuras 82 e 83). Em campo e na análise morfológica verificou-se que são muito porosos, a consistência em solo seco é solta e em solo úmido é friável.

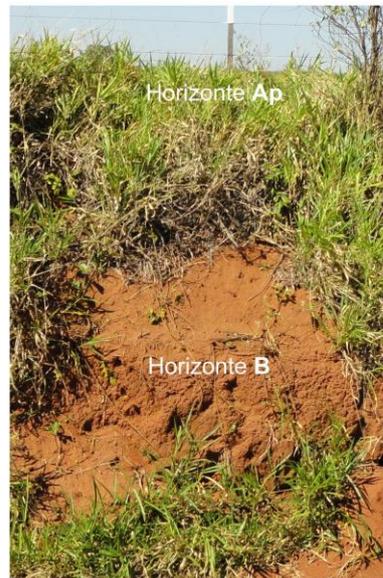
Figura 82. Representação do perfil pedológico do Ponto 3.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 83. Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 3.

SOLOS DESENVOLVIDOS				
Data	01 de agosto de 2014			
Identificação	Solos desenvolvidos			
Localização	Áreas rurais de Presidente Epitácio-SP			
Situação e declive	Localizado no topo com declividades inferiores a 5%			
Coordenadas	365740 m E e 7558972 m S			
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifólia e gramínea			
Altitude	336 m			
Litologia e Formação	Arenito da Formação Caiuá (Grupo Bauru)			
Cronologia	Cretáceo			
Relevo local	Colinas amplas suavemente onduladas			
Erosão	Não aparente			
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>			
Uso atual	Pastagem			
Descrito e coletado por	Melina Fushimi e Robson Chacon Castoldi			
Horizontes	Ap		B	
Profundidade (cm)	0-30		31-150+	
Características morfológicas	2.5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro); transição gradual; não plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.		2.5YR 3/6 (vermelho escuro); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	
Análise textural	Areia	g.kg <sup>-1</sup>	835	791
	Argila		80	116
	Silte		85	93
	Classe Textural		Areia Franca	Franco Arenosa



<sup>1</sup>Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: Melina Fushimi.  
Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

Com a substituição da cobertura vegetal original pela gramínea para pastoreio do gado, há vestígios de queimada até mesmo no horizonte B (Figura 84).

Figura 84. Vestígios de queimada nos torrões do horizonte B coletados em campo.



Foto: da autora, 2014.

Sobre o fracionamento da areia, o horizonte Ap aponta mais areia média (335 g.kg<sup>-1</sup>), enquanto no horizonte B a areia muito fina se sobressai (402 g.kg<sup>-1</sup>) comparada às demais, de acordo com a Tabela 8:

Tabela 8. Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 3.

Horizontes	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Ap	0	177	335	245	243
B	0	115	219	264	402

Elaboração: Melina Fushimi.

▪ *Ponto 4: Solos rasos – associação Neossolos Litólicos*

Em direção ao córrego do Arigó (Figura 85), afluente do rio Paraná e próximo da estrada pavimentada SPV-035, identificaram-se setores com a predominância de solos rasos – associação Neossolos Litólicos na baixa vertente das colinas amplas suavemente onduladas, com declividades inferiores a 5%.

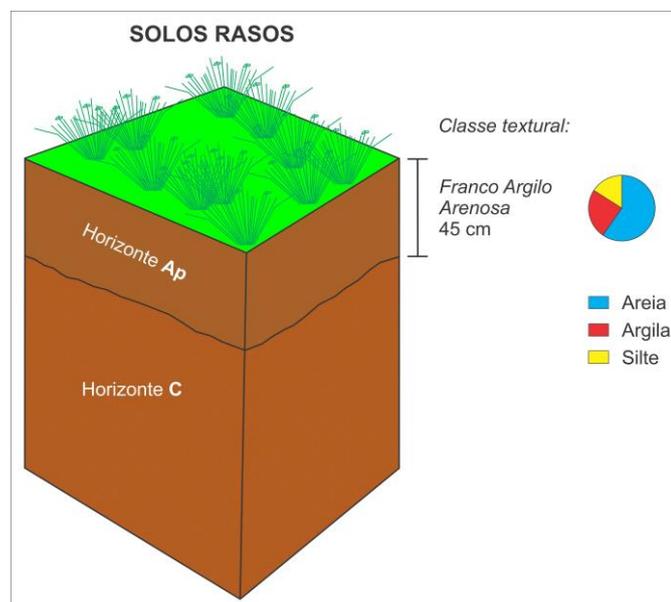
Figura 85. Córrego do Arigó.



Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

O horizonte Ap, com 45 cm de profundidade, possui  $249 \text{ g.kg}^{-1}$  de argila,  $594 \text{ g.kg}^{-1}$  de areia e  $157 \text{ g.kg}^{-1}$  de silte, conferindo “Franco Argilo Arenosa” como classe textural (Figuras 86 e 87). Em seguida, tem-se o horizonte C ou saprolito, isto é, os arenitos da Formação Adamantina parcialmente intemperizados. Dessa forma, as análises morfológica e textural (areia, silte e argila), assim como o fracionamento foram realizados somente no horizonte superficial Ap.

Figura 86. Representação do perfil pedológico do Ponto 4.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 87. Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 4.

SOLOS RASOS					
Data	01 de agosto de 2014				
Identificação	Solos rasos				
Localização	Áreas rurais de Presidente Epitácio-SP				
Situação e declive	Localizado na baixa vertente com declividades inferiores a 5%				
Coordenadas	365153 m E e 7557260 m S				
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifolia e gramínea				
Altitude	273 m				
Litologia e Formação	Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)				
Cronologia	Cretáceo Superior				
Relevo local	Colinas amplas suavemente onduladas				
Erosão	Não aparente				
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>				
Uso atual	Pastagem				
Descrito e coletado por	Melina Fushimi e Robson Chacon Castoldi				
Horizontes	Ap				
Profundidade (cm)	0-45				
Características morfológicas	7.5YR 6/6 (amarelo avermelhado); transição gradual; plástica; blocos granulares e em grumos; poros comuns; consistência em solo seco: ligeiramente dura; em solo úmido: firme.	Análise textural			
		Areia	Argila	Silte	Classe Textural
		g.kg <sup>-1</sup>			Franco Argilo Arenosa
594	249	157			
<sup>1</sup> Esta condição refere-se ao momento da observação.					



Elaboração: Melina Fushimi.  
Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

Os resultados do fracionamento (Tabela 9) demonstram que a maior parte da areia é média, com 343 g.kg<sup>-1</sup>.

Tabela 9. Resultados do fracionamento da areia do horizonte do Ponto 4.

Horizonte	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Ap	0	239	343	206	212

Elaboração: Melina Fushimi.

▪ *Ponto 5: Solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos*

O Ponto 5 se caracteriza por colinas amplas suavemente onduladas, com topos amplos e convexizados e baixas declividades (menos de 5%). O uso da terra pela pastagem foi substituído pela atividade canavieira, perceptível pelas imagens

ALOS/AVNIR-2, datadas de 2009 (utilizadas para a elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal), em comparação aos trabalhos de campo feitos nos anos de 2014 e 2015.

Além disso, em um dos trabalhos de campo, haviam maquinários agrícolas para implantar bacias de captação nas margens das estradas de terra (Figura 88), cujas estruturas objetivam captar e armazenar as águas pluviais, bem como reter os sedimentos.

Figura 88. Maquinário agrícola para implantar bacias de captação. Ao fundo, cultivo de cana de açúcar.



Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

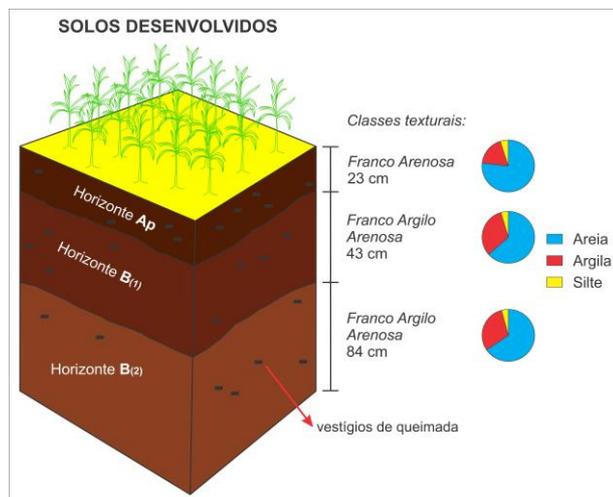
No perfil de solo especificaram-se três horizontes: Ap, B<sub>(1)</sub> e B<sub>(2)</sub>, sendo os horizontes diagnósticos B distinguidos pelas cores vermelho escuro (2.5YR 3/6) e vermelho (2.5YR 4/8), nessa ordem, uma vez que ambos possuem textura “Franco Argilo Arenosa” (Figuras 89 e 90).

Segundo Freire (2006), a coloração vermelha indica solos mais velhos ou intensamente intemperizados. Ademais,

A cor vermelha do solo está, geralmente, relacionada a óxidos de **Fe<sup>3+</sup>** desidratado, embora o **MnO<sub>2</sub>** e os óxidos de **Fe<sup>3+</sup>** parcialmente hidratados, também, contribuam para a coloração vermelha. Como o **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** (hematita) é relativamente instável em condições úmidas, a coloração vermelha indica boa drenagem e boa aeração. Por isso, espera-se a ocorrência de solos vermelhos em superfícies convexas e sobre rochas permeáveis. Muitas vezes, no entanto, a coloração vermelha do solo é herdada do material de origem e não é devida ao processo pedogênico. (FREIRE, 2006, p. 47, grifo do autor).

Nos solos desenvolvidos do Ponto 5, a cor vermelha está relacionada, em especial, ao óxido de ferro, agente cimentante predominante nos arenitos da Formação Caiuá.

Figura 89. Representação do perfil pedológico do Ponto 5.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 90. Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 5.

SOLOS DESENVOLVIDOS				
Data	01 de fevereiro de 2014			
Identificação	Solos desenvolvidos			
Localização	Áreas rurais de Presidente Epitácio-SP			
Situação e declive	Localizado no topo com declividades inferiores a 5%			
Coordenadas	361310 m E e 7545459 m S			
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifólia e cana de açúcar			
Altitude	393 m			
Litologia e Formação	Arenito da Formação Caiuá (Grupo Bauru)			
Cronologia	Cretáceo			
Relevo local	Colinas amplas suavemente onduladas			
Erosão	Não aparente			
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>			
Uso atual	Cana de açúcar			
Descrito e coletado por	Melina Fushimi e Robson Chacon Castoldi			
Horizontes	Ap	B(1)	B(2)	
Profundidade (cm)	0-23	24-66	67-150+	
Características morfológicas	5YR 4/6 (vermelho amarelado); transição abrupta; ligeiramente plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	2.5YR 3/6 (vermelho escuro); transição gradual; plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; cerosidade: grau de desenvolvimento: moderada; quantidade: comum; consistência em solo seco: dura; em solo úmido: firme.	2.5YR 4/8 (vermelho); transição gradual; plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; cerosidade: grau de desenvolvimento: moderada; quantidade: comum consistência em solo seco: dura; em solo úmido: firme.	
Análise textural	Areia	767	636	654
	Argila	184	316	304
	Silte	49	48	42
	Classe Textural	Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa	Franco Argilo Arenosa



<sup>1</sup>Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: Melina Fushimi.

Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

Conforme a Tabela 10, em todos os horizontes predomina areia fina, posteriormente, areia muito fina.

Tabela 10. Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 5.

Horizontes	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Ap	0	65	194	408	333
B(1)	0	111	225	356	308
B(2)	0	134	131	402	333

Elaboração: Melina Fushimi.

▪ *Ponto 6: Solos desenvolvidos – associação Latossolos Amarelos*

Os solos encontrados no Ponto 6 se associam aos Latossolos Amarelos, diferentemente dos solos desenvolvidos dos Pontos 2, 3 e 5, os quais apontam coloração vermelha. As colinas são onduladas e as vertentes, pouco íngremes (abaixo de 5%), possuem formatos côncavos e convexos.

No presente ponto de amostragem tem-se o pastoreio do gado em gramínea, entretanto, nas proximidades ocorre o plantio de cana de açúcar (Figura 91). O uso intensivo da terra proporcionou sinais de queimada em todo o perfil pedológico estudado (150 cm de profundidade).

Figura 91. Pastagem e gramínea no Ponto 6 e plantio de cana de açúcar nas proximidades.

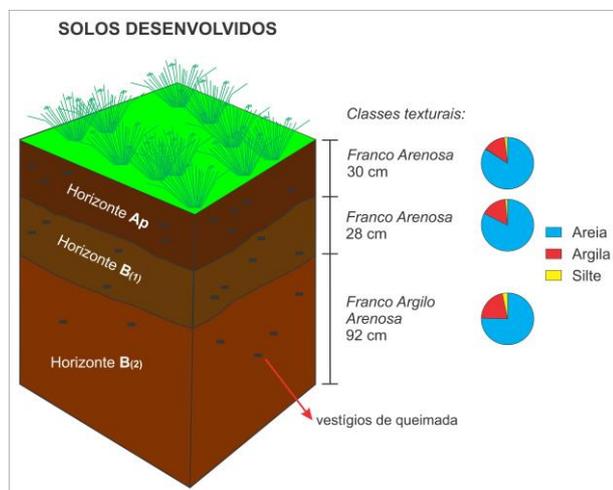


Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

Ao analisar em laboratório a textura (areia, silte e argila) das amostras de solos coletadas em campo, nota-se que a fração argila aumenta de forma gradativa nos horizontes – Ap: 138 g.kg<sup>-1</sup>; B(1): 158 g.kg<sup>-1</sup>; B(2): 211 g.kg<sup>-1</sup>. Desse modo, a

classificação textural passa de “Franco Arenosa” nos horizontes Ap e B<sub>(1)</sub> para “Franco Argilo Arenosa” no horizonte B<sub>(2)</sub> (Figuras 92 e 93).

Figura 92. Representação do perfil pedológico do Ponto 6.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 93. Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 6.

SOLOS DESENVOLVIDOS				
Data	02 de fevereiro de 2014			
Identificação	Solos desenvolvidos			
Localização	Áreas rurais de Marabá Paulista-SP			
Situação e declive	Localizado na vertente com declividades inferiores a 5%			
Coordenadas	383095 m E e 7541981 m S			
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifolia e gramínea			
Altitude	322 m			
Litologia e Formação	Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)			
Cronologia	Cretáceo Superior			
Relevo local	Colinas onduladas			
Erosão	Não aparente			
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>			
Uso atual	Pastagem			
Descrito e coletado por	Melina Fushimi e Robson Chacon Castoldi			
Horizontes	Ap	B <sub>(1)</sub>	B <sub>(2)</sub>	
Profundidade (cm)	0-30	31-58	59-150+	
Características morfológicas	7.5YR 4/6 (bruno forte); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	10YR 4/6 (bruno amarelado escuro); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	7.5YR 5/8 (bruno forte); transição gradual; plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: ligeiramente dura; em solo úmido: firme.	
Análise textural	Areia	844	826	756
	Argila	138	158	211
	Silte	18	16	33
	Classe Textural	Franco Arenosa	Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa

<sup>1</sup>Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: Melina Fushimi.

Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

A respeito do fracionamento, a areia fina prevalece em todos os horizontes (Tabela 11).

Tabela 11. Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 6.

Horizontes	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Ap	0	31	224	519	226
B(1)	0	19	184	532	265
B(2)	0	30	195	514	261

Elaboração: Melina Fushimi.

▪ *Ponto 7: Solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos Vermelhos*

A paisagem do Ponto 7 possui colinas onduladas (Figura 94), com topos convexizados, vertentes côncavas, convexas e retilíneas e fundos de vales em berço.

Figura 94. Paisagem do Ponto 7 – colinas onduladas.



Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

Apesar da implantação do terraceamento em alguns setores de gramínea e pastagem (Figura 95), processos erosivos subsuperficiais se desenvolvem nos arenitos da Formação Adamantina (Figura 96), às margens da estrada de terra, em decorrência, sobretudo, da convergência do escoamento das águas pluviais advindas de áreas de montante (Figura 97).

Figura 95. Terraceamento em setores de gramínea e pastagem.



Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

Figura 96. Erosão subsuperficial nos arenitos da Formação Adamantina.



Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

Figura 97. Localização do Ponto 7 na paisagem.

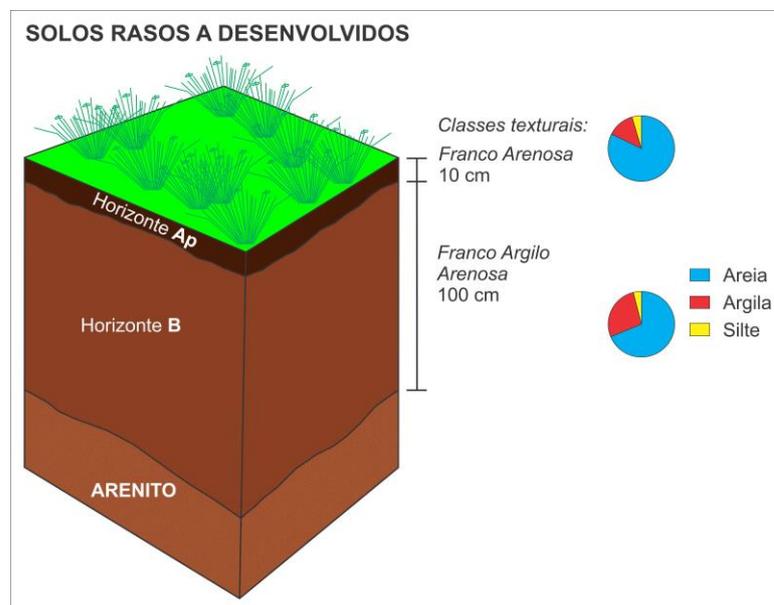


Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

Parte do horizonte Ap foi removida (detém apenas 10 cm de espessura) e no horizonte B há o acúmulo de argila ( $271 \text{ g.kg}^{-1}$ ), com textura “Franco Argilo Arenosa” e cerosidade moderada em quantidade comum (Figuras 98 e 99).

A cerosidade é um atributo que pode ser essencial na definição dos horizontes B textural e B nítico e na distinção entre estes e outros horizontes diagnósticos. [...] Em suma, a cerosidade apresenta-se como revestimentos com aspecto lustroso e brilho graxo, similar à cera derretida e escorrida, recobrando unidades estruturais ou partículas primárias. (EMBRAPA, 2013, p. 43).

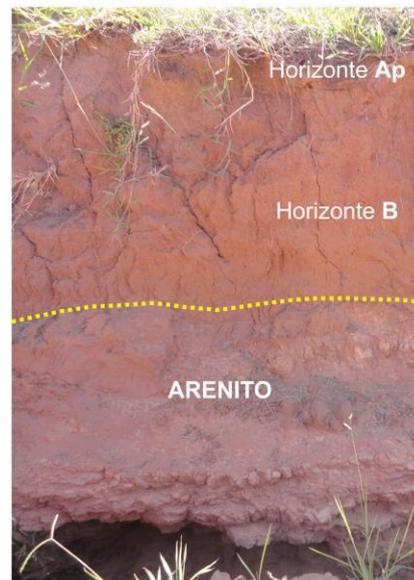
Figura 98. Representação do perfil pedológico do Ponto 7.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 99. Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 7.

SOLOS RASOS A DESENVOLVIDOS				
Data	02 de fevereiro de 2014			
Identificação	Solos rasos a desenvolvidos			
Localização	Áreas rurais de Marabá Paulista-SP			
Situação e declive	Localizado na vertente com declividades de 5 a 10%			
Coordenadas	381444 m E e 7545145 m S			
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifolia e gramínea			
Altitude	372 m			
Litologia e Formação	Arenito da Formação Adamantina (Grupo Bauru)			
Cronologia	Cretáceo Superior			
Relevo local	Colinas onduladas			
Erosão	Erosão subsuperficial			
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>			
Uso atual	Pastagem			
Descrito e coletado por	Melina Fushimi e Robson Chacon Castoldi			
Horizontes	Ap		B	
Profundidade (cm)	0-10		11-110	
Características morfológicas	5YR 4/4 (bruno avermelhado); transição gradual; ligeiramente plástica; blocos granulares e em grumos; poros comuns; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.		2.5YR 4/8 (vermelho); transição gradual; plástica; blocos angulares e subangulares; poros comuns; cerosidade grau de desenvolvimento: moderada, quantidade: comum; consistência em solo seco: dura; em solo úmido: firme.	
Análise textural	Areia	g.kg <sup>-1</sup>	824	689
	Argila		131	271
	Silte		45	40
	Classe Textural		Franco Arenosa	Franco Argilo Arenosa



<sup>1</sup>Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: Melina Fushimi.  
Foto: da autora, trabalho de campo, fevereiro de 2014.

No fracionamento, destaque para as areias fina e muito fina dos horizontes Ap e B (Tabela 12), granulações características dos arenitos da Formação Adamantina.

Tabela 12. Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 7.

Horizontes	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Ap	0	10	78	398	514
B	0	2	85	436	477

Elaboração: Melina Fushimi.

▪ *Ponto 8: Solos desenvolvidos – associação Latossolos Amarelos*

Os solos do Ponto 8 e adjacências são, em sua maioria, desenvolvidos e se estendem para além dos topos convexos das colinas onduladas, prolongando-se pelas vertentes com declives menores que 5% (Figura 100).

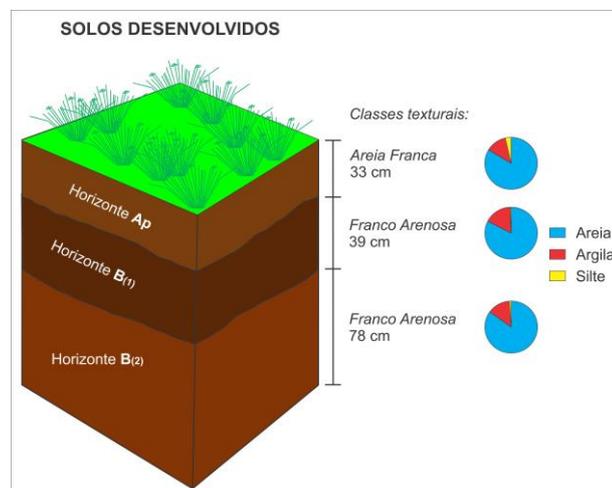
Figura 100. Vertentes com declividades inferiores a 5%.



Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

Nos horizontes pedológicos reconhecidos ( $A_p$ ,  $B_{(1)}$  e  $B_{(2)}$ ) tem-se o predomínio da fração areia. Como os horizontes  $B_{(1)}$  e  $B_{(2)}$  apontam valores próximos quanto às proporções de areia, silte e argila e a mesma classe textural (“Franco Arenosa”) (Figuras 101 e 102), estes foram distinguidos pela diferença sutil de cor (transição difusa).

Figura 101. Representação do perfil pedológico do Ponto 8.



Elaboração: Melina Fushimi.

Figura 102. Descrição geral e resultados das análises morfológica e textural (areia, silte e argila) do Ponto 8.

SOLOS DESENVOLVIDOS				
Data	01 de agosto de 2014			
Identificação	Solos desenvolvidos			
Localização	Áreas rurais de Marabá Paulista-SP			
Situação e declive	Localizado na vertente com declividades inferiores a 5%			
Coordenadas	378936 m E e 7551756 m S			
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Tropical Subperenifólia e gramínea			
Altitude	239 m			
Litologia e Formação	Arenita da Formação Adamantina (Grupo Bauru)			
Cronologia	Cretáceo Superior			
Relevo local	Colinas onduladas			
Erosão	Não aparente			
Drenagem	Bem drenado <sup>1</sup>			
Uso atual	Pastagem			
Descrito e coletado por	Melina Fushimi e Robson Chacon Castoldi			
Horizontes	Ap	B(1)	B(2)	
Profundidade (cm)	0-33	34-72	73-150+	
Características morfológicas	7.5YR 5/6 (bruno forte); transição difusa; ligeiramente plástica; blocos granulares e em grumos; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	7.5YR 4/6 (bruno forte); transição difusa; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	7.5YR 5/8 (bruno forte); transição difusa; ligeiramente plástica; blocos angulares e subangulares; muito porosos; consistência em solo seco: solta; em solo úmido: friável.	
Análise textural	Areia	835	826	848
	Argila	129	168	142
	Silte	36	6	10
	Classe Textural	Areia Franca	Franco Arenosa	Franco Arenosa



<sup>1</sup>Esta condição refere-se ao momento da observação.

Elaboração: Melina Fushimi.  
Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

No horizonte Ap, os blocos são granulares e em grumos, típicos de horizontes superficiais ou de alguns horizontes profundos, como o latossólico (FREIRE, 2006). Já nos horizontes B<sub>(1)</sub> e B<sub>(2)</sub>, os blocos são angulares e subangulares (Figura 103).

Figura 103. Blocos angulares e subangulares coletados em campo.



Foto: da autora, 2014.

Referente ao fracionamento (Tabela 13), as areias fina e muito fina se sobressaem em relação às demais, em que os valores superam 365 g.kg<sup>-1</sup>.

Tabela 13. Resultados do fracionamento da areia dos horizontes do Ponto 8.

Horizontes	Muito grossa	Grossa	Média	Fina	Muito fina
	g.kg <sup>-1</sup>				
Ap	0	39	177	369	415
B(1)	0	47	215	373	365
B(2)	0	54	195	371	380

Elaboração: Melina Fushimi.

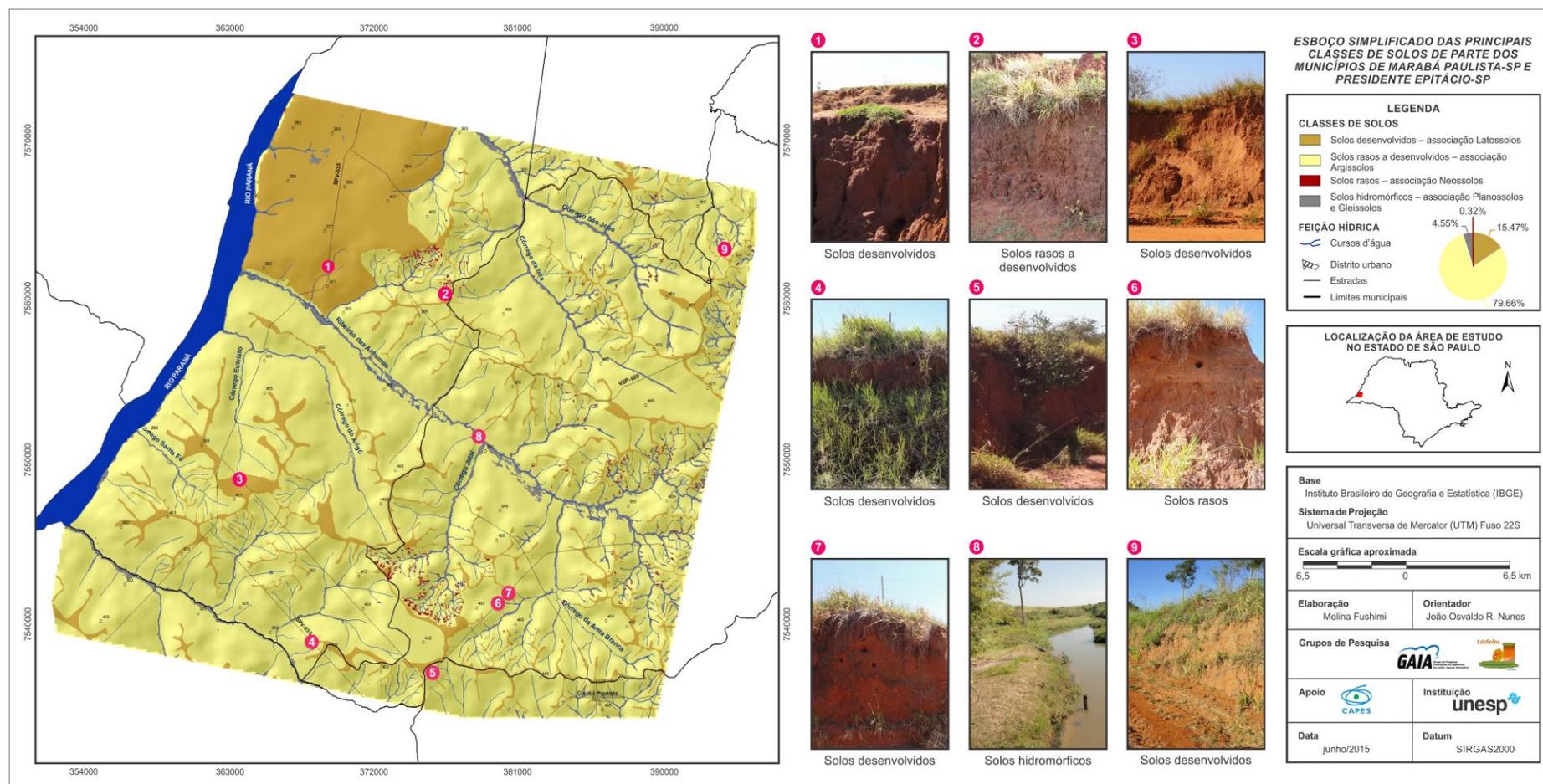
Com base nos oito pontos analisados, foi possível identificar nos horizontes pedológicos a predominância da classe textural “Franco Arenosa”. Nos solos arenosos, em virtude da maior proporção de areia em comparação à baixa quantidade de argila, a coesão das partículas é menor, portanto, se desagregam mais facilmente que os solos argilosos. Por outro lado, são mais porosos, permitindo maior infiltração das águas.

Nos solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos, o acúmulo de argila no horizonte B dificulta a percolação das águas, conseqüentemente, o fluxo tende a ser subsuperficial (SÃO PAULO; SECRETARIA DE ENERGIA E SANEAMENTO; DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 1989). Dessa forma, são mais vulneráveis à erosão que os solos desenvolvidos – associação Latossolos.

A partir dos resultados do fracionamento, verificou-se que as frações areia grossa e muito grossa são pouco representativas nos horizontes. Por conseguinte, destaca-se a presença de areia fina, seguida de areia muito fina, influenciando no desenvolvimento de processos erosivos, pois, por serem facilmente transportadas, a dispersão destes sedimentos tende a ser maior.

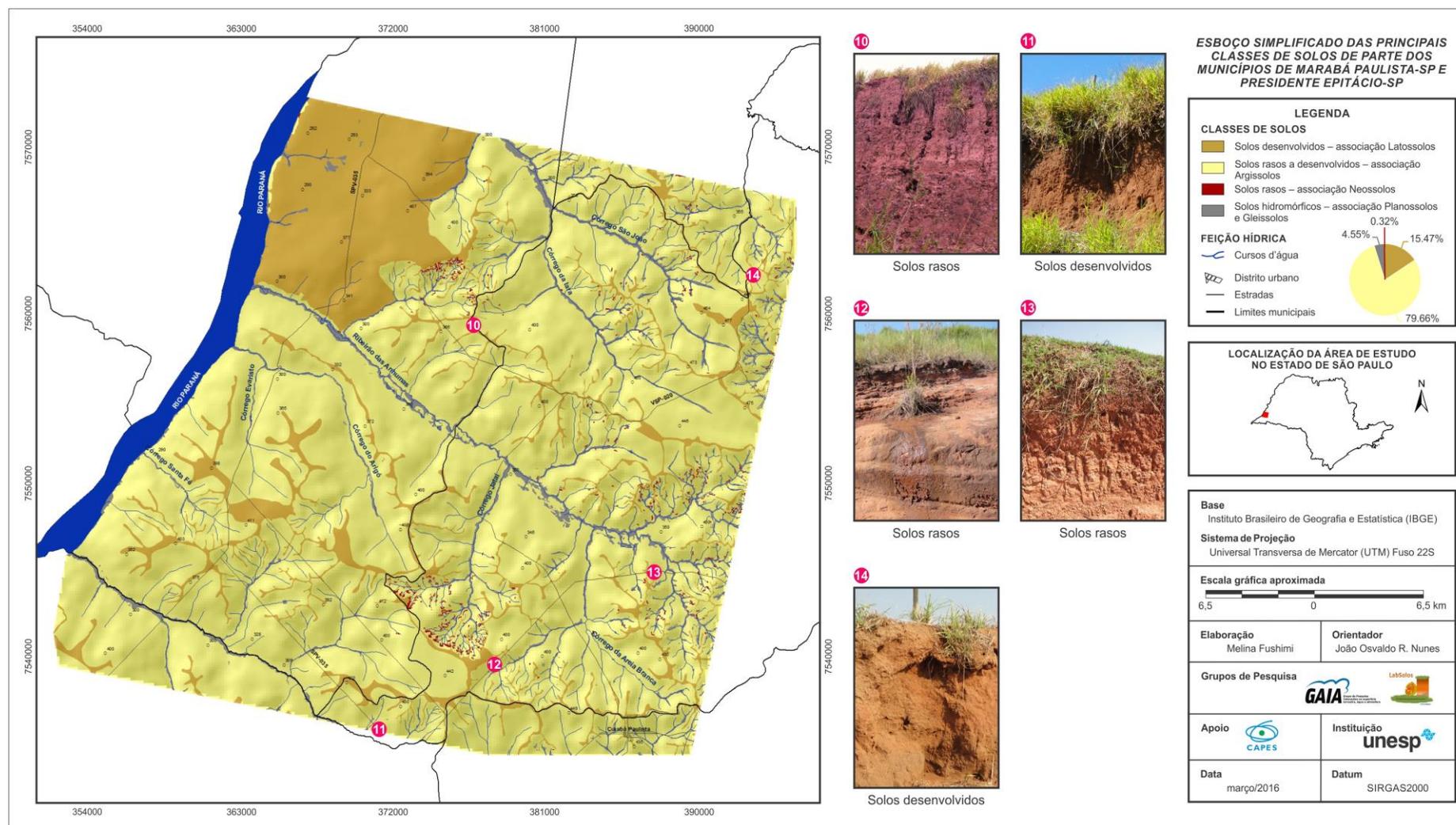
Na sequência, em trabalhos de campo, foram feitos levantamentos de pontos de observação dos solos, conforme demonstram as Figuras 104 e 105 a seguir:

Figura 104. Pontos de observação dos solos (1 a 9) no esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.  
Fotos: da autora, trabalhos de campo, fevereiro, maio e agosto de 2014.

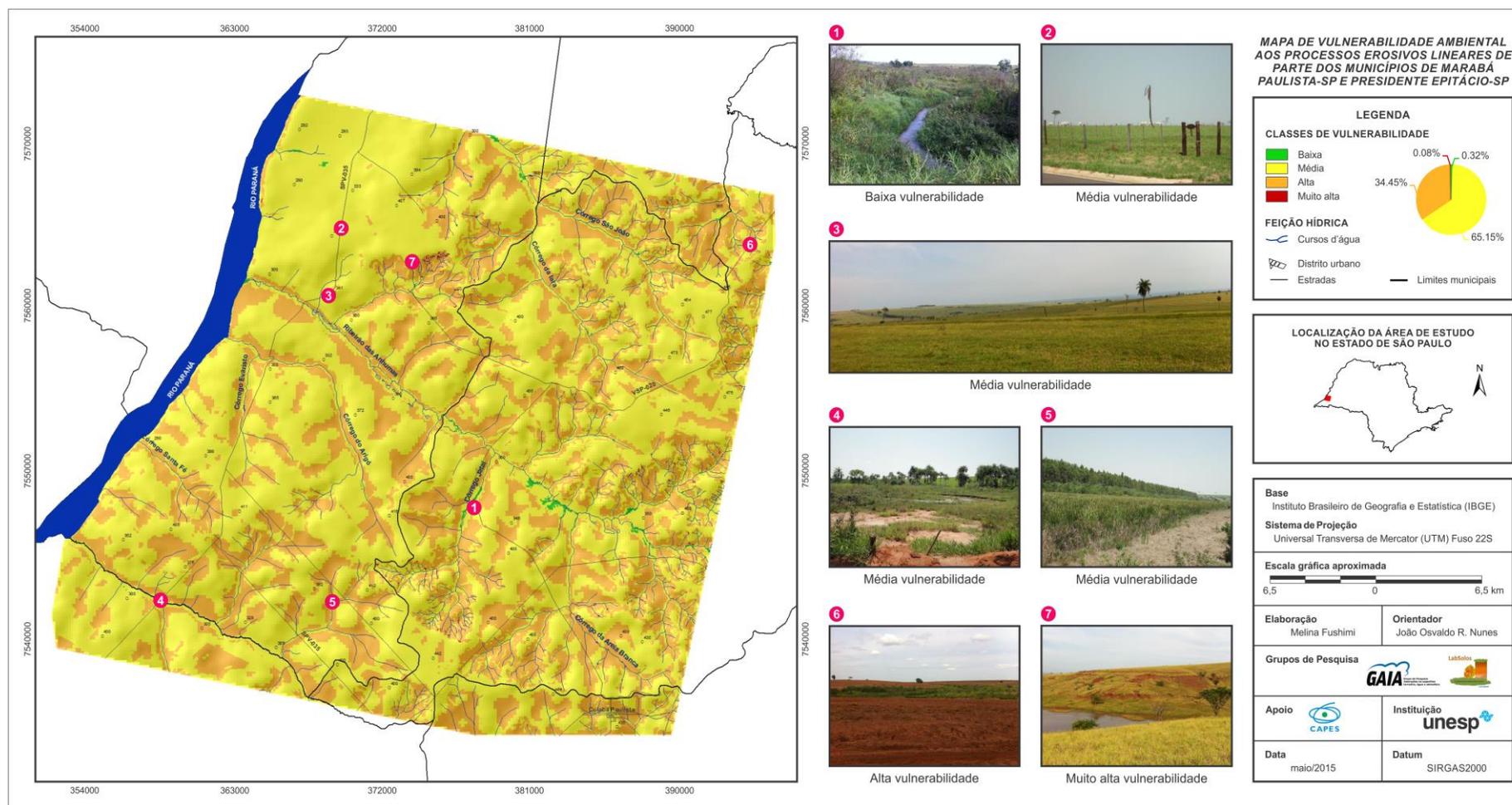
Figura 105. Pontos de observação dos solos (10 a 14) no esboço simplificado das principais classes de solos de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.  
Fotos: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

As interações dos atributos do relevo, solos, declividade, substrato rochoso, cobertura vegetal, curvatura da superfície e uso da terra podem proporcionar, dentre outros fenômenos, o aparecimento/aceleração de manifestações erosivas lineares e, conseqüentemente, níveis de vulnerabilidade ambiental – baixo, médio, alto e muito alto – aos sulcos, ravinas e voçorocas, em conformidade com o levantamento de sete pontos representativos de vulnerabilidade (Figura 106).

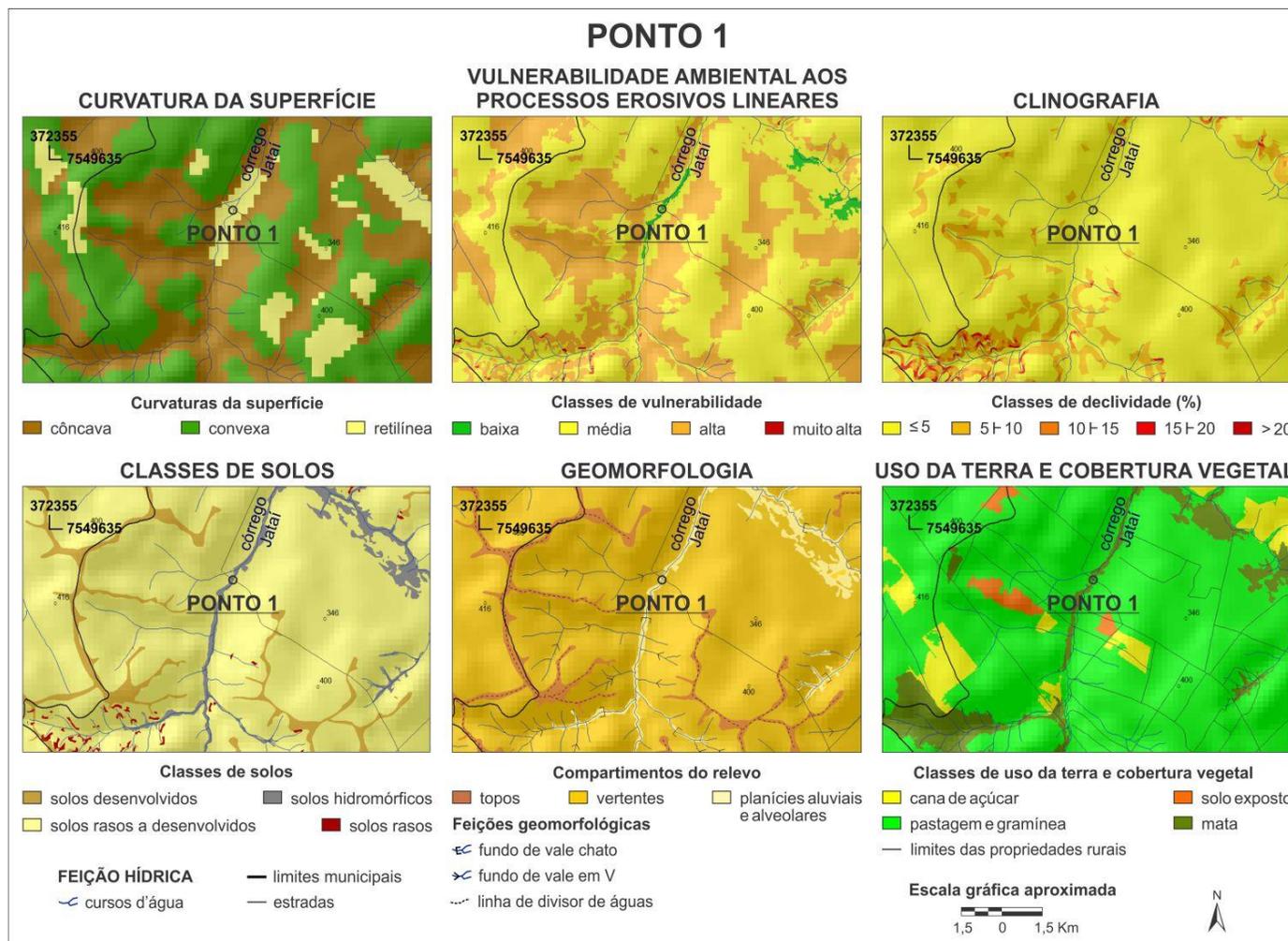
Figura 106. Localização dos pontos de vulnerabilidade no mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.



Elaboração: Melina Fushimi.  
Fotos: da autora, trabalhos de campo, maio e outubro de 2015.

- *Ponto 1: BAIXA vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 107)*

Figura 107. Ponto 1: baixa vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



Elaboração: Melina Fushimi.

O Ponto 1 se encontra no córrego Jataí (Figuras 108 e 109), tributário do Ribeirão das Anhumas, sendo esse, por sua vez, afluente do rio Paraná. As declividades são inferiores a 5%, onde o fundo de vale é chato (curvatura retilínea), com terraços fluviais, planície aluvial (Figura 110) e vegetação de taboa. Os solos são hidromorfizados – associação Planossolos e Gleissolos pelo contato (constante ou temporário) com as águas fluviais.

Figura 108. Córrego Jataí – lado esquerdo da rodovia.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Figura 109. Córrego Jataí – lado direito da rodovia.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Figura 110. Terraços fluviais e planície aluvial do córrego Jataí.

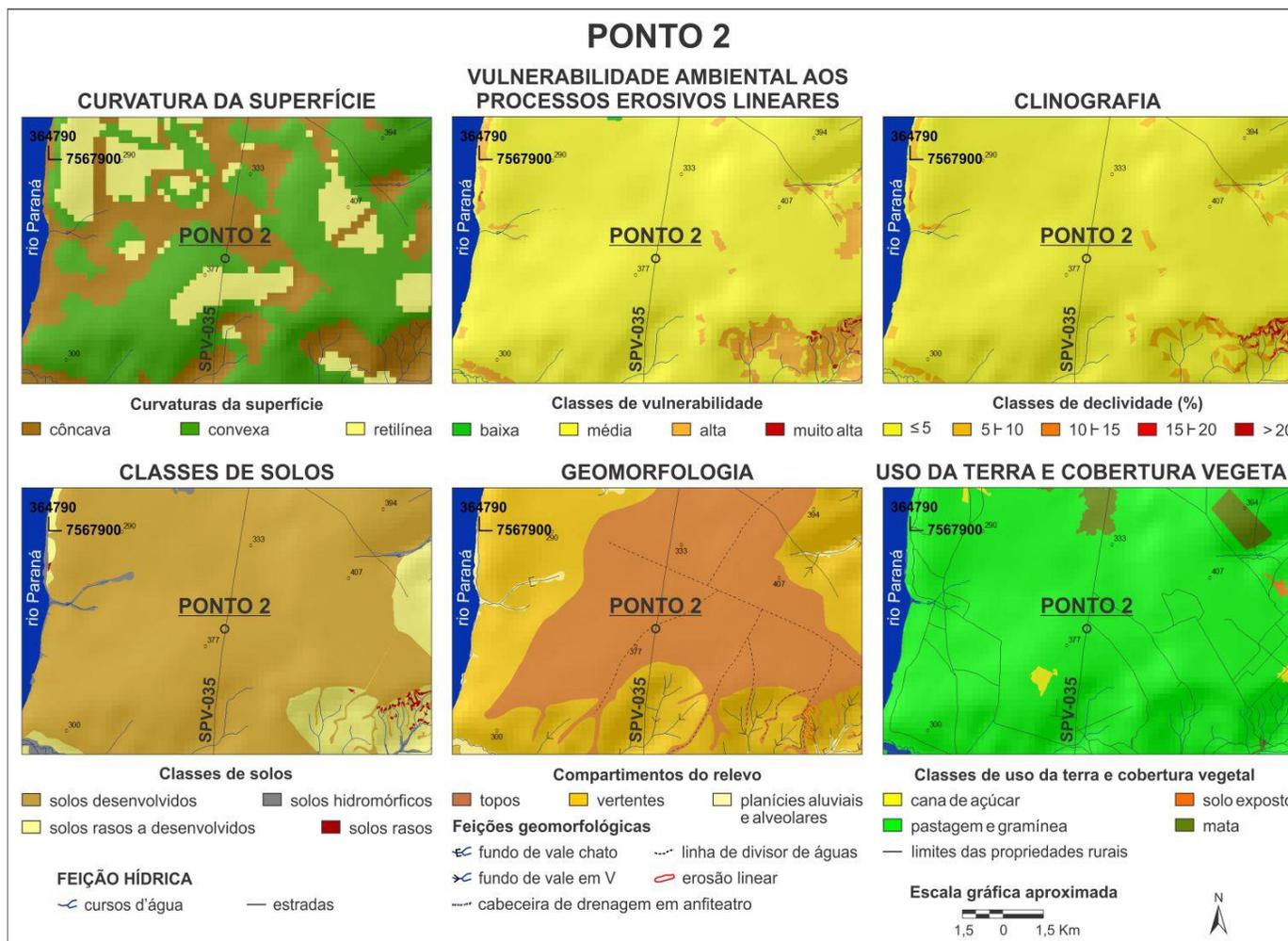


Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Destaque para os resquícios de matas ciliares, visto que, apesar de não serem nativas e pouco densas, influenciam na baixa vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares e na estabilidade dos meios morfodinâmicos. Outro fator relevante é o cercamento da área, evitando o acesso e o pisoteio do gado que está nas proximidades e permitindo o crescimento da cobertura vegetal.

- *Ponto 2: MÉDIA vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 111)*

Figura 111. Ponto 2: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



Elaboração: Melina Fushimi.

O Ponto 2 situa-se nos topos das colinas tabulares e aplainadas (Figura 112) e as declividades apresentam valores abaixo de 5%. Em concordância com Weill e Pires Neto (2007), em que o relevo desempenha função importante na circulação das águas pluviais, a morfologia do terreno favorece a infiltração.

Figura 112. Topos das colinas tabulares e aplainadas.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

A presença de solos arenosos (solos desenvolvidos – associação Latossolos) auxilia a infiltração devido à porosidade, todavia, as partículas se desagregam facilmente, contribuindo para a alta fragilidade e média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

No mais, a gramínea e a pastagem (Figura 113) sem medidas conservacionistas colaboram para a ocorrência dos meios morfodinâmicos intergrades.

Figura 113. Vegetação de gramínea e uso da terra pela pastagem.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

O terraceamento, por exemplo, é uma prática de conservação dos solos comum na área de pesquisa e introduzido com o propósito de conter a erosão hídrica. Em grande parte das propriedades rurais, o pisoteio do gado rompe os camalhões (aterros) (Figura 114) e, conseqüentemente, reduz a eficiência das estruturas.

Figura 114. Rompimento dos terraços pelo pisoteio do gado.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Por outro lado, em algumas áreas, como no assentamento rural Santa Maria (Figura 115), tem-se a manutenção dos terraços e, por meio dos trabalhos de campo, não foram observados focos erosivos.

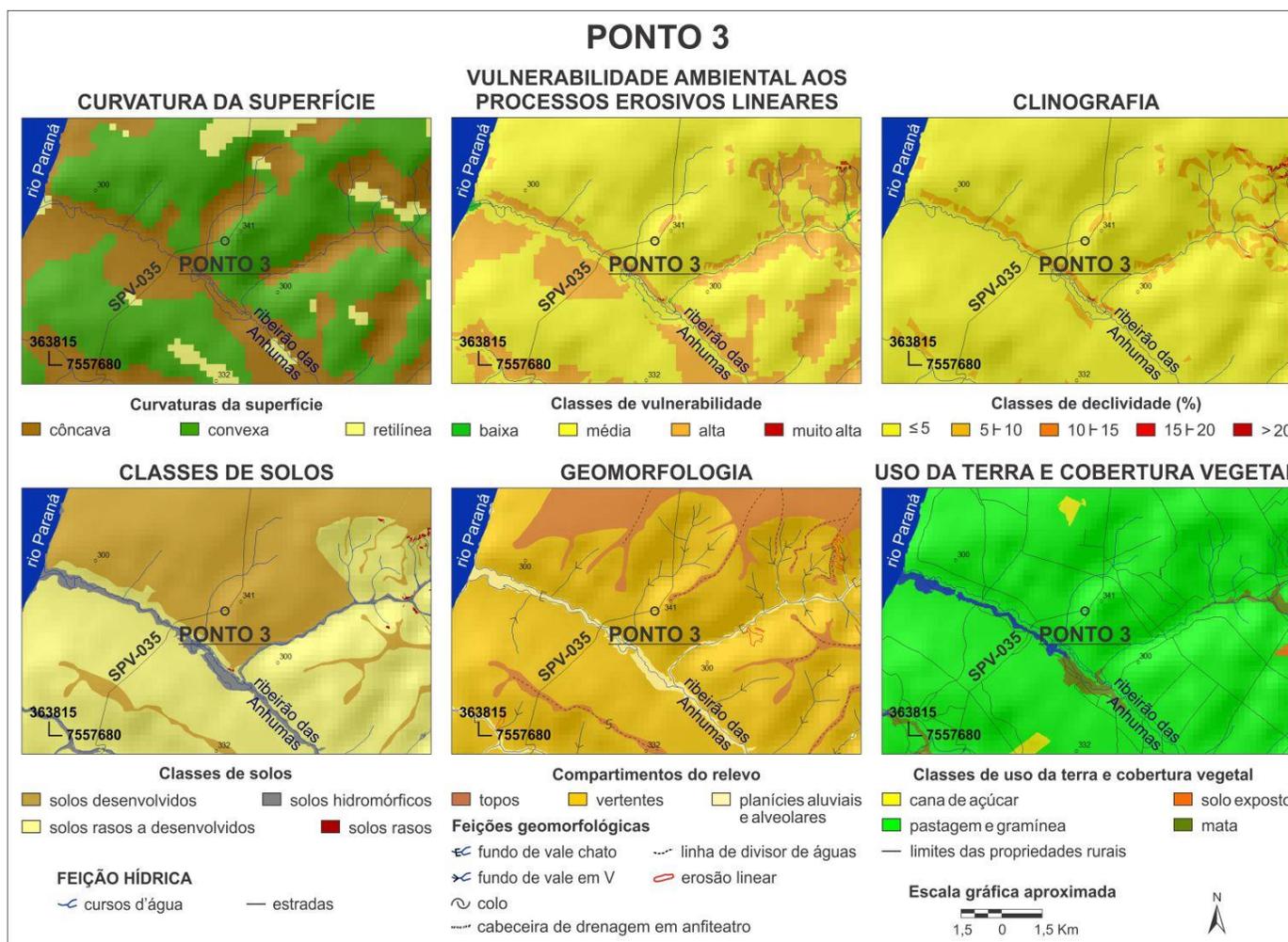
Figura 115. Assentamento rural Santa Maria.



Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

- *Ponto 3: MÉDIA vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares* (Figura 116)

Figura 116. Ponto 3: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



No Ponto 3, por intermédio da tradagem, foram identificados solos desenvolvidos – associação Latossolos da Formação Caiuá (Figura 117), com mais de 150 cm de profundidade, elevada quantidade de areia e alta fragilidade sob cobertura de gramínea e uso da terra pela pastagem.

Figura 117. Amostras de solos desenvolvidos da Formação Caiuá coletadas por tradagem.



Fotos: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Embora tais características contribuam para a dinâmica erosiva linear, têm-se vertentes convexas (Figura 118), cuja morfologia favorece a divergência das águas pluviais e, elencada à pouca inclinação do terreno – menos de 5% – baixa capacidade de transporte dos sedimentos. Nesse sentido, os fluxos tendem a ser mais laminares do que lineares e, de acordo com Casseti (2005), são responsáveis por uma erosão oculta (laminar) por não serem perceptíveis a curto e médio prazo.

Figura 118. Colinas amplas suavemente onduladas com vertentes convexas.

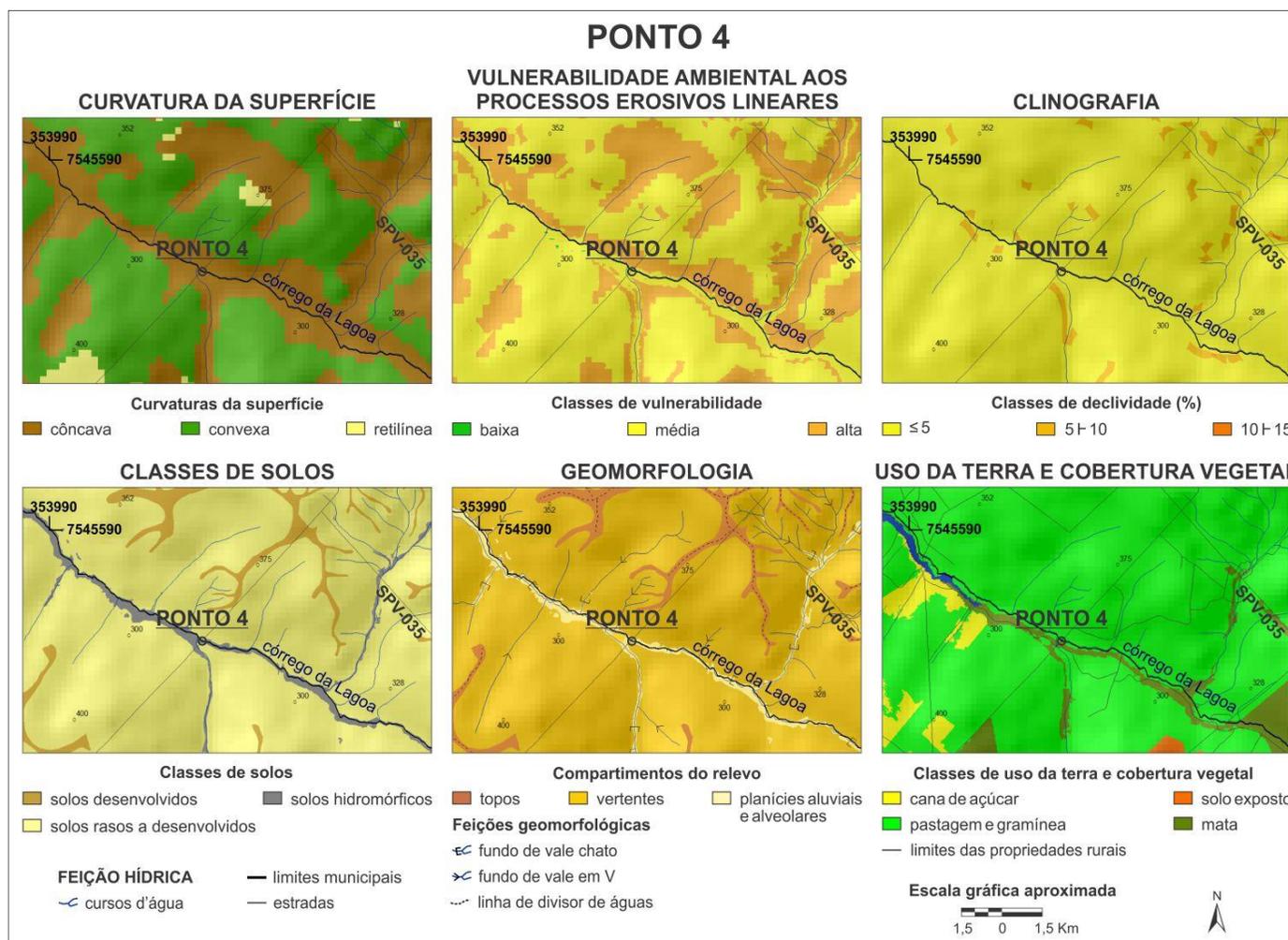


Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Assim, o Ponto 3 confere média vulnerabilidade ambiental aos sulcos, ravinas e voçorocas e meios morfodinâmicos integrados.

- Ponto 4: MÉDIA vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 119)

Figura 119. Ponto 4: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



Elaboração: Melina Fushimi.

O Ponto 4 encontra-se no córrego da Lagoa (Figura 120) – afluente do rio Paraná – com planícies aluviais (Figura 121) e declividades inferiores a 5%. No mapa de uso da terra e cobertura vegetal, o curso d'água compreende matas ciliares, entretanto, grande parte foi retirada.

Figura 120. Córrego da Lagoa.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Figura 121. Planície aluvial do córrego da Lagoa (lado esquerdo da estrada de terra).



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

O fundo de vale está assoreado (Figura 122) e os sedimentos são advindos de montante, sendo estas áreas caracterizadas pela pastagem e avanço gradativo da atividade canavieira, segundo constatou-se em trabalhos de campo.

Figura 122. Sedimentos advindos de montante no córrego da Lagoa (lado direito da estrada de terra).



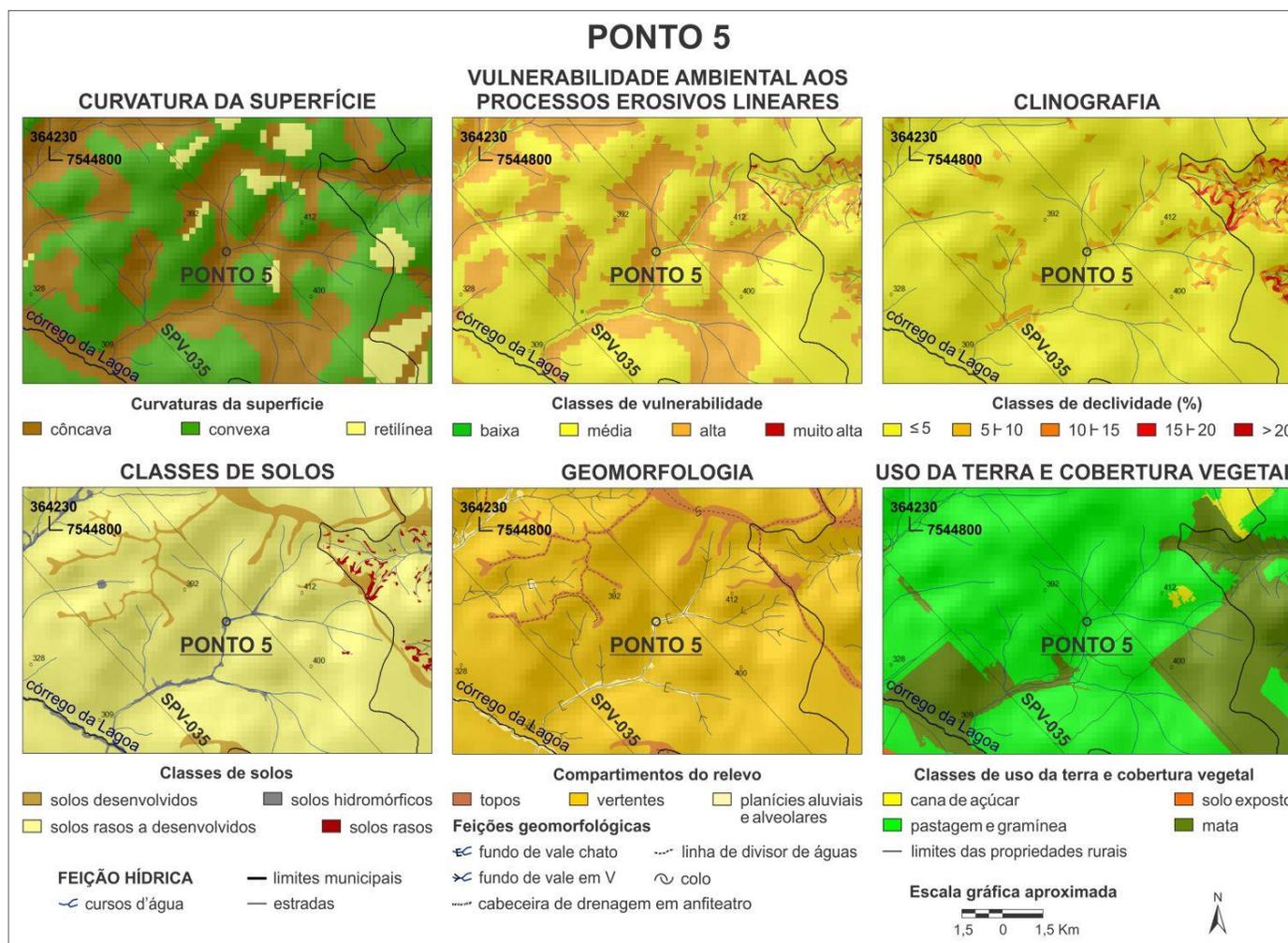
Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Em consequência, os solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos estão alterados e ocorrem depósitos tecnogênicos (depósito sedimentar induzido aluvial).

A vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares é classificada como média. No entanto, diante das condições retratadas, cabe mencionar a importância de se implantar medidas corretivas para evitar o desenvolvimento de meios morfodinâmicos instáveis.

- Ponto 5: MÉDIA vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 123)

Figura 123. Ponto 5: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



Elaboração: Melina Fushimi.

Na paisagem composta por colinas amplas suavemente onduladas, em um dos afluentes do córrego da Lagoa se posiciona o Ponto 5 (Figura 124). O fundo de vale é em berço, com planícies aluviais e consequente vegetação de taboa (Figura 125) e solos hidromorfizados – associação Planossolos e Gleissolos.

Figura 124. Curso d'água do Ponto 5.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Figura 125. Vegetação de taboa – lado esquerdo da estrada de terra.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Por conseguinte, em decorrência da umidade, tem-se plantação de eucalipto para fins comerciais e a partir da gramínea verificou-se a presença de feno associada à criação de gado (Figura 126). Tais usos da terra, em combinação com a ausência de matas ciliares e a pastagem nas adjacências do curso d'água, refletem em meios morfodinâmicos intergrades.

Figura 126. Eucalipto, taboa e feno – lado direito da estrada de terra.

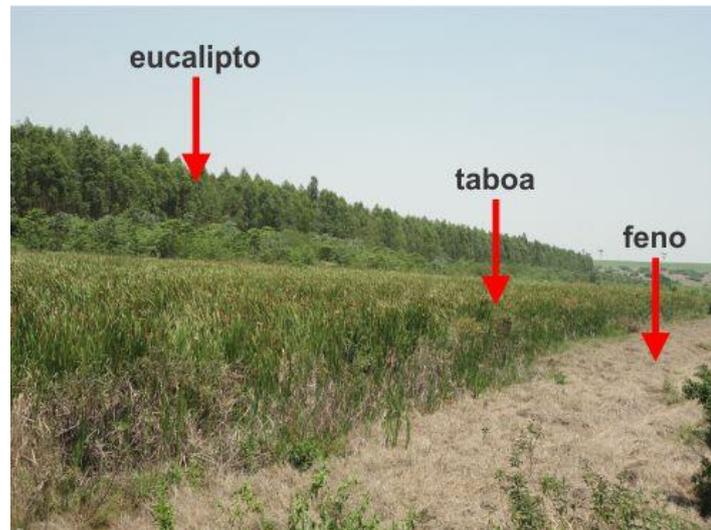
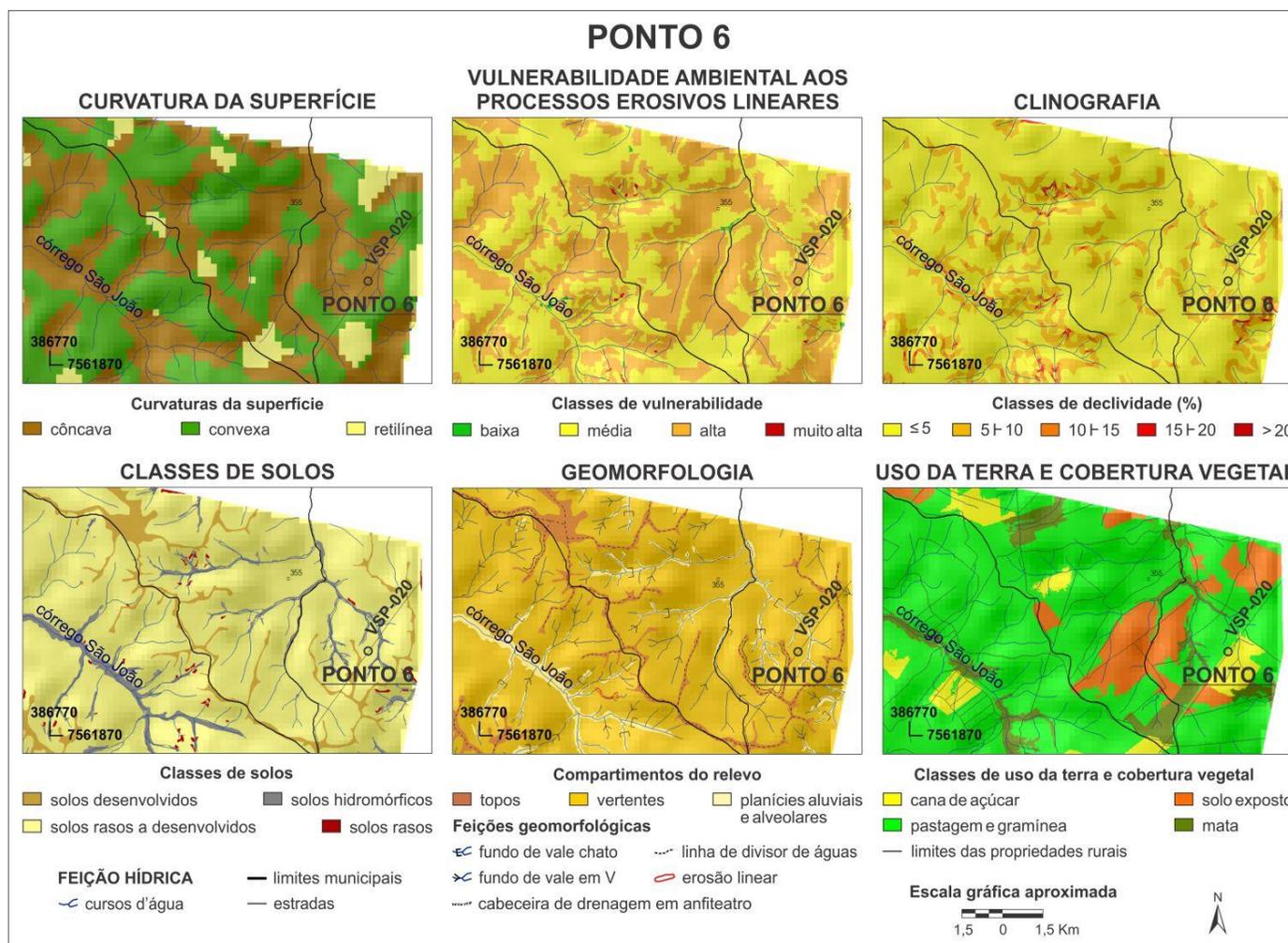


Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Sob esse contexto e visto que o grau de vulnerabilidade do entorno é alto, vale ressaltar a relevância do Ponto 5 na dinâmica erosiva linear como área de deposição de sedimentos, posterior à ação do *splash* e à etapa de transporte.

- *Ponto 6: ALTA vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 127)*

Figura 127. Ponto 6: alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



Elaboração: Melina Fushimi.

O Ponto 6 está no compartimento da vertente côncava das colinas onduladas (Figura 128), cuja feição geomorfológica propicia a convergência do escoamento superficial.

Figura 128. Colinas onduladas.



Foto: da autora, trabalho de campo, agosto de 2014.

Os solos são rasos a desenvolvidos – associação Argissolos e se apresentam alterados, perceptível pelos vestígios de queimada e de maquinário agrícola (Figura 129). À vista disso, o uso da terra é o solo exposto, porém, cenário temporário para posterior plantio de cana de açúcar, conforme observou-se em trabalhos de campo realizados. Além do mais, vale mencionar que estas atividades não prosseguem para Áreas de Preservação Permanente (Figura 130) dos fundos de vales próximos.

Figura 129. Vestígios de queimada e de maquinário agrícola.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Figura 130. Solo exposto e APP ao fundo.



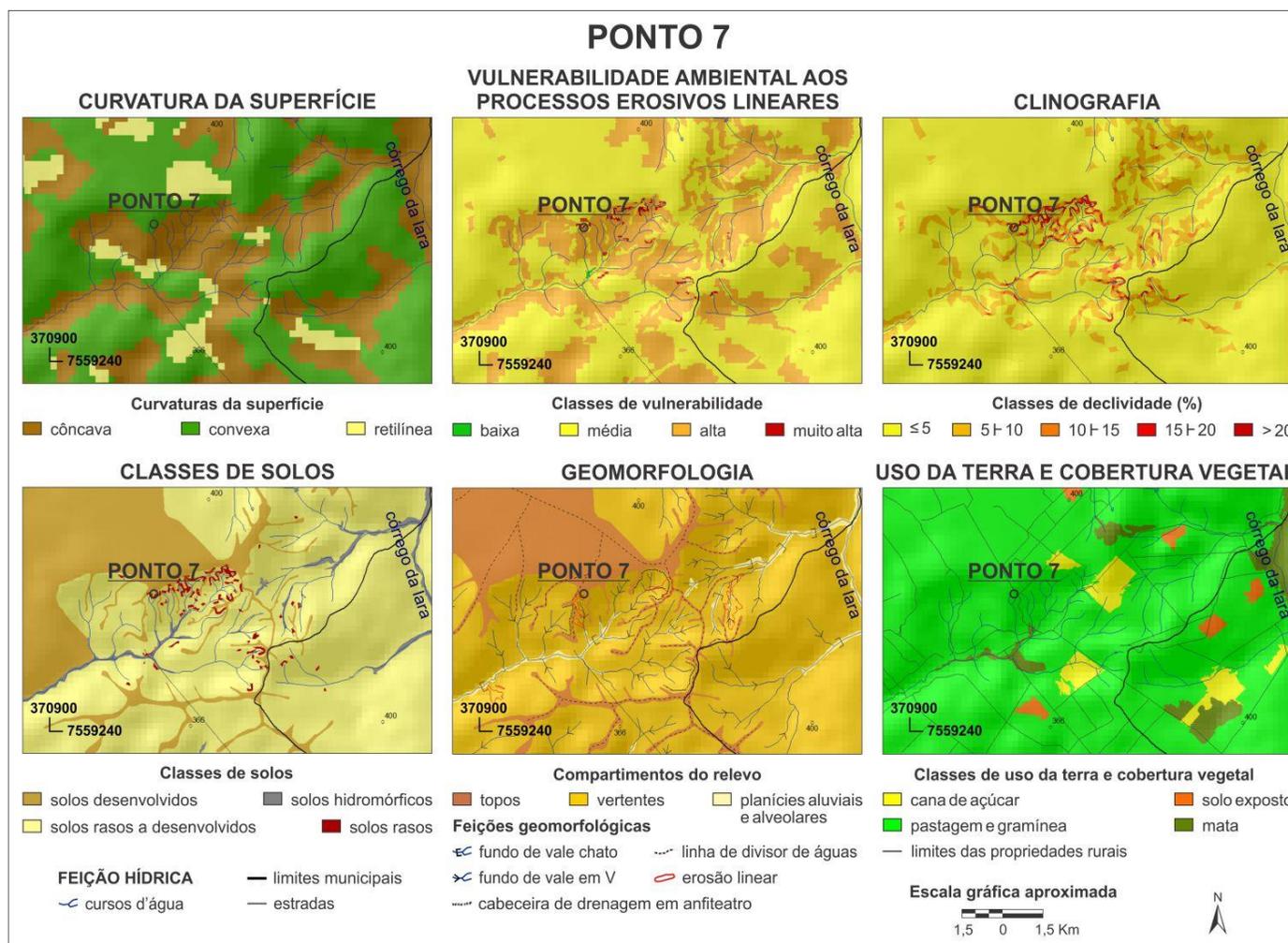
Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

A superfície, mesmo ao permanecer descoberta periodicamente e com declividades menores que 5%, indica alta vulnerabilidade à ação do *splash*, em que os sedimentos são removidos, transportados (na área de estudo, especialmente, pela precipitação) e depositados a jusante. Sob essas circunstâncias, os meios morfodinâmicos são intergrades.

Ademais, é importante mencionar que as paisagens com alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares também podem apontar uso da terra permanente, como a pastagem.

- *Ponto 7: MUITO ALTA vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 131)*

Figura 131. Ponto 7: muito alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.



Elaboração: Melina Fushimi.

Os solos são, em sua maioria, rasos – associação Neossolos, com afloramentos dos arenitos da Formação Caiuá (Figura 132). Tais rochas sedimentares e conseqüente horizonte pedológico dispõem elevada quantidade de areia e friabilidade, portanto, alteráveis aos agentes intempéricos.

Localmente, foi possível observar as *demoiselles* (Figura 133), isto é, formas de relevo relacionadas às pirâmides de baixa dimensão e protegidas por pequenas placas de rochas mais resistentes à erosão realizada pelo lençol de escoamento superficial (GUERRA; GUERRA, 2009).

Figura 132. Afloramentos dos arenitos da Formação Caiuá.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Figura 133. Feição de relevo do tipo *demoiselle*.

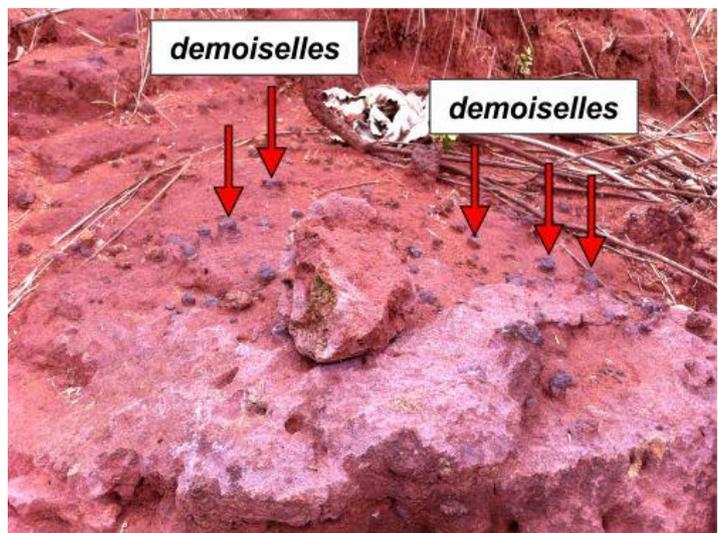


Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Combinado a estes atributos, geomorfologicamente, o Ponto 7 está localizado na transição entre os topos convexos e as encostas concavizadas das colinas onduladas (Figura 134), em que as declividades excedem 20%, constituindo-se em área fonte de sedimentos (montante). Como processos resultantes, pode-se mencionar o assoreamento dos cursos d'água sem matas ciliares e a formação de depósitos tecnogênicos (depósito sedimentar induzido aluvial) a jusante.

Figura 134. Relevo caracterizado por colinas onduladas.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Além disso, nas adjacências têm-se cabeceiras de drenagem em anfiteatro nas vertentes côncavas (Figura 135), com provável soterramento das nascentes, pois, embora a cobertura do solo seja a gramínea e há resquícios de matas secundárias, constatou-se a presença do gado, além do entorno muito alterado.

Figura 135. Cabeceira de drenagem em anfiteatro nas proximidades do Ponto 7.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Dessa forma, as paisagens estão bastante degradadas (Figura 136) – muito alta vulnerabilidade ambiental às feições erosivas lineares e meios morfodinâmicos fortemente instáveis – onde ocorrem sulcos e ravinas (Figura 137), além de rastejos (Figura 138). Caso não sejam implantadas medidas de recuperação, o quadro erosivo tende a acentuar.

Figura 136. Paisagens degradadas.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Figura 137. Paisagens degradadas, com sulcos e ravinas.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

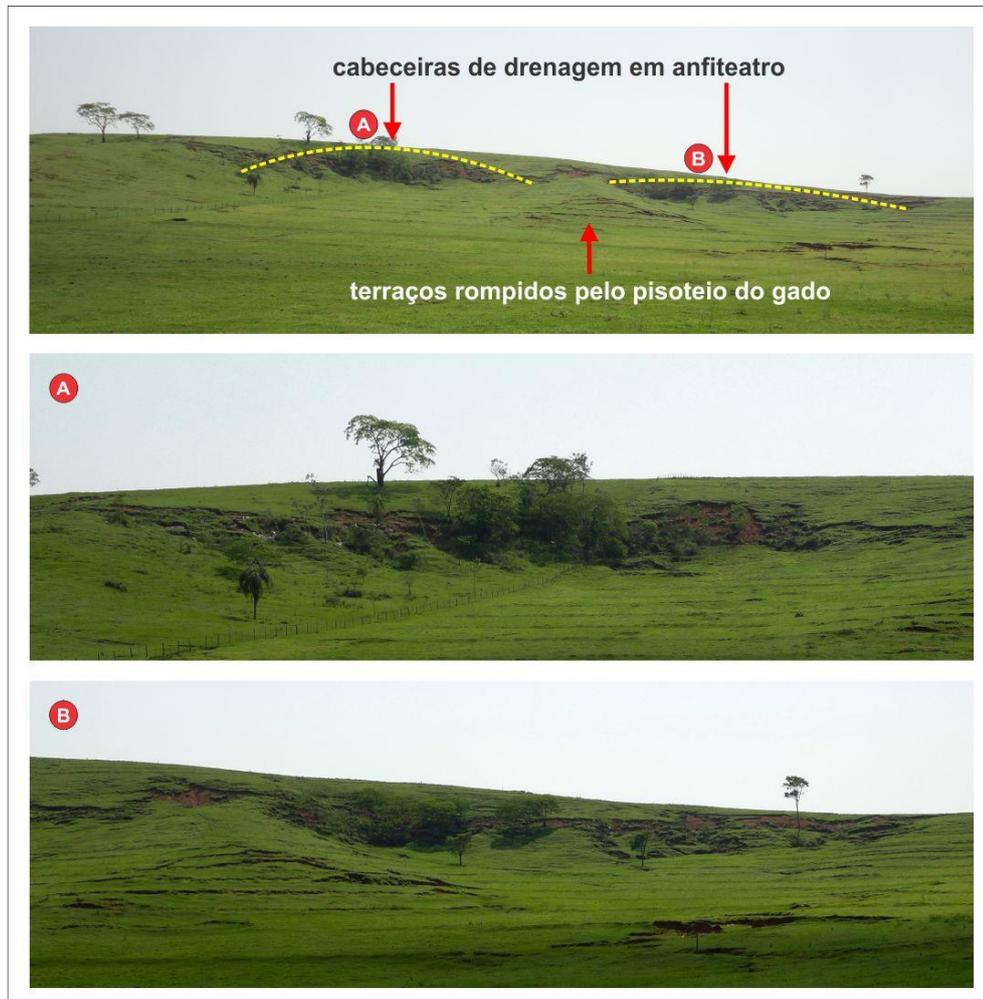
Figura 138. Rastejos.



Foto: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Em uma distância de, aproximadamente, 3.5 km do Ponto 7, têm-se condições semelhantes de paisagens degradadas e terraços rompidos pelo pisoteio do gado (Figura 139).

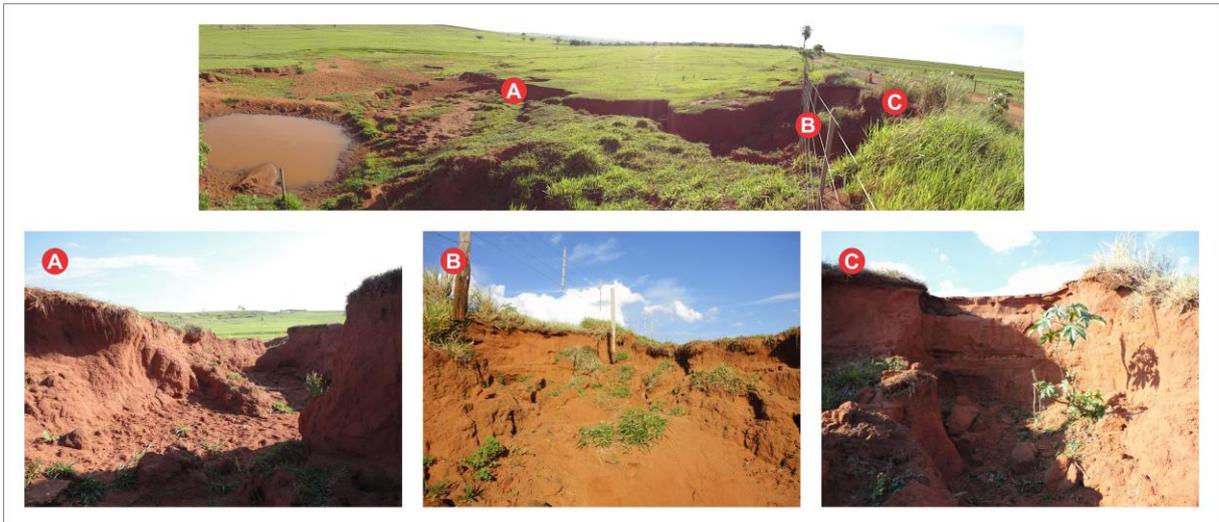
Figura 139. Paisagem degradada pela erosão.



Fotos: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Nas proximidades também se verificou a existência de focos erosivos do tipo ravina (Figura 140).

Figura 140. Focos erosivos do tipo ravina.



Fotos: da autora, trabalho de campo, maio de 2015.

Com base na classificação proposta pelo IPT, as ravinas são canais criados pela ação do escoamento superficial. Todavia, podem evoluir para voçorocas (apesar de não serem identificadas em campo), isto é, canais esculpidos pelo afloramento do aquífero freático.

De acordo com Weill e Pires Neto (2007), o uso da terra interfere na forma e intensidade de atuação da dinâmica erosiva. Nesse contexto, destaca-se o predomínio da pastagem no recorte de pesquisa, com decorrente pisoteio do gado que acelera a compactação do solo em formato de caminhos (Figuras 141 e 142), promovendo a diminuição da infiltração das águas das chuvas e o incremento do fluxo linear.

Figura 141. Pisoteio do gado que acelera o fluxo linear.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Figura 142. Pisoteio do gado em direção ao açude.



Foto: da autora, trabalho de campo, outubro de 2015.

Diante da conjuntura analisada e em conformidade com Bertrand (1968), em que a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos, as dinâmicas das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP abrangem aspectos naturais e sociais e, sobretudo, suas interações que resultam em níveis de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Posterior ao cumprimento dos objetivos geral e específicos estabelecidos para a presente tese e de acordo com a orientação teórico-metodológica e os resultados obtidos, têm-se as seguintes considerações:

O arcabouço teórico-metodológico ofereceu embasamento das concepções teóricas e práticas, bem como suas articulações. Sob a perspectiva do pensamento da complexidade, abordou-se a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares, o Geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica.

A partir de um dos princípios da complexidade, em que o todo é mais do que a soma das partes, do conceito de paisagem, apreendida como essencialmente dinâmica, e da ideia de vulnerabilidade, contemplou-se a inter-relação dos principais constituintes naturais e sociais (partes) que influenciam o aparecimento/aceleração de sulcos, ravinas e voçorocas (todo) de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

Além disso, destacam-se as representações espaciais como importantes instrumentos para o entendimento das paisagens.

A respeito do Mapa de Compartimentos do Relevo, com o uso do Sistema de Processamento de Imagens *Pushbroom*, têm-se como apontamentos: o programa possibilita a estereoscopia em ambiente digital e a delimitação de feições geomorfológicas georreferenciadas, em contraposição ao modo analógico. Por outro lado, possui limitações, sobretudo, em relação aos aspectos gráficos e ao restrito campo de visão, dificultando, por exemplo, a delimitação dos topos das colinas tabulares e aplainadas.

Os demais documentos cartográficos foram elaborados em ambiente SIG, cujas ferramentas viabilizaram a combinação de informações.

Neste contexto, destaca-se a interface do usuário com o meio computacional quem determina os fenômenos a serem apresentados em formato de mapas, com base em fatores, como trabalhos de campo, conhecimento empírico e percepção, além de optar pela(s) técnica(s) de inferência espacial que melhor se adequa(m) à finalidade proposta.

Com o intento de realizar o mapa de vulnerabilidade ambiental às manifestações erosivas do tipo linear, a escolha pela lógica *fuzzy* ou nebulosa,

especificamente, a Técnica do Processo Analítico Hierárquico, se mostrou adequada diante das possibilidades de integração dos dados e atribuição de pesos. No mais, proporcionou o mapeamento de maneira classificada: baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade, em contrapartida à lógica *booleana*.

Cabe ressaltar que a distribuição dos valores passou por diversos testes, a fim de que a espacialização resultante esteja, de fato, condizente com a realidade estudada.

No que concerne às classes de vulnerabilidade, em geral, a baixa vulnerabilidade está elencada às matas ciliares remanescentes, conseqüentemente, apenas 0.32% do recorte de pesquisa. A cobertura vegetal intervém no sentido de promover a dispersão das águas pluviais e a proteção direta contra a ação do *splash*. Dessa forma, propõe-se o cercamento do entorno para evitar o acesso do gado das proximidades.

Os meios morfodinâmicos estáveis se encontram nas planícies aluviais e alveolares em solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos e declividades inferiores a 5%. Em alguns cursos d'água ocorrem a deposição de sedimentos e depósitos tecnogênicos (depósito sedimentar induzido aluvial), ambos advindos de montante.

O grau de média vulnerabilidade adquire maior representatividade, com 65.15% da área estudada, em terrenos com declives menores que 5% dos topos das colinas tabulares e aplainadas, das colinas amplas suavemente onduladas e das colinas onduladas.

O meio morfodinâmico é intergrade e sugere-se a implantação de medidas conservacionistas, pois o uso da terra predominante é a pastagem e os solos são, em sua maioria, desenvolvidos – associação Latossolos e arenosos (aproximadamente, 80% de areia).

O terraceamento, por exemplo, é uma estrutura que visa conter a erosão hídrica e uma prática mecânica de conservação dos solos eficiente, desde que seja feita a manutenção dos camalhões (aterros). Em trabalhos de campo, observou-se que, em algumas propriedades rurais (como nos assentamentos), os terraços estavam conservados, já em outras foram rompidos pelo pisoteio do gado.

A alta vulnerabilidade (meio morfodinâmico intergrade) está em 34.45% da área total, principalmente, nas vertentes convexas e retílineas, em que as inclinações podem alcançar 15%. Os solos são rasos a desenvolvidos – associação

Argissolos e mais vulneráveis ao fluxo subsuperficial pelo acúmulo da fração argila no horizonte B. Em vários setores, os solos desenvolvidos – associação Latossolos se estendem dos topos para o compartimento da vertente.

A pastagem prevalece, todavia, verificou-se a expansão do cultivo de cana de açúcar e do solo exposto para seu consecutivo plantio. Assim, ainda que a atividade canavieira não esteja diretamente relacionada ao surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas, é relevante atentar-se quanto à erosão laminar, uma vez que não é perceptível a curto e médio prazo. Sobre o solo exposto, mesmo descoberto temporariamente, está vulnerável ao *splash*, ou seja, à fase inicial da dinâmica erosiva.

A classificação de muito alta vulnerabilidade apresenta-se nas vertentes concavizadas, cuja curvatura favorece a convergência da água precipitada e, portanto, o fluxo linear. Tal evento se intensifica perante às declividades acentuadas – superiores a 20% para a região.

Combinado a estes atributos, sobre solos rasos – associação Neossolos, onde afloram os arenitos da Formação Caiuá ou Adamantina, tem-se o pastoreio intensivo do gado, o qual acelera a compactação do solo e acarreta a erosão, sendo uma das formas de degradação mais recorrente no Extremo Oeste Paulista.

Os meios morfodinâmicos são fortemente instáveis, constituídos por sulcos e ravinas e, embora totalizem somente 0.08%, requerem atenção quanto ao desenvolvimento de voçorocas, em conformidade com o quadro erosivo das áreas adjacentes.

Como consequência, pode ocorrer o soterramento de nascentes, perda de solos férteis, assoreamento, com o comprometimento da qualidade e quantidade das águas e formação de depósitos tecnogênicos (depósito sedimentar induzido aluvial).

Por conseguinte, conclui-se que a hipótese da pesquisa foi comprovada, visto que, a partir do pressuposto de que a análise das dinâmicas das paisagens, ao integrar elementos naturais e sociais (uso da terra), define relações de vulnerabilidade.

É válido salientar que, apesar da expressiva influência da sociedade por meio do uso da terra, características da natureza, como solos arenosos, vertentes côncavas e declividades acentuadas também viabilizam a ocorrência de focos erosivos, entretanto, com menor intensidade.

Com o intuito de conservar os solos e evitar a erosão, sugere-se plantio e cultivo em nível, rotação de culturas, manejo de restos culturais e calagem. Nas paisagens degradadas têm-se como alternativas as medidas de estabilização propostas pela Embrapa, dentre elas, a construção de paliçadas ou pequenas barragens.

Nesse sentido, evidenciam-se os prognósticos e diagnósticos no âmbito da interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. As ideias enfatizam a conjunção científica: o primeiro termo pressupõe atuação em equipe e o segundo se refere à capacidade de dialogar, compreender e incorporar a Geografia aos outros campos do conhecimento por intermédio do planejamento ambiental.

Por fim, espera-se que este trabalho colabore para o planejamento ambiental, zoneamento ambiental e ordenamento territorial, assim como subsidiar estudos posteriores, no que se refere ao aprofundamento das reflexões acerca do pensamento da complexidade, das pesquisas sobre vulnerabilidade (ao incluir outras variáveis sociais), dinâmicas de subsuperfície e mapeamentos em escala detalhada.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará.** 2010. 278 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.
- ALMEIDA, M. C. Introdução/Mapa inacabado da complexidade. In: SILVA, A. A. D.; GALENO, A. (Orgs.). **Geografia: ciência do complexus: ensaios transdisciplinares.** Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 9-41.
- AMORIM, A. **Utilização de modelos estereoscópicos híbridos na atualização cartográfica.** 2000. 124 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse methodologique. Digitalização, correção e editoração: José Tadeu Garcia Tommaselli. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**", Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.
- BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: Uma Análise Climatológica Aplicada.** 2000. 264 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- BRAIDO, L. M. H. **Geocomplexo: Interação de elementos naturais e sociais - Produção e expansão da cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do rio Paranapanema - PR / SP.** 2015. 182 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo.** Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634 p. (SNPA, Boletim 12).
- BURROUGH, P. A. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. **Journal of Soil Science**, v. 40, p. 477-492, sep. 1989.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems.** New York: Oxford University Press, 1998. 333 p.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 2-6.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 7-41.

CÂMARA, G.; MOREIRA, F. R.; BARBOSA, C.; ALMEIDA FILHO, R.; BÖNISCH, S. Técnicas de inferência geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 241-288.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO II, F. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, may./jun. 1996.

CAMPANHARO, L. S. L. O. **Impactos socioambientais decorrentes da formação do reservatório da UHE Sérgio Motta no município de Presidente Epitácio/SP**. 2003. 68 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

CARVALHO, M. B. Geografia e complexidade. In: SILVA, A. A. D.; GALENO, A. (Orgs.). **Geografia: ciência do complexus: ensaios transdisciplinares**. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 67-131.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 146 p.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO (**CESP**). Disponível em: <<http://www.cesp.com.br>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, 20, 4, p. 529-539, 1996.

DANTAS, E. M. Caminhos de uma geografia complexa. In: SILVA, A. A. D.; GALENO, A. (Orgs.). **Geografia: ciência do complexus: ensaios transdisciplinares**. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 237-252.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 42-76.

EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. Raster procedures for multicriteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 61, n. 5, p. 539-547, may. 1995.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPq). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA – CNPq. Documentos; 1).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **ConservaSolo**. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/conservasolo/>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Formas de Controle da Erosão Linear**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br>>. Acesso em: 09 jul. 2014.

FELIPE, M. C. P. **Mapeamento dos compartimentos de relevo do município de Estrela do Norte-SP e adjacências**. 2015. 106 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: FEPAF, 2006. 268 p.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. 2012. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

GERASIMOV, I. P.; MECERJAKOV, J. A. Morphostructure. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold Book, 1968.

GODOY, B. **História de Presidente Epitácio**. Presidente Epitácio: [s.n.], 2002.

GODOY, M. C. T. F. **Estudo hidrogeológico das zonas não saturada e saturada da Formação Adamantina, em Presidente Prudente, Estado de São Paulo**. 1999. 156 p. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOMES, J. M.; VELHO, L. **Computação Visual: Imagens**. Rio de Janeiro: SBM, 1995.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guimarães (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 222 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 149-209.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 652 p.

HASEGAWA, J. K. **Sistema de orientação e restituição de imagens de satélites**. Presidente Prudente, UNESP/FCT – Departamento de Cartografia, 2010.

HASEGAWA, J. K. Desenvolvimento de um Sistema de Orientação e Restituição de Estereogramas Orbitais. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2011, Curitiba. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2011. p. 2383-2390.

HELPERICH, G. **O cosmos de Humboldt**: Alexander von Humboldt e a viagem à América Latina que mudou a forma como vemos o mundo. Tradução: Adalgisa Campos da Silva. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.downloads.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: 1:500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981 (Publicação IPT 1184).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, vol. II, 1981 (Publicação IPT 1183).

KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. **Rev. IG**, São Paulo, v. especial, p. 31-36, 1995.

KOZEL, S. Das “velhas certezas” a (re)significação do geográfico. In: SILVA, A. A. D.; GALENO, A. (Orgs.). **Geografia: ciência do complexus: ensaios transdisciplinares**. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 160-180.

LARANJEIRA, L. R. **Utilização da lógica fuzzy na caracterização de áreas favoráveis à disposição de resíduos sólidos no município de Americana (SP)**. 2003. 107 p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

LEMO, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84 p.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. Terraceamento agrícola. In:

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Coord.). **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. v. IV, p. 11-35.

MELO, R. M.; MELO, I. D. F.; ALBUQUERQUE JÚNIOR, E. C. Proposição de metodologia baseada em análise multicriterial (AHP) para avaliação de níveis de vulnerabilidade ambiental no estuário do Rio Formoso, PE. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO), 2010, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2010. p. 1-9.

**MEMORIAL DOS MUNICÍPIOS**. Disponível em:  
<<http://www.memorialdosmunicipios.com.br>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

MENEGUETTE, A. A. C. **Atlas Interativo do Pontal do Paranapanema: uma contribuição à Educação Ambiental**. 2001. Tese (Livre Docência em Cartografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, Polis, 1984.

MOREIRA, F. R. S. **Uso e avaliação de técnicas de integração e análise espacial de dados em pesquisa mineral aplicadas ao planalto de Poços de Caldas**. 2001. 164 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

MOREIRA, F. R. S.; ALMEIDA FILHO, R.; CÂMARA, G. Aplicação da Abordagem da Importação Semântica (IS) para caracterização de contatos geológicos. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 283-290.

MOREIRA, R. **O discurso do avesso: para a crítica da geografia que se ensina**. Rio de Janeiro: Dois Pontos, 1987.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003. 177 p.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 344 p.

MORIN, E.; LE MOIGNE, J.-L. **A inteligência da complexidade**. São Paulo: Peirópolis, 2000.

MORONI, B. G. **Presidente Epitácio - 100 anos da Fundação da Cidade**. Presidente Epitácio: [s.n.], 2011.

MOROZ – CACCIA GOUVEIA, I. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas**: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. 2010. 363 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOURA, J. C. Formação e manejo de pastagens. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Coord.). **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. v. III, p. 89-91.

**Munsell soil color charts**. New Windsor, N.Y.: Gretag Macbeth, Munsell Color, 2000.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape Ecology**: Theory and Application. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1993.

NUNES, J. O. R.; FREIRE, R.; PERES, I. U. Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: União da Geomorfologia Brasileira; International Association of Geomorphologists, 2006.

NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M. Mapeamento geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário, 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010.

NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M.; HASEGAWA, J.; SANTOS, C. A. M. Elaboração do Mapa dos Compartimentos de Relevo de parte do Município de Santo Anastácio-SP através das imagens tridimensionais ALOS PRISM. In: X Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2014, Manaus. **Anais...** Manaus, 2014.

NUNES, J. O. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. C. T.; PERUSI, M. C. A influência dos métodos científicos na Geografia Física. **Terra Livre**, Presidente Prudente, v. 2, n. 27, p. 119-130, jul./dez. 2006.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 112 p.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**: Legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999. 64 p. e mapa.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 57-99.

PEDRO MIYAZAKI, L. C. **Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo**: análise dos impactos e da vulnerabilidade nas cidades de Presidente Prudente/SP e Marília/SP. 2014. 265 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, A. A.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade (MG). **Rev. do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, v. 23, p. 4-26, 2012.

**PORTO TIBIRIÇÁ**. Disponível em: <<http://portotibirica.blogspot.com.br>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

**PROCESSAMENTO DIGITAL**. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

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

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Rev. do Departamento de Geografia – FFLCH-USP**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208 p.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Rev. do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 10, p. 41-58, 1997.

SAATY, T. L. **Multicriteria Decision Making**: The Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh: RWS Publications, 1992.

SAMIZAVA T. M. **SIG aplicado à avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário**: estudo de caso no município de Presidente Prudente – SP. 2006. 167 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, C. A. M. **Formas de relevo da cidade de Marília-SP**. 2006. 52 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SANTOS, R. **Meio ambiente e qualidade de vida na Estância Turística de Presidente Epitácio – São Paulo**. 2010. 374 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SÃO PAULO; SECRETARIA DE ENERGIA E SANEAMENTO; DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas**. São Paulo: DAEE/IPT, 1989. 92 p.

SAVIGEAR, R. A. G. A technique of morphological mapping. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 55, n. 3, p. 514-538, 1965.

SERRA FILHO, R.; CAVALLI, A. C.; GUILLAUMON, J. R.; CHIARINI, J. V.; NOGUEIRA, F. P.; IVNAKO, C. M.; BARBIEIRI, J. L.; DONZELI, P. L.; COELHO, A. G. S.; BITTENCOURT, I. Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 11, p. 1-53, ago. 1974.

SILVA, D. M. R. **Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais**. 2007. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SILVA NETO, J. C. A. **Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena - MS**. 2013. 291 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. **Soil Survey Manual**. United States: Department of Agriculture, 1993 (Handbook 18).

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno e múltiplo. **Rev. Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Universidad de Barcelona, n. 93, jul. 2001.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia: uma (re) leitura**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2002. 112 p.

SUERTEGARAY, D. M. A. Ambiência e pensamento complexo: resignific(ação) da geografia. In: SILVA, A. A. D.; GALENO, A. (Orgs.). **Geografia: ciência do complexus: ensaios transdisciplinares**. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 181-208.

SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.). **Terra: feições ilustradas**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 264 p.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, Universidade de São Paulo, 1973.

TAGLIANI, C. R. A. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações**. Galeria

de artigos acadêmicos. Disponível em: <www.fatorgis.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2014. 8 p.

TAVARES, A. C. **A erosão dos solos no contexto da análise ambiental: o exemplo do alto curso do rio São José dos Dourados**. 1986. 254 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TOMMASELLI, J. T. G.; FREIRE, O.; CARVALHO, W. A. Erosividade da chuva da Região Oeste do Estado de São Paulo. **Rev. Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 269-276, 1999.

TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Itu - oeste do Rio Grande do Sul - Brasil**. 2011. 220 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson & Cie, 1965.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p.

VINHA, T. M. **Elementos para elaboração de SIG no planejamento e gestão para expansão urbana em Álvares Machado-SP**. 2011. Não paginado. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

VITTE, A. C. A ciência geográfica: entre a crise da razão e a reconstrução do cosmos. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 1, n. 7, p. 1-11, 2007.

VITTE, A. C. A Ciência Humboldtiana e a Geografia Física. **Rev. Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 71-82, set./dez. 2011.

VITTE, A. C.; SILVEIRA, R. W. D. Considerações sobre os conceitos de natureza, espaço e morfologia em Alexander von Humboldt e a gênese da geografia física moderna. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 27, p. 77-94, 2010.

WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. Erosão e Assoreamento. In: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007. p. 39-58.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**. 1965. v. 8, p. 338-353.

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, A. A. F. M.; SILVA, A. N. R.; NEGRI, J. C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 183-199, mai./ago. 2005.

## ANEXOS

### ANEXO A – Definições de vulnerabilidade.

<b>Selected definitions of vulnerability</b>
<p><i>Gabor and Griffith (1980)</i> Vulnerability is the threat (to hazardous materials) to which people are exposed (including chemical agents and the ecological situation of the communities and their level of emergency preparedness). Vulnerability is the risk context.</p>
<p><i>Timmerman (1981)</i> Vulnerability is the degree to which a system acts adversely to the occurrence of a hazardous event. The degree and quality of the adverse reaction are conditioned by a system's resilience (a measure of the system's capacity to absorb and recover from the event).</p>
<p><i>UNDRO (1982)</i> Vulnerability is the degree of loss to a given element or set of elements at risk resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude.</p>
<p><i>Susman et al. (1984)</i> Vulnerability is the degree to which different classes of society are differentially at risk.</p>
<p><i>Kates (1985)</i> Vulnerability is the 'capacity to suffer harm and react adversely'.</p>
<p><i>Pijawka and Radwan (1985)</i> Vulnerability is the threat or interaction between risk and preparedness. It is the degree to which hazardous materials threaten a particular population (risk) and the capacity of the community to reduce the risk or adverse consequences of hazardous materials releases.</p>
<p><i>Bogard (1989)</i> Vulnerability is operationally defined as the inability to take effective measures to insure against losses. When applied to individuals, vulnerability is a consequence of the impossibility or improbability of effective mitigation and is a function of our ability to detect the hazards.</p>
<p><i>Mitchell (1989)</i> Vulnerability is the potential for loss.</p>
<p><i>Liverman (1990a)</i> Distinguishes between vulnerability as a biophysical condition and vulnerability as defined by political, social and economic conditions of society. She argues for vulnerability in geographic space (where vulnerable people and places are located) and vulnerability in social space (who in that place is vulnerable).</p>
<p><i>Downing (1991b)</i> Vulnerability has three connotations: it refers to a consequence (e.g., famine) rather than a cause (e.g., drought); it implies an adverse consequence (e.g., maize yields are sensitive to drought; households are vulnerable to hunger); and it is a relative term that differentiates among socioeconomic groups or regions, rather than an absolute measure of deprivation.</p>

<p><i>Dow (1992)</i> Vulnerability is the differential capacity of groups and individuals to deal with hazards, based on their positions within physical and social worlds.</p>
<p><i>Smith (1992)</i> Risk from a specific hazard varies through time and according to changes in either (or both) physical exposure or human vulnerability (the breadth of social and economic tolerance available at the same site).</p>
<p><i>Alexander (1993)</i> Human vulnerability is a function of the costs and benefits of inhabiting areas at risk from natural disaster.</p>
<p><i>Cutter (1993)</i> Vulnerability is the likelihood that an individual or group will be exposed to and adversely affected by a hazard. It is the interaction of the hazards of place (risk and mitigation) with the social profile of communities.</p>
<p><i>Watts and Bohle (1993)</i> Vulnerability is defined in terms of exposure, capacity and potentiality. Accordingly, the prescriptive and normative response to vulnerability is to reduce exposure, enhance coping capacity, strengthen recovery potential and bolster damage control (i.e., minimize destructive consequences) via private and public means.</p>
<p><i>Blaikie et al. (1994)</i> By vulnerability we mean the characteristics of a person or group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard. It involves a combination of factors that determine the degree to which someone's life and livelihood are put at risk by a discrete and identifiable event in nature or in society.</p>
<p><i>Bohle et al. (1994)</i> Vulnerability is best defined as an aggregate measure of human welfare that integrates environmental, social, economic and political exposure to a range of potential harmful perturbations. Vulnerability is a multilayered and multidimensional social space defined by the determinate, political, economic and institutional capabilities of people in specific places at specific times.</p>
<p><i>Dow and Downing (1995)</i> Vulnerability is the differential susceptibility of circumstances contributing to vulnerability. Biophysical, demographic, economic, social and technological factors such as population ages, economic dependency, racism and age of infrastructure are some factors which have been examined in association with natural hazards.</p>

Fonte: Cutter (1996).

ANEXO B – Programação em LEGAL para elaborar o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.

```

{
// Pesos a ser aplicados
// USO_COBERTURA = 0.203
// CLINOGRAFIA = 0.369
// COMP_RELEVO = 0.147
// CURVATURA = 0.147
// SOLOS = 0.100

// Razao de consistência
// CR = 0.072

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Tematico var1 ("USO_COBERTURA");
Tematico var2 ("CLINOGRAFIA");
Tematico var3 ("COMP_RELEVO");
Tematico var4 ("CURVATURA");
Tematico var5 ("SOLOS");

Tabela tab1 (Ponderacao);
tab1 = Novo (Categorialni = "USO_COBERTURA" ,
"mata":<0.0>,
"pastagem_graminea":<0.7>,
"solo_exposto":<0.9>,
"cana_acucar":<0.25>);

Tabela tab2 (Ponderacao);
tab2 = Novo (Categorialni = "CLINOGRAFIA" ,
"<5":<0.25>,
"5-10":<0.5>,
"10-15":<0.65>,
"15-20":<0.75>,
">20":<0.9>);

Tabela tab3 (Ponderacao);
tab3 = Novo (Categorialni = "COMP_RELEVO" ,
"topos":<0.25>,
"vertentes":<0.8>,
"planicies_alvéolos":<0.1>);

Tabela tab4 (Ponderacao);
tab4 = Novo (Categorialni = "CURVATURA" ,
"côncava":<0.9>,
"convexa":<0.75>,
"retilinea":<0.5>);

Tabela tab5 (Ponderacao);
tab5 = Novo (Categorialni = "SOLOS" ,
"solos_desenvolvidos":<0.4>,
"solos_rasos_desenvolvidos":<0.6>,
"solos_hidromórficos":<0.2>,
"solos_rasos":<0.8>);

// Definicao do dado de saida

Numerico var6 ("<VULNERABILIDADE_MNT>");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="<uso_cobertura>");
var2 = Recupere (Nome="<clinografia>");
var3 = Recupere (Nome="<comp_relevo>");
var4 = Recupere (Nome="<curvatura>");
var5 = Recupere (Nome="<solos>");

// Criacao do dado de saida

var6 = Novo (Nome="<vuln_MNT>", ResX=<30>, ResY=<30>, Escala=<50000>,
Min=0, Max=1);

// Geracao da media ponderada

var6 = 0.203*(Pondere(var1, tab1)) + 0.369*(Pondere(var2, tab2)) + 0.147*(Pondere(var3, tab3)) + 0.147*(Pondere(var4, tab4)) + 0.100*(Pondere(var5, tab5));
}

```