

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**GEODIVERSIDADE FUNCIONAL E OS RECURSOS HÍDRICOS**  
**SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS DE MERIDIANO – SP**

**RENATA LUCON XAVIER**

São Carlos

2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**GEODIVERSIDADE FUNCIONAL E OS RECURSOS HÍDRICOS**  
**SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS DE MERIDIANO – SP**

**RENATA LUCON XAVIER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Denise Balestrero Menezes

São Carlos

2023

Xavier, Renata Lucon

Geodiversidade funcional e os recursos hídricos  
superficiais e subterrâneos de Meridiano – SP / Renata  
Lucon Xavier -- 2023.  
149f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São  
Carlos, campus São Carlos, São Carlos  
Orientador (a): Denise Balestrero Menezes  
Banca Examinadora: José Augusto Di Lollo, José Eduardo  
Zaine  
Bibliografia

1. Geodiversidade. 2. Recursos hídricos. 3. Engenharia  
urbana. I. Xavier, Renata Lucon. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Renata Lucon Xavier, realizada em 27/04/2023.

**Comissão Julgadora:**

Profa. Dra. Denise Balestrero Menezes (UFSCar)

Prof. Dr. José Augusto Di Lollo (UNESP)

Prof. Dr. José Eduardo Zaine (UNESP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

À minha família. Obrigada por estarem ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Denise Balestrero Menezes, que nunca perdeu a confiança no meu trabalho e sempre soube o que fazer para me impedir de escorregar durante os momentos mais desafiadores. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados, pelo companheirismo e por me guiar nos primeiros passos da pós-graduação.

Aos professores membros da banca de qualificação e defesa, José Eduardo Zaine, Vandoir Bourscheidt e José Augusto Di Lollo, pelas valiosas contribuições dadas à pesquisa.

Aos funcionários da Prefeitura Municipal de Meridiano, Augusto e Valquíria, e ao Aroldo, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, pelo fornecimento de dados e materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais, Mauro e Elaine, irmãos, Rafaela e Rodrigo, e ao meu namorado, Lucas, por todo suporte emocional, partilhas e por me acompanharem nas visitas de campo quando foi preciso.

Às minhas amigas Isabella, Paula e Gabriela, com as quais compartilhei preocupações, descobertas e conquistas durante esta caminhada. Obrigada!

À Universidade Federal de São Carlos, pela qualidade e excelência de ensino, bem como pelo apoio financeiro concedido para participação de eventos, publicações e aquisição de materiais.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos que participaram direta ou indiretamente do desenvolvimento desta pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis. ”*

(José de Alencar)

## RESUMO

Com a crescente demanda por abastecimento de água e saneamento, é crucial adotar planos de gerenciamento para conservar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo mapear e quantificar a geodiversidade funcional do município de Meridiano, identificando fragilidades ambientais, como processos erosivos, nascentes secas e cursos d'água degradados, e potencialidades, como áreas propícias à recarga de aquíferos, a fim de subsidiar a gestão local dos recursos hídricos. Foram utilizadas diversas fontes de informações, complementadas por visitas de campo e integradas por meio do *software* QGIS. O índice de geodiversidade (IG) foi calculado a partir da sobreposição de uma grade de 500 m x 500 m nos mapas temáticos (densidade de drenagem, geologia, pedologia e geomorfologia), contabilizando os elementos em cada célula. O IG variou de 3 a 11, sendo as áreas de alta classificação e os hotspots mais concentrados na Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, devido à maior diversidade de rochas, solos, relevos e cursos d'água principais. Por sua vez, a Bacia Hidrográfica Turvo/Grande, com menor densidade de drenagem, apresentou maior capacidade de infiltração, favorecendo a recarga de aquíferos e a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos. As formações geológicas locais são predominantemente compostas por arenitos altamente permeáveis e porosos, contribuindo para a formação de solos com textura arenosa, também permeáveis, que auxiliam na manutenção dos aquíferos, bem como na sobrevivência dos rios e córregos durante períodos de estiagem. A sobreposição do mapa de uso e ocupação do solo com o mapa de geodiversidade revelou que áreas de cultivo de citrus e cana-de-açúcar estão próximas de muitas nascentes, indicando que práticas agrícolas não sustentáveis podem contaminar e reduzir a disponibilidade dessas águas superficiais, devido ao manejo inadequado do solo e ao uso de produtos químicos, representando um risco também para as águas subterrâneas. A metodologia adotada nesta pesquisa foi eficiente para identificar as fragilidades e potencialidades da geodiversidade funcional em relação aos recursos hídricos, e o mapeamento integrado das informações revelou-se crucial para uma análise abrangente. Os resultados deste estudo têm potencial contribuição para a temática da geodiversidade, especialmente no contexto da geodiversidade funcional, que é menos explorada em pesquisas. A classificação dos IGs oferece subsídios para a implementação de medidas de manejo ecossistêmico, sobretudo para os recursos hídricos.

**Palavras-chave:** planejamento; conservação; SIG; características geoambientais; mapeamento.



## ABSTRACT

With the growing demand for water supply and sanitation, it is crucial to adopt management plans to conserve the quality and quantity of surface and groundwater resources. In this context, this study aimed to map and quantify the functional geodiversity of Meridiano municipality, identifying environmental vulnerabilities such as erosive processes, dry springs, and degraded watercourses, as well as potential areas for aquifer recharge, to support local water resource management. Multiple sources of information were used, supplemented with field visits and integrated using QGIS software. The geodiversity index (GI) was calculated by overlaying a 500 m x 500 m grid on thematic maps (drainage density, geology, pedology, and geomorphology) and tallying the elements in each cell. The GI ranged from 3 to 11, with high-ranking areas and hotspots concentrated in the São José dos Dourados River Basin due to greater diversity in rocks, soils, landforms, and major watercourses. Conversely, the Turvo/Grande River Basin, with lower drainage density, exhibited higher infiltration capacity, favoring aquifer recharge and availability of groundwater resources. Local geological formations consist predominantly of highly permeable and porous sandstones, contributing to the formation of permeable sandy soils, which help maintain aquifers and sustain rivers and streams during dry periods. Overlaying the land use and occupancy map with the geodiversity map revealed that citrus and sugarcane cultivation areas are in close proximity to numerous springs, indicating that unsustainable agricultural practices can contaminate and reduce the availability of these surface waters due to improper soil management and chemical use, posing a risk to groundwater as well. The methodology employed in this research proved effective in identifying the vulnerabilities and potentials of functional geodiversity concerning water resources, while the integrated mapping of information proved crucial for a comprehensive analysis. The results of this study have the potential to contribute to the field of geodiversity, particularly within the context of functional geodiversity, which is less explored in research. The classification of GIs provides valuable insights for the implementation of ecosystem management measures, especially in relation to water resources.

**Keywords:** planning; conservation; GIS; geoenvironmental features; mapping.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Classificação taxonômica do relevo.....	34
<b>Figura 2</b> – Aplicação da técnica de avaliação do terreno .....	35
<b>Figura 3</b> – Localização de Meridiano.....	36
<b>Figura 4</b> – (A) Cemitério do Santo Antônio do Viradouro e (B) histórica Boiadeira na entrada do povoado .....	38
<b>Figura 5</b> – Estrada visualizada por Alfredo Maria Adriano d'Escragnolle Taunay, primeiro e único visconde de Taunay .....	39
<b>Figura 6</b> – Processamento das etapas metodológicas .....	41
<b>Figura 7</b> – Etapas de ensaios das amostras de solo. (A) teste de sujar as mãos; (B) resistência do torrão seco; (C) desagregação do torrão submerso; (D) mobilidade da água intersticial; (E) dispersão em água e (F) teste de mineralogia com ímã.....	44
<b>Figura 8</b> – (A) Traçado da base de dados original; (B) interpretação do relevo e vegetação local; (C) traçados finais com os cursos prováveis (linhas tracejadas), cursos existentes (linhas contínuas) e reservatórios (polígonos).....	47
<b>Figura 9</b> – (A) Área de mosaico identificada; (B) interpretação das imagens de satélite e visualização de uma APP; (C) reclassificação da APP. ....	49
<b>Figura 10</b> – (A) Formação florestal identificada (2021); (B) interpretação das imagens de satélite e visualização do plantio de seringueira; (C) reclassificação da área de plantio de seringueira a partir dos pixels existentes e de traçados lineares.....	49
<b>Figura 11</b> – (A) Traçado original das unidades geológicas e (B) após detalhamento .....	50
<b>Figura 12</b> – (A) Traçado pedológico original e (B) após detalhamento.....	51
<b>Figura 13</b> – Tipos de perfis de encostas .....	53
<b>Figura 14</b> – Distribuição espacial de alguns padrões de drenagem. (1) Dendrítica; (1A) Retangular dendrítica; (1B) Pinada; (2) Retangular; (2A) Treliça; (3) Paralela .....	54
<b>Figura 15</b> – Exemplificação do cruzamento de dados.....	57
<b>Figura 16</b> – Classificação dos fluxos das redes de drenagem .....	59
<b>Figura 17</b> – Cursos intermitentes.....	60
<b>Figura 18</b> – Cursos perenes .....	61
<b>Figura 19</b> – Uso do solo .....	63
<b>Figura 20</b> – Aterro localizado em Meridiano (A) e lixão a céu aberto (B) .....	65
<b>Figura 21</b> – Área de mudas de <i>citrus</i> (A) e tanque de irrigação (B) .....	66
<b>Figura 22</b> – Mapa geológico.....	67

<b>Figura 23</b> – Visualização dos basaltos nas margens; (B) perfil da rocha; (C) basalto pouco alterado duro, muito fraturado .....	68
<b>Figura 24</b> – Cursos d’água com a identificação de afloramentos de basalto.....	69
<b>Figura 25</b> – Perfil de basaltos às margens da antiga cava de extração, no ponto 234.....	69
<b>Figura 26</b> – À esquerda; afloramento de basalto no solo e à direita; rocha com características de alteração superficial .....	70
<b>Figura 27</b> – À esquerda, delimitação dos basaltos e do solo, com nível de seixos basal; à direita, amostra de solo arenoso e seixos da linha de seixos .....	70
<b>Figura 28</b> – À esquerda, visualização do perfil 100; à direita, caracterização dos horizontes	71
<b>Figura 29</b> – À esquerda, visualização do perfil 228; à direita, caracterização dos horizontes	72
<b>Figura 30</b> – (A) Rochas presentes no leito do Ribeirão São João; (B) Arenito alterado duro; (C) estratificação plano-paralela na margem; (D) Arenito alterado da margem .....	73
<b>Figura 31</b> – Perfil do ponto 206 mostrando afloramento de água na base do arenito .....	73
<b>Figura 32</b> – (A) Afloramento de arenito na calha do rio; (B) rocha amostrada Am 2; (C) coloração clara da areia fina; (D) visualização das camadas em disposição de lâminas; (E) afloramento de arenito na encosta; (F) perfil da rocha no local; (G) rocha amostrada Am 1; (H) Visualização das camadas de ferro/mangans .....	75
<b>Figura 33</b> – Sulcos do ponto 240.....	76
<b>Figura 34</b> – À esquerda, visualização do perfil 104; à direita, solo ressecado marcando presença do silte. ....	76
<b>Figura 35</b> - (A) Horizonte B do perfil 109; (B) Amostra do horizonte B; (C) Horizonte C do perfil 109; (D) Amostra do horizonte C .....	77
<b>Figura 36</b> – À esquerda, caixa de contenção de erosão; à direita, amostra da rocha alterada mole .....	78
<b>Figura 37</b> – À esquerda, arenito claro erodido; à direita, solo vermelho com limonitas.....	78
<b>Figura 38</b> – (A) Perfil de amostras; (B); Arenito alterado duro da Amostra 1; (C) Fragmentos de arenito e nódulos de limonita da Amostra 1; (D) Arenito alterado da Amostra 2.....	79
<b>Figura 39</b> – À esquerda, represa do ponto 202; à direita, rocha de limonita vesicular .....	80
<b>Figura 40</b> – Córrego Sucuri; (B) Amostra de arenito alterado mole; (C) Laterita alterada mole; (D) Laterita pouco alterada; (E) Laterita alterada dura .....	81
<b>Figura 41</b> – Afloramento de Perfil da Formação Vale do Rio do Peixe.....	81
<b>Figura 42</b> – Mapa pedológico.....	82
<b>Figura 43</b> – Colorações diferentes observadas nos pontos (A) 105, (B) 216 e (C) 218.....	84

<b>Figura 44</b> – À esquerda, visualização do perfil do ponto 256; à direita, solo característico de alteração.....	85
<b>Figura 45</b> – Pacotes aluvionares dos pontos (A) 212 e (B) 239.....	86
<b>Figura 46</b> – Curva granulométrica do ponto 212.....	87
<b>Figura 47</b> – Curva granulométrica do ponto 239.....	87
<b>Figura 48</b> – Pontos amostrados às margens do Rio São José dos Dourados.....	89
<b>Figura 49</b> – Carta hipsométrica de Meridiano.....	91
<b>Figura 50</b> – Carta de declividade de Meridiano.....	92
<b>Figura 51</b> – Carta geomorfológica.....	93
<b>Figura 52</b> – Seção-tipo do sistema 1.....	94
<b>Figura 53</b> – Vista panorâmica do sistema 1 no ponto 242.....	94
<b>Figura 54</b> – Seção-tipo do sistema 2.....	94
<b>Figura 55</b> – Vista panorâmica do sistema 2 no ponto 226.....	95
<b>Figura 56</b> – Seção-tipo do sistema 3.....	95
<b>Figura 57</b> – Seção-tipo do sistema 4.....	95
<b>Figura 58</b> – Vista panorâmica do sistema 4 no ponto 249.....	96
<b>Figura 59</b> – Seção-tipo do sistema 4.....	96
<b>Figura 60</b> – Suscetibilidade à erosão da área de estudo.....	97
<b>Figura 61</b> – Processos erosivos em pontes e canalizações de cursos d’água.....	98
<b>Figura 62</b> – Processos erosivos nas estradas rurais e carreadores.....	99
<b>Figura 63</b> – Processos erosivos em cursos d’água.....	100
<b>Figura 64</b> – Índice de diversidade de densidade de drenagem.....	102
<b>Figura 65</b> – Índice de diversidade geológica.....	103
<b>Figura 66</b> – Índice de diversidade pedológica.....	104
<b>Figura 67</b> – Índice de geodiversidade geomorfológica.....	105
<b>Figura 68</b> – Índice de geodiversidade.....	106
<b>Figura 69</b> – Índice de geodiversidade final.....	107
<b>Figura 70</b> – Uso e ocupação do solo x índice de geodiversidade em faixas de IGs mais altos na área de estudo.....	110

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Classes de relevo segundo a declividade .....	51
<b>Tabela 2</b> – Comprimento e quantidade de segmentos das camadas vetoriais. ....	59
<b>Tabela 3</b> – Áreas das classes de uso do solo.....	64
<b>Tabela 4</b> – Classificação granulométrica dos solos .....	86
<b>Tabela 5</b> – Distribuição das classes de geodiversidade no município.....	107

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Síntese dos dados utilizados.....	45
<b>Quadro 2</b> – Unidades de terreno reconhecidas na área estudada e critérios de reconhecimento das mesmas.....	52
<b>Quadro 3</b> – Critérios de descrição das unidades de terreno identificadas na área estudada ...	53
<b>Quadro 4</b> – Classificação tátil-visual das amostras de solo .....	88
<b>Quadro 5</b> – Caracterização do perfil do ponto 100 .....	90
<b>Quadro 6</b> – Caracterização do perfil do ponto 109 .....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SP	São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
N.A.	Nível de Água
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
<i>et al.</i>	E outros
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
m	Metros
km	Quilômetros
ANA	Agência Nacional de Águas
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
SIMA	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
CBH – SJD	Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados
IG	Instituto Geológico
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CBH – TG	Comitê de Bacia Hidrográfica Turvo/Grande
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS	Mato Grosso do Sul
EFA	Estrada de Ferro Araraquense
mm	Milímetro
Fm.	Formação
NBR	Norma técnica brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
USAF	<i>United States Air Force</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
APP	Área de Preservação Permanente
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto

MDE	Modelo Digital de Elevação
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano
ID	Identity
IDW	<i>Inverse Distance Weighted</i>
RCC	Resíduos Construção Civil
cm	Centímetro
Am	Amostra
IG	Índice de Geodiversidade
Nº	Número



## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
< >	Maior ou menor
+	Adição
=	Igual

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	OBJETIVOS.....	21
1.1.1	Objetivos Gerais .....	21
1.1.2	Objetivos Específicos .....	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1	GEODIVERSIDADE.....	22
2.1.1	Valores da Geodiversidade e Geodiversidade Funcional.....	23
2.1.2	Quantificação da Geodiversidade.....	26
2.2	UNIDADES DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	29
2.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....	32
3	Metodologia.....	36
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	36
3.1.1	Localização.....	36
3.1.2	História .....	37
3.1.3	Aspectos gerais e características do meio físico.....	39
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	41
3.2.1	Trabalhos de Campo.....	42
3.2.2	Ensaio de solos.....	43
3.2.3	Preparação das Bases Temáticas .....	44
3.2.3.1	Base Cartográfica.....	46
3.2.3.2	Rede Hidrográfica.....	46
3.2.3.3	Uso e Ocupação do Solo.....	48
3.2.3.4	Geologia.....	50
3.2.3.5	Pedologia .....	50
3.2.3.6	Geomorfologia.....	51
3.2.4	Cruzamento de Dados para o Índice de Geodiversidade Funcional.....	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
4.1	CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL.....	58
4.1.1	Rede Hidrográfica.....	58
4.1.2	Uso do Solo .....	62
4.1.3	Geologia .....	66
4.1.3.1	Formação Serra Geral .....	67

4.1.3.2 Formação Araçatuba.....	70
4.1.3.3 Formação Vale do Rio do Peixe .....	74
4.1.4 Solos e perfis de intemperismo.....	82
4.1.5 Geomorfologia.....	90
4.1.5.1 Carta geomorfológica .....	92
4.1.6 Processos Erosivos .....	96
4.2 ÍNDICES DE GEODIVERSIDADE DE MERIDIANO.....	101
4.2.1 Índice de diversidade de densidade de drenagem.....	101
4.2.2 Índice de Diversidade Geológica.....	102
4.2.3 Índice de Diversidade Pedológica.....	103
4.2.4 Índice de Diversidade Geomorfológica .....	104
4.2.5 Índice de Geodiversidade .....	105
5 CONCLUSÕES.....	113
REFERÊNCIAS .....	116
APÊNDICES .....	123

## 1 INTRODUÇÃO

O caminho que a humanidade percorreu até que chegasse aos dias atuais seguiu diversas mudanças e evoluções, assim como as paisagens. Ao longo do tempo geológico a natureza foi se desenhando e com isso, estudos foram surgindo a respeito de seus aspectos físico-geográficos (FREIRE, 2017), originando o que se conhece por geodiversidade.

A paisagem relaciona-se fortemente com o geossistema e a geodiversidade pelo fato de transmitir a visualização daquilo que é percebido e fornecer os meios de estudo desse campo (FREIRE, 2017; OLIVEIRA, 2017). Para Oliveira (2017), a paisagem é composta por uma abundância de recursos naturais, como rochas e águas subterrâneas, que necessitam de conservação e correto manuseio.

O objetivo de se estudar a geodiversidade é a busca pelo aproveitamento dos recursos naturais, compreensão das ameaças que a utilização dos mesmos pode causar no meio físico e para conservação e gestão do patrimônio natural (GRAY, 2004). Por ter sido iniciado paralelamente aos estudos da biodiversidade, estes se sobressaíram, deixando o tema à deriva e ocasionando uma fraqueza conceitual (GRAY, 2004; SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007).

Segundo Sharples (2002), as perturbações no meio implicam que a geodiversidade pode ser tão sensível quanto a biodiversidade. Os seres vivos dependem fortemente das partes não vivas do ambiente e por isso a geoconservação e bioconservação devem estar integradas, de forma a promover o equilíbrio da natureza.

As razões de planejar e conservar os recursos se fundamentam na atribuição de valores para a geodiversidade (BRILHA, 2005; GRAY, 2004). A utilidade que o meio abiótico tem para a humanidade é chamada de “valor funcional”; questão explorada nesse estudo. Segundo as interpretações de Brilha (2005), o valor funcional refere-se ao papel da geodiversidade como receptora das atividades humanas.

Ao se tratar de recursos hídricos, Gray (2004) cita que o valor funcional pode ser identificado na capacidade que a geodiversidade tem de armazenar água em aquíferos subterrâneos ou lagos superficiais. Mochiutti *et al.* (2012) explicam que a associação das características da topografia e da litologia de determinados locais condicionam uma grande quantidade de nascentes. Esses pontos de ocorrência de fontes naturais, aliados ao tipo de solo (fertilidade), podem favorecer o desenvolvimento de vegetação e com isso, contribuir para uma boa vazão de água durante o ano (MOCHIUTTI *et al.*, 2012).

Entretanto, no que tange à degradação ambiental, muitos são os impactos causados nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos devido às ações antrópicas e à crescente demanda por abastecimento de água e saneamento.

Segundo Heller e Pádua (2006), as alterações no meio físico geram consequências em épocas chuvosas, como o aumento descontrolado das vazões, causando assoreamento dos corpos d'água e erosões do solo. Ademais, a capacidade de retenção de água nos mananciais superficiais é diminuída com a retirada da cobertura vegetal ao ocupar o território das bacias, resultando em vazões menores no período de estiagem.

De acordo com Brilha (2005), o abastecimento de água a partir da captação subterrânea tem um papel fundamental em épocas de seca, quando se torna um estoque seguro diante do esgotamento das águas superficiais disponíveis. Porém, o uso desenfreado sem monitoramento adequado pode causar lentidão na recarga natural e diminuir o nível dos lençóis freáticos, implicando diretamente nas águas superficiais, já que estão intimamente conectadas (HELLER; PÁDUA, 2006).

As preocupações dos gestores com as estruturas antrópicas antecedem à promoção de conhecimentos sobre a diversidade não biótica, o que pode trazer consequências negativas para a gestão e conservação dos recursos naturais (PEREIRA; URUSHIMA; YAMASHIKI, 2020). Quando a geodiversidade de um ambiente é ignorada, perde-se a oportunidade de entender e aprender com a história ambiental da região, a qual pode fornecer informações valiosas para explicar e solucionar problemas ambientais presentes ou futuros, como inundações, deslizamentos de terra ou secas (PEREIRA; URUSHIMA; YAMASHIKI, 2020).

Ao se planejar as cidades ou qualquer intervenção no meio físico, é preciso adotar políticas que promovam uma expansão sustentável, sempre em busca de uma exploração racional dos bens (PEIXOTO, 2010; PEREIRA; URUSHIMA; YAMASHIKI, 2020).

O planejamento das cidades do Oeste do Estado de São Paulo, por exemplo, influenciou no tipo adotado de captação de água para o abastecimento urbano. Os municípios se instalaram em relevos mais altos, recorrendo à construção de poços devido à grande distância dos rios, que se situam nos relevos mais baixos. Além disso, essas cidades (principalmente interioranas) possuem mapeamentos (geológico, pedológico, geomorfológico, hidrográfico, etc.) em escala de pouco detalhe, dificultando o planejamento, como é o caso da cidade de Meridiano – SP.

A ausência de informações hidrográficas ou cartas de maior detalhe do território são obstáculos na tomada de decisões, uma vez que um mapeamento detalhado pode orientar gestores para reversão de cenários produzidos por utilização equivocada dos recursos hídricos e nas ocupações do solo, os quais prejudicam a qualidade e quantidade dos mesmos.

Diante do exposto, esta pesquisa busca mapear e estudar a geodiversidade funcional e em especial as águas superficiais e subterrâneas do município de Meridiano por meio das suas características geoambientais, de modo a identificar fragilidades e potencialidades como forma de subsídio para um planejamento dos recursos hídricos locais.

As captações hídricas em Meridiano são suficientes para cobertura de 100% da população com abastecimento de água, feito por captações subterrâneas (SABESP, 2020), através de poços tubulares que extraem água do Aquífero Bauru e das falhas e fraturas dos basaltos do Aquífero Serra Geral (CPRM, 2021). Os poços mais rasos, predominantes de uso doméstico, são abastecidos pelo Aquífero Bauru e variam entre profundidades do N.A. de 48 m a aproximadamente 111 m, enquanto os mais profundos, geralmente para abastecimento público e industrial, captam água dos basaltos da Formação Serra Geral, variando entre os N.A de 120 m a 1.290 m (CPRM, 2021). Atualmente são 26 poços cadastrados no sistema SIAGAS (CPRM, 2021) e 21 no portal do DAEE (DAEE, 2022). No SIAGAS, 4 dos poços profundos são de atendimento exclusivo do município, 3 localizados na sede e 1 no distrito de Santo Antônio do Viradouro (SABESP, 2020).

A maioria dos poços em Meridiano cadastrados no SIAGAS (CPRM, 2021) não apresenta informações de hidroestatigrafias, um dado básico para autorização da sua construção. Essa falta de conhecimento pode gerar exploração indiscriminada da água subterrânea, impactar as águas superficiais e ainda comprometer sua qualidade e quantidade disponível. Da mesma forma, compreender os aspectos do meio em que estão inseridos contribui para impor medidas para identificação e mitigação das fontes de contaminação e uma política para ordenamento do uso desses recursos, garantindo disponibilidade e potabilidade futura (STRADIOTO; TERAMOTO; CHANG, 2019).

A grande extensão do Aquífero Bauru e suas características que variam de livre a semiconfinado favorecem sua exploração, o que gera maior exposição à contaminação devido às atividades humanas (STRADIOTO; TERAMOTO; CHANG, 2019; VICENTE; LIMA; MARQUES, 2018).

Além disso, o local de estudo tem necessitado cada vez mais de uma grande demanda de água superficial e subterrânea para irrigação no desenvolvimento das suas atividades econômicas principais: cana-de-açúcar e agropecuária, que agora dividem espaço com *citrus*, uma nova cultura em expansão (MAPBIOMAS, 2021). Neste viés, identificar a geodiversidade funcional e suas implicações no armazenamento de água é importante para proteção e melhoria da gestão desses elementos.

O processo de quantificação da geodiversidade é uma tarefa complexa, principalmente porque os critérios para sua realização não são bem definidos (BRILHA, 2005) e não há consenso em uma metodologia ideal para todas as áreas (CRISP, 2020; GRAY, 2021). No entanto, o estudo deste campo é fundamental, pois além de melhorar a gestão dos impactos pelo uso inapropriado de determinada área, permite que as limitações e potencialidades sejam identificadas, resultando num diagnóstico do meio físico como ferramenta para o desenvolvimento de atividades sustentáveis (PEIXOTO, 2010). Ademais, como a área possui mapeamentos em escalas pouco detalhadas, o levantamento de informações para geração de mapas temáticos em maior escala pode ser uma oportunidade para proporcionar maiores contribuições para o município.

Assim, como Meridiano ainda é uma cidade pequena e encontra-se em crescimento, com pouco conhecimento sobre aspectos abióticos do geossistema e deficiência de políticas e legislações para o ordenamento do território, a pesquisa faz-se necessária para gerar subsídios na gestão local, na busca por um desenvolvimento com aproveitamento dos recursos que seja ambientalmente sustentável.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivos Gerais**

A pesquisa objetiva o estudo das características geoambientais do município de Meridiano – SP por meio da geodiversidade funcional e suas implicações nas águas superficiais e subterrâneas, a fim de detectar fragilidades e potencialidades do meio como subsídio para um melhor planejamento e manejo dos recursos hídricos.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Constituem os objetivos específicos:

- Levantar informações funcionais da área para composição de uma base de dados;
- Detalhar a base de dados para contribuir em uma gestão mais sustentável do ambiente;
- Caracterizar e avaliar os parâmetros de geodiversidade para identificação das capacidades e limitações do meio e implicações nos recursos hídricos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 GEODIVERSIDADE

Há relatos de que a origem do termo se deu por meio do geógrafo Federico Alberto Daus na década de 1940 para ao se referir a “diversidade geográfica” (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007). Gray (2004) diz ser difícil datar sua primeira utilização, mas acredita que o termo atual “geodiversidade” pode ter sido criado na Tasmânia na década de 1990 por vários cientistas de forma independente como um paralelo ao termo “biodiversidade”.

Para Serrano e Ruiz-Flaño (2007), essas terminologias foram formuladas pela acumulação gradual de conhecimentos quanto a riqueza e variedade natural da Terra; no entanto, a fraqueza conceitual da geodiversidade deixou o campo à deriva. De acordo com Brilha (2005) e Serrano e Ruiz-Flaño (2007), a geodiversidade é um condicionante da biodiversidade, no entanto, as políticas públicas de conservação patrimônio natural têm a propensão de priorizar a segunda em relação à primeira.

Quanto à definição, Nieto (2001) descreve geodiversidade como a quantidade e variedade dos elementos que compõem dois grupos do substrato de um determinado local, sendo as estruturas (sedimentares, tectônicas, geomorfológicas, hidrogeológicas e petrográficas) e os materiais geológicos (minerais, rochas, fósseis e solos).

Gray (2004) apresenta um conceito similar no primeiro livro dedicado à temática, sendo a diversidade geológica (minerais, rochas e fósseis), geomorfológica (forma da terra e processos) e propriedades do solo.

Seguindo as propostas da *Royal Society for Nature Conservation*, Brilha (2005) considera que a geodiversidade é tudo aquilo que sustenta a vida terrestre, como as características geológicas, fenômenos e processos que originam as paisagens, fósseis, rochas, minerais e solos.

Desenvolvendo-se em simultaneidade com a pesquisa internacional (SILVA, 2008), o termo foi passando por maiores refinamentos no Brasil, sendo apresentado nacionalmente junto com uma síntese dos geossistemas brasileiros, em que o Serviço Geológico do Brasil definiu como:

“[...] a natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, solos, águas, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento



da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, científico, o educativo e o turístico” (CPRM, 2006, p. 4).

Diante das constatações, considera-se que a geodiversidade é o estudo dos elementos não vivos que constituem parte do geossistema, o qual, segundo Silva (2008), é fundamentado pela tríplice de elementos abióticos, bióticos e antrópicos.

Serrano e Ruiz-Flaño (2007) acreditam no pertencimento das atividades antrópicas ao conceito de geodiversidade, entretanto, a maioria dos pesquisadores não adotam essa ideologia, pois sua inclusão “dilui a geodiversidade em um conceito amplo, sem aplicação prática para a resolução de problemas comuns” (PEREIRA *et al.*, 2013, p. 541).

A utilização do conceito pelo Serviço Geológico do Brasil foi importante para mapeamento da geodiversidade do país (CPRM, 2006) e difusão dos elementos constituintes da mesma. Neste mapeamento também foi apresentada uma síntese de limitações e potencialidades dos geossistemas (CPRM, 2006), entretanto, o mapa baseou-se somente em dados litoestratigráficos e recursos minerais, desconsiderando elementos importantes para gestão do uso da terra, como a geomorfologia, pedologia e hidrografia.

Segundo Gray (2021) geodiversidade não se trata apenas da diversidade geológica, mas também a diversidade da pedologia, geomorfologia e hidrologia (dois últimos tópicos pouco considerados como parte da área da Geologia).

Assim, a geodiversidade está presente nas paisagens e nas características do meio físico em que vivemos, estando suscetível a sofrer danos caso haja uma intervenção inadequada (SILVA, 2008). Segundo o autor, necessitamos da geodiversidade para sobrevivência e desenvolvimento social, pois é dela que extraímos matérias-primas vitais. No entanto, esse ato feito sem conhecimento pode prejudicar nossa qualidade de vida e do meio ambiente, já que alguns elementos, se modificados, removidos ou destruídos podem gerar mudanças irreversíveis.

### **2.1.1 Valores da Geodiversidade e Geodiversidade Funcional**

Ao definir o conceito de geodiversidade no Brasil, a CPRM atribuiu valores à mesma (CPRM, 2006), uma ideia que já havia sido discutida por outros pesquisadores. Segundo Mochiutti *et al.* (2012), atribuir um valor não implica somente a questão monetária, pois existem outros valores que podem ser quantificados sob outras perspectivas senão a econômica.

A atribuição de valores para geodiversidade é fundamentada nas razões de planejar e conservar todos esses recursos (BRILHA *et al.*, 2013).

Sharples (2002) citou em seu trabalho três tipos de valores para geodiversidade: intrínseco, que diz respeito ao valor próprio ou de existência da natureza em si; ecológico, que se relaciona ao suporte para o desenvolvimento e manutenção dos sistemas e processos naturais; e o valor antropocêntrico, que se refere à importância da geodiversidade para a humanidade. Mais tarde, Gray (2004) apresentou uma abordagem mais elaborada com sete categorias de valores: intrínsecos, culturais, estéticos, econômicos, científicos/educacionais e funcionais. O enfoque de Gray (2004) em seu estudo, além de mostrar uma versão expandida do assunto, foi inserir mais um valor na lista daqueles que já haviam sido apresentados no meio acadêmico: o valor funcional. Apesar, destes valores terem servido de base para outros importantes trabalhos e discussões, como Brilha (2005) e a própria conceituação nacional da CPRM (2006), o valor funcional tem sido raramente discutido na conservação da natureza.

O valor intrínseco é o mais difícil de descrever, pois carrega subjetividade e é de difícil quantificação. Ele se refere ao seu valor próprio, simplesmente pelo que os elementos são e não pela sua utilidade para o homem, ou seja, é um valor de existência (GRAY, 2004; BRILHA 2005).

O valor cultural é atribuído pela sociedade a algum aspecto do ambiente físico que contribui para desenvolvimento social, seja religião, crenças, costumes, monumentos históricos, etc. Assim, a atribuição do valor é necessária para conservar as paisagens e os recursos envolvidos (GRAY, 2004; BRILHA 2005).

Assim como o valor intrínseco, subjetivo e não passível de quantificação, tem-se o valor estético. Esse valor é atribuído à observância das paisagens como resultado da diversidade topográfica responsável por formações de cadeias montanhosas, lagoas, rios, litorais e outros locais que atraem pessoas para geoturismo, atividades de lazer e até servem de inspiração artística devido à beleza e apelo visual (GRAY, 2004; BRILHA 2005).

O valor econômico da geodiversidade refere-se à sua capacidade de gerar benefícios monetários para a sociedade por meio da exploração de materiais geológicos para produção de energia, para utilização em construção civil, fabricação de outros produtos e outros recursos minerais, como extração de água subterrânea (GRAY, 2004; BRILHA, 2005).

Os valores científicos ou educacionais se baseiam na investigação da geodiversidade para interpretar e reconstruir a história da Terra (BRILHA, 2005), avaliar impactos atuais e potenciais futuros (desmatamento, poluição, prevenção de riscos, etc.) e ensinar as Ciências da Terra para o público em geral (GRAY, 2004).

Por fim, tem-se o valor funcional, dividido em duas vertentes: (i) o valor funcional utilitário da geodiversidade *in situ* e (ii) o valor funcional enquanto sustento da biodiversidade (substrato que mantém os sistemas físicos e ecológicos na Terra) (GRAY, 2004).

No caso (i), o valor é atribuído a tudo aquilo que se mantém em seu local de origem, sendo então oposto ao valor econômico, pois neste segundo caso, os elementos são extraídos e explorados. A geodiversidade *in situ* (local) tem grande utilidade para o desenvolvimento das atividades humanas. A combinação entre elementos de relevo, tipo de solo ou rocha, por exemplo, é determinante para definição do uso do solo, seja para assentamentos residenciais, área para a agricultura ou outros tipos de instalações, como vias de comunicação, indústrias e hidrelétricas (GRAY, 2004).

Outra utilidade mencionada por Gray (2004) é a capacidade de armazenamento do solo e da rocha, que define áreas importantes como cursos d'água superficiais, campos de petróleo, gás e aquíferos.

No caso (ii), o valor é atribuído a todo ambiente e sistema físico que é funcional para biodiversidade: litorais, rios, desertos, montanhas, geleiras, etc., os quais determinam a adaptação das diversas espécies de vida na Terra (GRAY, 2004), ou seja, o valor funcional da geodiversidade como condicionante para implantação e desenvolvimento de espécies em um local particular (BRILHA, 2005).

Segundo Araujo e Pereira (2018), os valores funcionais devem ser considerados tanto quanto os outros são, bem como os valores econômicos, pois a avaliação da geodiversidade deve focar não apenas na conservação de fósseis, rochas raras e minerais, formas de relevo e paisagens, mas também na gestão de minerais, recursos energéticos não renováveis e recursos hídricos, que são essenciais para o desenvolvimento das atividades humanas.

Após a determinação da geodiversidade de uma determinada área, são encontrados os *hot spots*, ou seja, os locais com maior diversidade de elementos abióticos (SILVA *et al.*, 2013). Esses locais são importantes para aplicar iniciativas de conservação (HJORT; LUOTO, 2010).

Porém, Gray (2021) diz que os trabalhos de mapeamento de geodiversidade não devem ser usados somente para fins de geoconservação (como por exemplo, para conservar áreas mais ricas em geodiversidade), porque geossítios importantes podem ocorrer em áreas de baixa geodiversidade e áreas de alta geodiversidade podem não ter geossítios importantes.

De qualquer forma, a mensuração da geodiversidade é importante, dentre outros propósitos, para analisar as mudanças ao longo do tempo, relacionar a geodiversidade à biodiversidade ou desenvolver estratégias de gestão e planejamento da terra (GRAY, 2021). Entretanto, antes é necessário definir como a geodiversidade será mensurada e, segundo

análises feitas por Crisp (2020) e Gray (2021), os trabalhos publicados ao longo dos anos tem mostrado dificuldade em se chegar a um consenso sobre um método satisfatório que funcione para todas as áreas.

### 2.1.2 Quantificação da Geodiversidade

Há duas maneiras de se caracterizar a geodiversidade, quantitativamente e qualitativamente. Ambas devem estar fundamentadas em três principais questionamentos: (1) quais os tipos de elementos da geodiversidade presentes em uma determinada área e sua distribuição espacial, que determina a escala da análise; (2) qual o objetivo da caracterização e representação cartográfica e (3) qual a metodologia e critérios para a caracterização e avaliação da geodiversidade (BRILHA *et al.*, 2018; ZWOLIŃSKI, Z. *et al.*, 2018).

A abordagem qualitativa diz respeito aos valores da geodiversidade rotulados ou avaliados de forma não numérica, que fornece antes a distribuição espacial dos elementos da geodiversidade em vez da distribuição espacial de sua diversidade (BRILHA *et al.*, 2018). Na abordagem quantitativa, as análises são baseadas em um conjunto de parâmetros numéricos e indicadores que dependem de mapas da diversidade (BRILHA *et al.*, 2018). Esta segunda abordagem é a mais apropriada para o planejamento do uso da terra, conservação da natureza e gestão da paisagem (BRILHA *et al.*, 2018).

A título de exemplo de abordagens quantitativas, Kozłowski (2004) fez uma avaliação da geodiversidade no sul da Polônia a partir do relevo. Serrano e Ruiz-Flaño (2007) sugeriram a aplicação de uma fórmula para cálculo do índice de geodiversidade em uma área da Espanha, a qual relacionam a variedade de elementos físicos (geomorfológico, hidrológico, pedológico) com a rugosidade e superfície geológica. Já Benito-Calvo *et al.* (2009) combinaram três mapas da Península Ibérica para obtenção de uma classificação do terreno em índices de geodiversidade: mapa morfométricos, morfoclimáticos e geológicos.

Ruban (2010) considera que a geodiversidade pode ser quantificada como uma simples soma de tipos de geossítios. Primeiro, considera a ocorrência de geossítios na área de estudo, a quantidade então é somada, obtendo um índice total. Depois, é feita uma atribuição de pesos para cada elemento de geodiversidade. Isso é feito em razão de o autor considerar que há classes diferentes de importância de acordo com a região. O peso final do geossítio será aquele de maior ordem, por exemplo "se a importância paleontológica é apenas local, enquanto a estratigráfica é global, todo o geossítio tem uma classificação global" (RUBAN, 2010, p. 327, tradução nossa).

Entretanto, Hjort e Luoto (2010), Pellitero *et al.* (2015) e Pereira *et al.* (2013) discordam da metodologia proposta por Ruban (2010), pois concluem que o trabalho não considera todo o conceito de geodiversidade e deixa vários critérios essenciais sem solução, como os métodos de avaliação da geodiversidade, fator de escala e modo de apresentação dos resultados.

Zwoliński (2009) quantificou a geodiversidade também a partir de três mapas: energia do relevo, fragmentação do relevo e preservação das formas de relevo. Nota-se que essa metodologia, assim como Kozłowski (2004), dá enfoque maior no relevo e desconsidera outros componentes da geodiversidade; no entanto, Zwoliński (2009) iniciou a utilização de uma metodologia bem difundida posteriormente: a divisão das áreas de estudo por meio da utilização de grades em SIG.

O cálculo de índices através do uso de procedimentos em SIG e álgebra de mapas tem se intensificado e se tornado muito relevante (BRILHA *et al.*, 2018). A abordagem espacial mais comumente usada em SIG por estudiosos é o sistema de grade (CRISP, 2021) que consiste na sobreposição de uma grade sobre uma área e contagem do número de elementos dentro de cada quadrado da grade (individualmente), para então um mapa de geodiversidade ser produzido combinando as contagens (PEREIRA *et al.*, 2013; GRAY, 2021).

Hjort e Luoto (2010) também utilizaram dessa abordagem. Os autores determinaram os elementos de geodiversidade da região norte da Lapônia, Finlândia (aproximadamente 285 km<sup>2</sup>) a partir da definição de Gray (2004) e Serrano e Ruiz-Flaño (2007): geologia, geomorfologia e hidrologia. Entretanto, excluíram pedologia e topografia pela dificuldade em determinar as propriedades do solo na escala da paisagem e também porque é equivocado, na concepção dos autores, considerar a topografia como um elemento da geodiversidade. Os elementos foram mapeados usando levantamentos de campo, fotografias aéreas e outras fontes de dados publicadas. Posteriormente, utilizaram ambiente SIG para compilação dos dados, onde adotaram um sistema de grade de 500 m x 500 m e produziram quatro medidas de geodiversidade: (1) número de elementos diferentes, (2) gênese dos elementos geomorfológicos, (3) tempo de formação e (4) índice de geodiversidade segundo Serrano e Ruiz-Flaño (2007).

A metodologia de grade é a mais adequada para medição da geodiversidade, conforme cita Zwoliński (2009). No entanto, afirma que o maior problema da adoção desse sistema é a definição do tamanho da grade, que deve ser escolhida com base na faixa de tamanho dos elementos.

Pereira *et al.* (2013) utilizam Serrano e Ruiz-Flaño (2007) como base para proposta (quantificação de toda gama de diversidade geológica natural), no entanto, os autores fazem

uma crítica ao trabalho, cuja tendência é limitar a geodiversidade a elementos geomorfológicos somente, assim como Kozłowski (2004). Dessa forma, os autores utilizam como indicativos de geodiversidade as definições de Gray (2004): relevo, rochas, solos, recursos minerais e registros fósseis.

A metodologia de quantificação de Pereira *et al.* (2013) é baseada no cálculo de índices numéricos sobre cada elemento de geodiversidade do estado do Paraná - Brasil (aproximadamente 199.570 km<sup>2</sup>) que possui mapeamentos pré-existent. A escala de mapas adquiridos foi de 1:500.000 e 1:650.000. Para chegar ao índice de geodiversidade os autores dividiram a área de estudo em uma grade de 25 km x 25 km, resultando em 371 quadrículas. Dentro de cada quadrícula foi calculada a soma do número de ocorrência dos elementos de geodiversidade (valores parciais) obtidos da grade de cada mapeamento em particular: unidades geológicas, geomorfológicas (hidrografia e limites geomorfológicos), pedológicas e paleontológicas. Desse modo, o índice parcial geológico em uma quadrícula contendo 3 tipos de formações (exemplo) será o próprio número de formações na quadrícula (maior número de elementos). Por fim, o índice de geodiversidade final atribuído a cada quadrícula é a soma dos índices parciais. Esses valores permitiram a confecção de um mapa de isolinhas de índices de geodiversidade.

A vantagem dessa metodologia é a possibilidade de trabalhar com diversas escalas, visto que a falta de dados uniformes é a realidade de muitos locais. No entanto, a vantagem torna-se também uma desvantagem, pois é necessário equilibrar o detalhamento das informações no mapeamento final (PEREIRA *et al.*, 2013). De acordo com Zwoliński (2018) a maior dificuldade consiste na adoção de escalas adequadas, pois a geodiversidade é reflexo da grande complexidade da paisagem de uma determinada área e por isso, o processo de pesquisa deve levar em consideração a variedade de métodos de pesquisa sobre o tema, bem como seu mapeamento e documentação.

Outra vantagem desta metodologia proposta por Pereira *et al.* (2013) é a igual consideração dos componentes da geodiversidade, ou seja, não há supervalorização de um único elemento, problema identificado pelos autores em metodologias anteriores, como o enfoque dado na geomorfologia e relevo.

Mais autores surgiram posteriormente com a adoção de metodologia de grade, como Pellitero *et al.* (2015). No entanto, a proposta foi diferente de Pereira *et al.* (2013), pois calcularam a geodiversidade segundo índice proposto por Serrano e Ruiz-Flaño (2007). Apesar disso, Pellitero *et al.* (2015) abordam uma questão importante como a aplicação de uma hierarquia de escala nas classes que fazem parte do cálculo de geodiversidade de modo que

todos os recursos que podem ser simbolizados em um determinado intervalo de escala podem ser usados para calcular a geodiversidade. Além disso, contribuem para um maior detalhamento quanto à adoção do tamanho da grade, já que não há método concreto para tal. A pesquisa se desenvolveu em duas áreas de estudo. Na primeira, em Fuentes Carrionas (175 km<sup>2</sup>), Espanha, o tamanho da grade foi de 100 m x 100 m, a escala média adotada foi 1:10.000. Ao que parece, a escala adotada foi aquela de maior detalhe das informações pré-existentes (1:10.000 a 1:50.000). A segunda foi feita na Serra do Cadeado (4.426 km<sup>2</sup>), Brasil, com escalas variáveis de 1: 100.000 e 1: 250.000. O tamanho da grade foi 1,1 km x 1,1 km (pixel do SRTM desta área). A conclusão de Pellitero *et al.* (2015) quanto às escalas foi de que medidas de gestão podem ser melhor direcionadas em escalas locais, pela facilidade de implantação de medidas de proteção e conservação, ideia também compartilhada por Gray (2013).

Santos *et al.* (2017) seguem a proposta de Pereira *et al.* (2013) para quantificação da geodiversidade de Búzios, Brasil, numa célula de 500 m x 500 m. Também surgem os trabalhos de Silva *et al.* (2013) e Araujo e Pereira (2018), ambos com complementações na metodologia de Pereira *et al.* (2013) e enfoques hidrológicos. Silva *et al.* (2013) trabalham com a Bacia Hidrográfica do Xingu (511.000 km<sup>2</sup>), Brasil, em uma grade de 13,8 km x 13,8 km. Araujo e Pereira (2018) utilizam uma grade de 12 km x 12 km para estudo do Estado do Ceará (148.886 km<sup>2</sup>), Brasil, e fazem melhorias quanto a consideração dos recursos hídricos a partir da geração de quatro novos mapas: de precipitação média anual, de fluxo específico de águas subterrâneas, hierarquia dos rios [como Pereira *et al.* (2013)] e reservatórios de água.

## 2.2 UNIDADES DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A garantia de água para gerações presentes e futuras tem sido ameaçada pelo conflito de interesses em relação ao seu uso e distribuição desigual. Os interesses sobre essa utilização são variados e pode-se visualizá-los sob distintas perspectivas: enquanto ecossistema aquático, sob prisma energético, irrigação, lazer e turismo, saneamento, entre outros. Apesar da diversidade, todos os pontos de vista se preocupam com a mesma questão, a quantidade e a qualidade (ANA, 2011).

Para administração desses interesses e no contexto da necessidade de fundamentar leis para gestão dos recursos hídricos no Brasil, surgem os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs). Segundo a ANA (2011), a principal decisão a ser tomada pelo comitê é a aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, basicamente um plano diretor para os usos da água que reúne informações estratégicas para gestão da respectiva bacia hidrográfica. Dentre as

técnicas que constroem o plano, destacam-se as avaliações das condições de disponibilidades e de demandas de água, perspectiva futura dos usos e propostas para criação de áreas sujeitas a restrições de uso visando proteção dos recursos hídricos (por exemplo, áreas de recargas de aquíferos e de nascentes).

A Agência Nacional de Águas (ANA) definiu doze regiões hidrográficas brasileiras. O estado de São Paulo tem grande parte de seu território na bacia do Paraná, com uma pequena porção contribuindo para a região hidrográfica chamada Atlântico Sudeste e outra contribuindo para a região hidrográfica Atlântico Sul (SIMA, 2018).

De modo a propor formas de gestão descentralizadas dos recursos hídricos em nível regional e municipal, buscou-se fragmentar bacias em sub-bacias, as chamadas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI. Atualmente, o estado de São Paulo possui 22 UGRHIs, cujos órgãos consultivos e deliberativos de gerenciamento das mesmas são os já mencionados CBHs (SIMA, 2018).

O estado de São Paulo foi o pioneiro para adoção desse novo modelo de gestão das águas, aprovado pela Lei 7.663/91 (SÃO PAULO, 1991). Segundo essa mesma lei, competem aos CBHs, por meio de sua secretaria executiva, a elaboração do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, um instrumento importante para avaliação da eficácia do Plano Estadual de Recursos Hídricos e dos Planos de Bacias Hidrográficas (SÃO PAULO, 1991).

O Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, com objetivo de traçar um retrato da situação ambiental das bacias (SÃO PAULO, 1991), foi desenvolvido inicialmente com diversos mapeamentos das áreas e extenso estudo acerca de vários aspectos locais, e por isso receberam o nome de Relatório Zero.

A área de estudo deste trabalho está inserida em duas regiões hidrográficas e por isso, possui dois Relatórios Zero referentes à Bacia Hidrográfica Turvo/Grande (UGRHI – 15) e à Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados (UGRHI – 18). Em ambos os documentos, elaborados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1999a, 1999b), foram apresentadas as características gerais e físicas da bacia. Também é relatado sobre a disponibilidade e qualidade hídrica, usos e demandas, fontes de poluição e considerações quanto às áreas degradadas por processos erosivos, inundações e minerações, dentre outras diversas análises.

No que tange às características gerais, são apresentados mapeamentos na escala 1:250.000 com a localização da bacia no estado de São Paulo, delimitação das sub-bacias, municípios que a compõem e região de governo.



Para caracterização física, os relatórios (IPT, 1999a, 1999b) trazem, também em escala 1:250.000, mapas de geologia, geomorfologia, pedologia. Esse compilado de dados é necessário para diversos municípios de pequeno porte por possuírem déficit de informações em escala de maior detalhamento.

Acerca da disponibilidade e qualidade hídrica, usos e demandas e fontes de poluição, são apresentados os mapas de localização de postos pluviométricos e fluviométricos, mapas de pontos de captação e lançamento, mapa de poços tubulares e mapa de qualidade das águas e disposição de resíduos, todos representados na escala 1:250.000. Em mesma escala, foi disponibilizado um mapa de suscetibilidade à erosão para tratar das áreas degradadas.

Em 2010, o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica São José dos Dourados (CBH – SJD, 2010) apresentou um mapa diagnóstico na escala 1:250.000; nele, além dos indicadores diagnósticos avaliados (oferta, demanda e atendimento de água), há outros sub-mapas de: suscetibilidade à erosão realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em 2008, aquíferos da bacia e sua potencialidade realizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)/Instituto Geológico (IG)/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)/IPT em 2005 e vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação feito pelo IG/DAEE/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em 1997. Porém, apesar de tais órgãos aparecerem como fonte, não há qualquer referência dos mesmos. Já no Relatório da Bacia Turvo/Grande (CBH – TG, 2010), neste mesmo ano de referência, há menção de um mapa diagnóstico no texto, mas o mesmo não é apresentado, prejudicando principalmente aqueles municípios que dependem dos mapeamentos das duas bacias por estarem no limite das mesmas, como é o caso de Meridiano.

Em 2016, o DAEE solicitou um estudo ao IPT para cadastramento de todos os pontos de processos erosivos e de inundação nas bacias a fim de ter elementos básicos para o planejamento de programas e ações voltadas para solução dos problemas causados pelas erosões lineares urbanas e rurais, e pelas inundações/enchentes nas áreas urbanas de todo o território do Estado de São Paulo. As informações foram apresentadas no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica (CBH – SJD, 2016). O mapeamento de 1999 quanto à suscetibilidade foi o mesmo do Relatório Zero, causando estranheza já que uma versão mais nova feita pelo IPT já havia sido apresentada. Os pontos coletados não foram constados em um mapa, apresentando-se apenas em forma de tabela a quantidade de erosões nos municípios pertencentes a UGRHI – 18. Entretanto, os mesmos pontos foram apresentados no Relatório do ano de 2019 (CBH – SJD, 2019) com referência a de 2016, demonstrando que não houve atualizações.

Outros mapeamentos como índice de atendimento urbano de água e perdas no sistema de distribuição, pontos de captação de água superficial e subterrânea, bem como índice de qualidade de aterros de resíduos, são apresentados no decorrer do estudo de 2019 (CBH – SJD, 2019). Todavia, tratam-se todos de referências não publicadas, dificultando a gestão descentralizada pela ausência de um banco de dados acessível. O mesmo ocorre com a UGRHI – 15 (CBH – TG, 2019).

### **2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAL**

O mapeamento geológico de melhor detalhe que engloba o município de Meridiano foi elaborado segundo dados pré-existentes dos Relatórios de Bacia (IPT, 1999a, 1999b), que divide as unidades geológicas da cidade nas formações Araçatuba e Vale do Rio do Peixe. Para descrição das unidades estratigráficas da unidade Bauru, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas considerou as subdivisões propostas por Fernandes (1992) e Fernandes e Coimbra (1994), com revisões litoestratigráficas de Fernandes (1998).

Fernandes (1992) e Fernandes e Coimbra (1994) subdividiram os depósitos da Bacia Bauru em dois grupos do Cretáceo Superior: Caiuá (formações Santo Anastácio, Rio Paraná e Goio Erê) e Bauru (formações Adamantina, Marília e Uberaba). Mais tarde, Fernandes (1998) e Fernandes e Coimbra (2000) desmembraram a Formação Adamantina e propuseram uma nova subdivisão do Grupo Bauru devido às distintas formas de deposição da sequência sedimentar, sendo as formações Araçatuba, Uberaba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Vale do Rio do Peixe.

Em estudos mais recentes, Fernandes e Ribeiro (2015) continuam defendendo a deposição da sequência sedimentar supracitada e a subdivisão e o desmembramento da Formação Adamantina. Os sistemas de origem eólica desta antiga formação foram designados Formação Vale do Rio do Peixe, ao passo que os depósitos compostos por sistemas fluviais meandrantés e entrelaçados tornaram-se, respectivamente, Formação São José do Rio Preto e Formação Presidente Prudente (FERNANDES; RIBEIRO, 2015). Entretanto, trabalhos surgiram e ainda surgem com o questionamento de tal divisão e das características de cada formação, com propostas estratigráficas distintas.

Batezelli e Ladeira (2016), por exemplo, adotam as propostas primordiais de caracterização do Grupo Bauru, sendo o mesmo composto pelas formações Araçatuba,

Adamantina, Uberaba e Marília. Os autores defendem que a unidade Caiuá da bacia encontra-se no Cretáceo Inferior e é indivisa.

Menegazzo *et al.* (2016) citam que a Formação São José do Rio Preto possui características distintas da Formação Adamantina, o que torna fácil a tarefa de distingui-las. Porém, o contrário ocorre nas formações Presidente Prudente e Vale do Rio do Peixe e por isso, não adota tais denominações. Assim, por meio de um estudo cronoestratigráfico consideram que integram a Bacia Bauru as formações Caiuá, Pirapozinho, Santo Anastácio, Araçatuba, Birigui, Adamantina, São José do Rio Preto, Uberaba, Marília e Itaqueri (MENEGAZZO *et al.*, 2016). As formações Birigui e Pirapozinho foram adicionadas por Silva (2003) como rochas não aflorantes.

Stradioto e Chang (2020) compartilham da premissa de indivisibilidade de formações na Bacia Bauru. Os autores apresentam um estudo diagenético petrográfico das Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, no qual concluíram que em distintos locais de uma mesma unidade, ocorrem diferenças mineralógicas. Essa diferença pode estar associada à variação da composição da área fonte no decorrer do tempo deposicional de cada unidade (STRADIOTO; CHANG, 2020).

Estudos como estes são fundamentais para que se possa chegar a um consenso sobre as divergências litoestratigráficas e paleoambientais da Bacia Bauru.

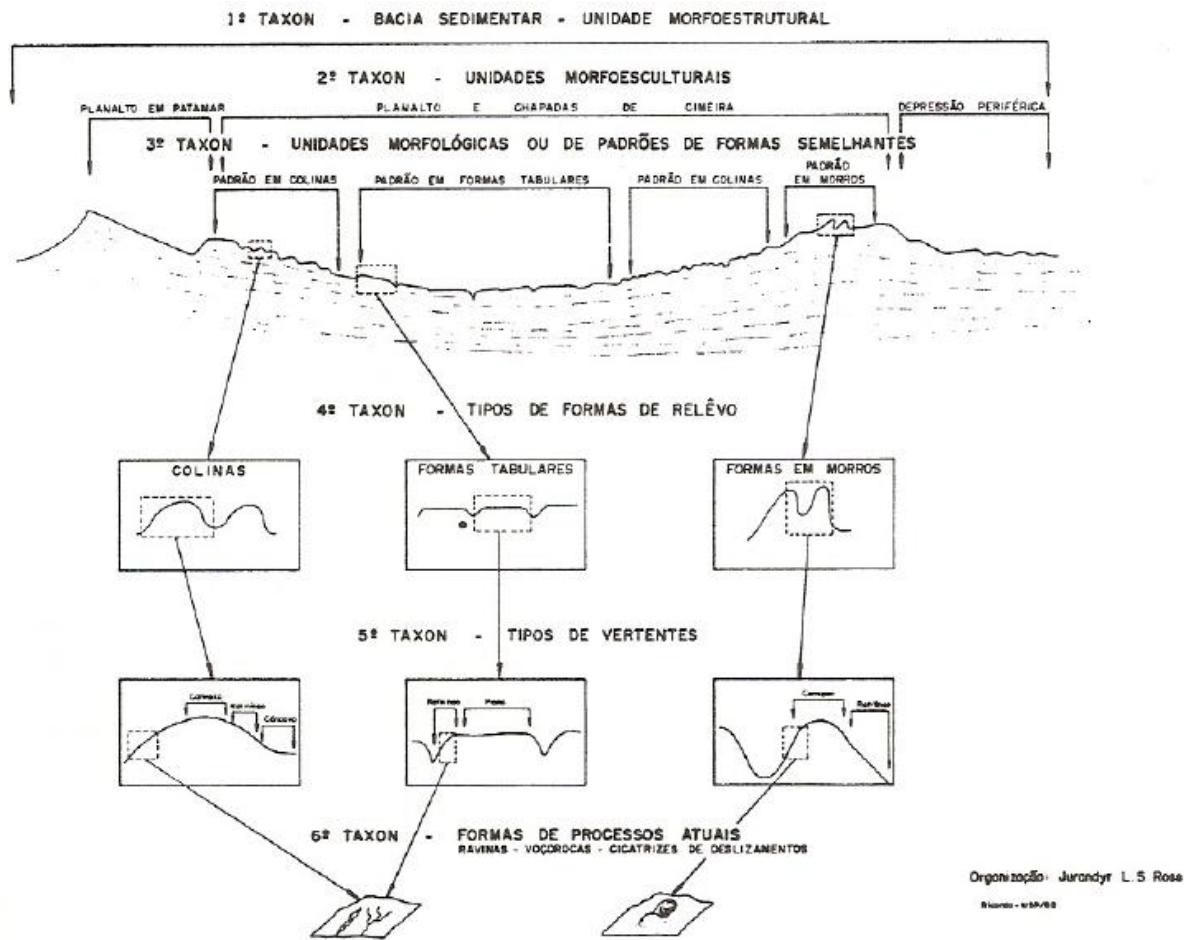
Diante do exposto, faz-se necessário elucidar que o mapeamento geológico apresentado neste trabalho não é um produto novo, mas uma modificação de dados já existentes (IPT, 1999a, 1999b). As nomenclaturas utilizadas para as formações geológicas seguiram a base de dados original para padronização de convenção (FERNANDES, 1992; FERNANDES; COIMBRA, 1994; FERNANDES, 1998, FERNANDES; COIMBRA, 2000, FERNANDES; RIBEIRO 2015).

Quanto ao mapeamento geomorfológico, Ross (1992) considerou a existência de seis táxons distintos (Figura 1). Entre os níveis taxonômicos apresentados pelo autor, o 5º e 6º táxon são os de maiores detalhes e correspondem, respectivamente, aos tipos de vertentes (convexas, côncavas, planas, etc.) e suas formas menores causadas pela ação antrópica (sulcos, ravinas, voçorocas, etc.). Entretanto, estes táxons podem ser representados cartograficamente apenas em escalas de detalhe [1:25.000, 1:10.000 e 1:5.000 (ROSS, 1992)].

Ross e Moroz (1996) mapearam o estado de São Paulo na escala 1:500.000, no qual consideraram a representação de três táxons. Nos Relatórios de Bacias, o IPT (1999a, 1999b) utilizou-se desse mapeamento de Ross e Moroz (1996), de um mapeamento mais antigo de Ponçano *et al.* (1981), na escala 1:1.000.000, e trabalhos mais detalhados de determinadas áreas

para cartografar geomorfologicamente as Bacias Hidrográficas às quais o município de Meridiano pertence, chegando na representação do 4º Taxon, que de acordo com Ross (1992), são as formas individualizadas dentro de cada Unidade de Padrão de Formas Semelhantes. No entanto, pela derivação de escalas pouco detalhadas, buscou-se nesta pesquisa outros métodos e informações para mapeamento geomorfológico.

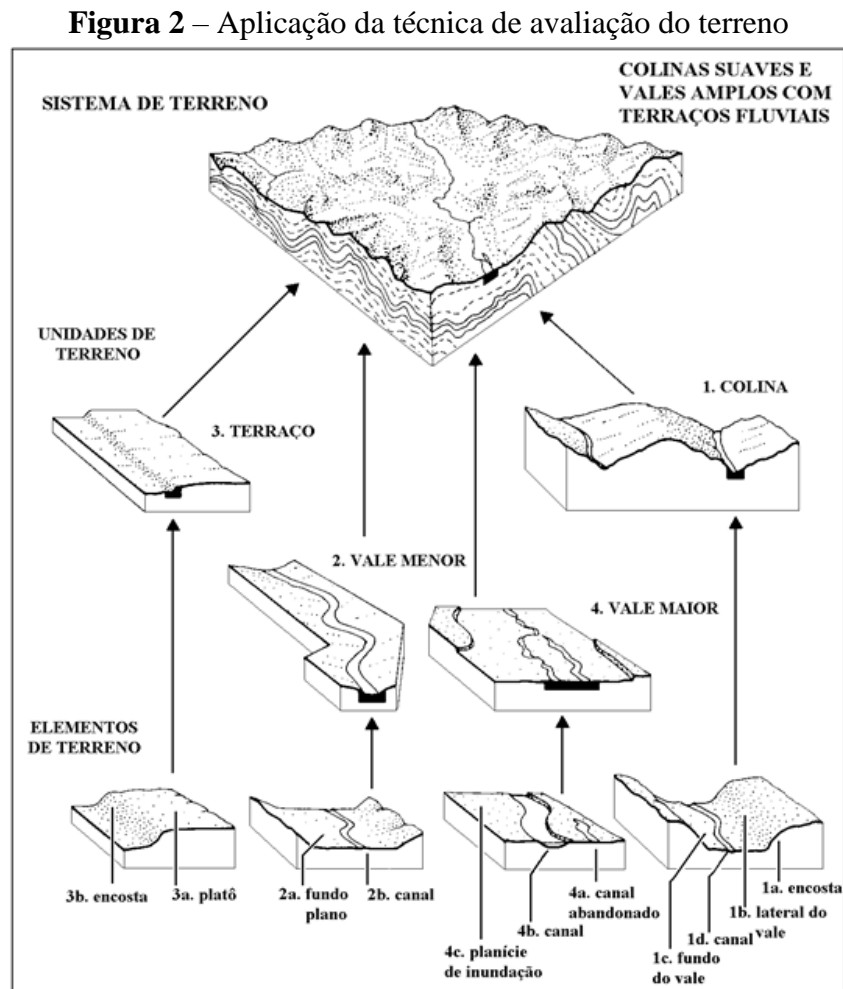
**Figura 1 – Classificação taxonômica do relevo**



Fonte: Ross (1992).

Segundo Lollo (1995), existem dois tipos de métodos para avaliação de um terreno e identificação das feições de relevo (*landforms*), denominados enfoque fisiográfico e enfoque paramétrico. No enfoque fisiográfico, a delimitação das feições de relevo é feita considerando áreas semelhantes ou que apresentem um grau de heterogeneidade mínimo, baseadas em conjunto de observações fotointerpretativas e de campo. No enfoque paramétrico, a análise também é feita com base na medida de parâmetros representativos da geometria dos *landforms* tais como declividades, amplitudes, extensões, e parâmetros característicos da rede de drenagem (LOLLO, 1995).

Existem três níveis hierárquicos analisados no zoneamento do terreno em termos de *landforms* (Figura): (i) sistema de terreno (*land system*), (ii) unidade de terreno (*land unit*) e (iii) elemento de terreno (*land element*). O nível hierárquico analisado e representado nos mapeamentos dependem do grau de detalhamento dos *landforms* e a escala considerada (LOLLO, 1995).



Fonte: Lollo (1995).

Considerando as abordagens feitas, para esta pesquisa foi considerado o zoneamento geomorfológico do 4º Táxon (*land unit*) como o adequado. O terceiro nível hierárquico (*land element*) e características do 6º Táxon foram parcialmente registrados em virtude das dimensões da área de estudo. Os métodos são descritos posteriormente.

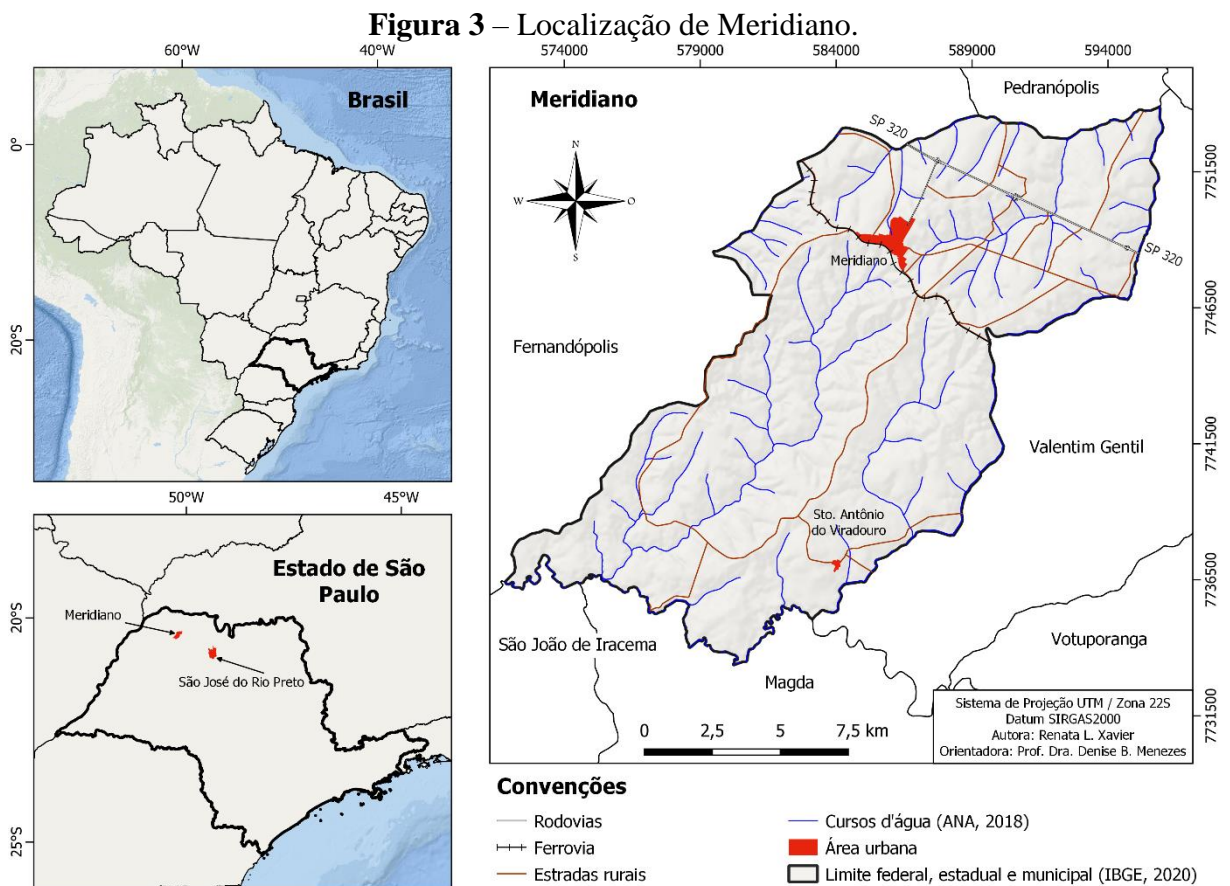
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Localização

Meridiano é uma cidade interiorana do noroeste paulista (Figura 3) com seu ponto central situado a uma latitude  $20^{\circ}21'33''$  Sul e longitude  $50^{\circ}10'24''$  Oeste, com altitude da área urbana entre 500 m e 520 m. Sua área é de aproximadamente 228,2 km<sup>2</sup> e a população residente no último censo foi de 3.855 pessoas, sendo 2.674 pertencentes à área urbana e 1.181 à área rural. A estimativa para o ano de 2021 foi de 3.813 habitantes (IBGE, 2022).

O município possui um distrito denominado Santo Antônio do Viradouro e limita-se territorialmente com outros quatro municípios: Fernandópolis, Pedranópolis, Valentim Gentil e São João de Iracema.



Fonte: Autora (2022).

Pertence à mesorregião de São José do Rio Preto e microrregião de Fernandópolis (IBGE, 2022), sendo que é fortemente dependente da última pela maior disponibilidade de infraestrutura de saúde, educação e empregabilidade.

### **3.1.2 História**

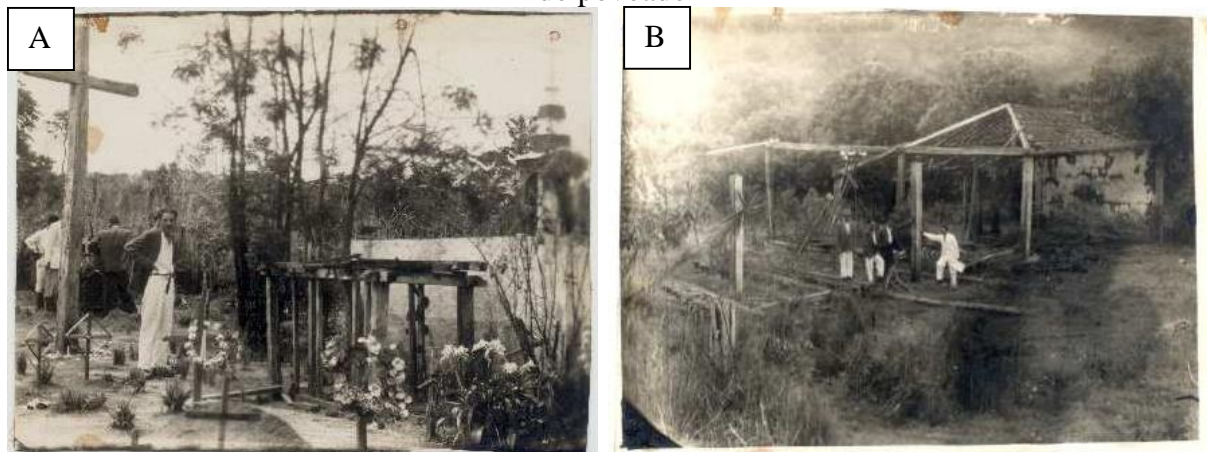
Pelos registros existentes na Prefeitura Municipal, a cidade teve sua origem em meados da década de 1940, quando os pioneiros exploradores e aventureiros, na esperança de fixar residência e explorar as terras férteis da região, adquiriram glebas no núcleo dos atuais córregos São João, Maravilha, das Pedras e Marinheiro, iniciando dois povoados que tiveram seu primeiro nome em homenagem aos cursos d'água: São João da Maravilha e São José da Maravilha (MERIDIANO, 2021).

Em 1948, através da Lei Estadual nº 233, os povoados se consolidaram e tornaram-se Distrito de Paz do município de Fernandópolis, recebendo o nome de Meridiano. Acredita-se fortemente que seu nome pode ter sido originado devido à crença popular de que a posição da cidade coincidia ou se aproximava do meridiano de Tordesilhas, linha responsável por demarcar as terras conquistadas por Portugal e Espanha no período das Grandes Navegações e que ocorre em terras do município vizinho.

Onze anos depois da elevação à categoria de distrito, a emancipação política da cidade foi alcançada por meio da Lei Estadual nº 5285 de 18 de fevereiro de 1959 (MERIDIANO, 2021).

Segundo fotografias catalogadas na Coleção Aspectos Urbanos da Capital e Cidades do Interior Paulista 1937-1960 do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC, 1948), há indícios de que quando a cidade de Meridiano se iniciava, seu atual distrito Santo Antônio do Viradouro já existia. Em seus registros datados de 1948, uma fotografia do cemitério dizia que o local possuía 55 anos de idade (Figura 4A). Outra fotografia mostra a histórica estrada Boiadeira, datando idade de 60 anos (Figura 4B), ao que indica que o povoado possa ter se originado em meados de 1890.

**Figura 4** – (A) Cemitério do Santo Antônio do Viradouro e (B) histórica Boiadeira na entrada do povoado



Fonte: IGC (1948).

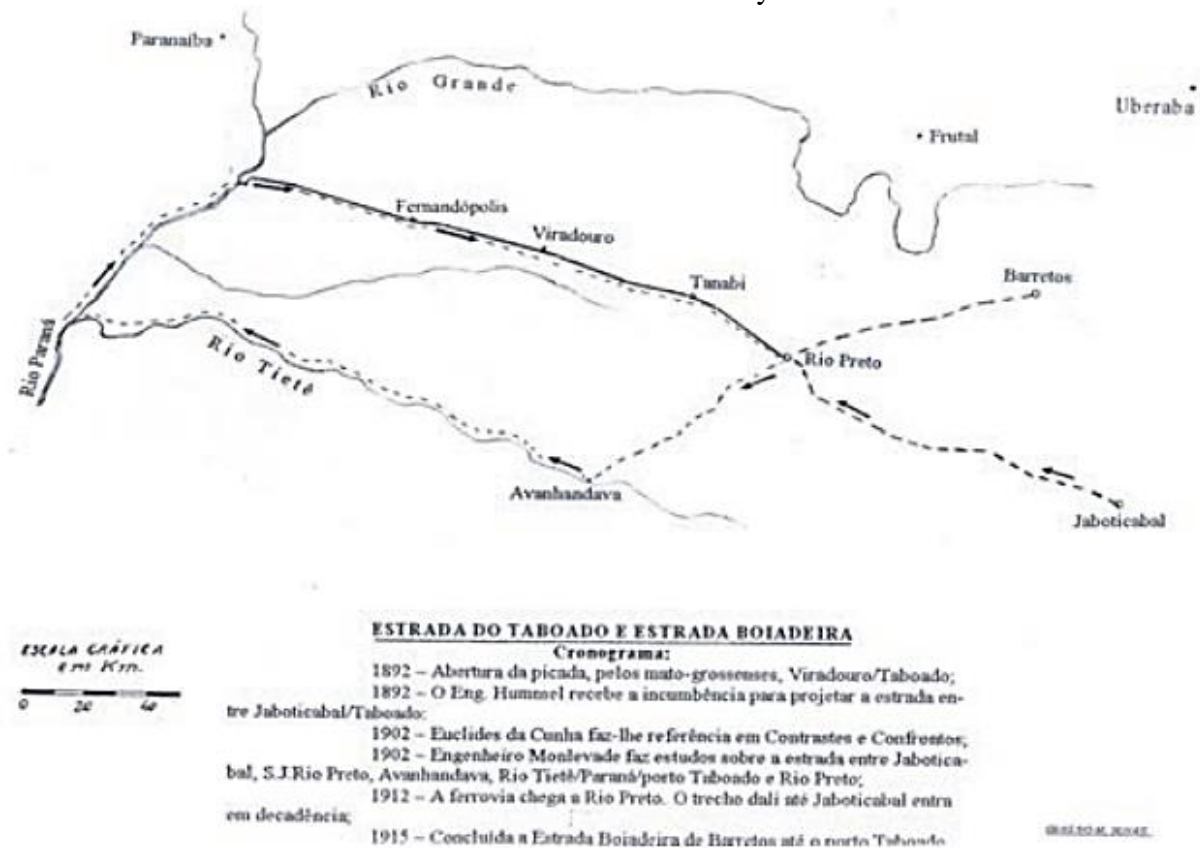
A estrada Boiadeira era também chamada de Estrada do Taboado, pois partia de Jaboticabal, passava por Olímpia, São José do Rio Preto, Mirassol, Tanabi até chegar ao Porto do Taboado (Figura 5). Sua finalidade se constituía em dar passagem para o gado, contribuindo para que surgissem pequenos povoados e vilarejos. A pecuária teve um importante papel no desenvolvimento da economia do noroeste paulista, assim como o plantio de café e a policultura (BARBOSA; CASSIMIRO, 2012).

Seu primeiro trecho foi construído na cidade de Jaboticabal em 1882. Inicialmente ligava-se a São José do Rio Preto, servindo de condutora para os abatedouros localizados em Barretos e às outras “estradas boiadeiras”, conhecidas como “picadas”. Essas vias eram interessantes do ponto de vista econômico por proporcionar encurtamento de distância de barata e fácil instalação (BARBOSA; CASSIMIRO, 2012).

Santana do Paranaíba (MS) por exemplo, era grande criadora de bovinos e abastecia os frigoríficos do estado de São Paulo por meio do transporte em balsa que passava pelos rios São José dos Dourados e Paraná. Porém, o meio de transporte era oneroso devido à cobrança de impostos; por isso, os criadores santanenses preferiam a Estrada do Taboado que permitia a travessia mesmo em épocas de enchentes. Entretanto, as estradas também apresentavam dificuldades. Pelo seu traçado localizar-se próximo ao leito dos rios ou de córregos, em épocas de chuva as enxurradas abriam sulcos na terra que provocavam o atolamento dos meios de transporte. Como solução, o engenheiro Hummel propôs alargamento das passagens e a criação de pontes com aproveitamento do leito dos ribeirões e córregos para as passagens. A solicitação de reparação das passagens perdurou por anos até sua concessão (BARBOSA; CASSIMIRO, 2012).



**Figura 5** – Estrada visualizada por Alfredo Maria Adriano d'Escragnolle Taunay, primeiro e único visconde de Taunay



Fonte: Barbosa e Cassimiro (2012)

A movimentação em torno da questão produtiva da terra, aliada aos preços baixos, resultou na compra e venda de terras para o plantio de determinadas culturas, principalmente para a cafeicultura, contribuindo para ocupação e conexão entre regiões. Para essa integração, surgiram outros meios de transporte que aceleraram o crescimento urbano do interior paulista: ferroviário (Estrada de Ferro Araraquarense – EFA) e rodoviário. Com isso, a Boiadeira caiu em desuso, mas deixou um registro cultural marcado por costumes, crenças e tradições de povos dedicados à atividade da agropecuária (BARBOSA; CASSIMIRO, 2012).

### 3.1.3 Aspectos gerais e características do meio físico

A área de estudo está inserida no Bioma da Mata Atlântica (IBGE, 2022) e possui clima tropical do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, o qual é marcado por invernos secos e verões chuvosos e quentes. A temperatura média anual é de 22,4°C, podendo oscilar entre 11,3°C no mês mais frio (junho) e 30,1°C no período mais quente (outubro a março). A média pluviométrica anual é de 1.208 mm (MERIDIANO, 2018).

O território de Meridiano é constituído por rochas basálticas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), que afloram no leito do rio São José dos Dourados, sobrepostas pela sequência suprabasáltica neocretácea da Bacia Bauru, na qual as rochas aflorantes são pertencentes às formações do Grupo Bauru: Araçatuba e Vale do Rio do Peixe (FERNANDES; COIMBRA, 2000; CPRM, 2006). A Formação Araçatuba interpenetra na Formação Vale do Rio do Peixe e essa, por ser mais jovem, a encobre regionalmente e deste modo, a Fm. Araçatuba aflora nos vales em cujos interflúvios ocorre afloramento da Fm. Vale do Rio do Peixe (FERNANDES; COIMBRA, 2000).

A pequena diversidade geológica do município de Meridiano dá origem a uma variedade limitada de solos (MERIDIANO, 2018). No mapa pedológico do Estado de São Paulo (ROSSI, 2017) observa-se que a área de estudo se assenta onde há predomínio de argissolo vermelho-amarelo com pequenas ocorrências de latossolo vermelho-amarelo e gleissolo háplico. O relevo local também interfere na formação e variedade dos solos (MERIDIANO, 2018). O latossolo ocorre em cotas que variam entre 380 m a 460 m, enquanto que o gleissolo ocorre entre 360 m a 370 m. Predomina na área de estudo o relevo do tipo colinoso (CPRM, 2006)

Meridiano possui terrenos com uma suscetibilidade à erosão muito alta, como observado na carta geotécnica da mesorregião de São José do Rio Preto (IPT, 1994). Esses terrenos são caracterizados, de maneira geral, pela presença de sulcos e ravinas causados por desmatamento de matas ciliares e de cabeceiras de drenagem, escoamento de água superficial concentrado em loteamentos e obras viárias, que podem desenvolver voçorocas, e também pelo intenso assoreamento nos corpos d'água advindos da sedimentação das erosões.

Nos locais de relevo mais suave, instalam-se a área urbana e a ferrovia. O traçado ferroviário aproxima-se do divisor entre as duas Bacias Hidrográficas que drenam o município. Para o norte a partir do traçado ferroviário e da área urbana, escoam os cursos hídricos da Bacia Hidrográfica Turvo/Grande e para o Sul drenam os cursos da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados (IGC, 2014; ANA, 2016).

Na Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, pertencente à Unidade de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHI) 18, estão os rios e afluentes: Rio São José dos Dourados, Rio Água sumida, Ribeirão São João, Ribeirão São Pedro, Ribeirão Santo Antônio e Córregos São João, Santa Helena, Retiro, Araras e São Domingos; já na Bacia Hidrográfica Turvo/Grande (UGRHI 15) tem-se: Córregos Forquilha, Coqueiro, Maravilha, da Pedra, Sucuri, Varação, das Flores, Chapéu de Couro e Sapé (ANA, 2016, 2018).

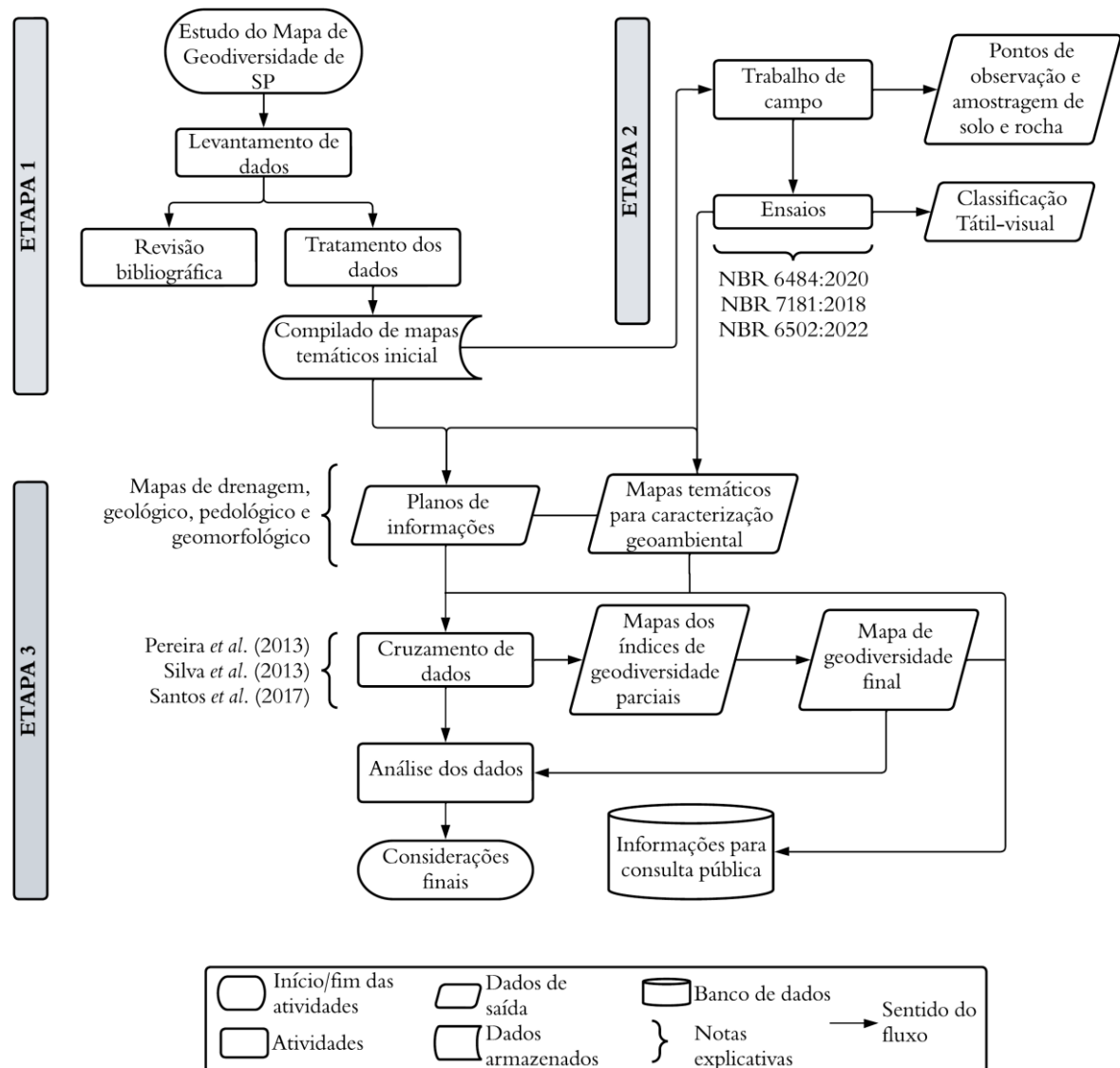
Embora haja uma rede hídrica extensa, pela área urbana encontrar-se na região do divisor destas bacias, em cotas mais elevadas e distante dos cursos hídricos mais volumosos, a

captação de água para abastecimento da população é feita através de poços tubulares que exploram água do Aquífero sedimentar Bauru e das falhas e fraturas do aquífero da Formação Serra Geral (DAEE, 2022). O Aquífero Bauru, que é aflorante na maior parte do município, é caracterizado por ser contínuo, com extensão regional, livre a semiconfinado e de transmissividade moderada a baixa (ROCHA, 2005).

### 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho objetivou a criação de um produto final representando a geodiversidade do município de Meridiano. Para isso, foram definidas as seguintes etapas (Figura 6).

**Figura 6** – Processamento das etapas metodológicas



Fonte: Autora (2022).

A Etapa 1 foi dividida em quatro atividades, iniciando-se pelo estudo do Mapa de Geodiversidade do Estado de São Paulo (CPRM, 2006) para identificação geral da distribuição dos elementos do meio físico local. Na segunda atividade foram levantados dados mais específicos e detalhados da área de estudo, bem como metodologias utilizadas ao longo do tempo para quantificação da geodiversidade. A pesquisa foi realizada por meio de bases de dados e consulta em documentos de órgãos públicos. Essa coleta de informações também deu suporte para realização da terceira atividade: a revisão bibliográfica. Na quarta atividade foi feito tratamento dos dados pré-existentes no software QGis. A partir da Etapa 1 foi possível criar um banco de dados próprio com um compilado de mapas temáticos do município, que serviram como escopo na pré-seleção de locais para realização do trabalho de campo.

A Etapa 2 é constituída pelo trabalho de campo e ensaios. O trabalho de campo foi realizado para observação do solo, geologia, relevo e hidrografia, além da coleta de amostras de solo e rochas para validação e detalhamento das informações levantadas, que foram ensaiadas de acordo com a norma específica.

A união entre os resultados da Etapa 1 e Etapa 2 geraram dois produtos: mapas temáticos para caracterização geoambiental e planos de informações [mapa de drenagem (para cálculo da densidade de drenagem), geológico, pedológico e geomorfológico]. Essa subdivisão foi necessária para determinar quais materiais seriam utilizados apenas para enriquecimento das informações acerca do município e quais dados seriam utilizados para geração da carta de geodiversidade.

Com os planos de informações, iniciou-se a primeira atividade da Etapa 3, que consistiu no cruzamento de dados por meio do software QGis utilizando metodologia adequada. Na segunda e terceira atividades da Etapa 3 foram realizadas, respectivamente, a análise e discussão dos resultados gerados (Mapa de Geodiversidade) e a conclusão da pesquisa.

Ao final do trabalho os dados gerados nos planos de informações, mapas temáticos de caracterização geoambiental e o Mapa de Geodiversidade serão disponibilizados para a Prefeitura Municipal para inserção em seu site e disponibilização para consulta pública.

As subseções seguintes descrevem os pormenores das etapas específicas deste projeto, necessárias para se chegar a um dado de saída.

### **3.2.1 Trabalhos de Campo**

Para escolha dos pontos de visita, fez-se um levantamento das diferentes áreas de ocorrência de rios e locais com considerável adensamento de dados, segundo o compilado de

mapas (geológico, de solos, geomorfológico), para aumentar a escala de detalhamento. A seleção dos pontos para análise também foi baseada nos diferentes aspectos físicos do local e acessibilidade.

Em trabalho de campo os pontos visitados foram divididos em dois grupos: observação e amostragem, sendo o último subdividido em locais com perfis de intemperismo e outros sem perfis para interpretação de características geológicas e pedológicas. Essa subdivisão está abordada em seus respectivos temas.

Uma segunda etapa de campo consistiu na identificação da situação dos cursos hídricos, em especial os de 1ª ordem, quanto à sua perenidade, intermitência ou efemeridade. A necessidade de verificação surgiu devido às complementações realizadas na base de dados hidrográfica e na observação de cursos secos ou com ponto de nascente recuado.

Posteriormente ainda foram realizadas novas atividades de campo para cobertura de pontos em trechos com poucas observações diretas ou com transições entre tipos de solos ou rochas.

Para caracterização geoambiental do meio físico dos locais visitados, observou-se o que há no entorno, uso do solo, aspectos dos solos e das rochas, identificação do relevo e aliado a esses tópicos, a existência de processos erosivos. Utilizou-se nesta atividade os materiais: GPS Garmin, fita métrica, martelo de geólogo, sacos para coleta de amostras e registros fotográficos.

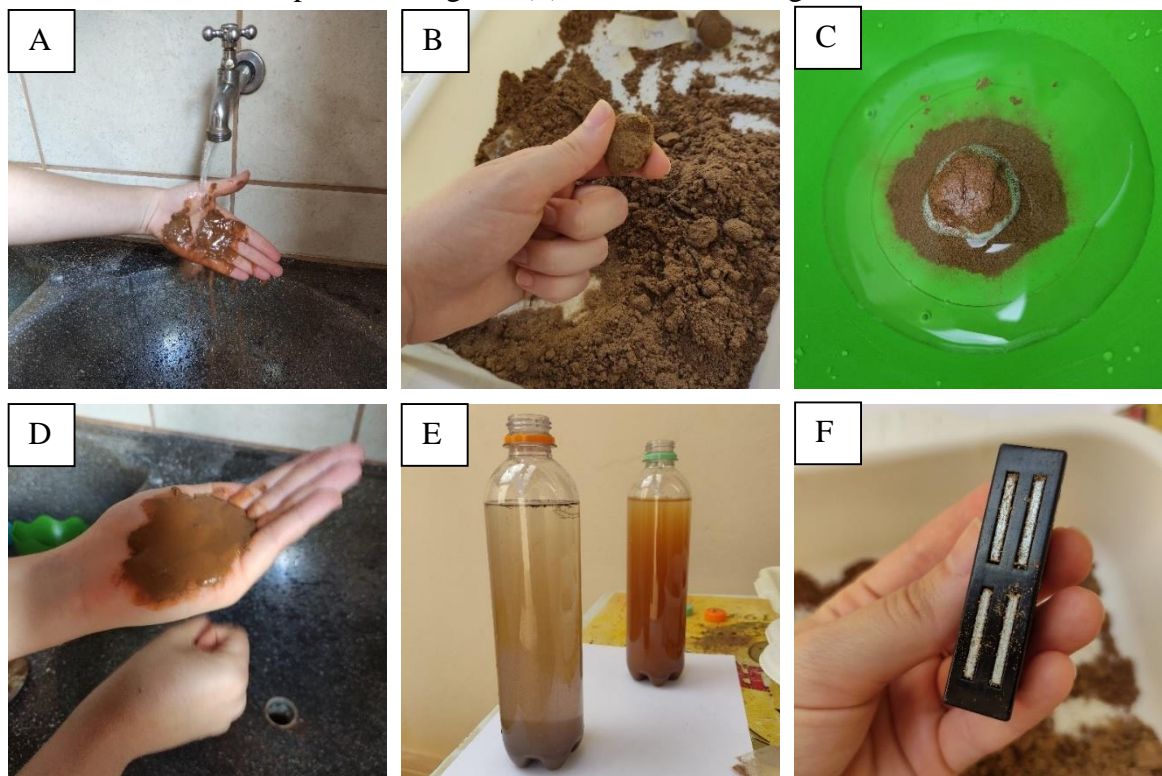
### **3.2.2 Ensaios de solos**

Inicialmente as amostras de solos foram destorroadas, secas ao ar e submetidas aos ensaios para classificação tátil-visual de acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2020). Essa atividade se dividiu em (i) análise preliminar e (ii) ensaios propriamente ditos. Na fase (i) identificou-se aspectos como visibilidade das partículas, presença de matéria orgânica, cor, odor, umidade, origem (aterro, transportado, etc.) e rocha de origem. Na fase (ii) realizou-se vários testes nas amostras: sensação ao tato, teste de sujar as mãos, resistência do torrão seco, desagregação do torrão submerso, mobilidade da água intersticial, plasticidade e dispersão em água. Além dos ensaios descritos em norma, realizou-se análise da mineralogia com utilização de um ímã, no intuito de identificar a presença de ferro no solo. Alguns ensaios mencionados são retratados na Figura 7.

Os solos identificados como aluviais passaram por peneiramento segundo NBR 7181 (ABNT, 2018) para análise granulométrica. Optou-se por não realizar o ensaio de sedimentação, visto que o objetivo maior do trabalho é apenas descrever de forma genérica as

características dos solos e grãos. Para identificação do tipo de grão, utilizou a NBR 6502 (ABNT, 2022).

**Figura 7** – Etapas de ensaios das amostras de solo. (A) teste de sujar as mãos; (B) resistência do torrão seco; (C) desagregação do torrão submerso; (D) mobilidade da água intersticial; (E) dispersão em água e (F) teste de mineralogia com ímã.



Fonte: Autora (2022).

### 3.2.3 Preparação das Bases Temáticas

Com intuito de obter informações com maior detalhamento possível, a busca inicial de dados foi feita na Prefeitura Municipal, junto ao Engenheiro Ambiental e à Arquiteta da cidade, que forneceram dados oriundos do acervo interno (MERIDIANO, 2014, 2018), como carta topográfica, diagnósticos de áreas erodidas, localização e traçados de estradas rurais, rodovias, ferrovia e malha urbana na escala 1:50.000. Também foram levantados dados de hidrografia pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2018).

Para caracterização do meio físico foi necessário levantar informações com escalas de menor detalhamento, já que a disponibilização de dados em detalhe para a área de estudo e toda a região oeste do Estado de São Paulo, é limitada. Neste cenário, a consulta aos Relatórios Zero de caracterização das Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHI) que englobam Bacias Hidrográficas ocorrentes no município foi essencial para aquisição dos mapas geológico, e de

suscetibilidade à erosão (IPT, 1999a, 1999b). O mapa pedológico, em mesma escala, foi adquirido pelo estudo realizado por Rossi (2017) em todo o Estado de São Paulo.

Utilizou-se fotografias também aéreas na escala 1:60.000, disponibilizadas pelo IPT e confeccionadas pela *United States Air Force* (USAF, 1964-1965), bem como imagens ortorretificadas da EMPLASA (2010-2011) e imagens de satélite do *Google Earth Pro* e satélite *RapidEye*, baixadas da plataforma *Planet* (PLANET, 2022) na *Basemaps Viewer*, datadas de março de 2022.

Os limites municipal, estadual e federal foram obtidos por meio dos dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

Para caracterização do uso do solo, utilizou-se mapas de Cobertura e Uso do Solo de todo o Brasil da Coleção 6 do MapBiomias (MAPBIOMAS, 2021).

O Quadro 1 resume as informações levantadas, a fonte de origem e a escala dos arquivos disponibilizado.

**Quadro 1** – Síntese dos dados utilizados.

<b>Conteúdo</b>	<b>Fonte (ano)</b>	<b>Escala</b>
Hidrografia	ANA (2018)	1:50.000
Carta topográfica	Meridiano (2014)	1:50.000
Mapa geológico	IPT (1999a, 1999b)	1:250.000
Mapa de suscetibilidade à erosão	IPT (1999a, 1999b)	1:250.000
Mapa pedológico	Rossi (2017)	1:250.000
Fotografias aéreas	USAF (1964-1965)	1:60.000
Imagens ortorretificadas	EMPLASA (2010-2011)	1 m (pixel)
Imagens <i>Google Earth Pro</i>	Google Earth Pro (2022)	-
Imagens <i>Rapid Eye</i>	Planet (2022)	5 m (pixel)
Limite municipal, estadual e federal	IBGE (2020)	1:250.000
Áreas erodidas, estradas rurais, rodovias, ferrovia e área urbana	Meridiano (2014)	1:50.000
Uso e cobertura do solo	MapBiomias (2021)	30 m (pixel)

Fonte: Autora (2022).

Todos os conteúdos apresentados foram utilizados para confecção dos mapas temáticos. Os arquivos em formato dwg foram exportados e aqueles em pdf foram georreferenciados e convertidos antes da manipulação. O Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) adotado foi o Datum SIRGAS2000, em coordenadas projetadas Fuso 22S.

Considerando a escala das bases pré-existentes, foi adotada uma escala de mapeamento igual a 1:100.000.

Após trabalhos de campo, as bases foram atualizadas e complementadas segundo observações detalhadas nos resultados, para abarcarem os planos de informações e demais

mapeamentos de caracterização da área. Os tópicos seguintes detalham particularidades consideradas na preparação de alguns dos mapas.

### **3.2.3.1 Base Cartográfica**

Considerou-se como elementos base os dados de hidrografia (ANA, 2018) e topografia, bem como os traçados de estradas rurais, rodovias, ferrovia e áreas urbanas (MERIDIANO, 2014).

Notou-se que os dados de sistema viário fornecidos não seguiam fielmente a posição que deveriam ocupar, além de serem feitos apenas com linhas retas, desconsiderando as curvas. Utilizando-os como modelo e de acordo com os conhecimentos da autora e consultas nas imagens de satélite, traçou-se novas linhas indicando as vias principais.

O polígono de área urbana também foi modificado, pois o anterior desconsiderava o distrito Santo Antônio do Viradouro e estava em uma versão antiga, não englobando a expansão da cidade.

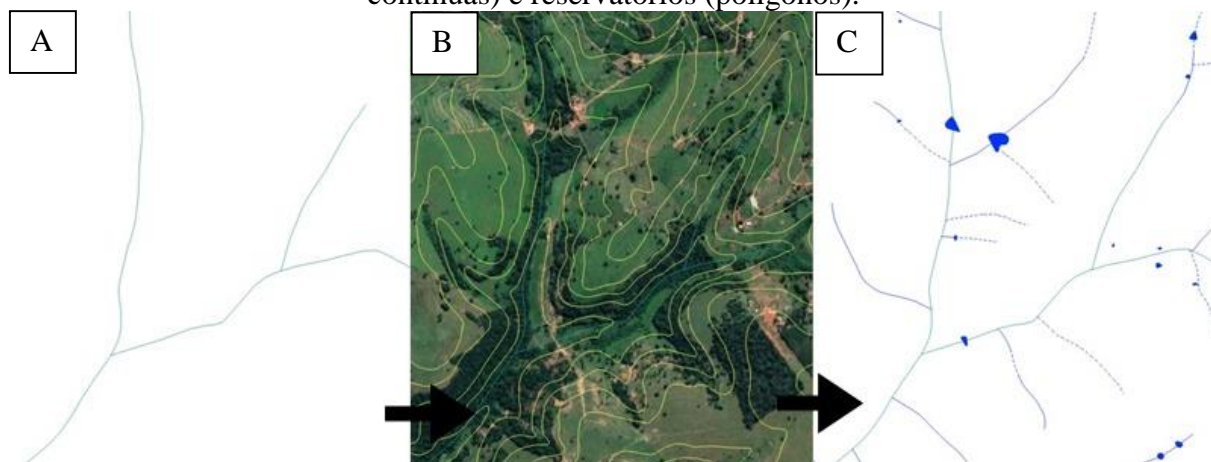
### **3.2.3.2 Rede Hidrográfica**

Para complementação da hidrografia, utilizou-se procedimentos descritos no trabalho de Xavier e Menezes (2023). As curvas de nível foram interpoladas para geração de um Modelo Digital de Elevação e extração do relevo sombreado, a fim de garantir maior precisão do traçado complementar na base hidrográfica (ANA, 2018).

Sobre as imagens temporais do *Google Earth Pro* procedeu-se o traçado complementar dos cursos d'água menores não existentes na base da ANA (2018), dividindo-os em: (i) cursos existentes e (ii) cursos prováveis. Tal classificação foi feita pois a vegetação densa nos vales indica a presença de água constante ao longo do tempo (i), mas locais com pouca vegetação ou com relevo favorável, porém sem vestígios, podem ou não indicar a presença de água (ii). Essa consideração foi feita pois o mosaico de vegetação ciliar é produto da variabilidade da umidade ou do encharcamento do solo. O encharcamento ocorre tanto em função do extravasamento do leito do rio, quanto do afloramento permanente ou temporário do lençol freático; caso das nascentes (RODRIGUES; SHEPHERD, 2000). Além disso, foram inseridos polígonos delimitando reservatórios (naturais ou artificiais) e também tanques para usos diversos, não relacionados com os cursos hídricos. A Figura 8 mostra o processo de complementação do traçado hidrográfico.



**Figura 8** – (A) Traçado da base de dados original; (B) interpretação do relevo e vegetação local; (C) traçados finais com os cursos prováveis (linhas tracejadas), cursos existentes (linhas contínuas) e reservatórios (polígonos).



Fonte: Autora (2022).

Pela ferramenta de análise de vetor foi extraído o comprimento de linhas e segmentos dos cursos dentro do município para demonstração dos detalhes acrescentados nos dados originais e sua influência na densidade de drenagem a ser calculada.

A situação dos fluxos d'água foi inserida manualmente na tabela de atributos dos pontos visitados. O regime de fluxo foi classificado em perene, intermitente e efêmero (CHRISTOFOLETTI, 1979; SCHUMM, 2005)

A classificação de efêmeros é diferente da classificação de cursos intermitentes. Cursos intermitentes são aqueles que apresentam fluxo apenas em certas épocas do ano, principalmente durante períodos de chuva (CHRISTOFOLETTI, 1979; SCHUMM, 2005). Já os cursos efêmeros observados neste estudo são aqueles vales que não apresentam mais fluxo de água fora de períodos chuvosos (denominados aqui de cursos secos), pois seu regime foi possivelmente interrompido devido às mudanças no uso do solo ou na dinâmica hidrológica da região.

As visitas nos cursos d'água ocorreram em dezembro de 2021, junho, outubro e dezembro de 2022, que demarcam tanto períodos chuvosos como secos. Os relatos dos moradores acerca da situação desses canais e das nascentes também auxiliaram na classificação.

Considerar os cursos efêmeros no mapeamento de cursos d'água pode ser importante para identificar áreas de descarga de aquíferos, avaliar os impactos de alterações climáticas e ações humanas sobre a disponibilidade de água e recarga de aquíferos.

### 3.2.3.3 Uso e Ocupação do Solo

A utilização de mapas de uso do solo para o trabalho auxilia na identificação de como a ocupação impacta nos recursos hídricos locais. Para caracterização do uso do solo, utilizou-se mapas de Cobertura e Uso do Solo de todo o Brasil da Coleção 6 do MapBiomias (2021). As imagens foram classificadas de acordo com a paleta de cores RGB disponibilizada pela plataforma.

De acordo com a descrição dos níveis de classe feita pelo MapBiomias (2021), a formação florestal do bioma Mata Atlântica considera vegetação arbórea densa e os campos alagados são as áreas de vegetação com influência fluvial e/ou lacustre. Na agropecuária, as áreas de pastagem são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas. As áreas de lavoura temporária de cana-de-açúcar e perene, de *citrus*, delimitam esses cultivos no município. Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais são retornadas com mosaico de silvicultura e o denominado mosaico de agricultura e pastagem são todas as áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.

A partir da análise feita nas classes de uso do solo, foi constatado que devido ao procedimento semiautomático para geração dos mapas, erros acabaram sendo incorporados aos dados, como a mescla de dados de silvicultura com formação florestal, área da usina classificada como urbana e também grande extensão do mosaico de agricultura e pastagem.

Para redução dos erros foi realizada uma verificação em toda área de estudo a partir de um comparativo dos dados com imagens de satélite do *Google Earth Pro* e *RapidEye*, checagem de campo e foram traçadas camadas vetoriais de polígonos manualmente sobre o local que se pretendeu corrigir. As imagens do *RapidEye* foram utilizadas, inicialmente, para uma classificação automática. No entanto, como os resultados também apresentaram erros de classes, optou-se pela utilização dos dados do MapBiomias (2021).

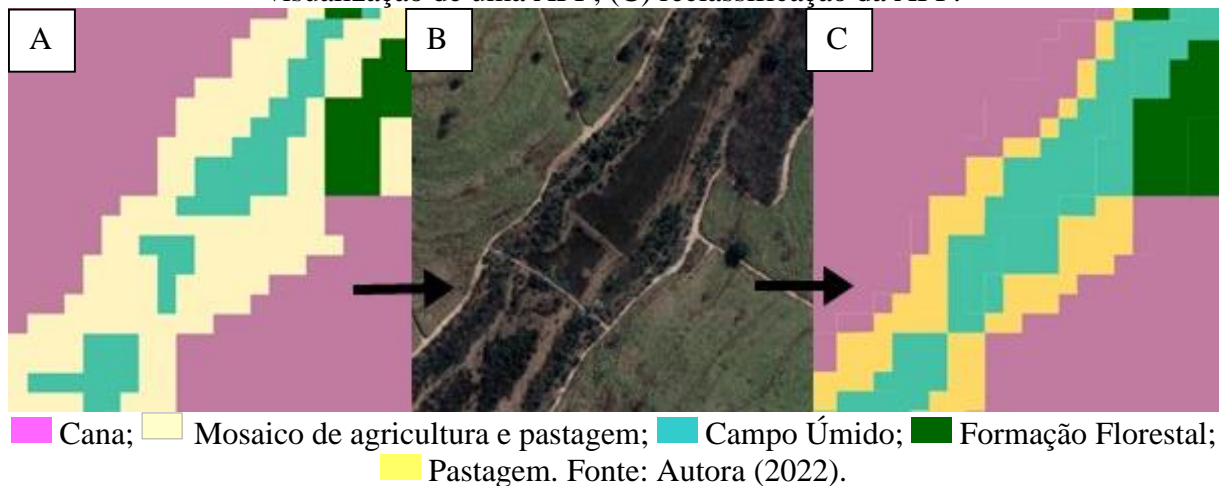
Para traçar essas camadas adotou-se um padrão baseado nas características predominantes da área no dado original. Áreas classificadas originalmente como campo úmido, por exemplo, possuem uma vegetação rasteira de coloração mais escura causada pela umidade nos vales, assim, todas as áreas com essas características, mas sem classificação (mosaico de agricultura e pastagem) ou com classificação equivocada, foram preenchidas (Figura 9).

Outra observação importante durante o traçado foi quanto ao padrão de plantio de seringueira, que possui copas mais preenchidas e homogêneas, dispostas em linhas, diferente da formação florestal, com copas de diversos tamanhos, dispostas de forma menos homogênea e aleatória. Além disso, algumas áreas com essa cultura em crescimento, ou seja, com plantio

recente, estavam classificadas como vegetação de pastagem. Pelas imagens, pelos conhecimentos da autora e checagem de campo, foi possível distinguir essas classes.

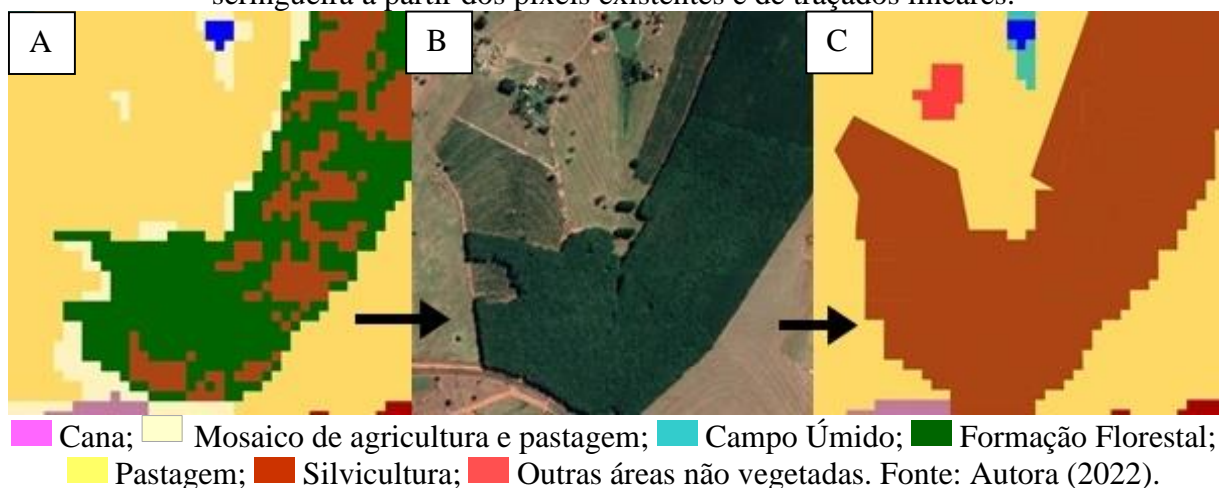
Propriedades rurais foram inseridas na classificação de outras áreas não vegetadas. Áreas como estradas, carreadores e linhas de transmissão, por serem relativamente pequenas, foram cobertas pela classe predominante (ex. cana, pastagem, etc.), como visto na Figura 9.

**Figura 9** – (A) Área de mosaico identificada; (B) interpretação das imagens de satélite e visualização de uma APP; (C) reclassificação da APP.



O *raster* do MapBiomias (2021) foi transformado em vetor para facilitar o traçado nos vértices. As áreas com pixels bem delimitados sobre o real uso do solo, como na Figura 9, foram aproveitadas no traçado; já as áreas maiores, sem delimitação precisa, exigiram um traçado linear de contorno (Figura 10C).

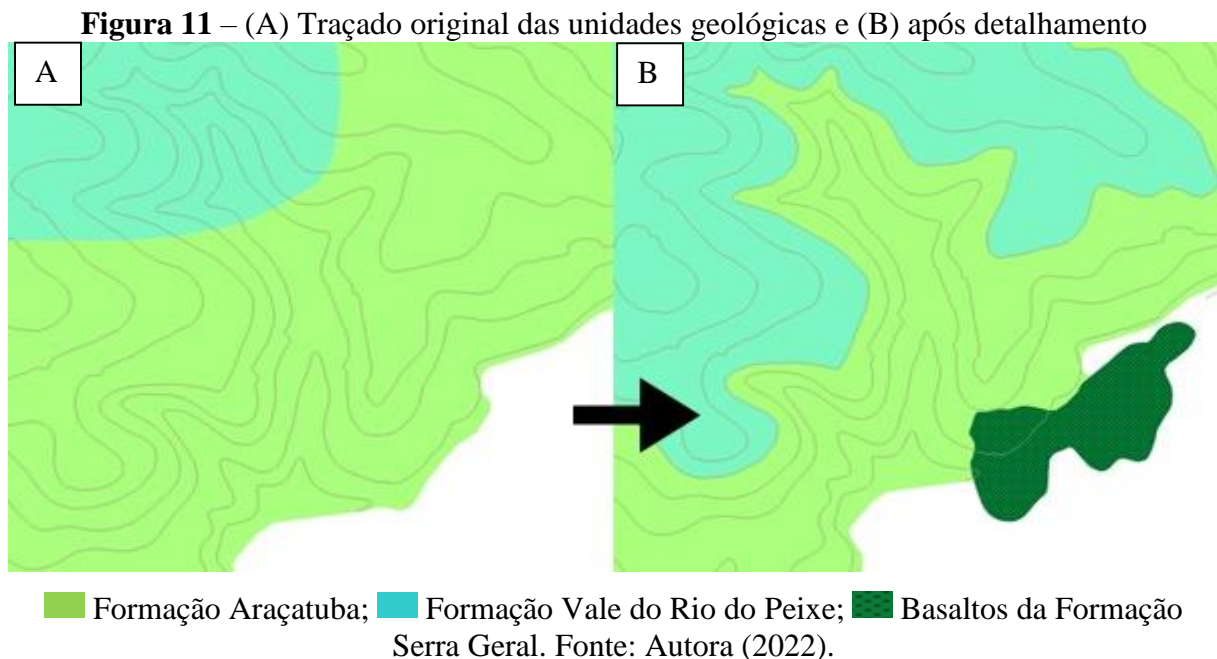
**Figura 10** – (A) Formação florestal identificada (2021); (B) interpretação das imagens de satélite e visualização do plantio de seringueira; (C) reclassificação da área de plantio de seringueira a partir dos pixels existentes e de traçados lineares.



Além das classificações do MapBiomas (2021), foram adicionadas mais classes para aumentar o nível de detalhamento do mapa. Essas áreas foram denominadas de “outros usos”, com as subclasses: aterro, ETE, usina, lixão, dentre outros identificados.

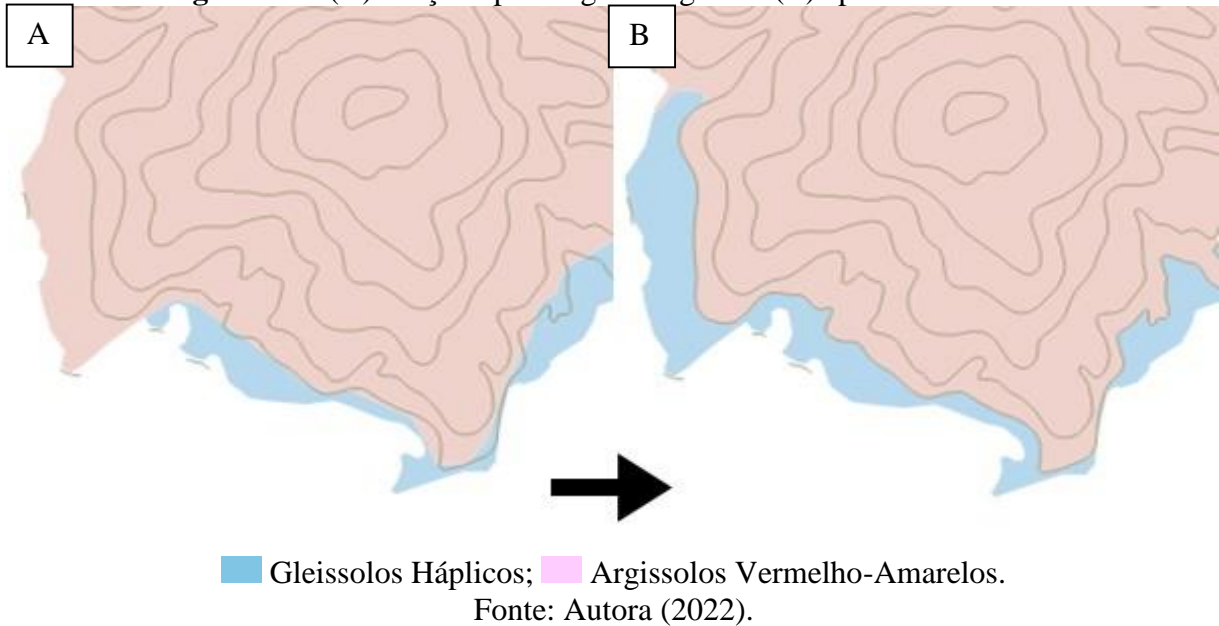
### 3.2.3.4 Geologia

As duas formações geológicas do município foram investigadas para validação do mapeamento fornecido pelo IPT (1999a, 1999b). As novas considerações acrescentadas a respeito da ocorrência de basaltos da Formação Serra Geral foram inseridas manualmente levando em consideração o ponto em que foram observados afloramentos destas rochas e as curvas de nível. Pelo fato das informações do IPT (1999a, 1999b) terem sido feitas em uma escala menor do que a adotada, o traçado geológico também foi detalhado considerando a topografia predominante da unidade. A Figura 11 mostra o procedimento.



### 3.2.3.5 Pedologia

A área de ocorrência do solo do tipo Gleissolo Háptico visualizada nos dados de Ross (2017) foi atualizada considerando a topografia e características locais observadas pelas imagens ortorretificadas e de satélite, como coloração acinzentada gerada pelo processo de gleização e presença de meandros abandonados. Essa observação foi embasada nas definições do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS *et al.*, 2018). A alteração é mostrada na Figura 12.

**Figura 12** – (A) Traçado pedológico original e (B) após detalhamento

### 3.2.3.6 Geomorfologia

A partir do MDE gerado em etapas anteriores, foram confeccionadas cartas hipsométrica e de declividade para auxílio na análise geomorfológica. A carta de declividade foi gerada no QGis a partir da ferramenta de *raster* denominada “declividade” e reclassificadas segundo percentual proposto por Santos *et al.* (2018) no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, organizados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Classes de relevo segundo a declividade

Declividade (%)	Classes de relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Santos *et al.* (2018). Org. Autora (2022).

Considerando a escala adotada para a presente pesquisa (1:100.000) e julgando a escala de representação das unidades taxonômicas sugeridas por Ross (1992) e também níveis hierárquicos propostos por Lollo (1995), utilizou-se o enfoque fisiográfico e analisou-se fotografias aéreas da área de estudo (USAF, 1964-1965), nas quais foi feito o zoneamento do 4º Táxon (*land system*). Em virtude das dimensões da área de estudo, que dificulta o zoneamento em detalhe, o mapeamento foi complementado com descrições parciais do 5º Táxon (*land unit*), como características predominantes das encostas, e características

observadas em campo do 6º Táxon (*land element*), como as erosões, voçorocas e canais abandonados.

Foi utilizada a estereoscopia para delimitação dos níveis hierárquicos dos *landforms*. Também foi utilizado o mapa topográfico, MDE e carta de declividade. Os critérios de reconhecimento para interpretação dos estereopares foram baseados nas descrições de Lollo (1995).

Para o zoneamento dos sistemas de terreno foi feito um reconhecimento genérico das feições, baseado nas grandes expressões ou áreas com características geomorfológicas heterogêneas, excluindo-se as informações menos relevantes (LOLLO, 1995).

As descrições das unidades de terreno foram feitas segundo características geomorfológicas observadas na forma topográfica, amplitude de relevo, inclinação de vertentes e estruturação da rede de canais (LOLLO, 1995). Lollo (1995) apresentou os critérios de reconhecimentos para facilitar a identificação das formas, descritos no Quadro 2 e Quadro 3 utilizados nesta etapa.

**Quadro 2** – Unidades de terreno reconhecidas na área estudada e critérios de reconhecimento das mesmas

Unidade	Critérios de Reconhecimento
Escarpa	vertentes retilíneas com altas declividades (>20%), amplitude de relevo maior que 100m.
Colina	vertentes convexas ou côncavas, topos ondulados a aplainados, declividades moderadas a baixas (<10% na maioria dos casos), amplitude de relevo menor que 100m.
Vale	vertentes convexas ou côncavas, declividades variadas (desde muito baixas até altas).
Morrote	vertentes predominantemente convexas, topos arredondados a angulosos, declividades moderadas a altas (>10%), amplitude de relevo menor que 100m.
Morro	vertentes convexas a retilíneas, topos ondulados a pontiagudos, declividades altas (>20%), amplitude de relevo maior que 100m.

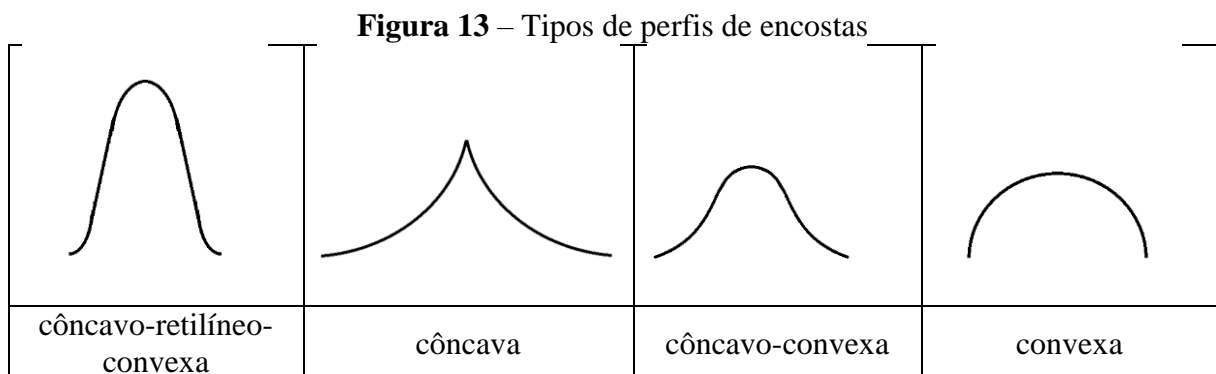
Fonte: Lollo (1995).

**Quadro 3** – Critérios de descrição das unidades de terreno identificadas na área estudada

Significado	Termo	Dimensões ou Descrição	Critério de medida ou de descrição
Expressão Geográfica (colina, morrote e morro)	pequeno médio amplo	< 1 km 1 a 2 km > 2 km	maior componente de extensão da forma
Expressão Geográfica (vale)	pequeno médio amplo	< 1 km 1 a 2 km > 2 km	seção transversal do vale
Forma da Seção Transversal (colina)	ondulada suave ondulada aplainada	5 a 10 % 2 a 5 % < 2 %	declividade das vertentes
Forma do Topo (morrote e morro)	arredondado anguloso	< 20 % > 20 %	declividade do topo
Forma do Vale	fechado aberto	> 10 % < 10 %	declividade das vertentes
Forma da Encosta	convexa retilínea côncava	convencional convencional convencional	
Frequência de canais	muito alta alta média baixa	> 15/km <sup>2</sup> 7 a 15/km <sup>2</sup> 3 a 7/km <sup>2</sup> < 3/km <sup>2</sup>	número total de canais (inclusive ravinas) por km <sup>2</sup>

Fonte: Lollo (1995).

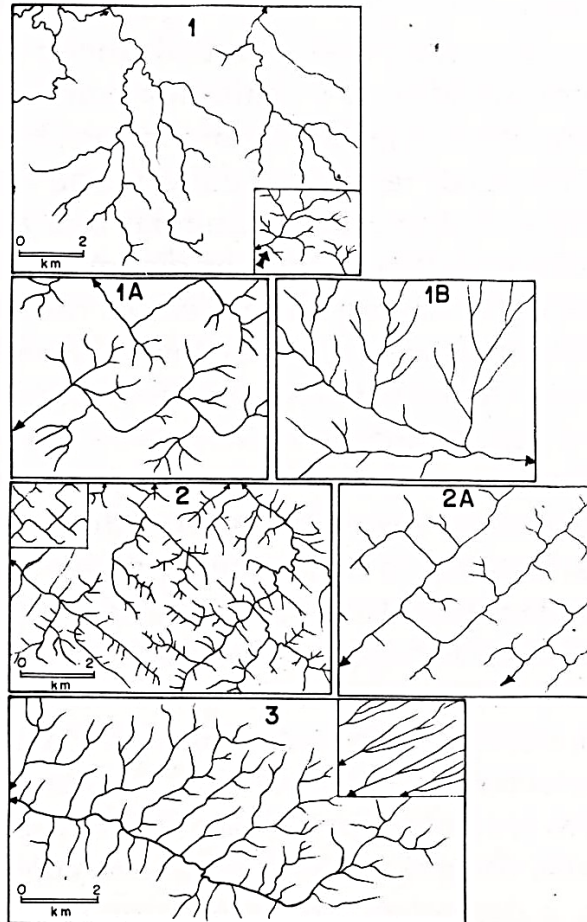
As formas das encostas de cada sistema foram avaliadas por método bidimensional em seções-tipo feitas no QGis e interpretadas segundo Soares e Fiori (1976) (Figura 13). As seções-tipo foram escolhidas perpendicularmente às drenagens, de forma a abrangerem partes dos sistemas selecionados, mesmo que não contínuas ou retilíneas (LOLLO, 1995).



Fonte: Adaptado de Soares e Fiori (1976).

Os canais também foram analisados segundo padrão apresentado por Guerra e Cunha (1998) (Figura 14).

**Figura 14** – Distribuição espacial de alguns padrões de drenagem. (1) Dendrítica; (1A) Retangular dendrítica; (1B) Pinada; (2) Retangular; (2A) Treliça; (3) Paralela



Fonte: Adaptado de Guerra e Cunha (1998).

A identificação das feições menores (erosões, voçorocas e canais abandonados) contaram com as observações de campo, imagens de satélite do *Google Earth Pro* e imagens ortorretificadas (EMPLASA, 2010-2011), no entanto, foram excluídas do cruzamento de dados.

### 3.2.4 Cruzamento de Dados para o Índice de Geodiversidade Funcional

Para cruzamento de dados e elaboração do índice de geodiversidade foi adotada a metodologia de grade de Pereira *et al.* (2013). No entanto, foram feitas as representações individuais dos elementos de geodiversidade (índices parciais), como sugerido por Silva *et al.* (2013), e adotados valores mínimos e máximos para estes mapas parciais, segundo Santos *et al.* (2017).

O passo a passo metodológico foi adaptado de acordo com as individualidades da pesquisa. Os autores supracitados descrevem funções utilizadas no ArcGis; no entanto, neste trabalho o processamento foi feito no software gratuito QGis (versão 3.16.6), com o qual foram



gerados, inicialmente, os índices parciais de geodiversidade a partir dos planos de informações e, posteriormente, o índice de geodiversidade final, que é nada mais que a soma dos parciais.

Considerando que não há consenso acerca do tamanho do *grid* amostral, foi adotado um tamanho de 500 m x 500 m, pois a área do município de Meridiano aproxima-se da área de estudo de Hjort e Luoto (2010), autores estes que obtiveram resultados satisfatórios.

Os elementos de geodiversidade foram cruzados em pares, na forma de planos de informações. Estes planos foram compostos de feições vetoriais com geometria do tipo linha (redes de drenagem) e geometria do tipo polígono (geologia, pedologia e geomorfologia)<sup>1</sup>. Por esta diferenciação, algumas considerações foram feitas quanto à rede de drenagem para que fosse possível a sobreposição de feições vetoriais com geometrias distintas, as quais são abordadas a seguir.

Pereira *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2013) realizaram a hierarquização dos cursos d'água e a cada um dos canais na quadrícula calcularam o valor da divisão hierarquia/2, com arredondamento para cima (exemplo  $5/2 = 2,5$ , logo o valor do canal é 3). Com isso, o valor de cada quadrícula foi inserido manualmente na tabela de atributos, sendo igual o valor do canal de maior ordem naquele polígono (PEREIRA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013). Entretanto, considera-se que para a geodiversidade funcional, todos os cursos d'água possuem igual importância, visto que são essenciais para sustentar a vida e suas atividades socioeconômicas.

Neste viés, considerou-se a densidade de drenagem em cada quadrícula, pois ela representa uma resposta aos controles exercidos pelo clima, vegetação, pela litologia e outras características da área drenada, fatores que determinam as fragilidades e potencialidades de cada local específico.

Neuman (1900 apud CHRISTOFOLETTI, 1979) propôs uma relação para exprimir a densidade de drenagem:

$$Dd = \frac{Lb}{A} \quad (1)$$

Onde:

Dd: densidade de drenagem

Lb: comprimento de todos os rios

A: superfície da respectiva área

---

<sup>1</sup> Não foram consideradas as ocorrências minerais e de fósseis pois não são contempladas na área de estudo.

Obteve-se os comprimentos dos cursos nas quadrículas com a ferramenta “soma de comprimento de linhas”; etapa que converteu a geometria para polígono. Nesse procedimento, todas as classificações de cursos d’água (prováveis e existentes) foram consideradas igualmente, pois a expressão de densidade de drenagem inclui todos os recursos hídricos superficiais, sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes (VILLELA; MATTOS, 1975).

Pela tabela de atributos da camada gerada calculou-se a área de cada quadrícula e posteriormente aplicou-se a Equação 1. Os valores foram multiplicados por 1.000 para obtenção de unidades em km/km<sup>2</sup> e arredondados para números inteiros para obtenção do índice parcial de densidade de drenagem (exemplo 0,4 = 0 e 0,5 = 1). As classes de densidade de drenagem em cada quadrícula variam entre 0 e 6; intervalo observado após arredondamentos.

Para cálculo dos índices parciais das demais feições vetoriais de geometria tipo polígono utilizou-se a ferramenta “unir atributos pela localização” para unir o ID do *grid* aos elementos dos planos de informações, um por vez. Esse procedimento se encontra na opção “campo a sumarizar”. A partir dessa relação, determinou-se a contagem de elementos existentes em cada ID da quadrícula; para isso, utilizou-se o cálculo de “contagem”, em “sumários a calcular”.

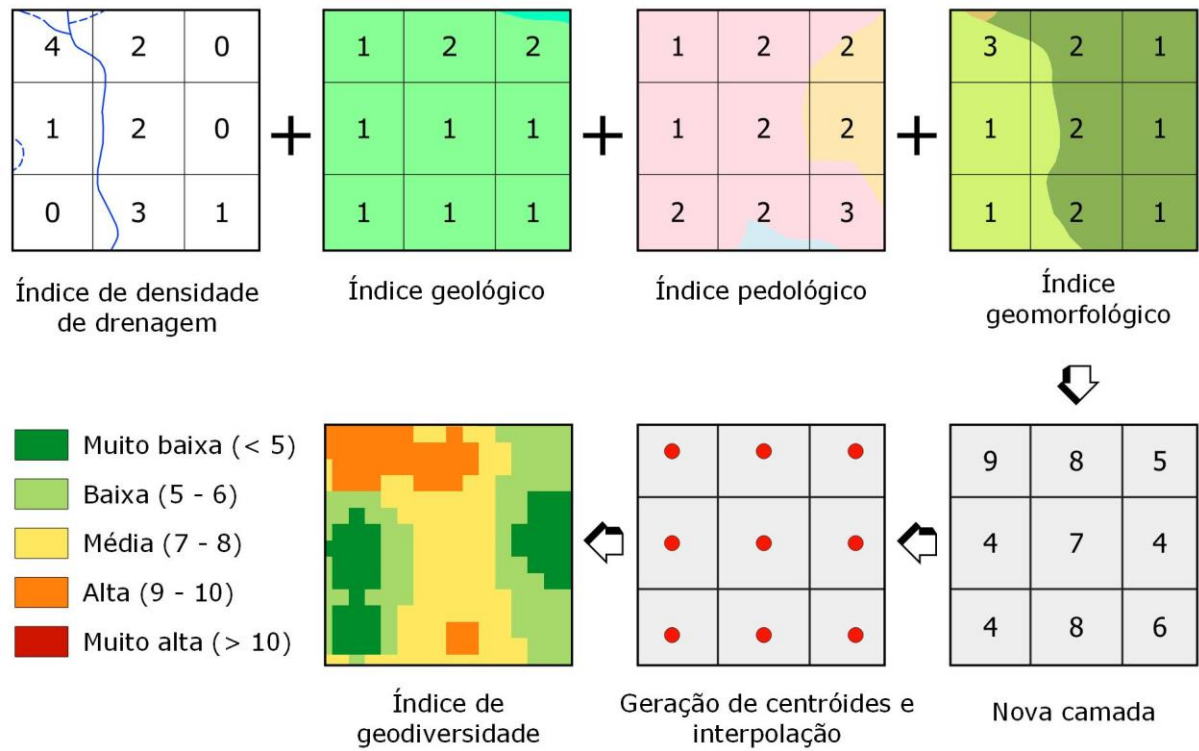
Com os valores dos índices parciais, fez-se o uso da ferramenta “união” para uni-los em pares até se obter uma nova camada vetorial única resultante. As tabelas de atributos dos pares foram transportadas para essa nova camada vetorial e assim, foi possível utilizar a calculadora de campo para somar a contagem de todas as feições para cada ID.

A ferramenta “centroides” foi aplicada na nova camada, que gerou pontos de centroide das geometrias em cada quadrícula. Os atributos associados a cada ponto na camada de saída foram os mesmos associados às feições originais.

Posteriormente, com a ferramenta “Grade (inverso da distância à potência)” interpolou-se centroides para gerar o mapa de índice de geodiversidade. Para classificação desse índice dividiu-se os valores encontrados em cinco classes de intervalo igual: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (PEREIRA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2017).

A Figura 15 mostra um resumo dos procedimentos descritos em uma pequena porção do *grid*.

**Figura 15** – Exemplificação do cruzamento de dados



Fonte: Autora (2022).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesta seção são apresentados os dados de saída do fluxograma; resultados das atividades descritas anteriormente.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL**

A partir dos pontos de observação de solo, geologia, relevo e hidrografia, e também pela classificação tátil visual realizada nas amostras, mapas temáticos foram elaborados segundo critérios de preparação das bases.

Cada item desta subseção preocupou-se em descrever as características geoambientais da área de estudo, de modo a proporcionar subsídios para um planejamento territorial e para auxílio na interpretação do mapa de geodiversidade.

A nomenclatura dos pontos visitados foi adotada como a mesma registrada no GPS para maior facilidade em caso de recuperação de dados. Os locais visitados foram distribuídos de forma homogênea na área de estudo, em locais possíveis de acessar pelas estradas rurais municipais e carreadores. Foram feitos 97 pontos de campo em uma área de 228,199 km<sup>2</sup>. As demais áreas não cobertas pela visita são de propriedade particular ou de difícil acesso.

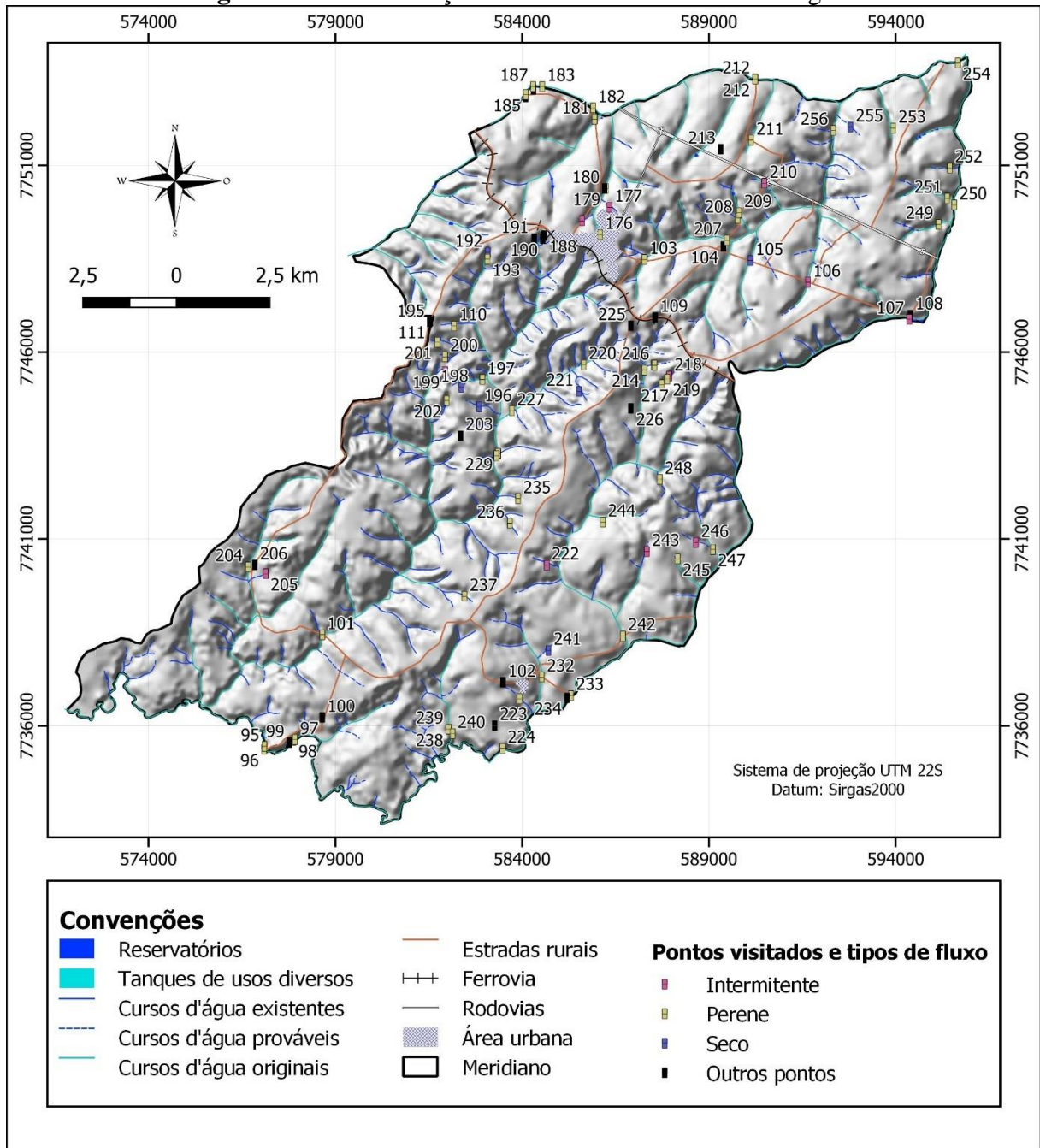
A visualização geral dos pontos sobre imagem de satélite encontra-se no Apêndice I e as descrições dos locais, coordenadas e tipos de amostras encontram-se no Apêndice XVII.

#### **4.1.1 Rede Hidrográfica**

A Figura 16 mostra o mapa da rede hidrográfica realizado após verificação do tipo de fluxo em cada ponto de curso hídrico visitado. Essa classificação pode ser melhor visualizada no Apêndice III.

Os comprimentos totais de cursos complementados (Tabela 2) são praticamente de mesma grandeza em comparação à base de dados, porém mais segmentados, indicando que a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) realizou um mapeamento dos cursos principais, sem diversas nascentes de 1ª ordem complementadas, que permitiram uma análise da área na escala de trabalho.

**Figura 16** – Classificação dos fluxos das redes de drenagem



Fonte: Autora (2022).

**Tabela 2** – Comprimento e quantidade de segmentos das camadas vetoriais.

Camada	Comprimento (km)	Segmentos
Cursos originais (ANA, 2018)	171,8	63
Cursos existentes	109,1	227
Cursos prováveis	68,0	196
Total complementado (provável + existente)	177,1	423

Fonte: Autora (2022).

Dos 97 pontos visitados em campo, 77 foram em cursos hídricos. Destes, 16 foram traçados como existentes [classe (i)] e 15 como prováveis [classe 2 (ii)]. Da classe (i), 3 são intermitentes e 2 estão secos, o restante tem fluxo perene. Da classe (ii), 5 são intermitentes e 3 estão secos, o restante também tem fluxo perene. Da base de dados original (ANA, 2018) foram visitados 46 cursos, 2 secos e 2 intermitentes, os demais possuem fluxo perene.

O ponto 105 e 255, ao Norte do município, marcam cursos secos. Nota-se que nesta área há uma diminuição da vegetação ripária em todos os cursos, visto que se concentram em áreas de instalações urbanas, rurais e rodovias, de ocupações mais antigas em relação ao Centro-Sul do município.

Além destes, há o ponto 192 em área de pastagem, pontos 221 e 241 em áreas de plantio de cana-de-açúcar, e os pontos 196 e 198, em área de cultivo de *citrus*.

Na Figura 17 tem-se alguns pontos com cursos intermitentes. Percebe-se que os pontos 106 e 107, também ao Norte, possuem pasto bem degradado e pouca vegetação para proteção do vale. O ponto 210 está próximo da rodovia, à frente de uma escada hidráulica que descarrega as águas da pista até a área mais baixa do vale, no entanto não há nenhum tipo de canalização para condução da mesma, sendo descartada diretamente no solo. Este local possui bastante vegetação, no entanto verificou-se degradação por erosões, acúmulo de lixo às margens e pegadas de animais.

**Figura 17 – Cursos intermitentes**



Ponto 106

Ponto 178

Ponto 210

Fonte: Autora (2022).

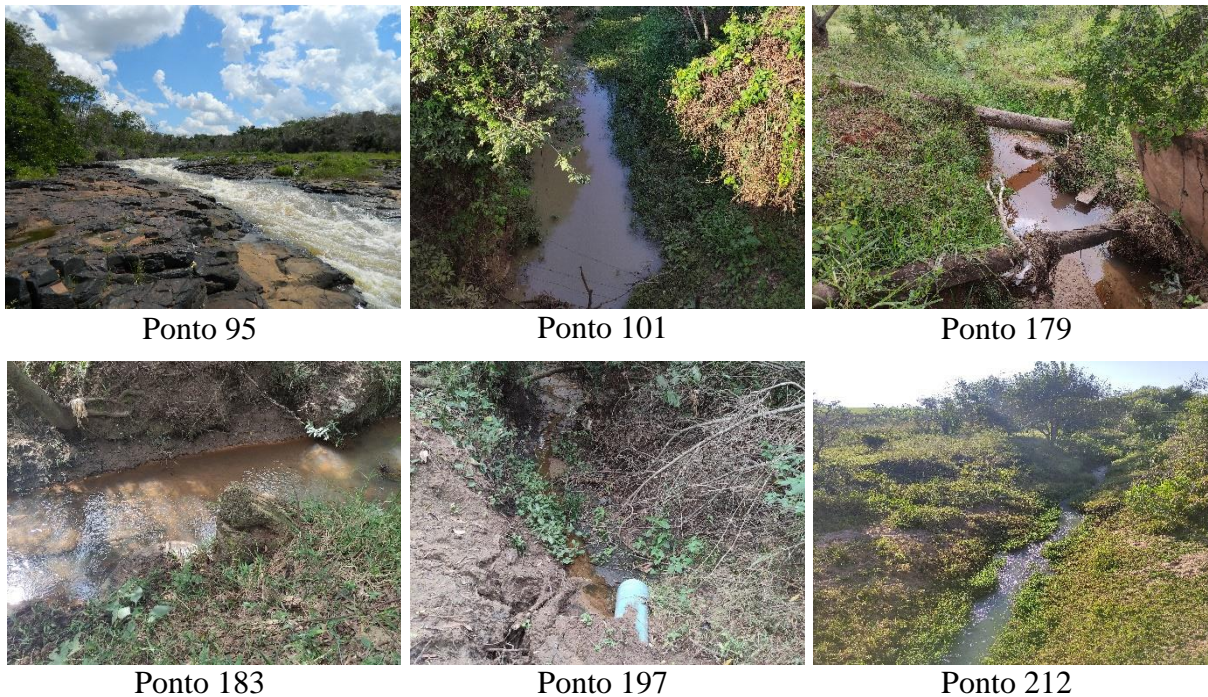
Outros pontos foram classificados como intermitente, como o 177, que localiza-se ao lado de um novo arruamento da cidade, na área de expansão, também com pouca vegetação e pasto degradado. O ponto 199 encontra-se em área de cultivo de *citrus* e os pontos 222, 243, 246 e 205, em cultivos de cana-de-açúcar, respectivamente. No último citado, apesar de inexistência do curso na APP, há relatos de atolamento com maquinário devido à presença constante de água que exfiltra no solo e infertilidade da cultura.

O ponto 218 encontra-se em propriedade rural antiga, com pasto muito degradado e nenhuma vegetação ribeirinha, fatores que contribuíram para formação de processos erosivos intensos. De acordo com trabalhadores locais, a área está em processo de avaliação fiscal para plantio de árvores para preservação permanente das nascentes.

Alguns dos cursos perenes são apresentados na Figura 18. O ponto 95, localiza-se na Cachoeira do Golfo Nobre no Rio São José dos Dourados, área turística da cidade, tem fluxo grande e bom estado de conservação e vegetação. Entretanto, é possível identificar degradação de rochas por ações antrópicas e acúmulo de lixo.

O ponto 101 demarca presença de diversos sulcos na estrada próxima à ponte no Ribeirão São João devido à falta de drenagem, e o 179 se localiza no cruzamento do Córrego Coqueiro, ambos com bastante sedimentos de fundo (Figura 18). No ponto 183 há cruzamento no Córrego da Pedra, com fluxo de água grande e vegetação densa, no entanto, há acúmulo de materiais de construção às margens. O ponto 197 foi canalizado para passagem, pois localiza-se num curso que corta a área de plantação de *citrus*, a qual avança para APP próxima ao Ribeirão São João.

**Figura 18** – Cursos perenes



Fonte: Autora (2022).

Além dos supracitados, outros foram analisados e são descritos no Apêndice XVII. Alguns locais também foram marcados como pontos de reservatórios e tanques, para validação

das imagens de satélite. O ponto 184 é um açude dentro de uma propriedade. O ponto 203 é um tanque abastecido por poço profundo na área de plantação de *citrus*, que bombeia água para a represa do ponto 202 e também para outras áreas do plantio. Foi relatada a busca por abertura de outros poços no local para suprir a necessidade de irrigação.

Apesar da maioria dos pontos visitados serem perenes, observou-se que 8 dos cursos complementados são intermitentes, ou seja, secam durante algum período do ano e 5 ocorrem em locais de classificação (ii), que apresentaram degradação dos corpos hídricos pela sua exposição devido à diminuição na quantidade de vegetação e utilização da área para desenvolvimento da agricultura ou abertura de estradas e expansão urbana. Há ainda os corpos d'água que secaram, que somados aos intermitentes, resultam um total de 17 cursos, um valor preocupante.

Além disso, nota-se que os cursos perenes estão ameaçados devido às erosões provocadas pela ausência de contenção de água e também acúmulo de resíduos nas proximidades. Outra observação significativa foi feita a respeito da grande utilização de água para irrigação da cultura de *citrus*. Apesar do favorecimento econômico para o município, metade dos cursos secos foram encontrados nessa região e a abertura de outros poços pode ser prejudicial, pois a sobreexploração de aquíferos pode causar seu esgotamento.

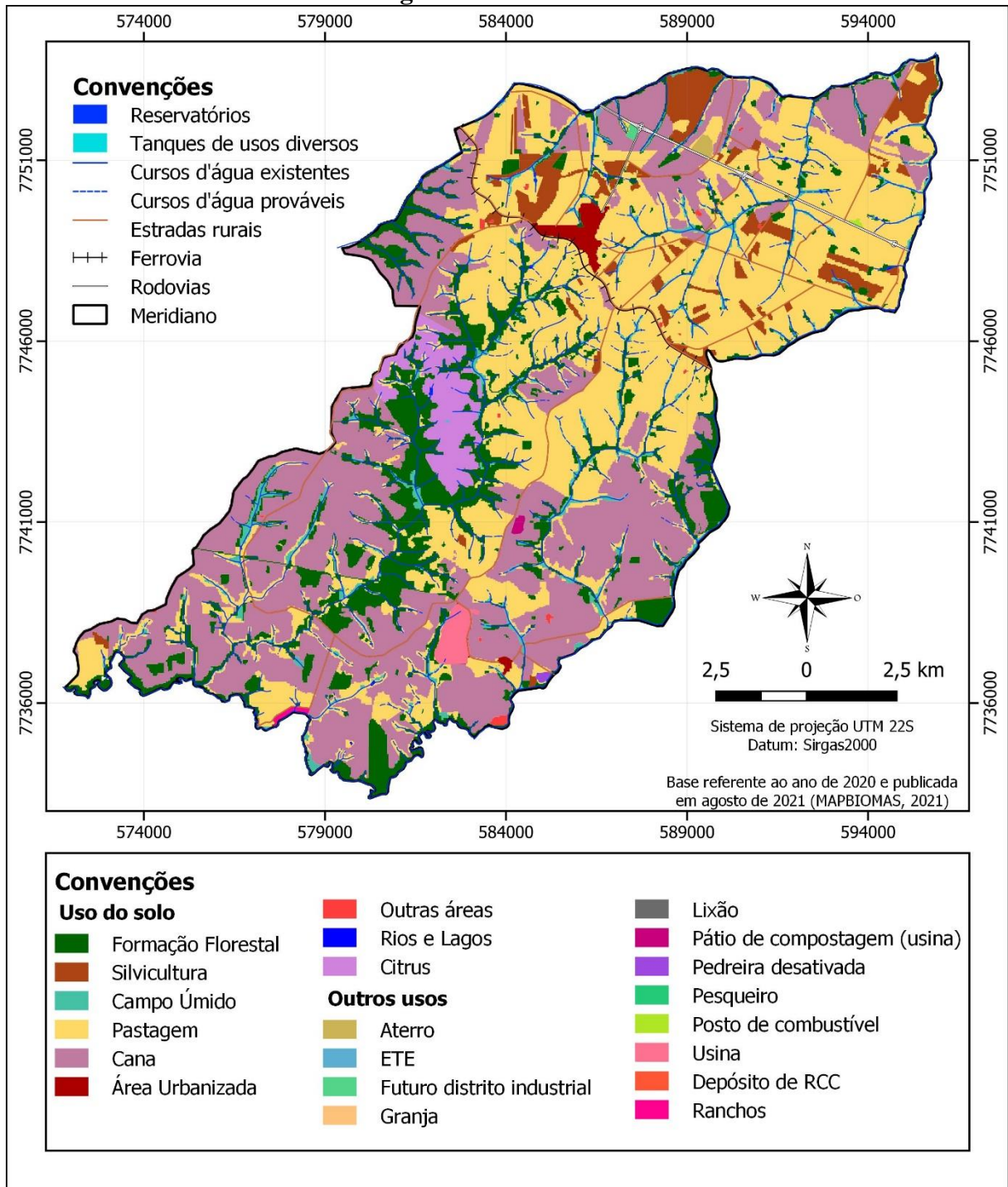
Os demais mapas apresentados no trabalho consideram os cursos existentes como a união dos mesmos e dos cursos originais para melhor representação gráfica da hidrografia.

#### **4.1.2 Uso do Solo**

A Figura 19 (Apêndice IV) mostra os diferentes tipos de classes fornecidas pelo MapBiomas (2021) modificadas após procedimentos descritos para preparação da base temática. Toda área de cultura não identificada foi preenchida e outros usos de solo específicos foram acrescentados, sendo eles: aterro, ETE, área de construção do distrito industrial, granja, lixão, pátio de compostagem, pedreira desativada, pesqueiro, posto de combustível, usina, depósito de RCC e ranchos, que auxiliaram na avaliação ambiental da área.



Figura 19 – Uso do solo



Fonte: Autora (2022).

A Tabela 3 a seguir indica as áreas de ocupação de cada classe, reorganizadas segundo informações estatísticas dos dados. Cada classe principal apresenta o somatório total das subclasses identificadas na área de estudo (MAPBIOMAS, 2021).

**Tabela 3 – Áreas das classes de uso do solo**

Classes (MAPBIOMAS, 2021)		Área original (ha)	Área após modificações (ha)
1	Floresta	3424	3694
1.1	Formação florestal	3424	3694
2	Formação natural não florestal	522	787
2.1	Campo alagado	522	787
3	Agropecuária	18594	18155
3.1	Pastagem	6572	8757
3.2	Agricultura	12022	9398
3.2.1	Lavoura temporária	6871	7865
3.2.1.1	Cana	6871	7865
3.2.2	Lavoura perene	106	553
3.2.2.1	<i>Citrus</i>	106	553
3.2.3	Silvicultura	138	980
3.2.4	Mosaico de agricultura e pastagem	4907	0
4	Área não vegetada	267	347
4.1	Infraestrutura urbana	242	119
4.2	Outras áreas não vegetadas	25	228
5	Corpos d'água	14	14
5.1	Rios e lagos	14	14

Fonte: MapBiomias (2021). Org.: Autora (2022).

Nota-se que a pastagem e o cultivo de cana-de-açúcar, após complementações, ocupam as maiores áreas de uso no município e são de grandezas próximas. Segundo a série histórica do MapBiomias (2021), o plantio de cana aumentou no ano de 2007 e cresceu gradativamente enquanto que a pastagem caiu na mesma proporção. Este ano foi marcado pelo início de obras da usina sucroalcooleira no município, que substituiu os campos de pastagem para cultivo da cultura temporária.

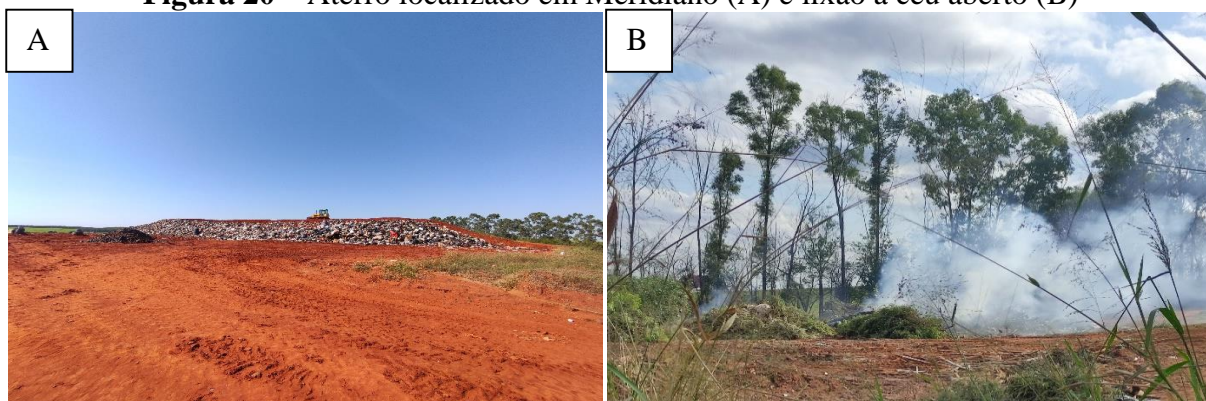
Um valor significativo de área que não havia retornado classificação exata de agricultura ou pastagem (mosaico) foi ajustada. Esses locais foram detectados em estradas, vales de vegetação não identificada e em outras culturas não correspondentes, que somavam um total de 4.907 ha. Ademais, algumas formações florestais que se misturavam com dados de silvicultura tiveram correções. Observa-se que a silvicultura teve um aumento de área igual a 842 ha. A cultura de *citrus* também teve aumento significativo, apresentando acréscimo de 447 ha.

Também foi constatado que a usina de Meridiano teve sua extensão confundida com infraestrutura urbana já que essas áreas são delimitadas pelo predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e edificações. Outras áreas não vegetadas foram

classificadas como superfícies não permeáveis não mapeadas em suas classes [infraestrutura, expansão urbana ou mineração (MAPBIOMAS, 2021)].

As classes inseridas em mapeamento foram visitadas e observadas para validação das imagens de satélite. O ponto 213, por exemplo, mostra a área do aterro sanitário sediado no município (Figura 20A). Segundo o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos (CETESB, 2020), o aterro atende outros municípios: Dolcinópolis, Estrela D'Oeste, Fernandópolis, Guarani D'Oeste, Nhandeara, Nova Luzitânia, Parisi, Pedranópolis, São João de Iracema, Sebastianópolis do Sul e Votuporanga. No entanto, apesar de possuir destino apropriado para disposição dos resíduos, Meridiano ainda possui lixão a céu aberto (ponto 191), onde verificou-se diversos tipos de itens de descarte, como equipamentos eletrônicos, móveis, lixo orgânico, resíduo de poda de árvore, dentre outros. No dia da visita, resíduos de poda estavam sendo queimados (Figura 20B).

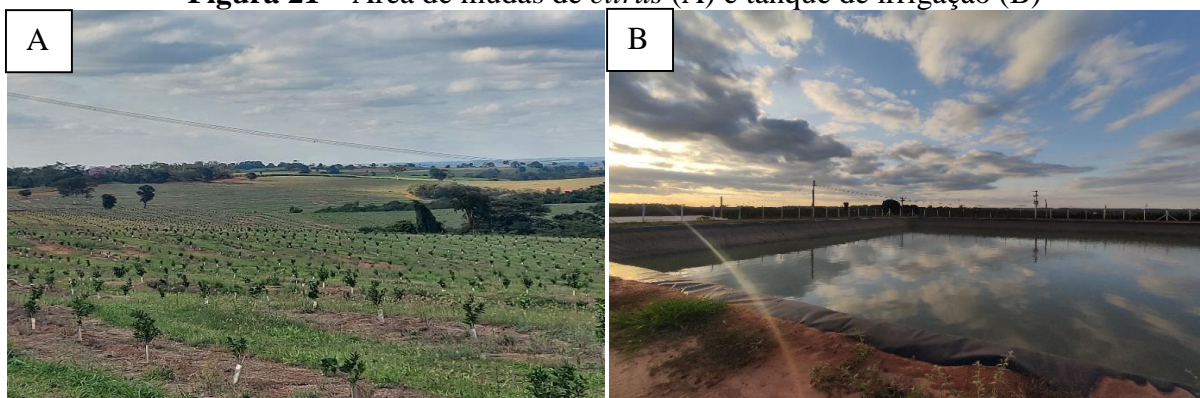
**Figura 20** – Aterro localizado em Meridiano (A) e lixão a céu aberto (B)



Fonte: Autora (2022).

A área de cultivo de *citrus* (Figura 21A) conta com a plantação de 10.000 mudas além daquelas identificadas anteriormente pelo MapBiomias (2021). Este local, devido à grande extensão, utiliza grande quantidade de água para irrigação, que é fornecida por um poço profundo no ponto 202. Além do ponto 202, o tanque do ponto 203 (Figura 21B) tem se encarregado de bombear água para áreas mais distantes, onde encontram-se as mudas.

**Figura 21** – Área de mudas de *citrus* (A) e tanque de irrigação (B)



Fonte: Autora (2022).

### 4.1.3 Geologia

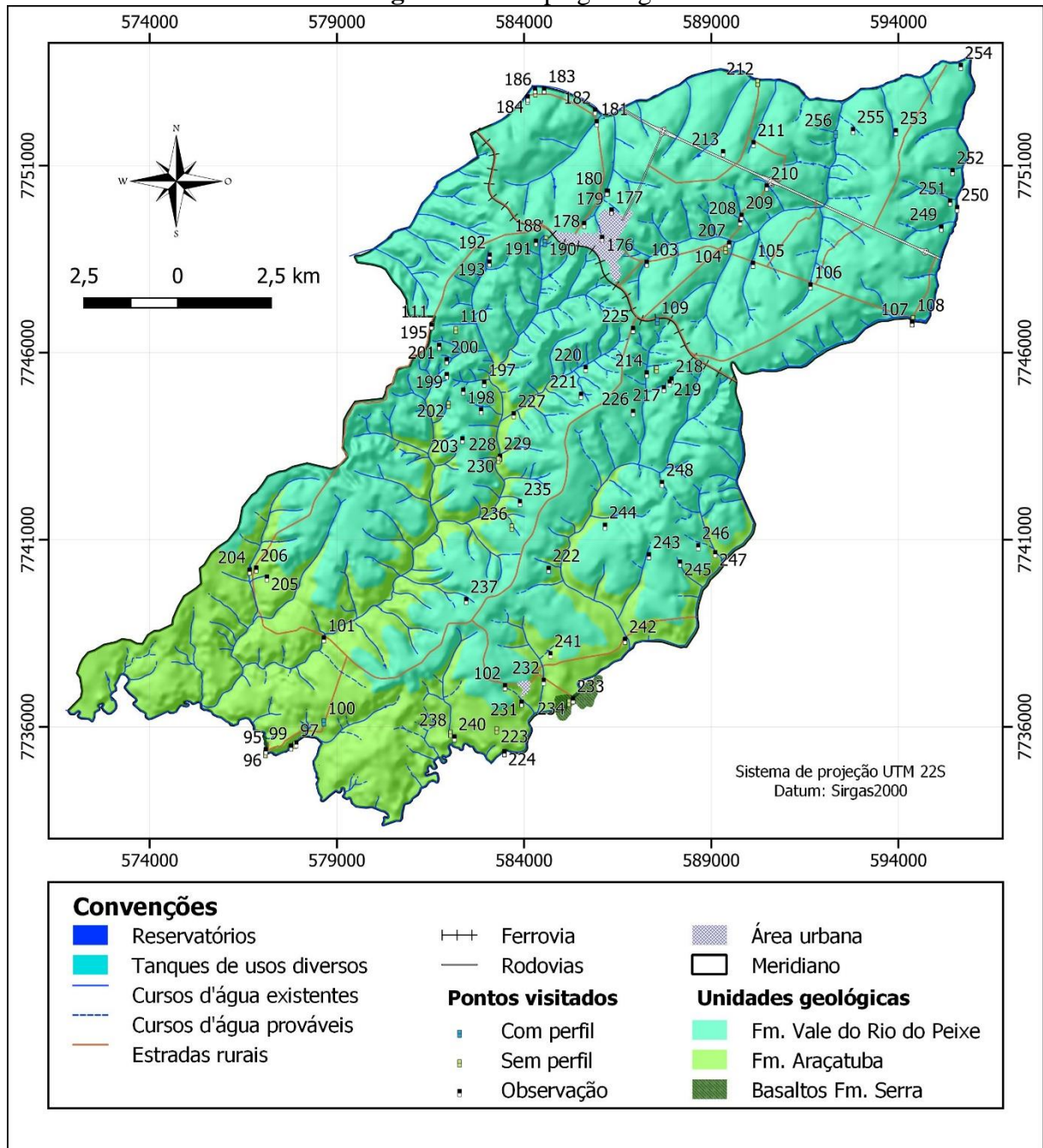
A geologia do município de Meridiano, como já mencionado, é constituída por rochas pertencentes às formações do Grupo Bauru: Araçatuba e Vale do Rio do Peixe (FERNANDES; COIMBRA, 2000; CPRM, 2006), que repousam sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), aflorante em alguns pontos no leito do rio São José dos Dourados e afluentes, e em áreas de mineração desativadas (Figura 22; Apêndice V).

A Formação Araçatuba, mais antiga do Grupo Bauru na região, aflora em cotas inferiores a 450 m próximo ao Rio São José dos Dourados (MERIDIANO, 2014), com espessura máxima na ordem de 70 m (FERNANDES; COIMBRA, 2000). É caracterizada por sucessões de estratos tabulares silto-arenosos de aspecto maciço interno e espessura centimétrica a decimétrica. Composta basicamente por siltitos e arenitos muito finos, podendo apresentar crostas devido à cimentação carbonática. (FERNANDES; COIMBRA, 2000).

A maior área aflorante dentre todas do Grupo Bauru é da Formação Vale do Rio do Peixe, a qual abrange grande parte da superfície de Meridiano. De acordo com Fernandes e Coimbra (2000), as rochas da unidade geológica têm uma espessura da ordem de 100 m, que contornam e encobrem (por ser mais jovem) o médio vale do Rio São José dos Dourados e a Formação Araçatuba. A composição é de arenitos finos a muito finos, de seleção moderada a boa, intercalada com siltitos ou lamitos. Os arenitos possuem aspecto maciço ou estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte (FERNANDES; COIMBRA, 2000).

Os tópicos subsequentes apresentam as características observadas em cada uma das formações após visitas de campo, incluindo tanto as rochas sãs como os perfis de intemperismo, uma vez que os arenitos sãs são raros em afloramentos.

Figura 22 – Mapa geológico



Fonte: Autora (2022).

#### 4.1.3.1 Formação Serra Geral

Foram identificados alguns pontos de afloramentos de basaltos da Formação Serra Geral ao longo do Rio São José dos Dourados e seus afluentes.

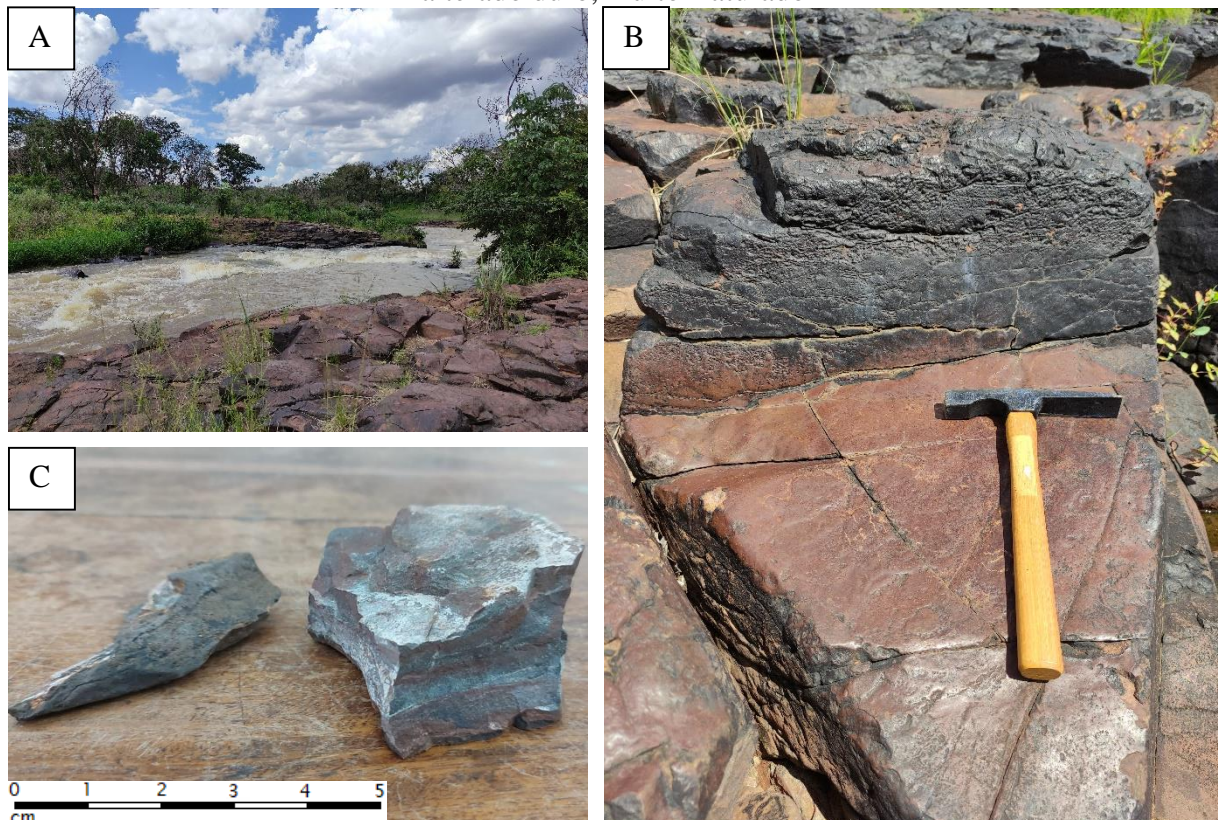
No Rio São José dos Dourados os basaltos são visíveis nos pontos 95 e 96, trecho da Cachoeira do Golfo Nobre, uma área turística da cidade.

No ponto 95 observou-se afloramento nas duas margens do rio e visibilidade 100 m a jusante, numa elevação de 359 m. As rochas possuem fraturas nas suas camadas inferiores, disposição desnivelada, bem como coloração avermelhada, o que aponta a alteração pela passagem de água. Nas camadas superiores da rocha há vesículas causadas pela retenção de bolhas gasosas durante o derrame e a coloração predominante da rocha são escura (Figura 23).

Os basaltos no ponto 96, altitude 358 m, se configuram em formatos mais planos do que o anterior. O afloramento ocorre no leito do rio e o solo nas margens apresenta seixos e característica arenosa, indicando ser material sobrejacente ao basalto e provavelmente a base da Formação Araçatuba, discutido em tópico posterior.

No ponto 97, 98 e 99, o basalto não aflora na superfície. Entretanto, sabe-se que em períodos de estiagem, quando o nível de água está muito baixo, é possível ver a ocorrência dos mesmos na calha do rio.

**Figura 23** – Visualização dos basaltos nas margens; (B) perfil da rocha; (C) basalto pouco alterado duro, muito fraturado



Fonte: Autora (2022).

Nos pontos 231, 233 e 238, afluentes do Rio São José dos Dourados, observou-se também o afloramento dessas rochas nas calhas (Figura 24) em cotas inferiores a 401 m.

**Figura 24** – Cursos d'água com a identificação de afloramentos de basalto



Ponto 231 - Curso sem nome

Ponto 233 - Ribeirão Santo Antônio

Ponto 238 - Córrego do Burití

Fonte: Autora (2022).

É provável que a área de ocorrência de basaltos se estenda por todo o trecho do Rio São José dos Dourados e também pelo Ribeirão Santo Antônio, visto que existem lagoas formadas por retenção de água de drenagem nas antigas cavas de extração do basalto já desativadas pela pedreira no ponto 234 (Figura 25).

**Figura 25** – Perfil de basaltos às margens da antiga cava de extração, no ponto 234



Fonte: Autora (2022).

Nesse local, a altitude é de 388 m e há afloramentos da rocha em blocos na superfície do solo, mostrando um basalto alterado duro com miolo são (Figura 26). Atualmente, a área de mineração se encontra no município de Valentim Gentil, aproximadamente a 300 m da cava desativada em Meridiano.

**Figura 26** – À esquerda; afloramento de basalto no solo e à direita; rocha com características de alteração superficial



Fonte: Autora (2022).

#### 4.1.3.2 Formação Araçatuba

A Formação Araçatuba encontra-se sobreposta em contato abrupto aos basaltos da Formação Serra Geral no ponto 96 (Figura 27). Esse contato é demarcado por níveis de seixos em formas arredondadas a subangulosas e com dimensões centimétricas.

**Figura 27** – À esquerda, delimitação dos basaltos e do solo, com nível de seixos basal; à direita, amostra de solo arenoso e seixos da linha de seixos



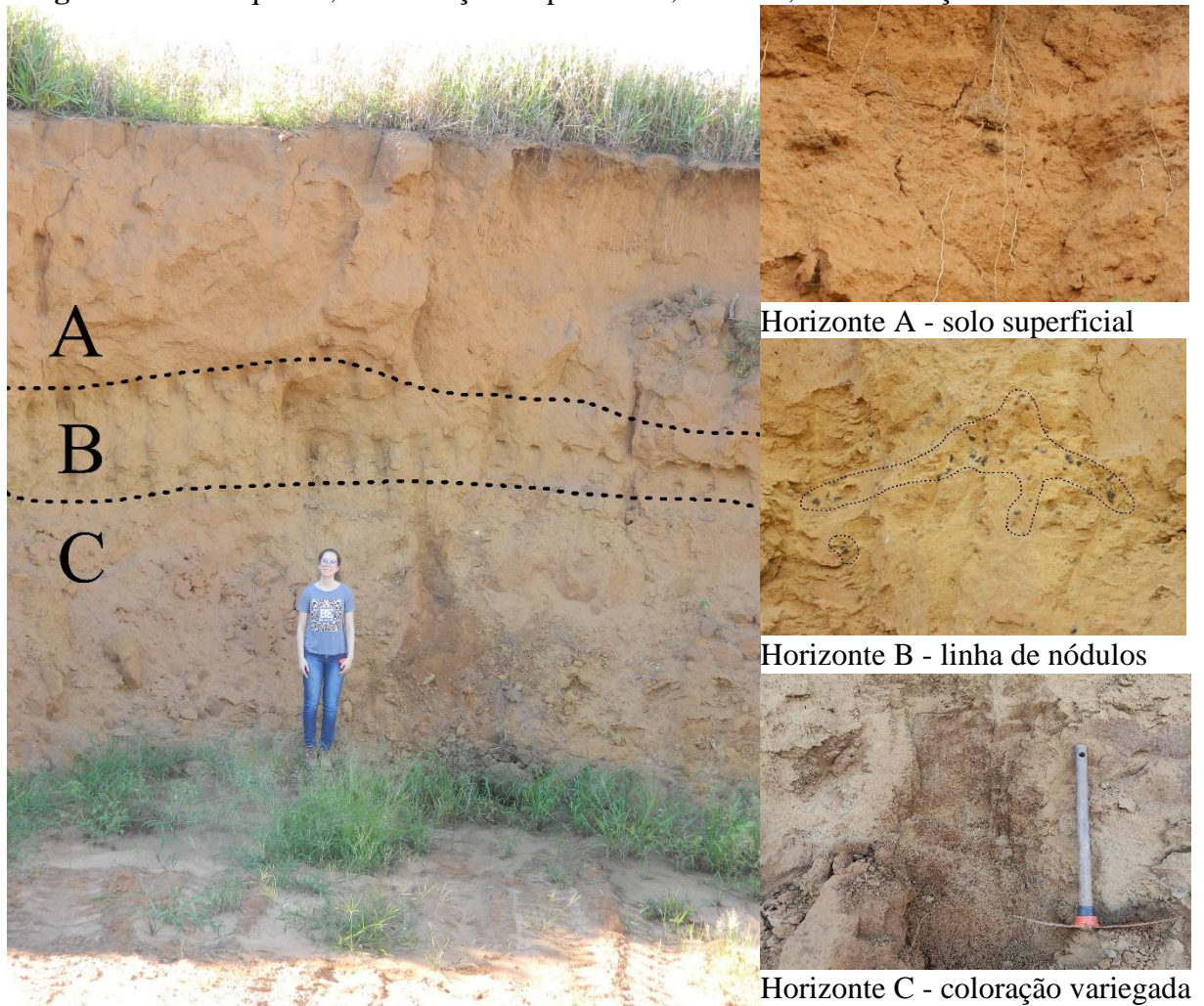
Fonte: Autora (2022).



Verificou-se que os afloramentos são de arenitos alterados, sendo difícil a visualização da rocha sã.

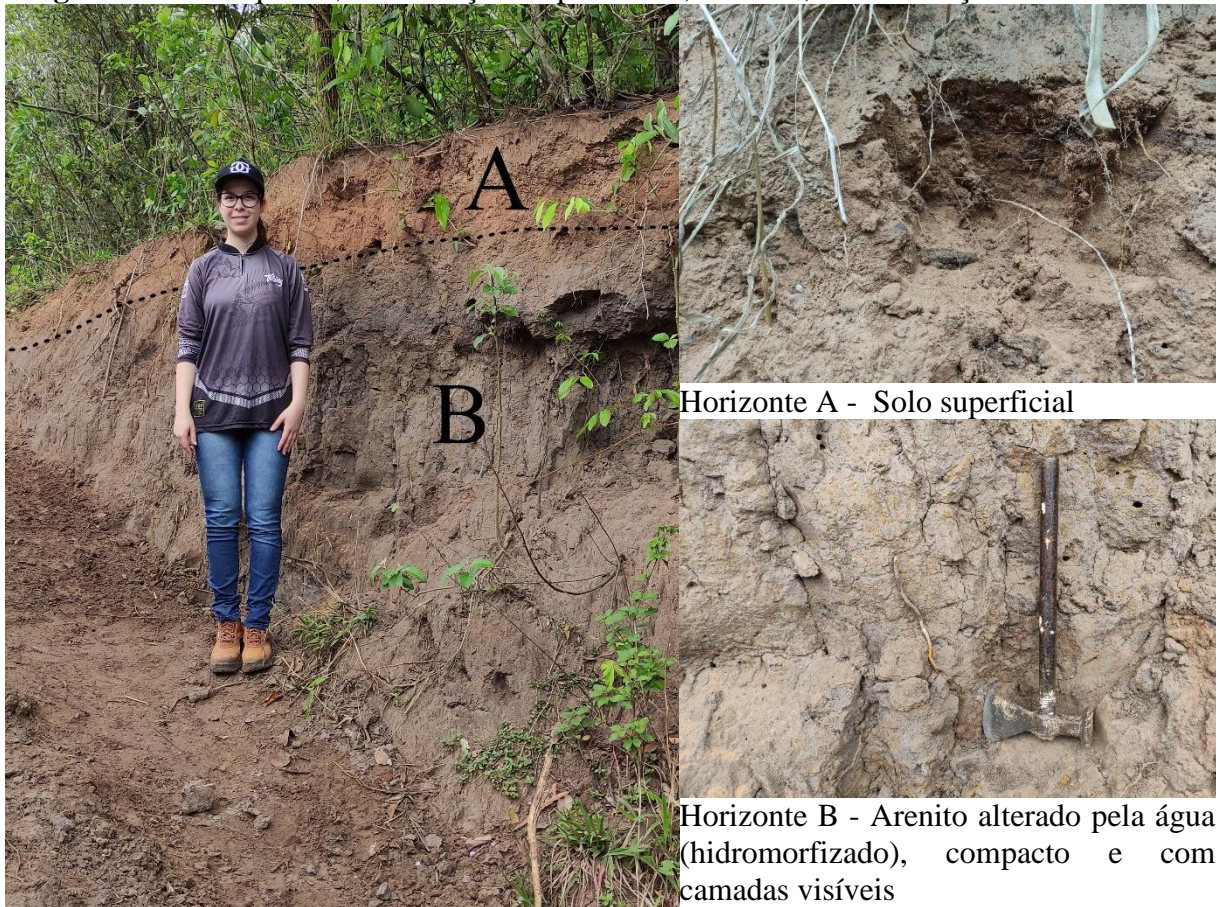
Nos perfis de intemperismo dos pontos 100 e 228, há intercalações de material arenoso com argilas, sendo os pacotes superiores mais homogêneos que os pacotes inferiores. Notou-se também presença de nódulos de óxidos milimétricos nesses pontos. No ponto 100 (Figura 28), demarca a translocação de ferro e/ou manganês de camadas inferiores, provavelmente nas áreas de flutuação de água, presentes no formato de nódulos pretos. No ponto 228 (Figura 29), o perfil apresenta limonitas em camadas mais superficiais, enquanto que, nas camadas inferiores, há fragmentação do arenito alterado em blocos subangulares centimétricos.

**Figura 28** – À esquerda, visualização do perfil 100; à direita, caracterização dos horizontes



Fonte: Autora (2022).

**Figura 29** – À esquerda, visualização do perfil 228; à direita, caracterização dos horizontes

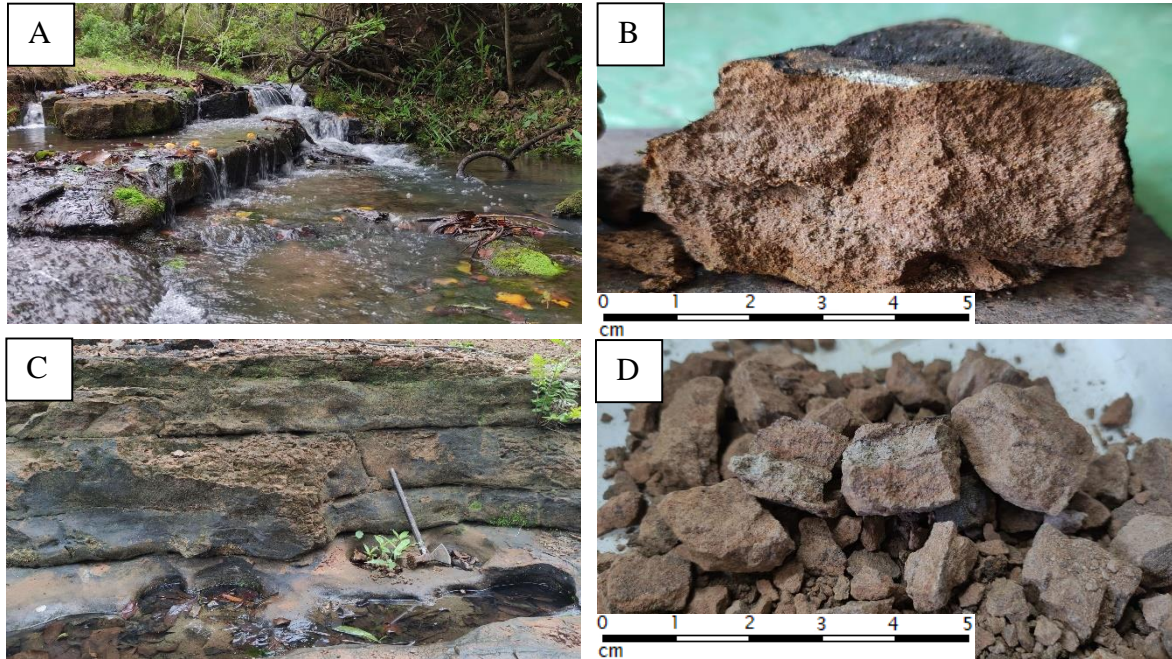


Fonte: Autora (2022).

Próximo ao perfil 228, verifica-se afloramentos da Fm. Araçatuba nos pontos 229 e 230. As rochas aflorantes em ambos os pontos encontram-se na calha do Ribeirão São João, onde formam-se pequenas quedas d'água.

O perfil de alteração na encosta do ponto 230 apresenta as mesmas características encontradas no ponto 228. Já no leito do rio (Figura 30A) há presença do arenito alterado duro, cimentado pelo óxido (Figura 30B). Também contém grãos de quartzo e óxidos não visíveis a olho nu. Nas margens (Figura 30B) verifica-se uma estratificação plano-paralela, com rocha mais alterada (Figura 30D). Detectou-se grande magnetismo em ambas as amostras.

**Figura 30** – (A) Rochas presentes no leito do Ribeirão São João; (B) Arenito alterado duro; (C) estratificação plano-paralela na margem; (D) Arenito alterado da margem



Fonte: Autora (2022).

Outros pontos visitados se aproximam da zona de transição entre a formação em questão e a Fm. Vale do Rio do Peixe (196, 197, 202, 205, 206, 222, 235, 236, 237, 102, 241, 244, 245, 246) entretanto, o difícil acesso e também utilização do solo para o uso agrícola dificultaram a visualização nítida de uma diferença entre si. O que se notou foi uma coloração mais clara no solo superficial da Fm. Araçatuba.

A Figura 31 mostra um arenito maciço claro em um dos pontos supracitados. Outros da Fm. Vale do Rio do Peixe são discutidos posteriormente.

**Figura 31** – Perfil do ponto 206 mostrando afloramento de água na base do arenito



Fonte: Autora (2022).

#### 4.1.3.3 Formação Vale do Rio do Peixe

Na Formação Vale do Rio do Peixe identificou-se perfis de alteração do arenito com diversas e distintas características.

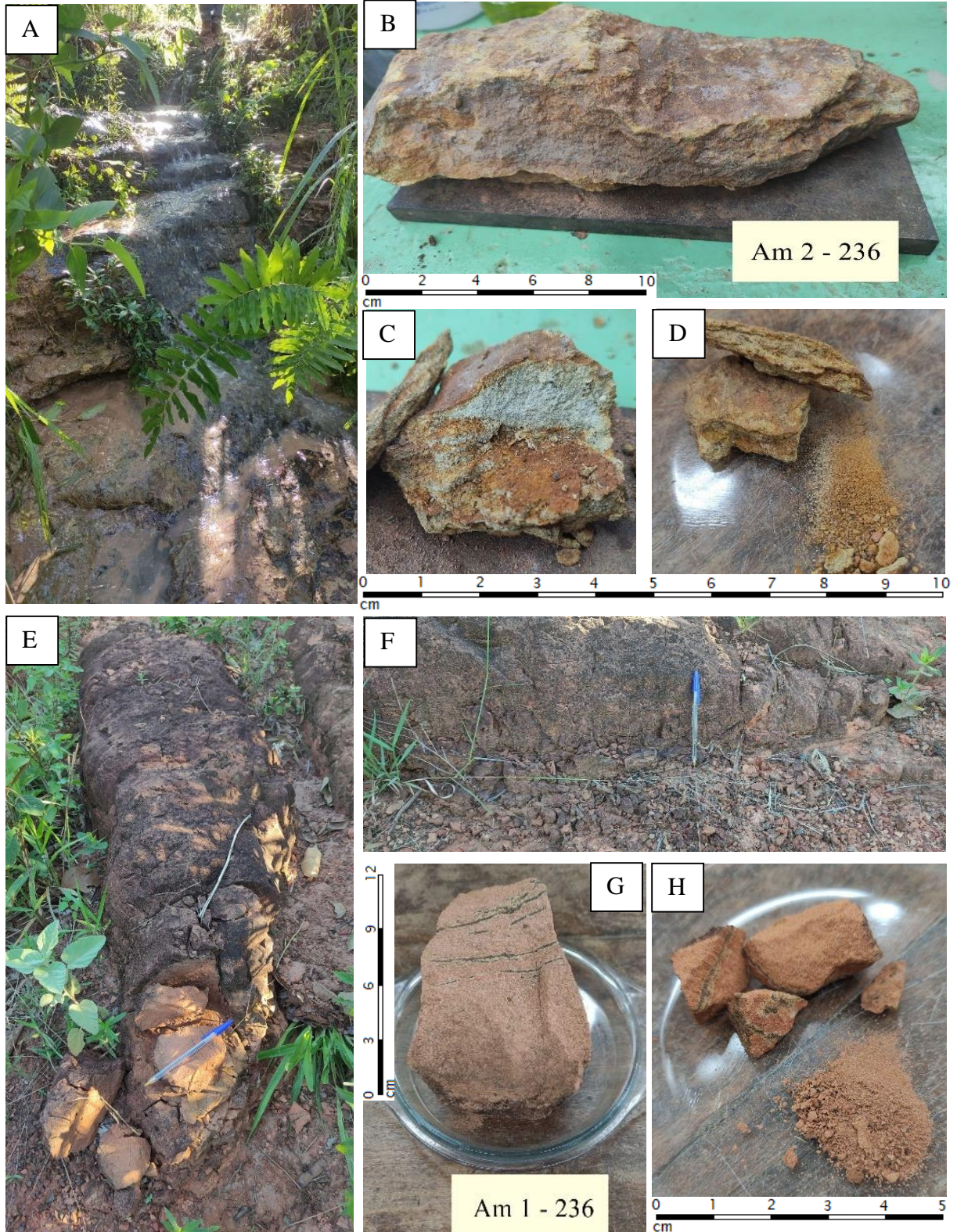
O ponto 236 delimita uma possível transição visível entre formações. O local visitado se localiza em um curso d'água erodido, com aspectos diferentes das rochas aflorantes na encosta e na calha do rio.

Na calha, área nos domínios da Fm. Araçatuba, encontram-se quedas d'água (Figura 32A) formadas por um arenito alterado duro de coloração clara, composto de uma areia fina com intercalações de óxido de ferro, não cimentada ou com cimentação já alterada (Figura 32B, Figura 32C e Figura 32D). Nas encostas (Figura 32E), próximo da passagem para Fm. Vale do Rio do Peixe, nota-se um solo cascalhento de nódulos de limonitas com afloramentos de arenito coerente em blocos subangulares centimétricos, avermelhado, com camadas menos evidentes em relação ao anterior e com intercalações de areia fina e óxido de ferro/manganês (Figura 32F, Figura 32G e Figura 32H).

Os afloramentos nas encostas do ponto 236 foram possivelmente expostos devido à erosão do local, que causou a retirada de solo e também resultou no desenvolvimento de uma grande feição erosiva.

Formas parecidas foram encontradas em uma voçoroca no ponto 240 (Figura 33); entretanto, verificou-se que se tratava de um solo compacto que ao longo do tempo sofreu o aparecimento de sulcos e ravinas até a formação da voçoroca. O arenito é de uma coloração mais clara em relação ao anterior.

**Figura 32** – (A) Afloramento de arenito na calha do rio; (B) rocha amostrada Am 2; (C) coloração clara da areia fina; (D) visualização das camadas em disposição de lâminas; (E) afloramento de arenito na encosta; (F) perfil da rocha no local; (G) rocha amostrada Am 1; (H) Visualização das camadas de ferro/manganês



Fonte: Autora (2022).

**Figura 33** – Sulcos do ponto 240



Fonte: Autora (2022).

Alguns outros perfis analisados (108 e 256) mostraram um arenito alterado homogêneo, sem estruturas visíveis, com passagem abrupta entre horizontes e a presença de colorações variegadas no material alterado.

No ponto 104, em área utilizada pela prefeitura para retirada de solo, o perfil é homogêneo, eluvial (Figura 34). Aparece pouca presença de areia e maior quantidade de silte, que forma gretas de contração no solo. A coloração é avermelhada, indicando presença de pigmento ferruginoso.

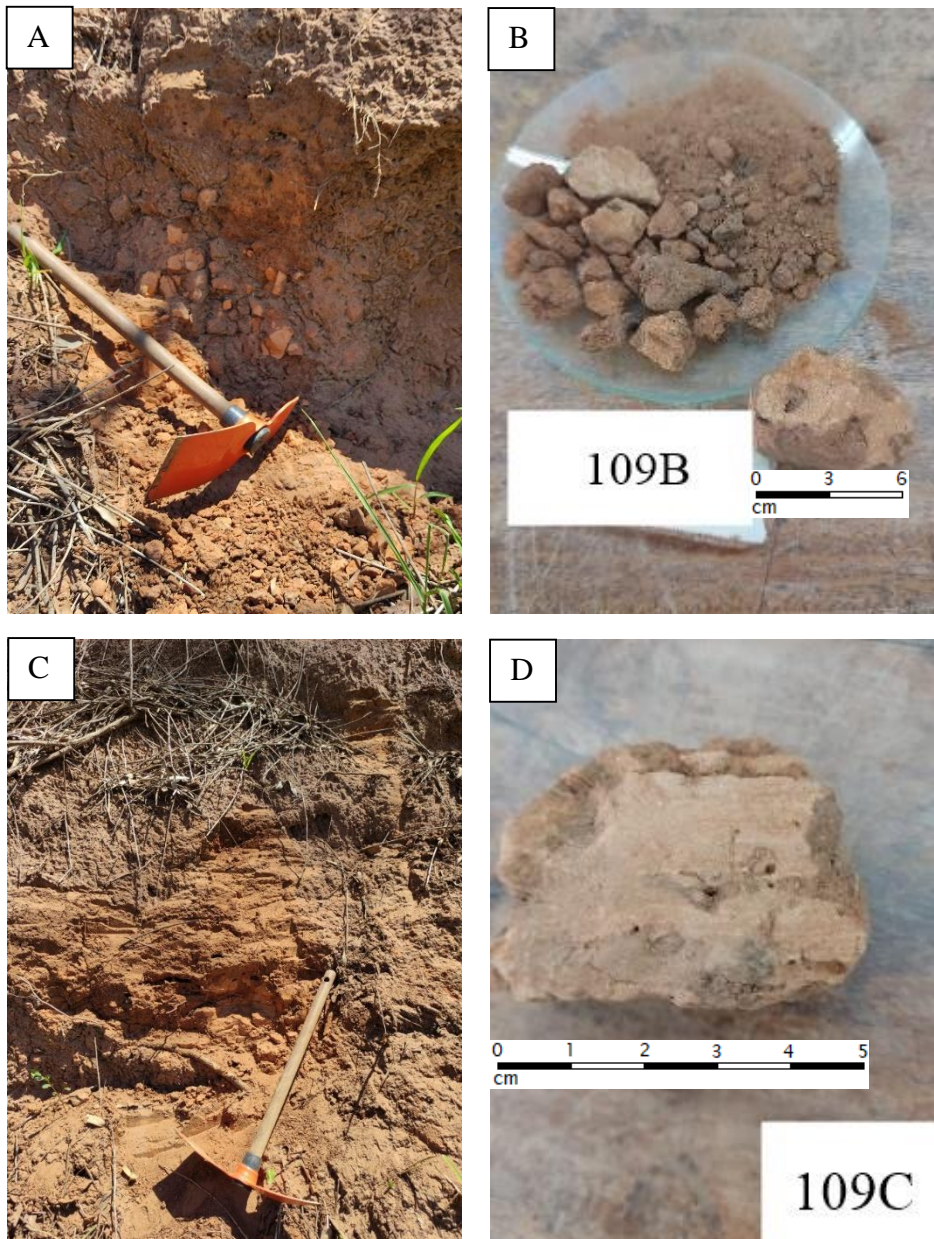
**Figura 34** – À esquerda, visualização do perfil 104; à direita, solo ressecado marcando presença do silte.



Fonte: Autora (2022).

O perfil do ponto 109 localiza-se próximo à Comunidade Terapêutica Novo Sinai e tem profundidade de 2,80 m. O solo superficial (horizonte A) tem aspecto homogêneo com incorporação de matéria orgânica. O horizonte B é um provável horizonte de rocha alterada mole, compacta mas sem estruturas (Figura 35A e Figura 35B). O horizonte C é composto por Rocha alterada, em blocos subangulares centimétricos (Figura 35C e Figura 35D).

**Figura 35** - (A) Horizonte B do perfil 109; (B) Amostra do horizonte B; (C) Horizonte C do perfil 109; (D) Amostra do horizonte C



Fonte: Autora (2022).

No ponto 111; caixa de contenção de erosão, foi encontrada rocha alterada mole (arenito) em meio a solo de alteração. A pigmentação vermelha também é presente, indicando compostos ferruginosos (Figura 36).

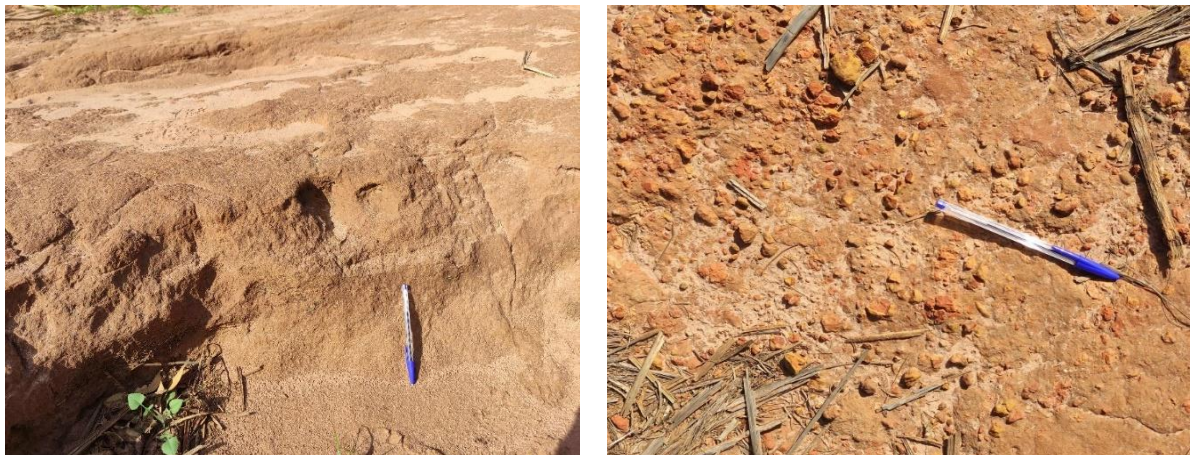
**Figura 36** – À esquerda, caixa de contenção de erosão; à direita, amostra da rocha alterada mole



Fonte: Autora (2022).

O ponto 188 localiza-se na cabeceira de uma APP. A área é bem erodida e o solo é compacto, com pontos de topo avermelhados e partes mais baixas compostas de arenitos claro alaranjados, com estratificação e níveis de concentração de nódulos de óxido de ferro (limonitas) de tamanho pequeno de cor amarelada/avermelhada (Figura 37).

**Figura 37** – À esquerda, arenito claro erodido; à direita, solo vermelho com limonitas

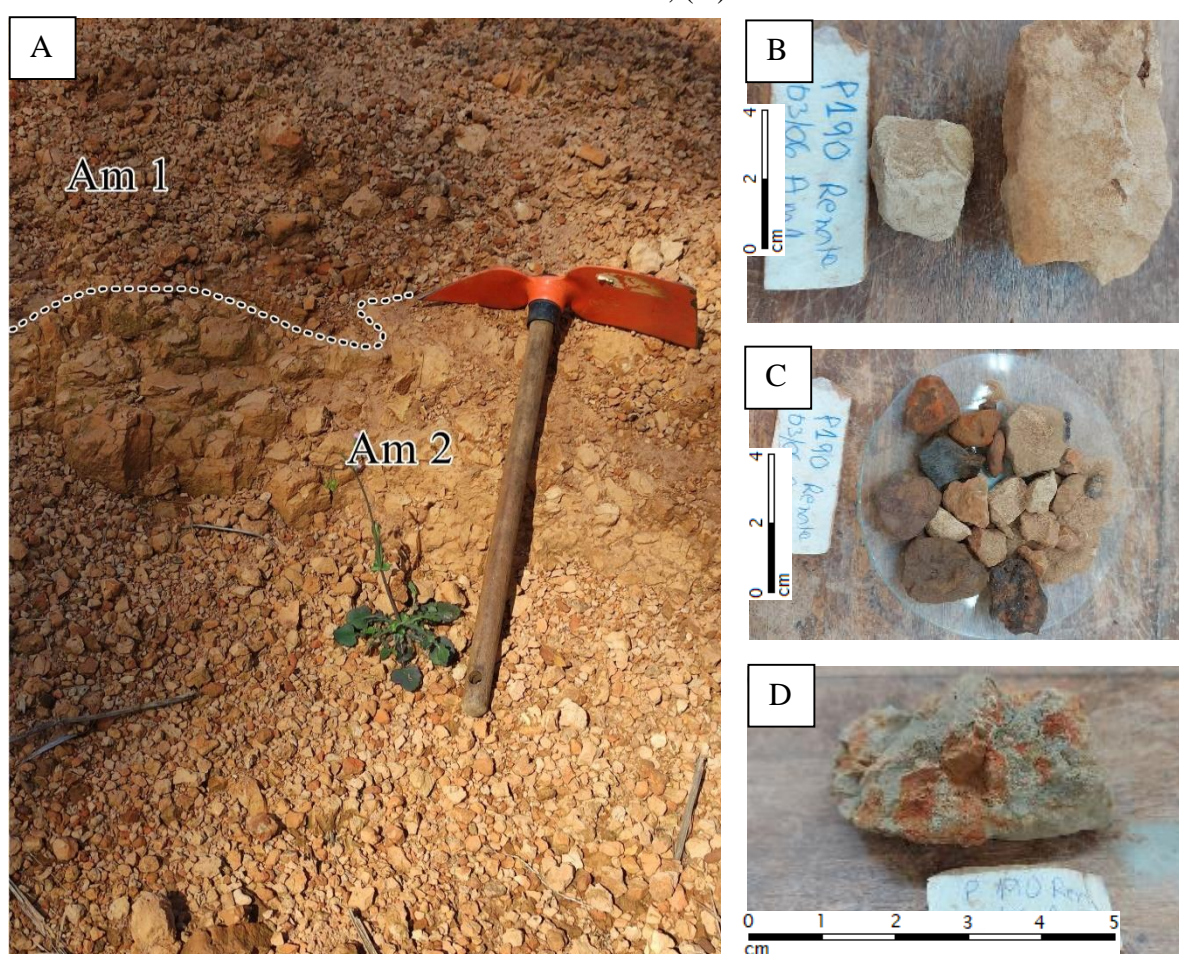


Fonte: Autora (2022).



Adiante, tem-se características do perfil de meia encosta 190, demarcado por possuir um solo superficial com maior presença de limonitas em relação ao anterior, dispostas superficialmente acima de um perfil de rocha alterada dura bem estruturada e bem preservada (Figura 38A). A amostra do solo sob a rocha (Am 1) apresenta dois aspectos distintos: o arenito alterado duro (Figura 38B) e fragmentos de arenito e nódulos de limonita de colorações diversas (Figura 38C). A amostra da rocha (Am 2) é composta de arenito alterado com nódulos de limonita (Figura 38D).

**Figura 38** – (A) Perfil de amostras; (B); Arenito alterado duro da Amostra 1; (C) Fragmentos de arenito e nódulos de limonita da Amostra 1; (D) Arenito alterado da Amostra 2



Fonte: Autora (2022).

Segundo Fernandes (1998), vestígios de atividades biológicas são identificados nas associações litofaciológicas da parte oriental da Bacia Bauru. De forma geral, podem ser encontrados túbulos de raízes preenchidos por um material distinto (FERNANDES, 1998). No caso da amostra da Figura 38D, esses moldes possivelmente foram preenchidos com óxido de ferro, dando este aspecto alaranjado nas pequenas formas circulares presentes no arenito. Essas

características podem ser comumente encontradas em litofácies mais finas, em ambientes úmidos.

No ponto 202, em uma represa na área de irrigação da cultura de *citrus*, as limonitas são de tamanho grande e há arenitos cimentados com cavidades de dissolução e de coloração variegada (Figura 39). Pelo teste com ácido, a rocha não demonstrou composição de cimento calcário. É formada por arenito com cimento de óxido de ferro, alterado, e suas cavidades formadas pela remoção de partes não cimentadas. As cavidades presentes podem ser explicadas pela mesma razão anterior (FERNANDES, 1998), em que os moldes de raízes preenchidos com materiais distintos, não cimentados, sofreram processo de dissolução.

**Figura 39** – À esquerda, represa do ponto 202; à direita, rocha de limonita vesicular

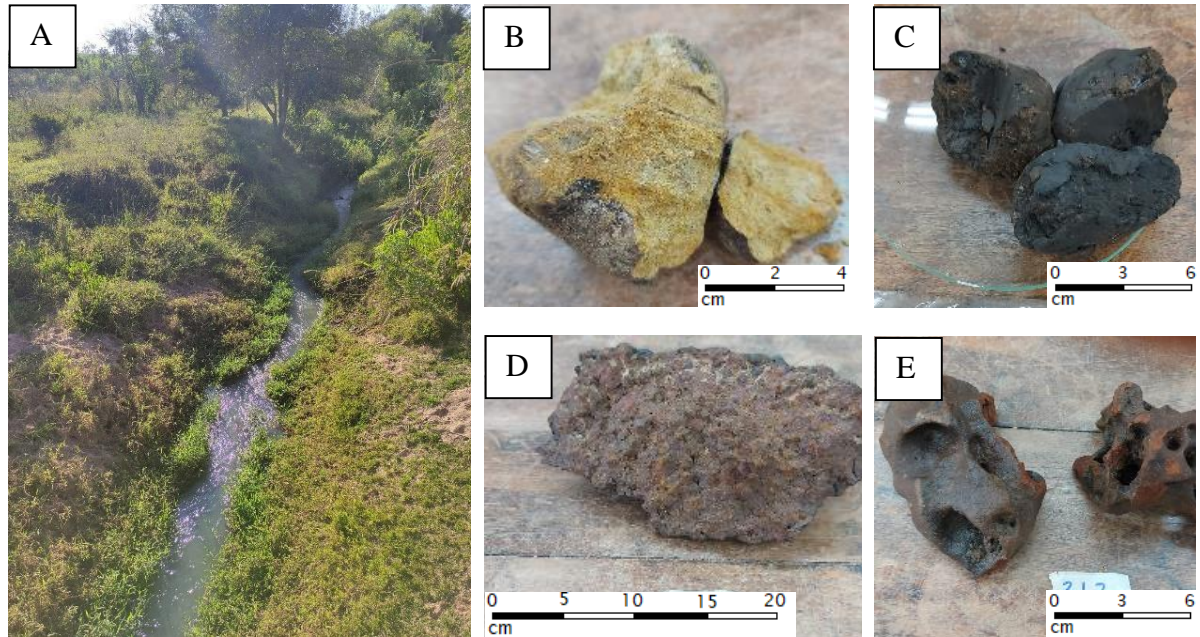


Fonte: Autora (2022).

No Córrego Sucuri, o ponto 212 (Figura 40A) registra ocorrência de blocos de arenitos e de laterita na calha e nas margens do canal. Os blocos de arenito são rochas alteradas moles com camadas (Figura 40B). Na calha, há fragmentos de blocos de laterita alterada mole de textura fina, não plástico (Figura 40C). As lateritas das margens possuem coloração externa escura e na parte interna, grande quantidade de nódulos ferruginosos de coloração vermelha, variando em seu grau de alteração. A Figura 40D apresenta a rocha pouco alterada enquanto que a Figura E mostra fragmentos de bloco de laterita alterada dura.

Este local também apresenta afloramentos de arenito com rocha bem preservada, em perfil no talude da ponte, pouco alterado e com estratificação plano-paralela típica da formação, como mostrado na Figura 41.

**Figura 40** – Córrego Sucuri; (B) Amostra de arenito alterado mole; (C) Laterita alterada mole; (D) Laterita pouco alterada; (E) Laterita alterada dura



Fonte: Autora (2022).

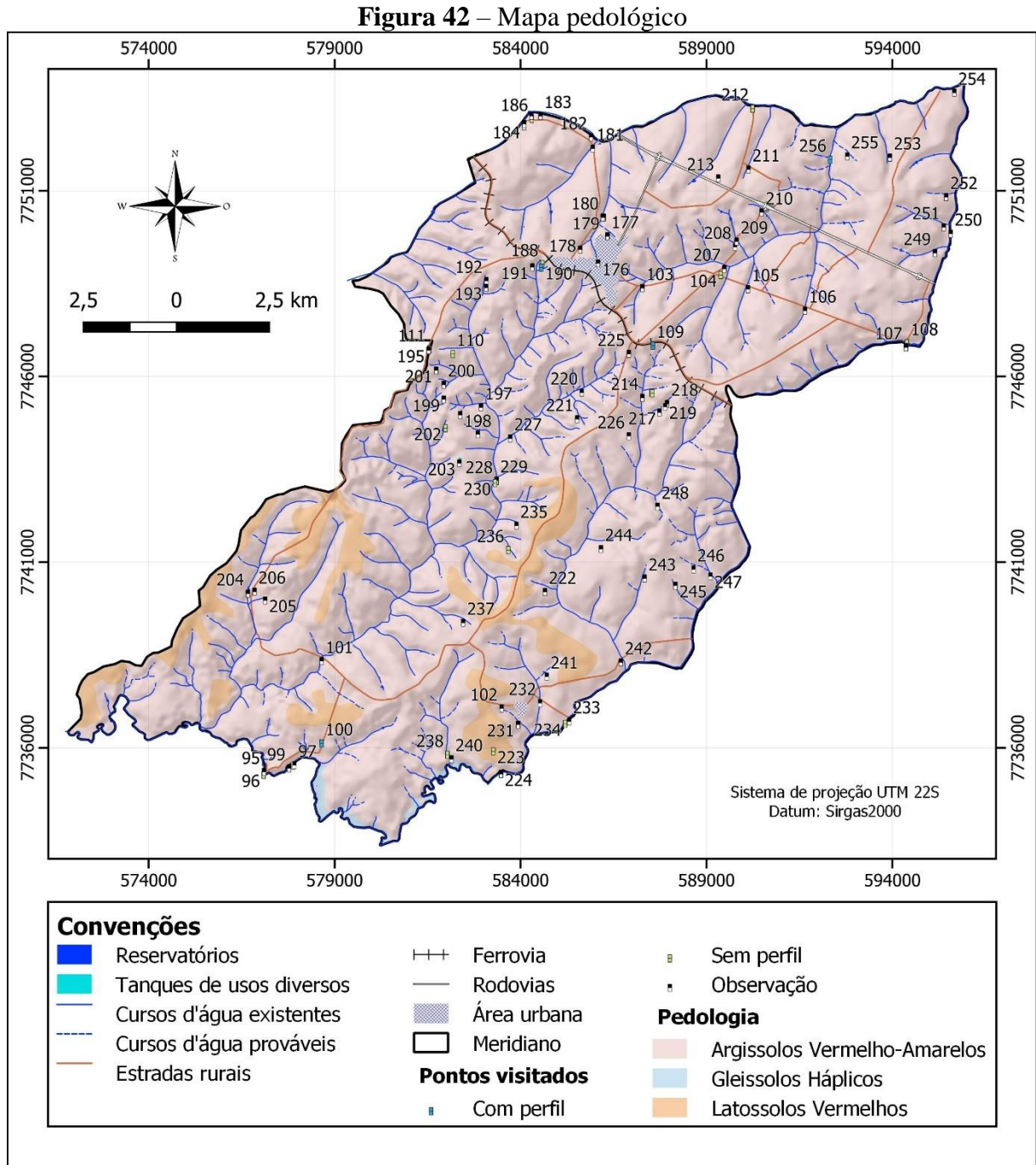
**Figura 41** – Afloramento de Perfil da Formação Vale do Rio do Peixe.



Fonte: Autora (2022).

#### 4.1.4 Solos e perfis de intemperismo

A Figura 42 (Apêndice VI) apresenta o mapeamento pedológico no município segundo Rossi (2017), com adaptações e detalhamento quanto aos gleissolos.



Fonte: Autora (2022).

Grande parte do município de Meridiano possui solo classificado como argissolo vermelho-amarelo ou vermelho eutrófico arênico ou abruptico A moderado ou fraco textura

arenosa/média, fase relevo suave ondulado e ondulado (ROSSI, 2017). Segundo Santos *et al.* (2018), essa classe de solo apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B. A sua profundidade é variável, desde forte a imperfeitamente drenados, com coloração predominantemente vermelha ou amarelada e raramente brunada (amarelo avermelhado) ou acinzentado (SANTOS *et al.*, 2018). A textura pode ter mudanças repentinas, mas na maioria dos casos é arenosa desde a sua superfície até no mínimo 50 cm e no máximo 100 cm de profundidade (SANTOS *et al.*, 2018).

Entre alguns cursos de água e majoritariamente próximo da Formação Araçatuba encontram-se pequenas porções dos latossolo vermelho ou vermelho-amarelo distrófico típico A moderado ou fraco textura média álico ou não álico, fase relevo suave ondulado (ROSSI, 2017). De acordo com Santos *et al.* (2018), essa classe é resultado de um estágio avançado de intemperismo, caracterizando solos evoluídos e muito profundos, quase nunca possuindo espessura menor que 100 cm. Eles variam de fortemente a bem drenados e praticamente não há incremento de argila do horizonte A para o B (SANTOS *et al.*, 2018). A transição entre os horizontes é gradual; as cores do horizonte A são mais escuras e o B tem cores vivas, variando de amarelas ou bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas (SANTOS *et al.*, 2018).

É possível verificar ocorrência mínima de gleissolo háplico (ROSSI, 2017) influenciado pelo principal curso de água da cidade, o Rio São José dos Dourados, já que, conforme Santos *et al.* (2018), essa classe de solo se encontra permanente ou periodicamente saturada por água, o que reduz o oxigênio dissolvido (gleização) e implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas devido à redução e solubilização do ferro. Os autores ainda citam que podem formar-se em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões (SANTOS *et al.*, 2018).

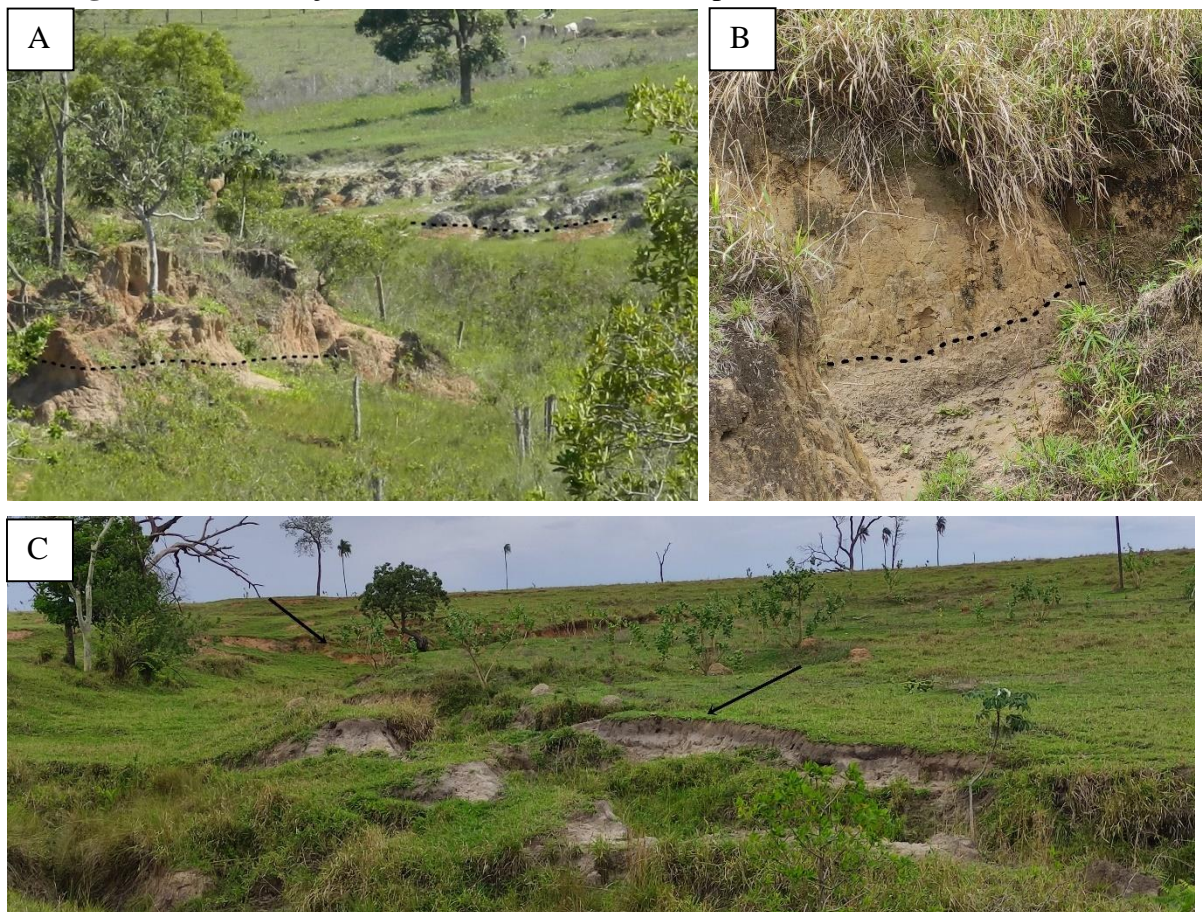
Esta etapa não teve como principal objetivo a análise pedológica, mas sim o conhecimento das características gerais dos solos da região e seus possíveis processos de origem.

Foram identificados três tipos de classificação genética dos solos da área de estudo: eluviais, de alteração e aluvionares. Essa classificação foi feita baseada na obra de Vaz (1996), que propôs um sistema capaz de identificar e caracterizar os principais processos pedogenéticos que atuam na formação dos solos brasileiros, bem como suas interações e relações com o ambiente em que estão inseridos. Segundo o autor, os solos eluviais são homogêneos em relação à cor e composição mineralógica, além da ausência da textura e estrutura da rocha matriz (VAZ, 1996). Os solos de alteração são aqueles que ainda se encontram em processo de alteração

intempérica, onde os processos pedogenéticos são incipientes ou muito limitados, sendo possível observar uma heterogeneidade em relação à cor (coloração variegada) e textura entre horizontes (VAZ, 1996). Por fim, os solos aluviais são originados de materiais que foram erodidos, retrabalhados e transportados pelas águas até depositar-se nos leitos e margens dos cursos, lagos e lagoas (VAZ, 1996).

A maioria dos locais visitados possui características de solos eluviais [pontos 96, 98, 99, 100 (horizonte A), 104, 105, 108, 109 (horizonte A), 110, 111, 186 (Am1 e Am2), 216, 218, 223, 228 (horizonte A) e 256 (horizonte A e B)]. O fator determinante para a classificação foi a homogeneidade textural e mineralógica, pois algumas amostras geraram dúvidas em relação à cor. Os pontos 105, 216 e 218 (Figura 43A, Figura 43B e Figura 43C, respectivamente), por exemplo, possuem coloração mais clara nos pacotes inferiores por se concentrarem em grandes voçorocas que se formaram em cursos d'água, marcando a presença de hidromorfismo no local.

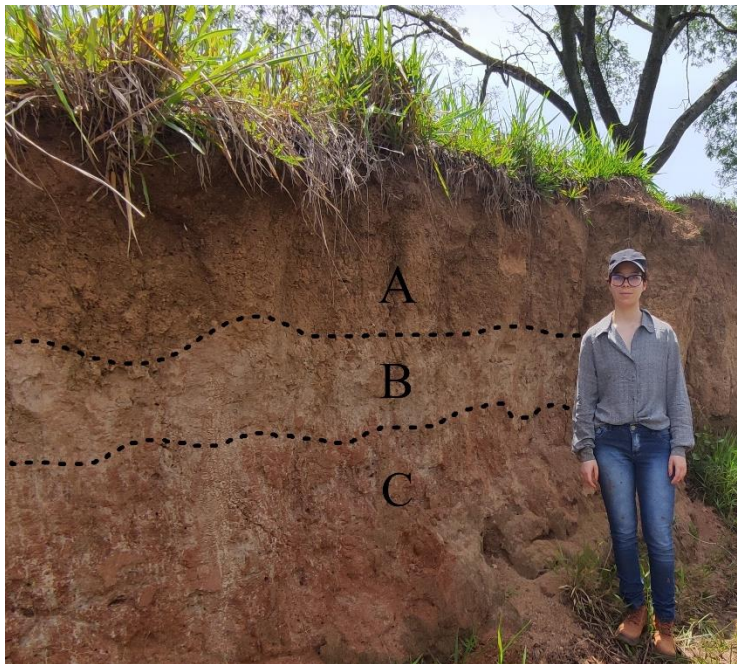
**Figura 43** – Colorações diferentes observadas nos pontos (A) 105, (B) 216 e (C) 218



Fonte: Autora (2022).

Os solos de alteração foram identificados nos pontos 100 (horizonte B e C), 109 (horizonte B e C), 188, 215, 228 (horizonte B), 230 (Am3) e 256 (horizonte C). No entanto, nos horizontes B e C do perfil 109, não há solos e sim rochas. A Figura 44 apresenta o perfil do ponto 256 e a típica característica de um horizonte C de coloração variegada, também observado em outros perfis.

**Figura 44** – À esquerda, visualização do perfil do ponto 256; à direita, solo característico de alteração



Horizonte C - coloração variegada

Fonte: Autora (2022).

Além dos solos de alteração e eluviais, identificou-se aluviões nos pontos 212 e 239. No ponto 212 há um espesso pacote aluvionar depositado nas margens do Córrego Sucuri (Figura 45A), que possivelmente foi trazido pela energia das águas fluviais e depositado ao longo do tempo, já que o relevo é constituído de declives suaves. O ponto 239 localiza-se em uma antiga voçoroca que se formou nas margens do Córrego Buriti, entretanto, o fluxo de água é pequeno em relação ao anterior e está mais distante do pacote, indicando que o material pode ter sido transportado pelas chuvas que, aliadas as altas declividades das encostas, erodiram o solo e assentaram-se nas partes mais baixas (Figura 45B). Ambas as amostras mostraram heterogeneidade de grãos, sendo a grande maioria finos e de coloração clara. Os aluviões não foram mapeados devido à pequena contribuição na escala adotada de representação.

**Figura 45** – Pacotes aluvionares dos pontos (A) 212 e (B) 239

Fonte: Autora (2022).

De acordo com a NBR 6502 (ABNT, 2022) os solos são classificados segundo o diâmetro das partículas. A Tabela 4 apresenta essa classificação, baseada nos padrões da norma técnica. Entretanto, o intervalo para a categorização de pedregulhos e pedras não se aplica aos aluviões identificados.

**Tabela 4** – Classificação granulométrica dos solos

Classificação	Diâmetro da partícula (D) em mm
Argila	$D < 0,002$
Silte	$0,002 \leq D < 0,06$
Areia fina	$0,06 \leq D < 0,20$
Areia média	$0,20 \leq D < 0,60$
Areia grossa	$0,60 \leq D < 2,00$
Pedregulho	$2,00 \leq D < 60,00$
Pedra	$D > 60,00$

Fonte: ABNT (2022). Org.: Autora (2022).

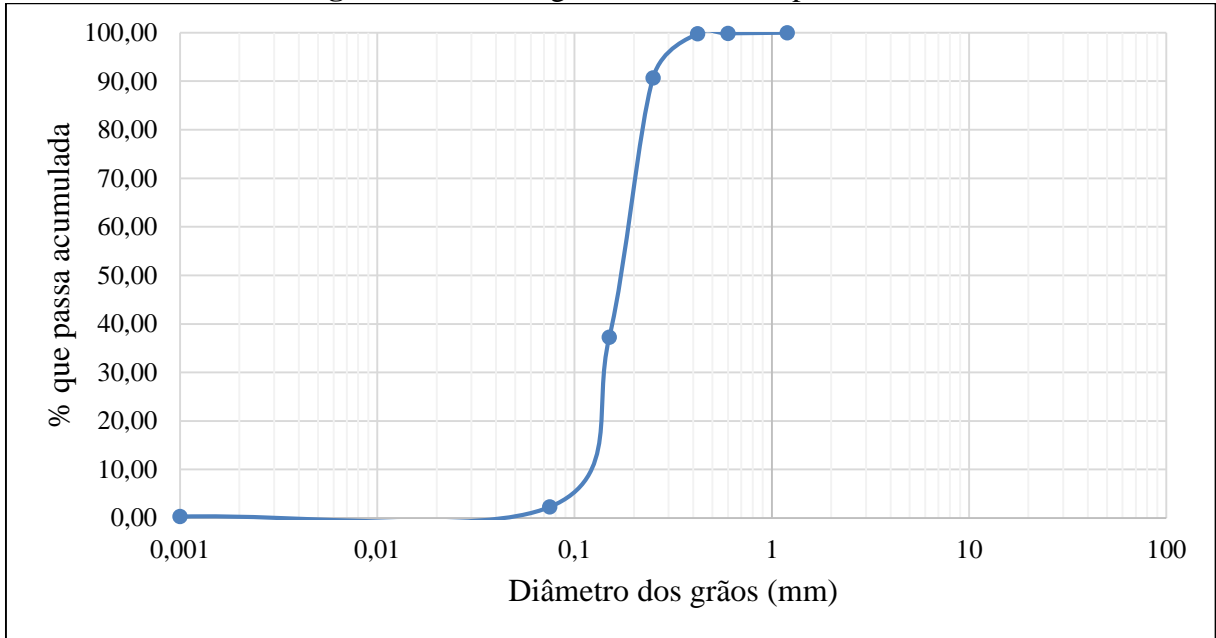
A análise granulométrica do ponto 212 (Figura 46) mostrou que o material é composto predominantemente por areia fina, pois demonstrou uma maior porcentagem de composição (62,69%). A amostra ainda contém 34,87% de grãos na faixa de areia média e apenas 0,13% de areia grossa. O silte e a argila ocupam 2,31% da amostra, que foram contabilizados juntos devido ausência do ensaio de sedimentação.

O aluvião do 239 (Figura 47) mostrou-se mais fino que o anterior, com 68% de areia fina. Além disso, 4% do material é composto por silte e argila. O restante da composição



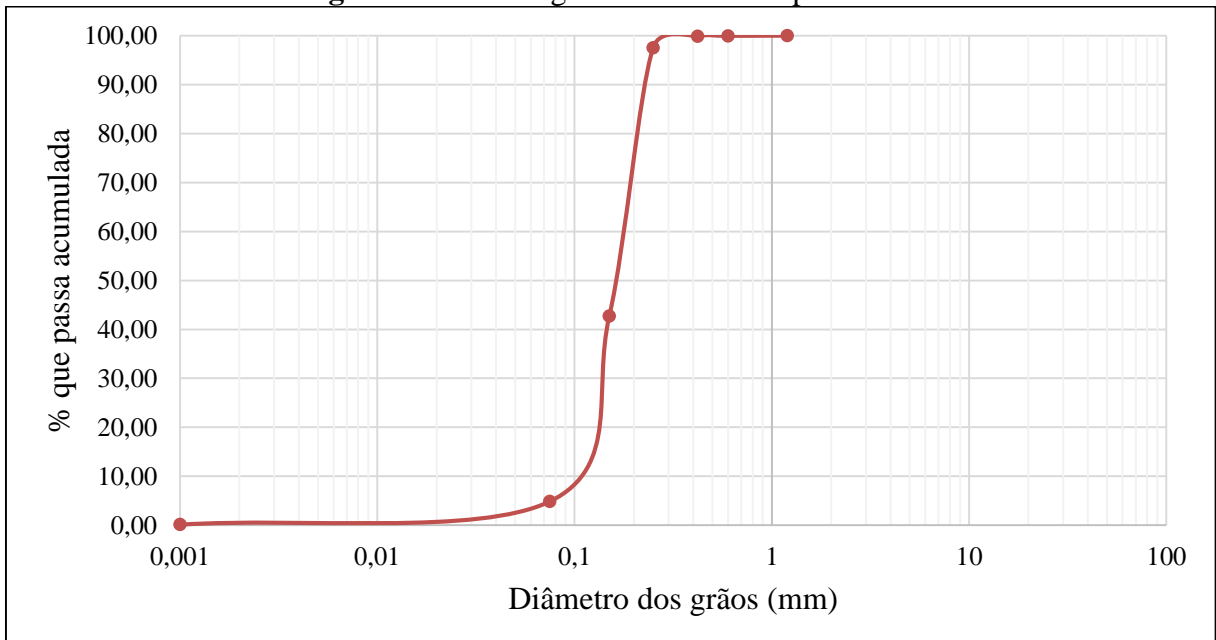
granulométrica mostrou 27,95% de grãos na faixa de areia média e apenas 0,05% de areia grossa, valores menores que os encontrados no 212.

**Figura 46** – Curva granulométrica do ponto 212



Fonte: Autora (2022).





















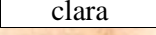

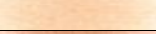


**Figura 47** – Curva granulométrica do ponto 239



Fonte: Autora (2022).

Quanto à classificação tátil-visual, o Quadro 4 resume as informações resultantes dos ensaios. Outras observações realizadas foram anotadas em uma planilha auxiliar disponibilizada no Apêndice XVIII.

**Quadro 4** – Classificação tátil-visual das amostras de solo

Solo	Ponto	Amostra		Cor	Classificação
		Superficial	Perfil		
Argissolos	96	X			Areia fina com silte, pedregulhos centimétricos e fragmentos de arenito alterado duro
	98	X			Areia fina argilosa
	99	X			Areia fina siltosa
	100A		X		Areia muito fina argilosa
	100B		X		Areia fina siltosa com grânulos milimétricos
	100C		X		Areia muito fina siltosa
	104	X			Areia fina argilosa
	108	X			Silte arenoso
	109A		X		Areia fina argilosa com grânulos milimétricos (solo eluvial)
	109B		X		Areia muito fina argilosa (solo de alteração)
	109C		X		Areia fina siltosa (rocha alterada mole com fragmentos de rocha alterada dura – arenito com camadas finas)
	110	X			Areia siltosa
	111	X			Areia muito fina argilosa
	186 Am1	X			Areia argilosa
	186 Am2	X			Silte argiloso com areia
	188	X			Silte arenoso
	212	X		clara	Areia fina (aluvial)
	215	X			Argila arenosa
	216	X			Areia argilosa
	228A		X		Areia
	228B		X		Areia argilosa
	230 Am3	X			Areia muito fina siltosa com argila
	239	X		clara	Areia (aluvial)
	256A		X		Areia muito fina siltosa
	256B		X		Areia muito fina siltosa
	256C		X		Argila arenosa
Latossolo	223	X			Areia siltosa com argila

Fonte: Autora (2022).

Observou-se que a área estudada tem predominância de solos constituídos de areia com algumas frações de argila. Isso ocorre devido às influências das camadas geológicas na origem do material superficial, como já mencionado em alguns pontos apresentados na subseção anterior.

Os arenitos das formações geológicas locais geraram solos de textura arenosa fina/muito fina (FERNANDES; COIMBRA, 2000), características principais dos argissolos vermelho-amarelos e dos latossolos vermelhos (ROSSI, 2017).

O ponto 223 está localizado em uma área classificada como latossolo. O material possui fragmentos centimétricos de óxido e basalto e quartzo fino, com grande atração magnética. Esta foi a única amostra retirada de latossolo, pois houve dificuldades em se encontrar perfis nas áreas mais altas. Além disso, a amostra foi retirada de um local de constante movimentação de terra para cultivo de cana-de-açúcar, tornando-a pouco confiável.

Devido às complexidades de acesso próximo à área de ocorrência dos gleissolos, não se obteve amostras para observação das características do mesmo. As descrições que sucedem são referentes aos pontos visitados na área de ocorrência de argissolos.

Os pontos 96, 98 e 99 foram amostrados às margens do Rio São José dos Dourados (Figura 48). De maneira geral, apresentaram textura arenosa e colorações claras, podendo ocorrer uma pigmentação mais escura em alguns locais e incremento de argila devido à possível presença de basaltos na calha do canal, que quando sujeitos à ação da água se alteram.

**Figura 48** – Pontos amostrados às margens do Rio São José dos Dourados



Ponto 96

Ponto 97

Ponto 98

Fonte: Autora (2022).

Nos pontos 104 e 111 notou-se uma coloração vermelha. No ponto 188, além dessa mesma característica, identificou-se uma pequena porcentagem de hidróxido de ferro identificado pela atração magnética e grãos extremamente finos de quartzo, dando um aspecto brilhoso à amostra.

No ponto 230 o solo é resultado da ação da água nos arenitos. Essa heterogeneidade mineralógica definiu o enquadramento desse ponto como solos de alteração, bem como a coloração variegada; características apresentadas também no horizonte B e C do perfil de meia encosta do ponto 100.

A transição entre horizontes nas amostras de perfis é variável. O perfil do ponto 100 (Quadro 5) tem transição gradual entre os horizontes A e B, caracterizando o latossolo vermelho. Esse local é pertencente à zona mapeada como argissolo, entretanto acredita-se que,

segundo as descrições de Rossi (2017), por estar próximo à faixa de transição entre os latossolos, possui algumas características do mesmo. No perfil de topo 109 (Quadro 6) e nos perfis de sopé 228 e 256, visualiza-se uma transição abrupta.

**Quadro 5** – Caracterização do perfil do ponto 100

<b>Perfil do Solo</b>	<b>Descrição</b>
A	Do topo da camada A até a cota de 1,50 m o solo é mais homogêneo e rosado com presença de matéria orgânica.
B	Aparenta ser o solo de alteração da Formação Araçatuba com translocação de ferro e/ou manganês de camadas inferiores, presentes no formato de nódulos pretos milimétricos. O teor de argila é maior que o horizonte A.
C	Possui coloração variegada (porções rosadas, amareladas e cinzas) marcada pela flutuação de água.

Fonte: Autora (2022).

**Quadro 6** – Caracterização do perfil do ponto 109

<b>Perfil do Solo</b>	<b>Descrição</b>
A	Aspecto homogêneo de solo com incorporação de matéria orgânica
B	Provável horizonte de rocha alterada mole, compacta mas sem estruturas
C	Rocha blocos subangulares centimétricos

Fonte: Autora (2022).

A transição abrupta também acontece nos solos superficiais encontrados nos pontos 108 e 110, que apresentaram a mudança nítida de coloração em relação aos arredores e também coloração variegada. Apesar da descrição, foram classificados como eluviais por não apresentarem coerência como nas amostras dos solos de alteração.

#### 4.1.5 Geomorfologia

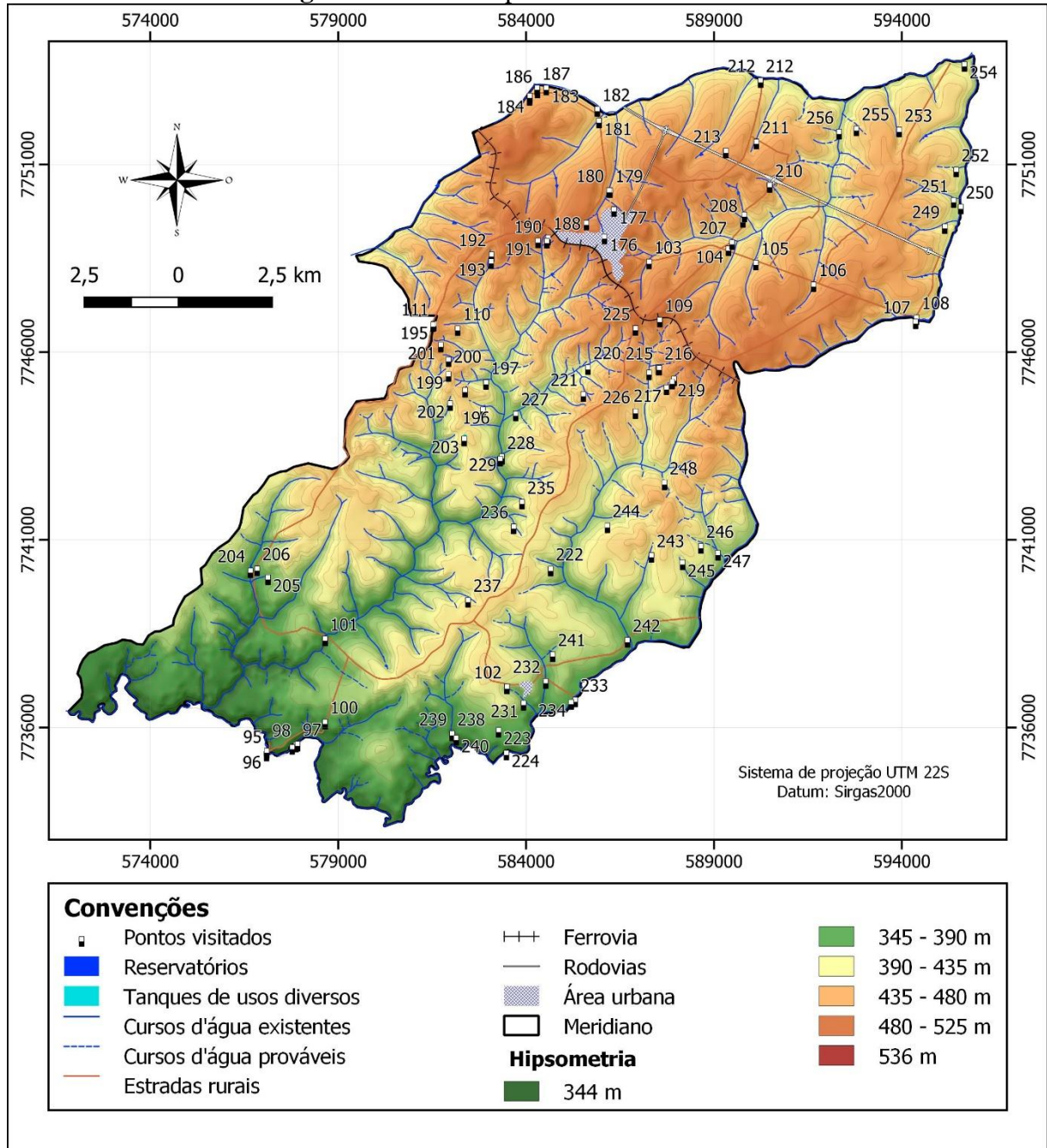
Para auxiliar na avaliação geomorfológica da área, foram produzidas as cartas hipsométrica e de declividade, que foram utilizadas como consulta durante a realização da estereoscopia, pois permitem a identificação de diferentes formas de relevo, amplitudes e declives.

A hipsometria local (A extensão da ferrovia acompanha o divisor de águas das Bacias Hidrográficas Rio São José dos Dourados e Turvo/Grande.

**Figura 49** e Apêndice VII) revela a variação altimétrica do município, que possui cotas entre 344 m e 536 m. A área urbana encontra-se em cotas mais altas, entre 490 m e 520 m, enquanto

que as cotas mais baixas concentram-se nos canais de drenagem, principalmente da Fm. Araçatuba. A extensão da ferrovia acompanha o divisor de águas das Bacias Hidrográficas Rio São José dos Dourados e Turvo/Grande.

**Figura 49 – Carta hipsométrica de Meridiano**

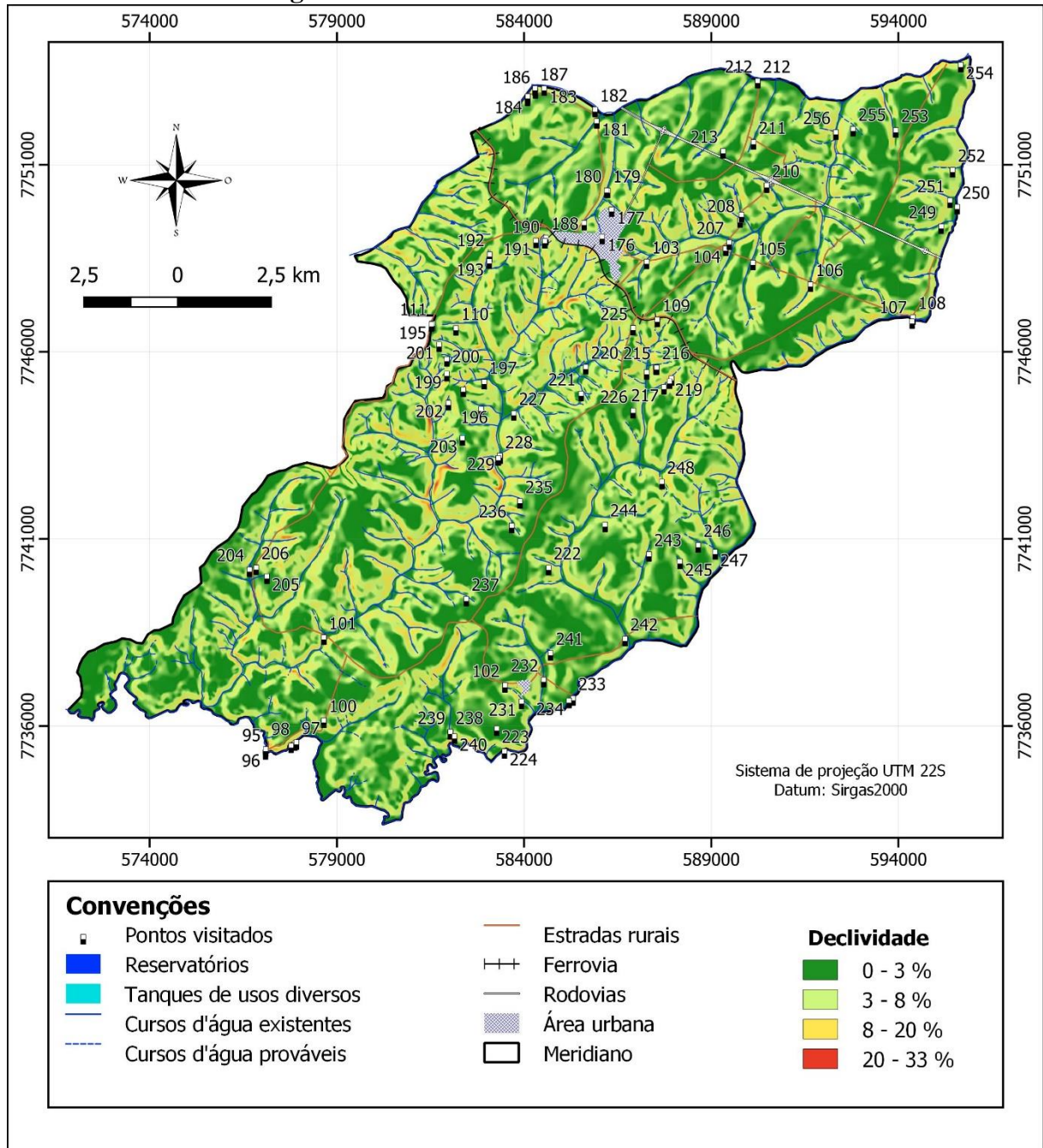


Fonte: Autora (2022).

A Figura 50 e o Apêndice VIII mostram a carta de declividade. As superfícies planas concentram-se nos fundos de vales. A maior parte da área urbana é de topografia pouco movimentada (declividades de 3 a 8%). As encostas possuem relevos ondulados e alguns pontos

possuem relevo forte ondulado, com colinas e declives moderados ou fortes (SANTOS *et al.*, 2018).

**Figura 50 – Carta de declividade de Meridiano**



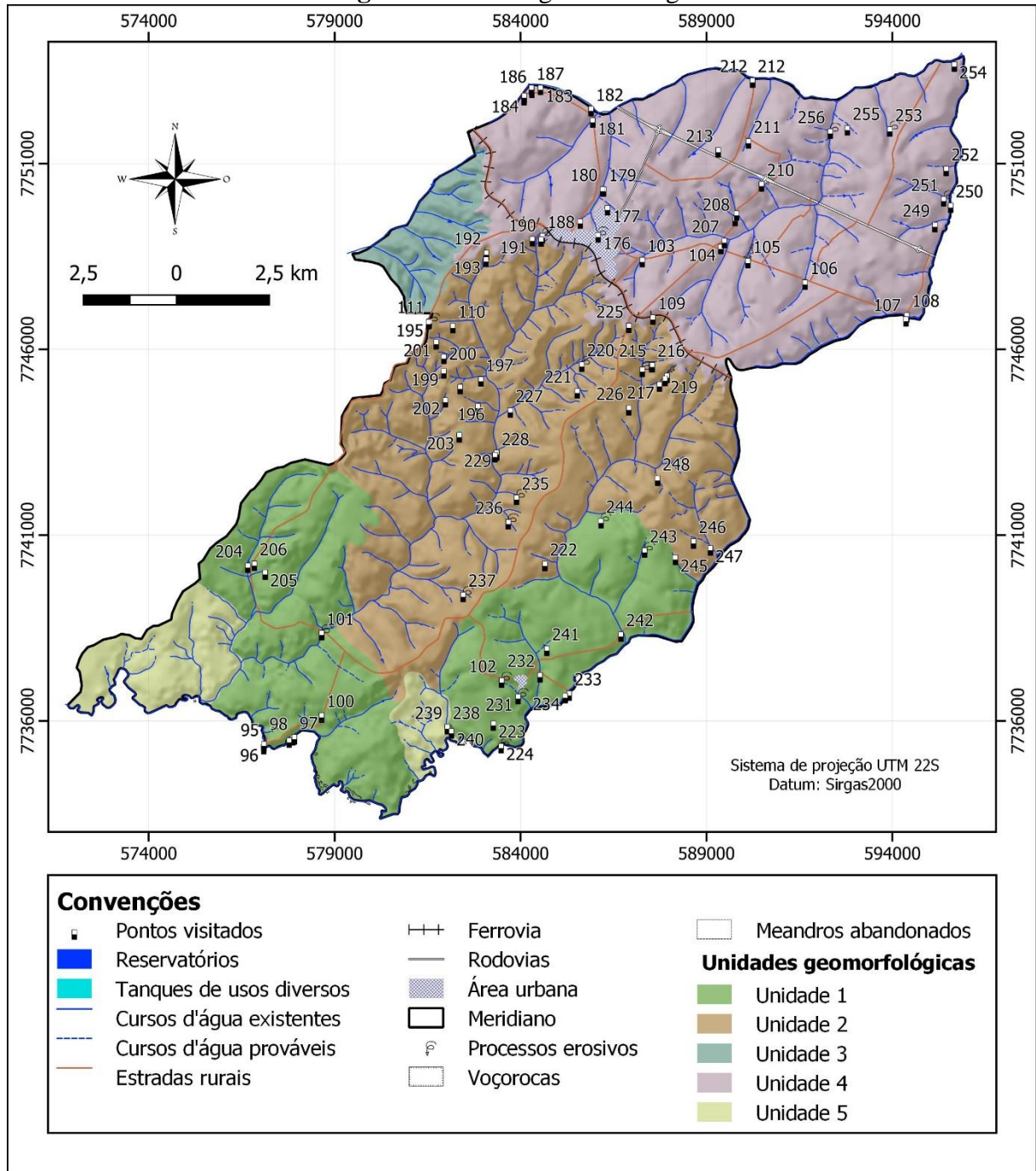
Fonte: Autora (2022).

#### 4.1.5.1 Carta geomorfológica

A partir da aplicação da metodologia de avaliação do terreno (Quadro 2 e Quadro 3) na interpretação das fotografias aéreas, mapas topográficos, cartas hipsométrica e de declividade,

identificou-se 5 unidades de terreno distribuídos na área de estudo. As unidades podem ser observados na Figura 51 (Apêndice IX). As descrições a seguir também generalizam as unidades de terreno observadas em cada sistema.

**Figura 51 – Carta geomorfológica**

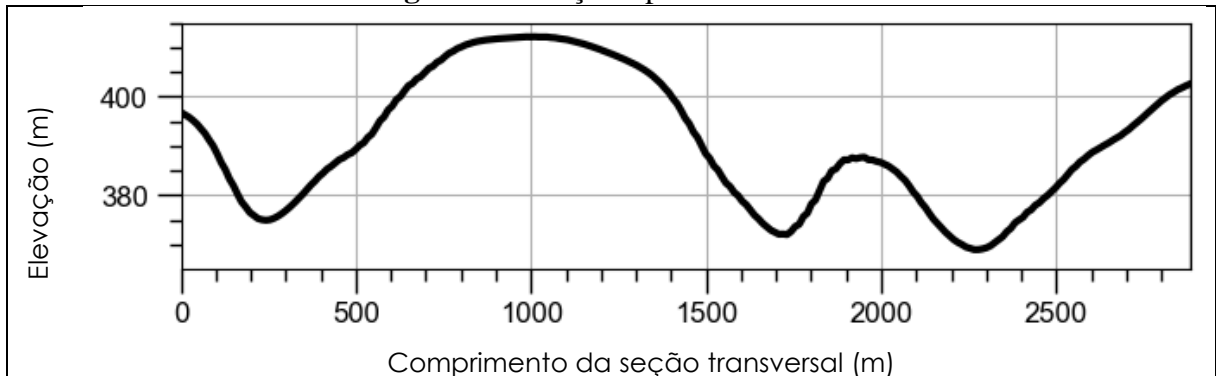


Fonte: Autora (2022).

- **Unidade 1:** Relevo composto por colinas suave onduladas, amplas a médias, topos arredondados e vales pequenos e abertos com baixa frequência de canais, padrão de drenagem

dendrítico com cursos mistos (retilíneos e curvilíneos) e predominância de encostas em forma côncava-retilíneo-convexa (Figura 52 e Figura 53).

**Figura 52** – Seção-tipo do sistema 1



Fonte: Autora (2022).

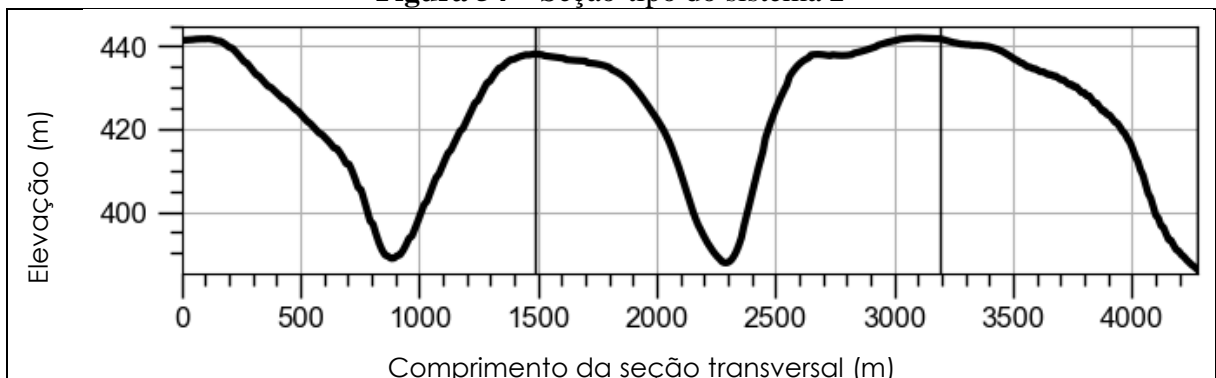
**Figura 53** – Vista panorâmica do sistema 1 no ponto 242



Fonte: Autora (2022).

- **Unidade 2:** Composto por colinas suave onduladas a onduladas, médias a pequenas, topos aplainados e vales pequenos e fechados com média frequência de canais, bem entalhados, padrão dendrítico com cursos mistos (retilíneos e curvilíneos). As encostas são predominantemente côncavas-retilíneo-convexa (Figura 54 e Figura 55).

**Figura 54** – Seção-tipo do sistema 2



Fonte: Autora (2022).



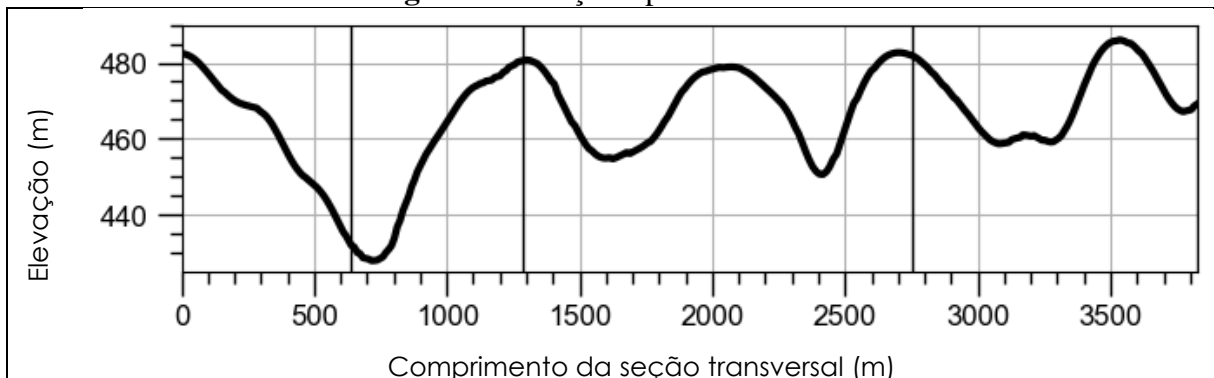
**Figura 55** – Vista panorâmica do sistema 2 no ponto 226



Fonte: Autora (2022).

- **Unidade 3:** Associação de formas alongadas em colinas onduladas, pequenas, topos arredondados e vales pequenos e abertos com baixa frequência de canais, padrão de drenagem paralela com cursos retilíneos e predominância de encostas em forma côncavo-convexa (Figura 56).

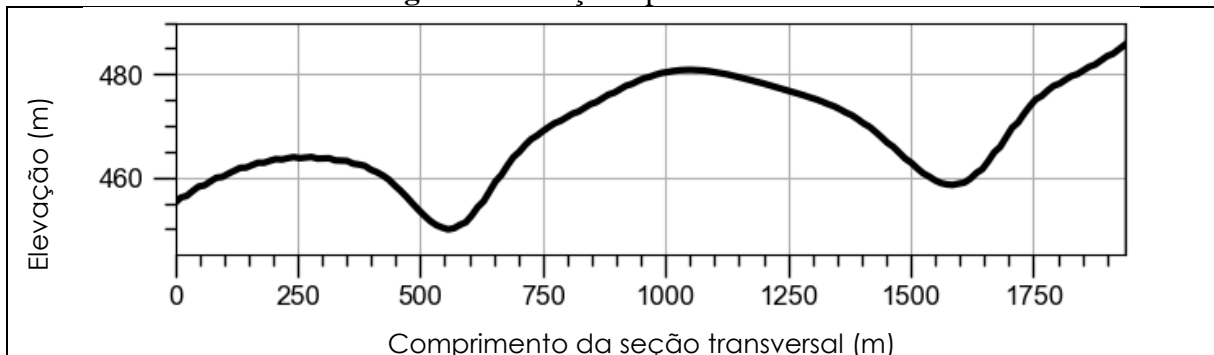
**Figura 56** – Seção-tipo do sistema 3



Fonte: Autora (2022).

- **Unidade 4:** Colinas suave onduladas, amplas a médias, topos arredondados e vales pequenos e abertos com baixa frequência de canais, padrão paralelo com cursos retilíneos. As formas de encostas são predominantemente convexas (Figura 57 e Figura 58).

**Figura 57** – Seção-tipo do sistema 4



Fonte: Autora (2022).

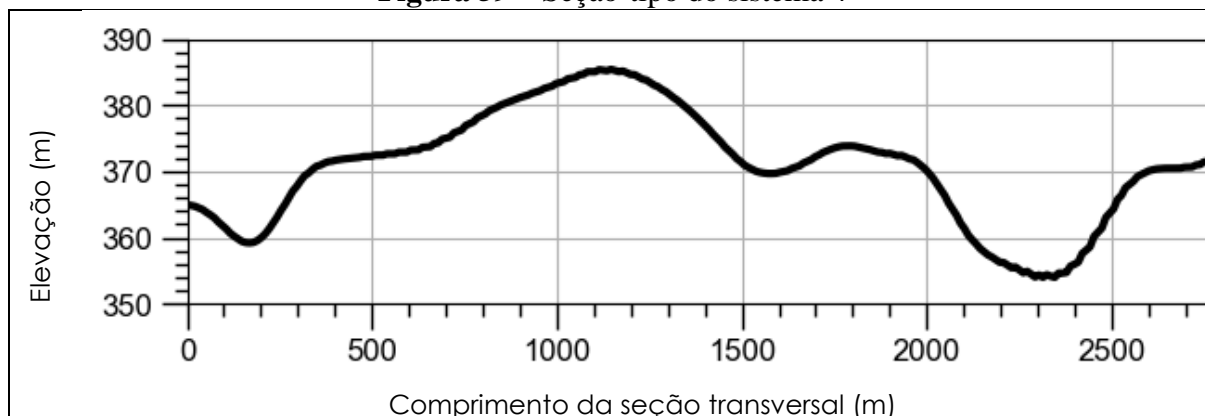
**Figura 58** – Vista panorâmica do sistema 4 no ponto 249



Fonte: Autora (2022).

- **Unidade 5:** Relevo composto de formas rebaixadas em colinas suave onduladas, médias, topos arredondados a aplainados e vales pequenos e abertos com baixa frequência de canais, padrão dendrítico com cursos curvilíneos e predominância de encostas em forma côncavo-convexa (Figura 59).

**Figura 59** – Seção-tipo do sistema 4



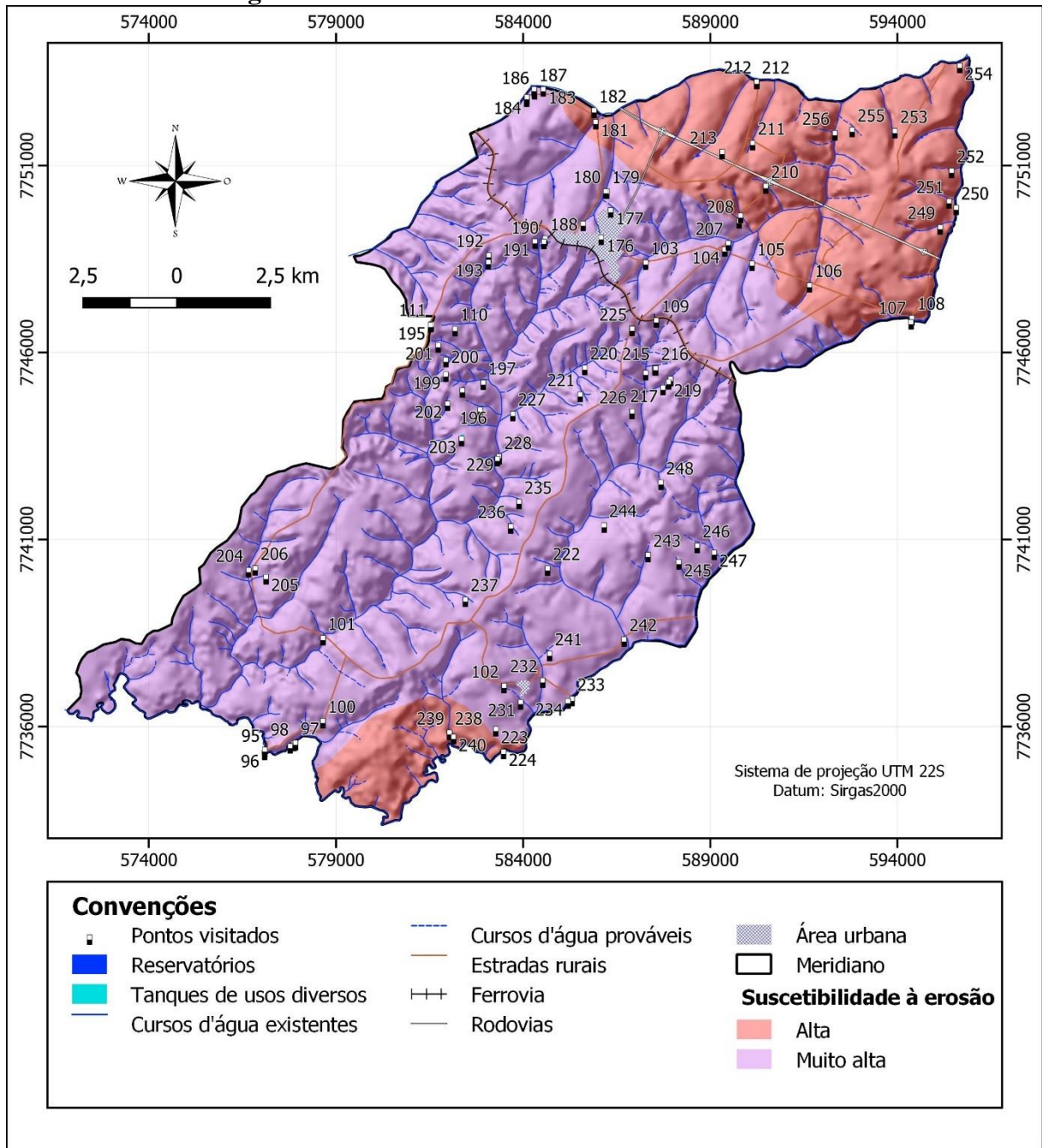
Fonte: Autora (2022).

#### 4.1.6 Processos Erosivos

O principal agente geomórfico exógeno da cidade de Meridiano é a água. Devido à constituição de solo predominantemente de grãos de textura fina arenosa, o local é afetado por processos erosivos que alteram sua configuração de relevo.

Grande parte dos sistemas de relevo foram definidos como colinas amplas e colinas médias que, de acordo com o mapa produzido pelo IPT (1999a, 1999b) são correspondentes a áreas de suscetibilidade a erosão alta e muito alta (Figura 60).

**Figura 60 – Suscetibilidade à erosão da área de estudo**



Fonte: Autora (2022).

Este mapeamento foi realizado pelo IPT (1999a, 1999b) a partir de dados internos não publicados, na escala 1:250.000, para compor os Relatórios de Bacia. Por se tratar de um traçado genérico e considerando que a inclusão dos processos erosivos nesses mapas é importante para entender a dinâmica da paisagem e os fatores que a influenciam., os pontos visitados com tais processos foram representados no mapa geomorfológico em tópico anterior e caracterizados neste tópico.

Notou-se que os pontos erodidos visitados concentram-se em antigos cursos de água, próximos de pontes, canalização de cursos ou então em estradas rurais e carreadores, indicando um componente antrópico no desencadeamento das feições lineares: a concentração de água superficial em locais sem vegetação natural.

No ponto 101 há diversos sulcos profundos próximo à uma ponte pela insuficiência de drenagem da estrada. O mesmo ocorre nos pontos 176, 214, 224, 231, 251. A Figura 61 retrata alguns desses cenários descritos.

**Figura 61** – Processos erosivos em pontes e canalizações de cursos d'água



Talude cedendo no ponto 224

Sulcos na canalização do córrego no ponto 224

Fonte: Autora (2022).

Nas estradas rurais e carreadores dos pontos 102, 111, 188, 243 e 253 nota-se que as declividades são menos acentuadas e os sulcos menos profundos, entretanto os processos atingem uma maior extensão, visto que não há vegetação (Figura 62).

**Figura 62** – Processos erosivos nas estradas rurais e carreadores



Fonte: Autora (2022).

Nos pontos 105 e 202 há reservatórios formados pelo afloramento do lençol nas voçorocas e nos cursos d'água dos pontos 215, 216, 217, 218, 220, 228, 235, 236, 237, 239, 244 e 256 as erosões são profundas e observa-se um pasto degradado com pouca ou nenhuma vegetação arbórea e pegadas de animais. O ponto 242 apresenta as mesmas características, no entanto, as erosões são superficiais (sulcos). As Figura 63 mostra os locais descritos.

Segundo relatório realizado pela Prefeitura Municipal da cidade, as erosões em áreas rurais se concentram em pontes, causada pelo fluxo de água dos canais e falta de dispositivos para captação do escoamento superficial, além da carência de arborização (MERIDIANO, 2014). No entanto, foi possível constatar que os recursos hídricos superficiais estão mais suscetíveis aos processos, visto que foram verificadas grandes voçorocas em fundos de vale e ausência de medidas de contenção, como o reflorestamento e construção de cercados para impedir o acesso por animais.

**Figura 63** – Processos erosivos em cursos d'água

Ponto 215

Ponto 216

Ponto 217



Ponto 218

Ponto 220

Ponto 228



Ponto 235

Ponto 236

Ponto 237



Ponto 239

Ponto 244

Ponto 256

Fonte: Autora (2022).

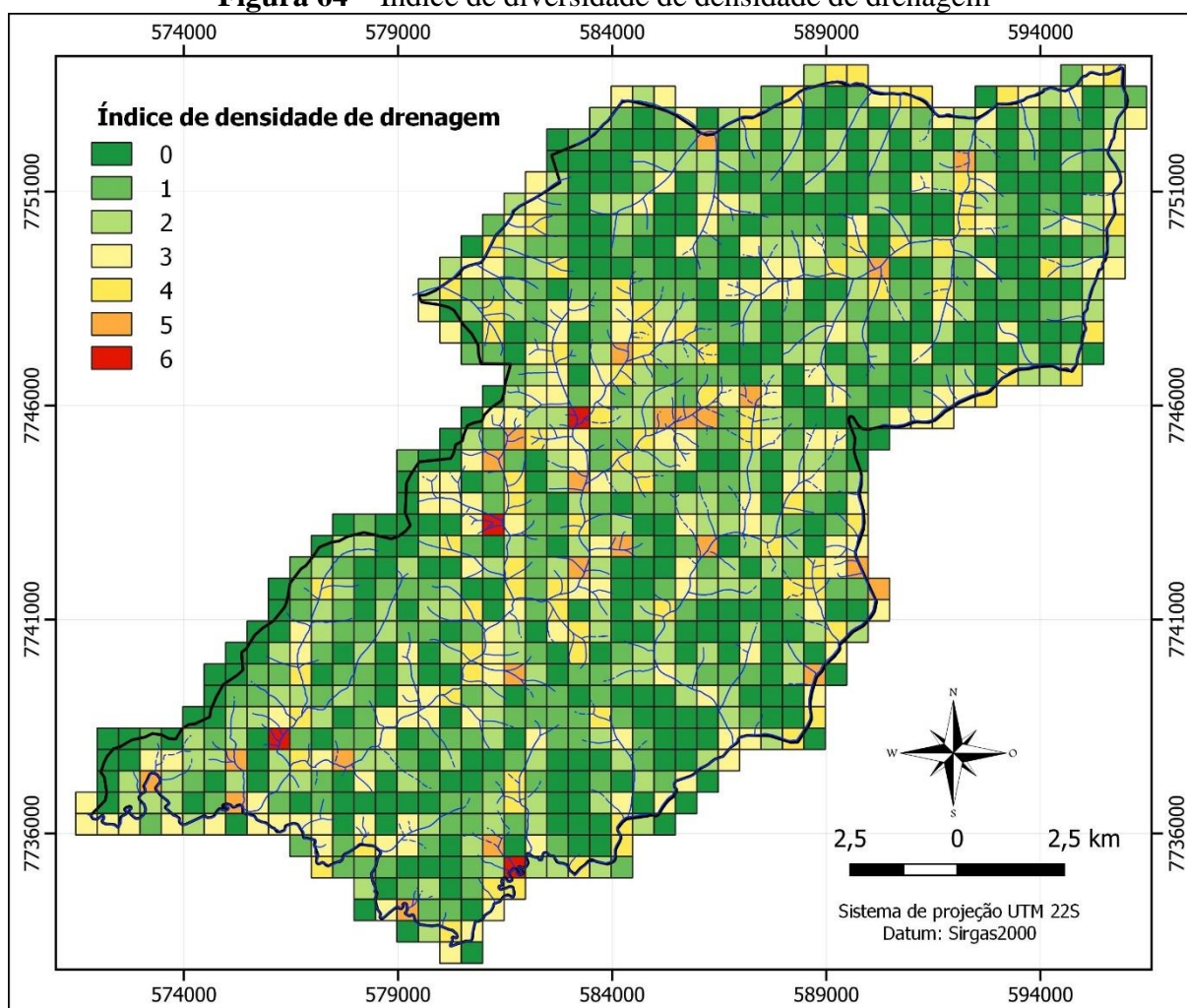
## **4.2 ÍNDICES DE GEODIVERSIDADE DE MERIDIANO**

A aplicação da metodologia de contagem dos componentes dos planos de informações a partir do *grid* gerou o mapa final do índice de geodiversidade do município de Meridiano. Os planos de informações foram compostos pelos mapas da rede drenagem, geológico, pedológico e geomorfológico, os quais resultaram em índices parciais, ou seja, índices de diversidade de cada elemento, contabilizados em cada uma das 1026 quadrículas e apresentados nos sub tópicos seguintes.

### **4.2.1 Índice de diversidade de densidade de drenagem**

Dentre os índices analisados, este foi o que apresentou uma maior variação, com intervalo de 0 a 6. Os maiores valores foram observados na parte Centro-Oeste da área (Figura 64 e Apêndice XI), onde encontram-se grande parte das nascentes de 1ª ordem complementadas. A densidade de drenagem é diretamente proporcional ao comprimento dos canais, dessa forma, ao serem inseridos os traçados das nascentes, aumentou-se os comprimentos de canais nas quadrículas dessa região que, somados aos cursos principais, contribuíram para o aumento de áreas drenadas e para valores mais significativos.

**Figura 64 – Índice de diversidade de densidade de drenagem**



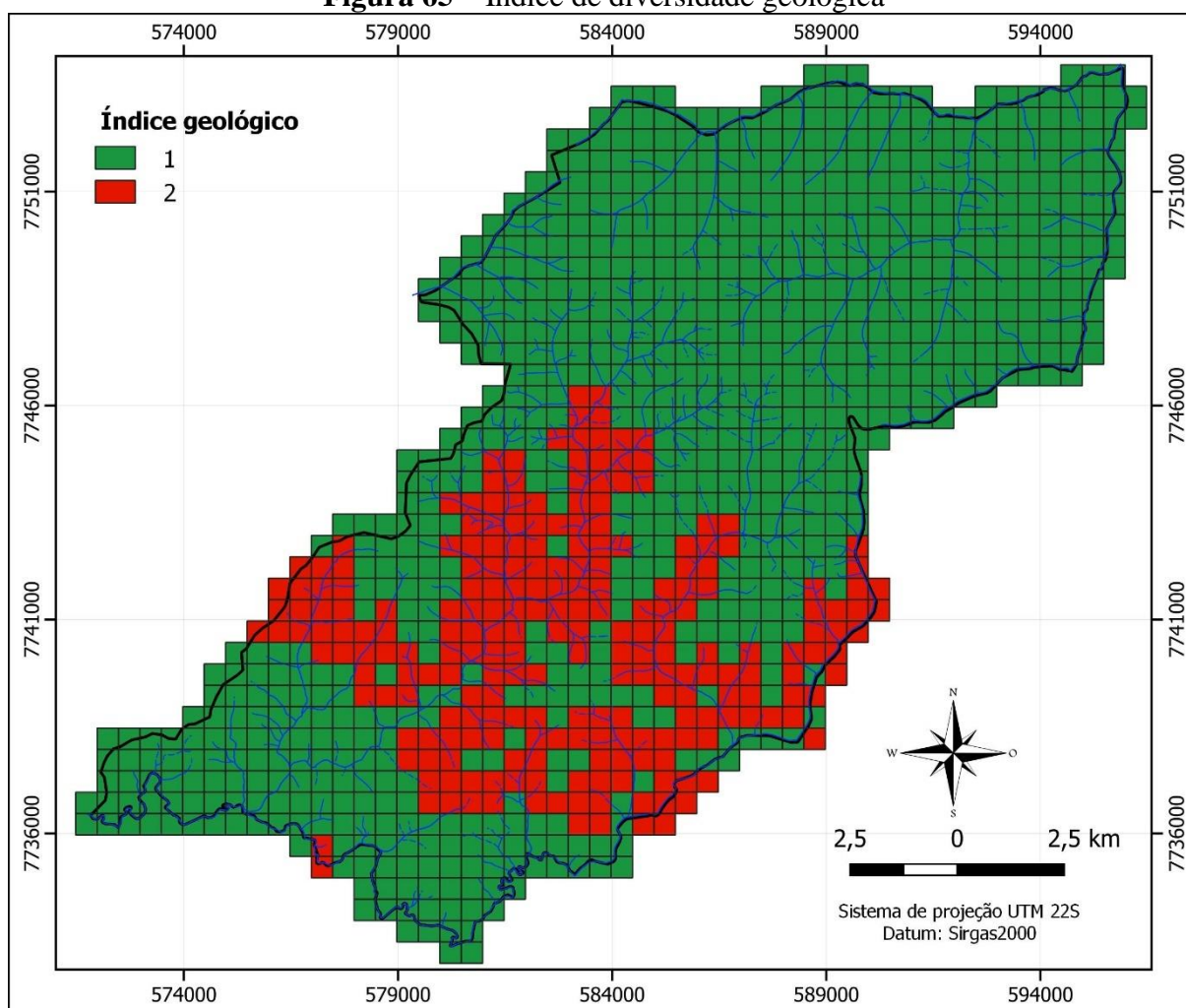
Fonte: Autora (2022).

#### 4.2.2 Índice de Diversidade Geológica

Considerando a pequena variação de formações geológicas na área de estudo, o índice apresentou a menor variação dentre os analisados (1 a 2), concentrando-se nas áreas de contato entre os basaltos da Fm. Serra Geral com a Fm. Araçatuba e desta com a Fm. Vale do Rio do Peixe, como visualizado na Figura 65 e no Apêndice XI. Observou-se também que os maiores valores encontrados na área central coincidem com alguns *hot spots* de densidade de drenagem.



**Figura 65 – Índice de diversidade geológica**

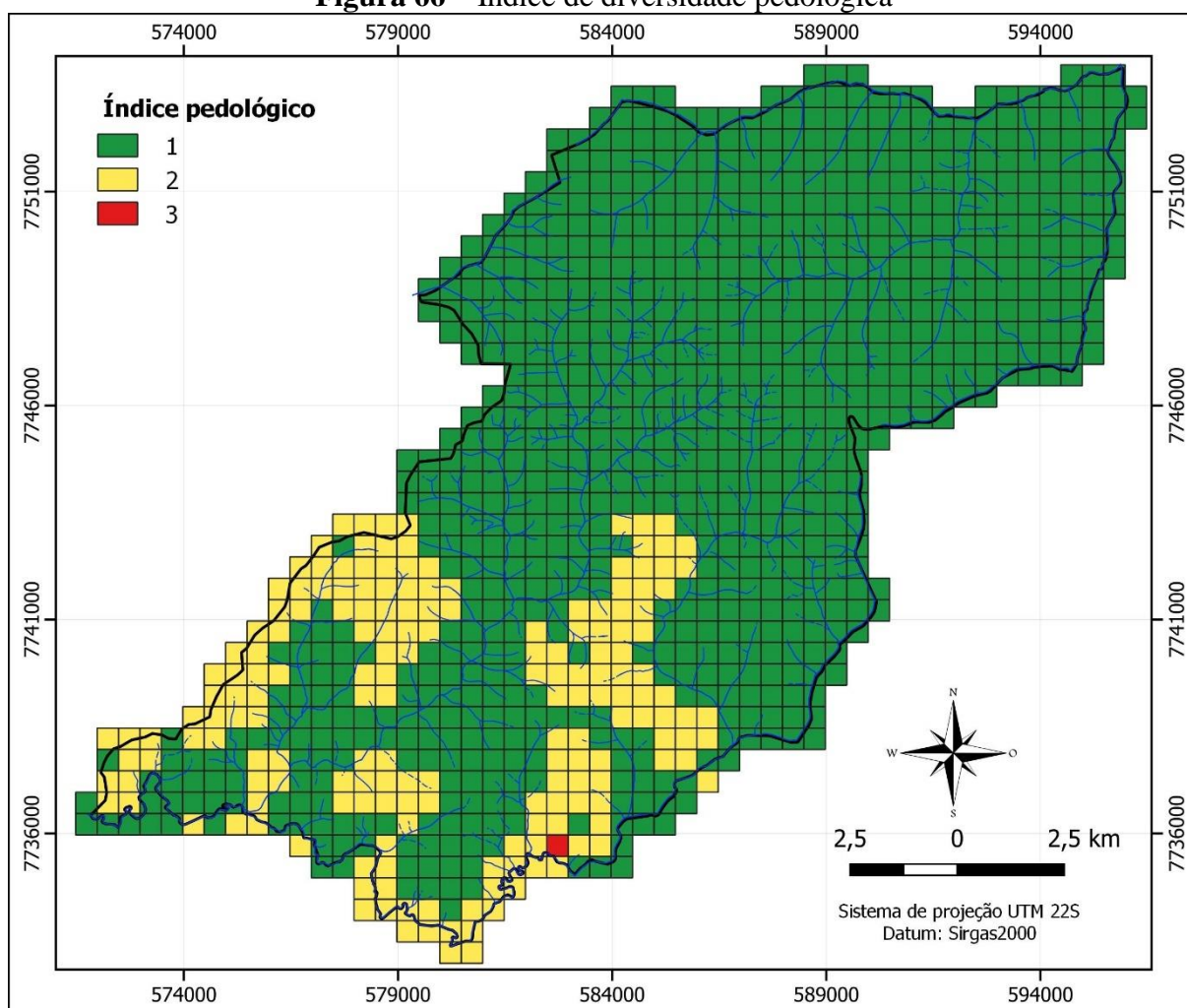


Fonte: Autora (2022).

### 4.2.3 Índice de Diversidade Pedológica

Da mesma forma que a diversidade geológica, a diversidade pedológica mostrou variação de 1 a 3 (Figura 66 e Apêndice XII), com valores intermediários surgindo nas áreas de contato entre os latossolos e argissolos, e entre estes e gleissolos, todos ao Sul do município e predominantemente entre vales, nos pontos mais altos. O *hot spot* ocorre no único contato entre os três tipos de solos na mesma quadrícula.

**Figura 66 – Índice de diversidade pedológica**

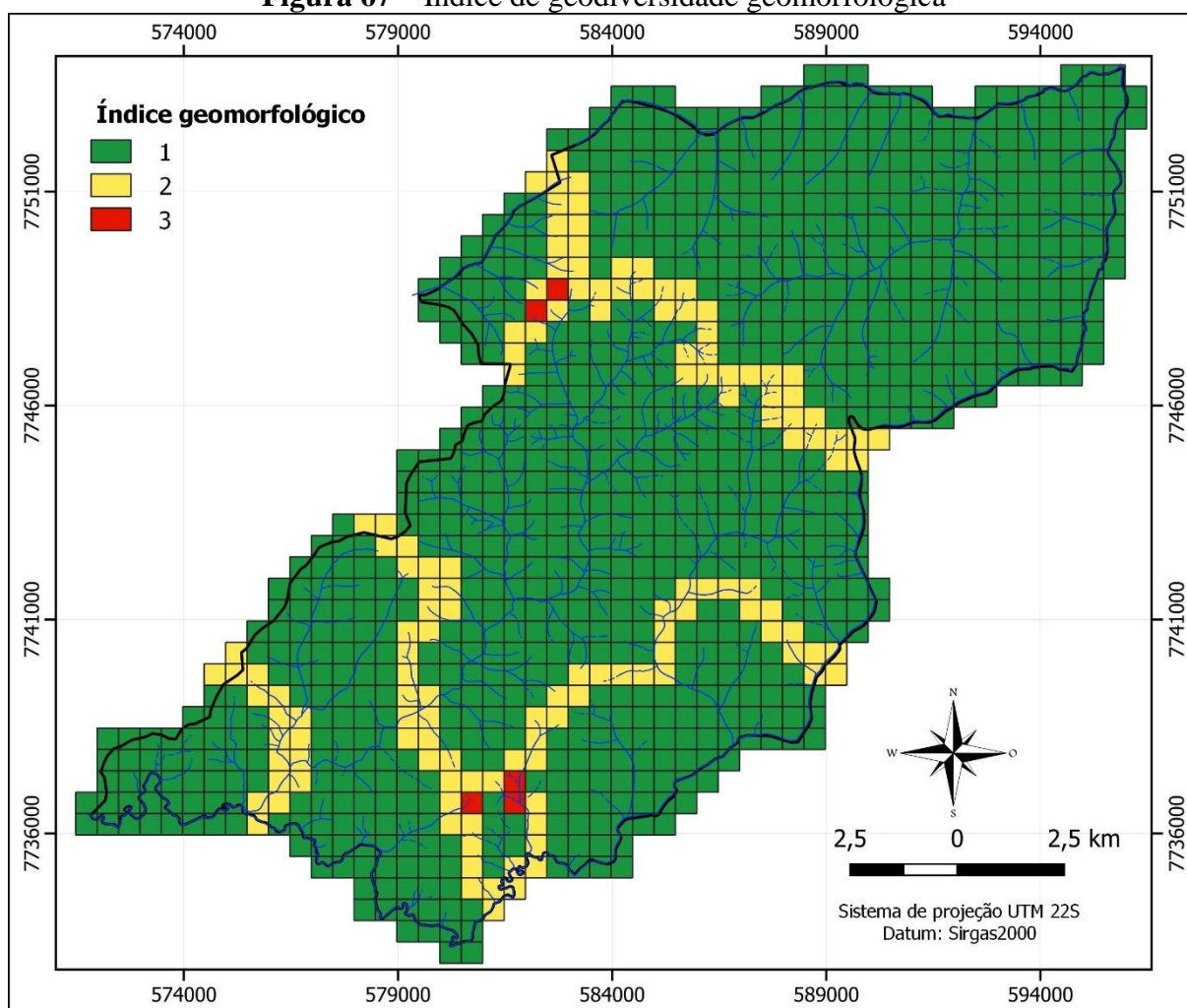


Fonte: Autora (2022).

#### 4.2.4 Índice de Diversidade Geomorfológica

Este índice apresentou uma variação de 1 a 3, como visto na Figura 67 e Apêndice XIII. Os valores intermediários foram verificados no divisor de água das Bacias Hidrográficas Turvo/Grande e São José dos Dourados, ao Norte, e nas áreas de contato entre dois sistemas de relevo distintos, que incluem alguns cursos d'água.

**Figura 67 – Índice de geodiversidade geomorfológica**



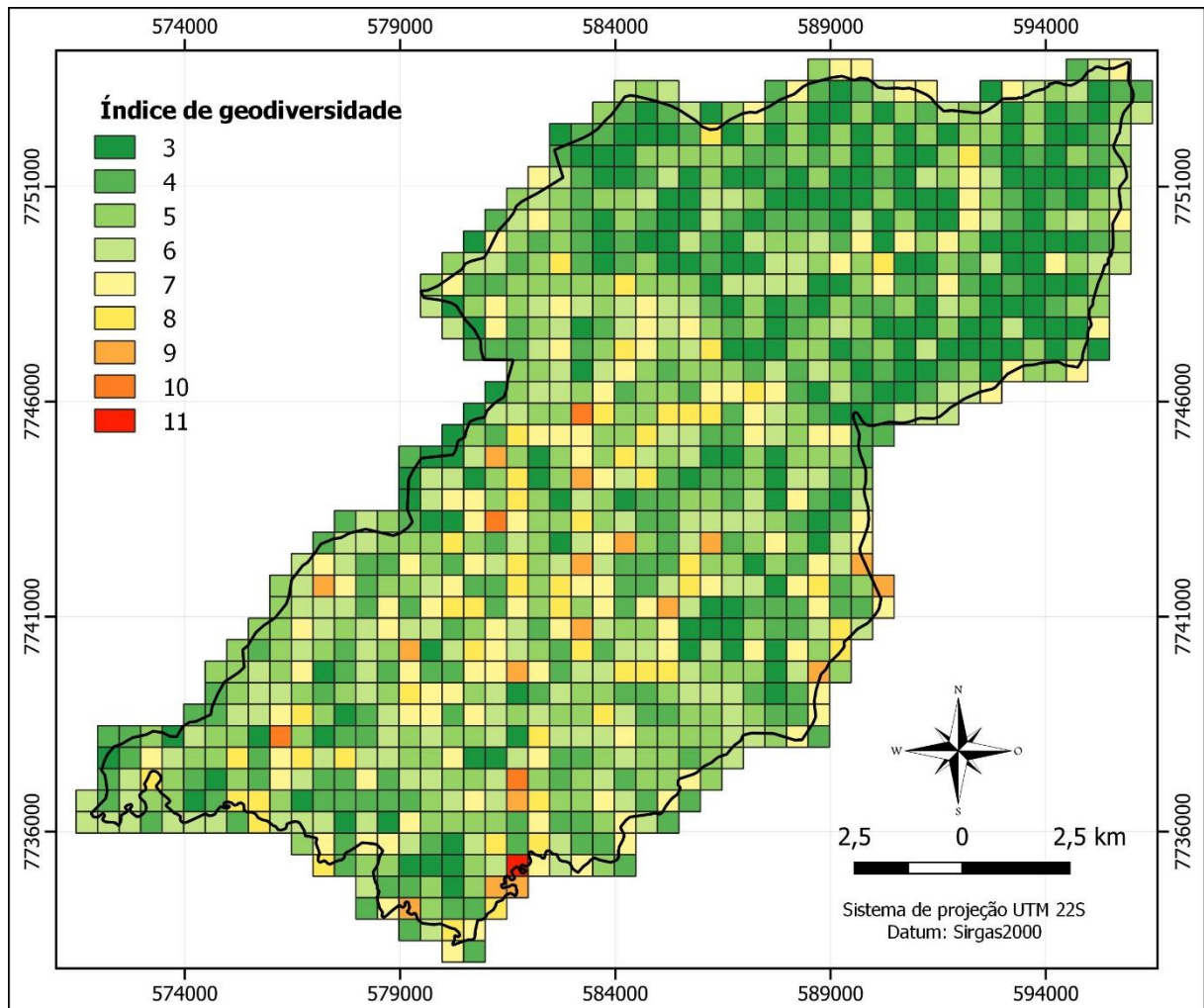
Fonte: Autora (2022).

#### 4.2.5 Índice de Geodiversidade

O índice de geodiversidade variou de 3 a 11 (**Figura 68** e Apêndice XIV). Esses valores representam a diversidade de elementos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e de densidade de drenagem que foram identificados em cada quadrícula da grade utilizada na análise.

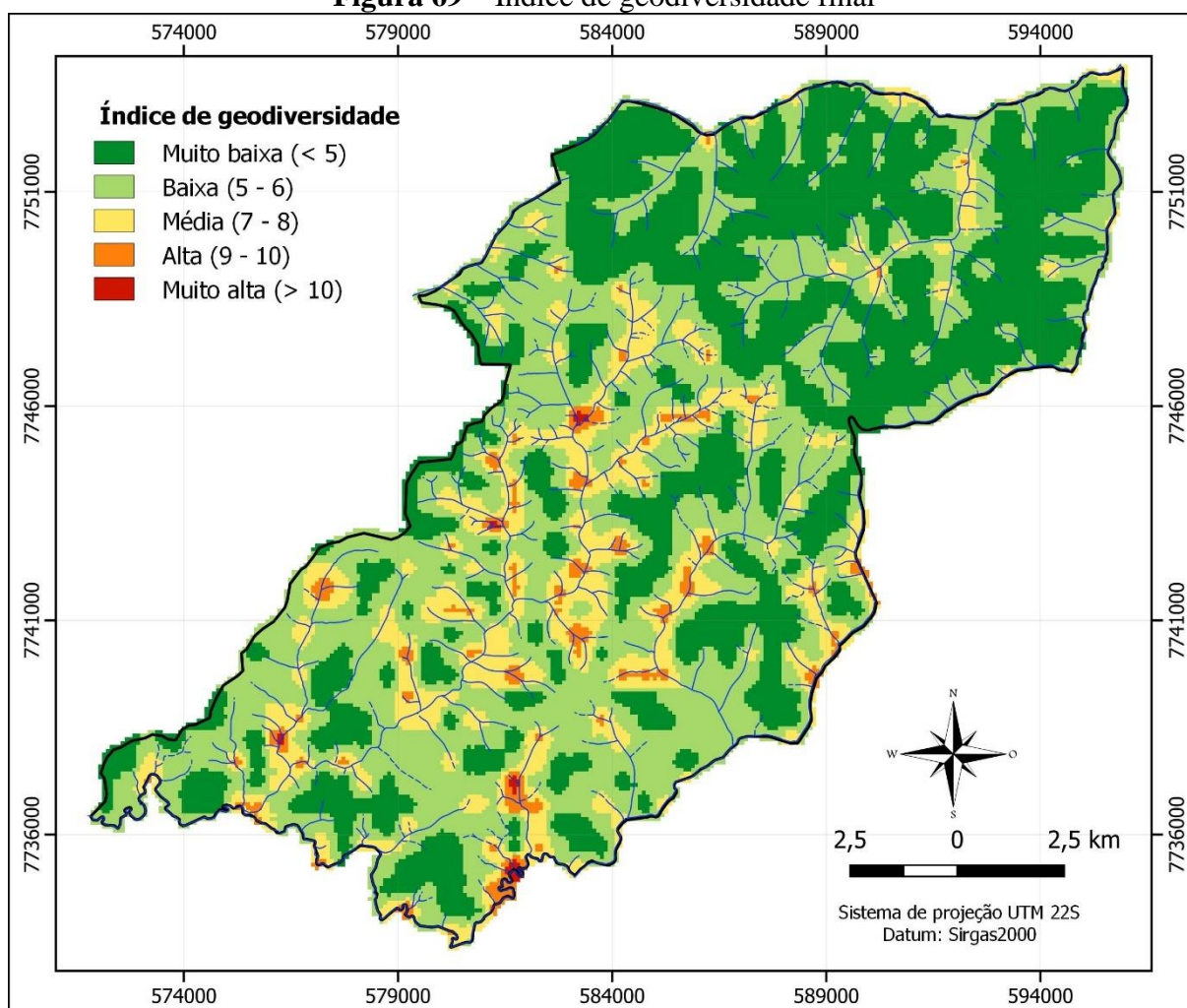
Os valores mais baixos indicam que a área tem uma baixa diversidade dos elementos supracitados. Isso pode ocorrer em locais com características geológicas, pedológicas, geomorfológicas muito homogêneas, com baixa frequência de canais ou onde a ação humana teve um grande impacto, como a área urbanizada. Por outro lado, os valores mais altos indicam que a área possui uma grande diversidade de elementos, que pode ocorrer em áreas com diferentes tipos de rochas, solos, relevo e maior frequência de canais.

**Figura 68 – Índice de geodiversidade**



Fonte: Autora (2022).

Após geração dos centroides e interpolação dos valores obteve-se o mapa final do índice de geodiversidade (IG) que, dividido em cinco classes de intervalo igual, resultou no que se apresenta na Figura 69 (Apêndice XV).

**Figura 69** – Índice de geodiversidade final

Fonte: Autora (2022).

A Tabela 5 mostra as áreas de quadrículas ocupadas pelas classes de geodiversidade obtidas.

**Tabela 5** – Distribuição das classes de geodiversidade no município

Classes de Geodiversidade	Área de Ocorrência (km <sup>2</sup> )	Proporção (%)
Muito baixa	82,73	35,00
Baixa	119,74	50,66
Média	31,91	13,50
Alta	1,91	0,81
Muito alta	0,05	0,03
<b>Total</b>	<b>236,34</b>	<b>100</b>

Fonte: Autora (2022).

Nota-se que há uma maior área de ocorrência de classe de geodiversidade baixa, ocupando 50,66% da área total, que se distribui mais expressivamente no Centro-Sul, na Bacia Hidrográfica Rio São José dos Dourados (SJD), onde também é notada a concentração da classe

alta e os *hotspots*, que são atribuídos à maior diversidade de rochas, solos, relevos e principais cursos d'água, cuja presença e densidade impulsionou os maiores valores de geodiversidade. Em segundo lugar, tem-se uma classe muito baixa, com ocupação igual a 35,00%, com maior ocorrência ao Norte, na Bacia Hidrográfica Turvo/Grande (TG), consequência das condições da área, em particular geologia e pedologia (nenhuma variação).

#### **4.2.5.1 Geodiversidade Funcional e os Recursos Hídricos: Potencialidades e Fragilidades**

Ressalta-se que a geodiversidade funcional corresponde ao papel utilitário que a diversidade dos elementos do meio físico possui para a sociedade e como fornecedor dos substratos, habitats e processos abióticos essenciais para os sistemas ecológicos e físicos (GRAY, 2004; BRILHA, 2005).

Quando se trata de recursos hídricos, a geodiversidade funcional se relaciona à hidrodinâmica do sistema, superficial ou subterrâneo, assim como se relaciona à vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos. Esta interação pode afetar significativamente a disponibilidade e qualidade das águas, podendo ocorrer de diferentes formas dependendo das características locais.

Os maiores IG foram identificados nos entornos dos principais cursos d'água da região, na Bacia Hidrográfica SJD. Isso ocorreu devido ao maior impacto da diversidade de densidade de drenagem, já que foi o maior intervalo dentre os índices parciais. Essas áreas apresentam maior escoamento superficial, que é importante para a manutenção do ciclo hidrológico e para o abastecimento dos rios e afluentes. A preservação dessas áreas pode contribuir para a redução das erosões e assoreamentos nos cursos hídricos, aumento da qualidade da água e promoção da biodiversidade aquática.

Em contrapartida, um maior potencial de infiltração pode ser observado na Bacia Hidrográfica TG, pois por ter uma menor densidade de drenagem, maior quantidade de água é infiltrada no solo, facilitando a recarga de aquíferos. Mesmo que as áreas de recarga de aquífero sejam potencializadas em locais com IG baixo, elas são igualmente importantes para a conservação dos recursos hídricos subterrâneos e a segurança hídrica da região, visto que o abastecimento de água do município é feito por meio de poços que captam água do aquífero Bauru e aquífero da Fm. Serra Geral (DAEE, 2022).

As áreas de maior densidade de drenagem, apesar de possuírem maior potencial de escoamento superficial, também podem condicionar áreas de recarga de aquíferos em função do litotipo presente ou da profundidade do nível da água. A interação infiltração-escoamento é

controlada em grande parte pela permeabilidade, que por sua vez depende do tipo de solo (SALES *et al.*, 1999), rocha e das fraturas da rocha subjacente ou da superfície do leito rochoso (EDET *et al.*, 1998).

As formações Vale do Rio do Peixe e Araçatuba são compostas predominantemente por arenitos de alta permeabilidade e porosidade (FERNANDES, 1998) proporcionando a superfície de saturação do Aquífero Bauru (STRADIOTO; TERAMOTO; CHANG, 2019; VICENTE; LIMA; MARQUES, 2018) que é o maior fornecedor de água no município. Ademais, os basaltos da Fm. Serra Geral no Rio São José dos Dourados e seus afluentes também possibilitam a manutenção do fluxo de água subterrâneo por meio de suas falhas e fraturas.

Os arenitos das unidades geológicas impactam na textura, permeabilidade e porosidade dos solos locais. De maneira geral, os solos do tipo latossolo vermelho e argissolo vermelho-amarelo são bem drenados (SANTOS *et al.*, 2018), o que contribui para a manutenção dos cursos superficiais da região e também auxiliam na recarga dos recursos hídricos subterrâneos.

Além das características geológicas e pedológicas, a densidade de drenagem também pode ser influenciada pelas características geomorfológicas, pois quanto maior for a densidade de drenagem, maior a probabilidade de existirem variações no relevo, já que a energia da água provoca alterações na superfície terrestre e as próprias formas presentes na Terra possibilitam ou não um maior acúmulo em determinadas áreas. Este fator explica maior divisibilidade de unidades de relevo na Bacia Hidrográfica SJD. Essa área tem maior diversidade de formas e maior frequência de canais, o que não ocorre de maneira tão significativa na Bacia Hidrográfica Turvo/Grande.

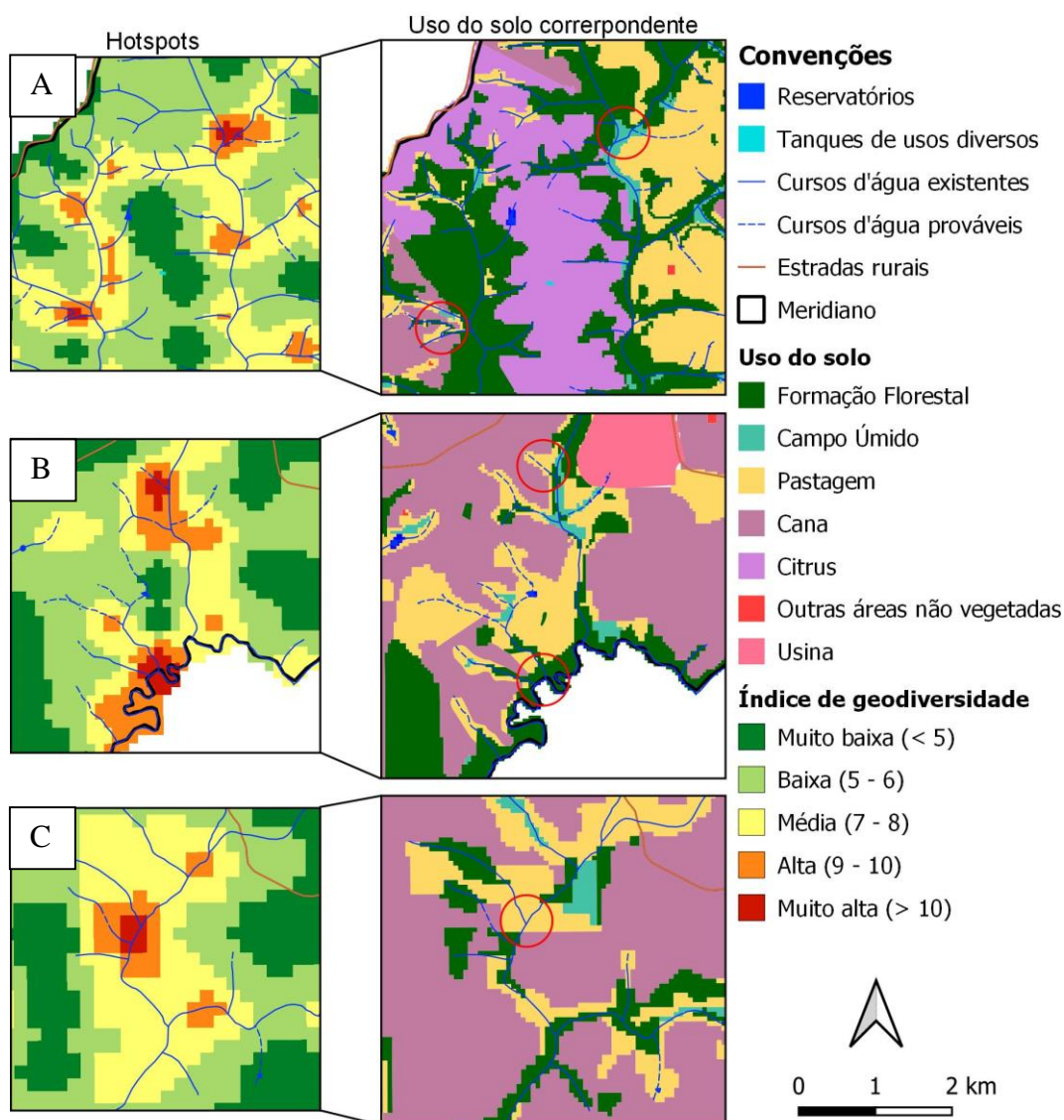
Apesar de não impactar diretamente no IG, o uso do solo na cidade também deve ser levado em consideração. Uma comparação simplificada do mapa de uso e ocupação do solo e o mapa de geodiversidade na Figura 70 (Apêndice XVI) mostra que alguns usos do solo potencialmente mais impactantes nos recursos hídricos, estão sobre áreas com IGs mais altos.

Nota-se que área de cultura de *citrus* (Figura 70A) está próxima de alguns *hotspots*, além de localizar-se próxima de muitas nascentes, podendo acarretar na degradação do solo, contaminação e a redução da disponibilidade de água devido à sua extração para irrigação. Este último efeito foi observado nas visitas de campo, quando constatou-se que metade dos cursos secos foram encontrados nessa região.

Além dessa cultura, o cultivo de cana-de-açúcar cresce consideravelmente devido à usina sucroalcooleira. Pelas Figura 70A e Figura 70B observa-se que há plantios em faixas de geodiversidade média, alta e muito alta (*hotspots*). Ainda que o tamanho da quadrícula não forneça um detalhamento maior desses locais, deve-se ter uma preocupação e a necessidade de

cuidado por parte dos gestores com a saúde o uso de produtos químicos, como fertilizantes, pesticidas e herbicidas, que afetam a saúde do ecossistema e a saúde humana, e com o manejo do solo, que pode acarretar processos erosivos, como os observados.

**Figura 70** – Uso e ocupação do solo x índice de geodiversidade em faixas de IGs mais altos na área de estudo



Fonte: Autora (2022).

Considerando que os maiores IGs concentram-se nos cursos d'água apresentados, percebe-se que os mesmos estão sob risco de degradação, pois as áreas de APP (com formações florestais) não são suficientes para proteção das águas. Alguns *hotspots* das Figura 70A, Figura 70B e Figura 70C são invadidos tanto pelo cultivo de cana-de-açúcar, como mencionado, quanto por áreas de pastagens, que também são um risco para qualidade dos recursos, visto que pode



haver presença de animais que geram pisoteio e degradação do local; esta foi uma característica observada em campo e descrita em tópicos anteriores.

Além de afetar a qualidade, a agricultura pode interferir na quantidade dos recursos hídricos pela sua alteração do uso do solo. A mudança no uso do solo da área natural para a agricultura pode resultar em maior escoamento superficial e maior erosão do solo, devido à remoção da cobertura vegetal nativa e à utilização intensiva do solo. Esses processos podem levar à degradação do solo e à diminuição da sua capacidade de infiltração, sendo capaz de reduzir a quantidade de água disponível para os lençóis freáticos e os corpos d'água.

Diversos foram os processos erosivos identificados no município, principalmente próximo aos cursos d'água que não possuem vegetação ripária, já que essa é uma importante aliada na redução do processo erosivo advindo da própria dinâmica fluvial, atuando na estabilização das margens desses cursos. Os processos erosivos têm potencial para aumentar a quantidade de sedimentos transportados pela água e também levar à formação de bancos de areia, como os aluviões identificados, e assoreamento do canal, reduzindo a capacidade de transporte e aumentando o risco de inundações em áreas adjacentes.

Levando em conta as considerações sobre a diversidade dos elementos na área de estudo, percebe-se que não há como analisá-los individualmente. Para avaliar a geodiversidade funcional da área é necessário considerar a interação entre eles, como se relacionam e como podem determinar as fragilidades e potencialidades dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A água é um recurso essencial para a vida e para a manutenção dos ecossistemas. A gestão adequada dos recursos hídricos requer uma abordagem integrada que considere as interações complexas entre a geologia, a geomorfologia, a pedologia e a hidrologia. Por exemplo, a geologia pode influenciar a permeabilidade do solo e a formação de aquíferos subterrâneos, enquanto a geomorfologia pode afetar a velocidade e o volume de escoamento superficial. A pedologia também desempenha um papel fundamental na retenção e na infiltração da água no solo, enquanto a hidrologia é responsável por descrever a dinâmica da água na superfície e no subsolo.

Além disso, a interação entre esses fatores pode influenciar a qualidade e a quantidade da água disponível no local. A geologia pode afetar a presença de minerais e metais pesados na água subterrânea, enquanto a pedologia pode influenciar a presença de nutrientes e produtos químicos agrícolas na água superficial. A hidrologia também pode impactar na disponibilidade de água em diferentes épocas do ano e em diferentes áreas.

Com essa abordagem integrada e com os IG locais é possível subsidiar a implementação de medidas de gestão e conservação adequadas para proteger e preservar os recursos hídricos.

Embora as áreas com índices mais altos de geodiversidade possam ser consideradas mais importantes do ponto de vista da diversidade geoambiental, as áreas com menores valores também são fundamentais. Essas podem ter características que as tornam importantes para a conservação dos recursos subterrâneos, como por exemplo, a presença de áreas de recarga de aquíferos, mencionadas anteriormente.

Assim, tanto as áreas com baixa quanto as áreas com alta geodiversidade são importantes para a conservação dos recursos hídricos, mas por motivos diferentes. A escolha das áreas prioritárias para a preservação deve levar em consideração as características específicas da região e as diferentes necessidades e demandas da sociedade, integradas em um plano de manejo adequado, garantindo assim a sustentabilidade e a saúde dos ecossistemas e da população.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal o mapeamento da geodiversidade funcional do município de Meridiano por meio das suas características geoambientais, de modo a apontar suas potencialidades e limitações como forma de subsídio para um planejamento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

O levantamento de informações foi um processo fundamental para a área de estudo, pois a mesma não possuía nenhum tipo de mapeamento em escala de maior detalhe das unidades geológicas, relevo, solos e uso e ocupação da terra. A visitação de 97 pontos em uma área de 228,199 km<sup>2</sup> e as complementações realizadas nos dados pré-existentes utilizando diferentes fontes de informação, como imagens de satélite e fotografias aéreas permitiram obter mapas mais precisos e completos para auxiliar na gestão e conservação do patrimônio geoambiental, pois alguns dados que estavam sendo utilizados pela Prefeitura Municipal, como limites de áreas urbanas, estradas e principalmente a hidrografia, encontravam-se desatualizados.

A adaptação da hidrografia com delimitação de (i) cursos existentes e (ii) prováveis foi fundamental para aplicação da metodologia de quantificação de densidade de drenagem, pois foram esses traçados que contribuíram consideravelmente para o aumento dos comprimentos dos canais e, conseqüentemente, aumento do parâmetro referido. Entretanto, foi difícil estabelecer uma relação entre as classes (i) e (ii) e o fluxo de água, pois este pode variar de acordo com a época do ano, demandando que mais visitas de campo sejam feitas, abrangendo o maior número possível de cursos d'água, o que, em escala municipal, pode se tornar um processo demorado. Apesar disso, essa classificação de fluxos apenas foi utilizada para enriquecimento das informações, não impactando no resultado final do índice de geodiversidade.

A inserção do cálculo de densidade de drenagem para substituição da hierarquização (PEREIRA *et al.*, 2013) como um componente de geodiversidade foi uma nova contribuição para a temática, pois considera que todos os cursos d'água são essenciais para sustentar a vida e suas atividades socioeconômicas.

Além disso, a abordagem do valor funcional de geodiversidade tem potencial para incentivar outras pesquisas relacionadas, dado que grande parte dos estudos existentes se preocupam com outros valores, conforme os autores Araujo e Pereira (2018), os valores funcionais devem ser considerados tanto quanto os outros são.

A adaptação dos procedimentos de cruzamento de dados para o *software* QGis mostrou bons resultados e a metodologia de soma de elementos em grade se mostrou eficiente para

identificação das fragilidades e potencialidades da geodiversidade funcional frente aos recursos hídricos. A representação individual das diversidades (SILVA *et al.*, 2013) de densidade de drenagem, geológica, pedológica e geomorfológica mostraram-se importantes para realização de uma análise integrada.

O *grid* de 500 m x 500 m demonstrou uma visualização satisfatória dos índices de geodiversidade alcançados na pesquisa na escala de trabalho 1:100.000. Os valores variaram de 3 a 11, que, considerando o tamanho do município e elementos presentes, é um intervalo significativo; verificado a partir de outros estudos com áreas e IG aproximados (HJORT; LUOTO, 2010; PELLITERO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2017). Grande parte dessa variação e valorização é dada pela densidade de drenagem, a qual foi mais expressiva na Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, pois há uma maior quantidade de canais.

A Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados apresentou, além da densidade de drenagem, maiores IGs quando comparada à Bacia Hidrográfica Turvo/Grande. Isso ocorreu devido à maior presença de tipos de solos, unidades geológicas e variações de relevo na área. No entanto, a Bacia Hidrográfica Turvo/Grande possui maior potencial de infiltração que, independentemente de se encontrar em uma classe de geodiversidade baixa, também é fundamental para a recarga dos aquíferos responsáveis por garantir o abastecimento de água na cidade.

Identificou-se que as faixas de geodiversidade média, alta e muito alta nesta região podem estar ameaçadas devido aos usos do solos. As grandes áreas de agricultura têm potencial para influenciarem na remoção da vegetação natural e na alteração do solo destes locais para o cultivo das culturas de cana-de-açúcar e *citrus*, necessitando de uso fertilizantes e pesticidas que, caso utilizados em excesso, pode levar à contaminação dos recursos hídricos ou redução de disponibilidade hídrica dos aquíferos freáticos pela exploração para irrigação. Além disso, a retirada da vegetação aumenta os processos erosivos locais.

Essa retirada de vegetação também é percebida nas áreas de APP, que concentram alguns *hotspots* de geodiversidade. As culturas que extrapolam os limites das zonas de proteção, aliadas às grandes áreas de pastagem, que envolve a criação de animais, pode causar a degradação dos cursos d'água locais e aumentar o escoamento superficial, levando a formação de processos erosivos, os quais foram observados em diversos canais.

Portanto, é importante que as práticas agrícolas sejam gerenciadas de forma sustentável, de modo a minimizar o impacto negativo na geodiversidade e no valor funcional dos recursos naturais. Isso pode incluir a implementação de práticas de conservação do solo e recursos hídricos, como o plantio direto, a rotação de culturas e aplicação cuidadosa de fertilizantes e

pesticidas. Além disso, deve-se buscar o reflorestamento das APPs e iniciativas de fiscalização para garantir a integridade não só dos locais mapeados com índice muito alto, mas todas as áreas, de modo a garantir a continuidade dos serviços ambientais que elas fornecem.

Neste contexto, a metodologia aqui proposta pretende servir como um instrumento para o ordenamento territorial e para conservação. A classificação dos IGs apresenta-se como um subsídio para implementação de medidas de gerenciamento do ecossistema, principalmente para os recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia do Rio Paraná**. Escala 1:50.000/1:100.000. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/a7e786e6-9f80-43f4-aaeb-89f019863b60>. Acesso em: 08 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. **Divisão de Bacias**. Escala 1.000.000. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/fe192ba0-45a9-4215-90a5-3fba6abea174>. Acesso em: 17 fev. 2022.

\_\_\_\_\_. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?**. Brasília: SAG, 2011. 64 p. Approach. Environmental Management, v. 52, p. 541-552, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2>.

ARAÚJO, A. M.; PEREIRA, D.Í. A new methodological contribution for the geodiversity assessment: applicability to Ceará State (Brazil). **Geoheritage**, v. 10, p. 591-605, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-017-0250-3>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484**: Solo - sondagens de simples reconhecimento com SPT - método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 7181**: Solo - análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 6502**: Solos e rochas – terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BARBOSA, W. S.; CASSIMIRO, A. D. Antigas vias de comunicação e suas transformações no noroeste paulista. In: FERNANDÓPOLIS. **Fernandópolis: nossa história, nossa gente**. 2. ed. São Paulo: Anglo S/A, 2012. p. 240-245.

BENITO-CALVO, A. *et al.* Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth Surface Processes and Landforms**, [on-line], v. 34, n. 10., p. 1433-1445, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.1840>.

BRILHA, J. *et al.* Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. **Environmental Science and Policy**, [on-line], v. 86, p. 19-28, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001>.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga, PT: Palimage Editora, 2005. 190 p.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos**. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. **Geografia**, São Paulo, v. 4, n. 8, p. 23-42, 1979.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS (São Paulo). **Relatório de situação dos recursos hídricos: UGRHI 18**. São José do Rio Preto: CBH – SJD, 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2015 UGRHI 18**: São José dos Dourados. São José do Rio Preto: CBH – SJD, 2016.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados**. UGRHI 18. São José do Rio Preto: CBH – SJD, 2010.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TURVO/GRANDE (São Paulo). **Relatório de situação dos recursos hídricos 2019 UGRHI – 15**: Turvo/Grande. São José do Rio Preto: CBH – TG, 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório De Situação dos Recursos Hídricos 2010**. São José do Rio Preto: CBH – TG, 2010.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **Mapa geodiversidade do Brasil**. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. Brasília: CPRM, 2006. 68 p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/10169>. Acesso em: 18 maio 2021.

CRISP, J. Current trends and future directions in quantitative geodiversity assessment. **Progress in Physical Geography**, [on-line], v. 45, n. 4, p. 514-540, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309133320967219>.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (São Paulo). **Pesquisa de Dados dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 2022. Disponível em: <http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/fchweb.html>. Acesso em: 05 jul. 2022.

EDET, A. *et al.* Application of remote-sensing data to groundwater exploration: A case study of the Cross River State, southeastern Nigeria. **Hydrogeology Journal**, [on-line], v. 6, p. 394-404, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1007/s100400050162>.

EMPLASA - EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Projeto Mapeia São Paulo**. São Paulo: IGC, 2010-2011. Resolução espacial: 1 metro. Disponível em: <http://www.metadados.idesp.sp.gov.br/catalogo/srv/por/catalog.search#/metadata/5ffa3008-8fb8-4180-a56b-f5f3e0d3fa5a>. Acesso em: 21 dez. 2022.

FERNANDES, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (SP)**: os grupos Bauru e Caiuá. 1992. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, 1992. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-24092013-094556/pt-br.php>. Acesso em: 07 fev. 2023.

\_\_\_\_\_. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-16012014-142739/pt-br.php>. Acesso em: 07 fev. 2023.

\_\_\_\_\_. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 55, 2004, p. 53-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v55i0.4283>.

FERNANDES, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1992. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, 1992. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-24092013-094556/pt-br.php>. Acesso em: 07 fev. 2023.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, [on-line], v. 30, n. 4, p. 723-734, 2000. DOI <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2000304717728>.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-16012014-142739/pt-br.php>. Acesso em: 07 fev. 2023.

FERNANDES, L. A.; RIBEIRO, C. M. Evolution and palaeoenvironment of the Bauru Basin (Upper Cretaceous, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, [on-line], v. 61, p. 71-90, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.11.007>.

FREIRE, L. M. **Geoconservação de Patrimônio Espeleológico na Amazônia: proposta de planejamento ambiental para a Província Espeleológica Altamira-Itaituba (PA)**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GRAY, M. Geodiversity: a significant, multi-faceted and evolving, geoscientific paradigm rather than a redundant term. **Proceedings of the Geologists' Association**, [on-line], v. 132, n. 5, p. 605-619, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2021.09.001>.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester: John Wiley and Sons, 2004. 434 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859 p.

HJORT, J.; LUOTO, M. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**, [on-line], v. 115, n. 1-2, p. 109-116, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.09.039>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Cidades**. Brasil: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04 fev. 2022.



\_\_\_\_\_. **Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa Brasileira**. Brasil: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=sobre>. Acesso em 22 fev. 2022.

IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo). **Aspectos urbanos da capital e cidades do interior paulista**. São Paulo: IGC, 1948. p. 28. Disponível em: [http://www.igc.sp.gov.br/produtos/aspectos\\_urbanos.html](http://www.igc.sp.gov.br/produtos/aspectos_urbanos.html). Acesso em: 4 abr. 2022.

\_\_\_\_\_. **Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: IGC, 2014. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/produtos/ugrhi.html>. Acesso em: 20 maio 2021.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). **Carta geotécnica do Estado de São Paulo**. 1. ed. São Paulo: IPT, 1994. Escala 1:500.000. Folha São José do Rio Preto.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande**: Relatório Final nº 45.015. São Paulo: IPT, 1999a.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados**: Relatório Final nº 45.675. São Paulo: IPT, 1999b.

KOZLOWSKI, S. Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. *Przegląd Geologiczny*, [S. l.], v. 52, n. 8/2, p. 833-837, 2004.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação para a quadrícula de Campinas (SP). 1995. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MAPBIOMAS (Brasil). **Coleções MapBiomias**. Brasil: MapBiomias, 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 09 jun. 2022.

MENEGAZZO, M. C.; CATUNEANU, O.; CHANG, H. K. The South American retroarc foreland system: The development of the Bauru Basin in the back-bulge province. *Marine and Petroleum Geology*, [on-line], v. 73, p. 131-156, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.02.027>.

MERIDIANO. **História do Município de Meridiano**. Meridiano, 2021. Disponível em: <http://camarameridiano.sp.gov.br/site/historia-do-municipio/>. Acesso em: 24 maio 2021.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal. **Plano de macrodrenagem rural de Meridiano**. Meridiano: EGATI Engenharia, 2014.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal. **Produto 4 (P4) - Plano Municipal Específico dos Serviços de Saneamento Básico Município**: Meridiano, UGRHI 15, Água/Esgoto/Drenagem Urbana, Lote 4. Meridiano: Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos de São Paulo, ENGECORPS, MAUBERTEC, 2018.

MOCHIUTTI, N. F. *et al.* Os valores de geodiversidade da região de Pirai da Serra, Paraná. **Geociências**. São Paulo, v. 30, n.4, p. 651-668, 2011. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7175>. Acesso em: 21 mar. 2022.

NIETO, L. M. Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. **Boletín Geológico y Minero**, [S. l.], v. 112, n. 2, p. 3-12, 2001.

OLIVEIRA, R. I. C. Potencial da nascente do Rio Vieira e entorno: uma interpretação da geodiversidade. **Revista Cerrados**, Monte Carlos, v. 15, n. 2, p. 291-316, jul./dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.22238/rc24482692v15n22017p291a316>.

PEIXOTO, C. A. B. (org.). **Geodiversidade do estado de São Paulo**. São Paulo: CPRM, 2010. 176 p.

PELLITERO, R. *et al.* Mid- and large-scale geodiversity calculation in fuentes carrionas (nw spain) and serra do cadeado (paraná, brazil): methodology and application for land management. **Geografiska Annaler**, [on-line], v. 97, n. 2, p. 219–235. DOI: <https://doi.org/10.1111/geoa.12057>.

PEREIRA, D. I. *et al.* Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. **Environmental Management**, [on-line], v. 52, p. 541–552, 2013. DOI <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2>.

PEREIRA, R. G. F. A.; URUSHIMA, A. F.; YAMASHIKI, Y. A. Cities and geodiversity: coexistence of humans and abiotic nature in urban territories. **Kult-Ur**, [on-line], v. 7, n. 13, p. 139-162, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.6035/Kult-ur.2020.7.13.5>.

PLANET. **Basemaps viewer**. 29 mar. 2022. Disponível em: <https://www.planet.com/>. Acesso em: 29 mar. 2022.

PONÇANO, W. L. *et al.* **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1981.

ROCHA, G. (org.). **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. São Paulo: DAEE, IG, IPT, CPRM, 2005. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2012/03/mapa-de-aguas-subterraneas-do-estado-de-sao-paulo-escala-11-000-000/>. Acesso em: 24 maio 2021.

RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (org.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: USP/FAPESP, 2000. p. 101-107.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia de relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, [on-line], v. 6, p. 17-29, 1992. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>.

ROSS, J. L. S.; Moroz, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, [on-line], v. 10. p. 41-58, 1996. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004>.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:250.000. v. 1 rev. e aum. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2017/09/mapa-pedologico-do-estado-de-sao-paulo-revisado-e-ampliado/>. Acesso em: 06 ago. 2021.

RUBAN, D. A. Quantification of geodiversity and its loss. **Proceedings of the Geologists' Association**, [on-line], v. 121, n. 3, p. 326-333, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2010.07.002>.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). Convênio nº 0.21/2019, contrato nº 336/2020, de 20 de março de 2020. Convênio de cooperação que celebram o Estado de São Paulo, por intermédio da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, e o município de Meridiano visando à gestão associada dos serviços de saneamento básico [...]. **Município de Meridiano**, Meridiano, 2020. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Municipio.aspx?secaoId=18&id=534>. Acesso em: 4 fev. 2022.

SALES, L. E. O. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p.2091-2095, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001100016>.

SANTOS, D. S. *et al.* Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. **Applied Geography**, [on-line], v. 85, p. 184-195, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.009>.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e aum. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 356 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107206/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 24 fev. 2022.

SÃO PAULO. **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo: Assessoria Técnico-Legislativa, 1991.

SCHUMM, S. A. **River variability and complexity**. Cambridge, 2005. 220 p.

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO; P. Geodiversity: a theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**, [on-line], v. 62, p. 140–147, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5194/gh-62-140-2007>.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Tasmânia: Tasmanian Parks and Wildlife Service, 2022. *E-book*.

SILVA, C. R. (org.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2008. 264 p.

SILVA, F. P. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do grupo Bauru no estado de São Paulo**. 2003. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103040>. Acesso em: 07 fev. 2023.

SILVA, J. P. *et al.* Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. **Journal of Maps**, [on-line], v. 9, n. 2, p. 254-262, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/17445647.2013.775085>.

SILVA, M. A. *et al.* Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. *Research, Society and Development*, [on-line], v. 11, n. 13, p. e376111335568, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35568>.

SIMA – SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE (São Paulo). **Subsídios técnicos para o Plano Estadual de Recursos Hídricos 2020-2023**. São Paulo: SIMA, 2018.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Not. Geomorfológicas**, Campinas, v.16. n.32, p.71-104, 1976.

STRADIOTO, M. R.; CHANG, H. K. Sandstone Diagenesis of the Bauru Group in the Sao Paulo State. **Ciência e Natura**, Santa Maria v.42, e88, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X42694>.

STRADIOTO, M. R.; TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. Nitrato em águas subterrâneas do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, [on-line], v. 40, n. 3, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v40i3.672>.

USAF - UNITED STATES AIR FORCE. **Project AF 63-32**: área 6: Brasil: preparado pelo 30º batalhão de engenheiros ao IPT: Fotografias aéreas escala 1:60.000. 1964-1965.

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

VICENTE, G. Z.; LIMA, C. G. R.; MARQUES, S. M. Variabilidade espacial e temporal do Nitrato e Cloreto no Sistema Aquífero Bauru, estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, [on-line], v. 32, n. 3, p. 295-306, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i3.29099>.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

XAVIER, R. L; MENEZES, D. B. **Complementação de traçado hidrográfico para geração de carta de maior detalhe**. In: JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, VII, 2022, São Carlos. **Anais [...]** São Carlos: UFSCar, 2023. p. 119-123

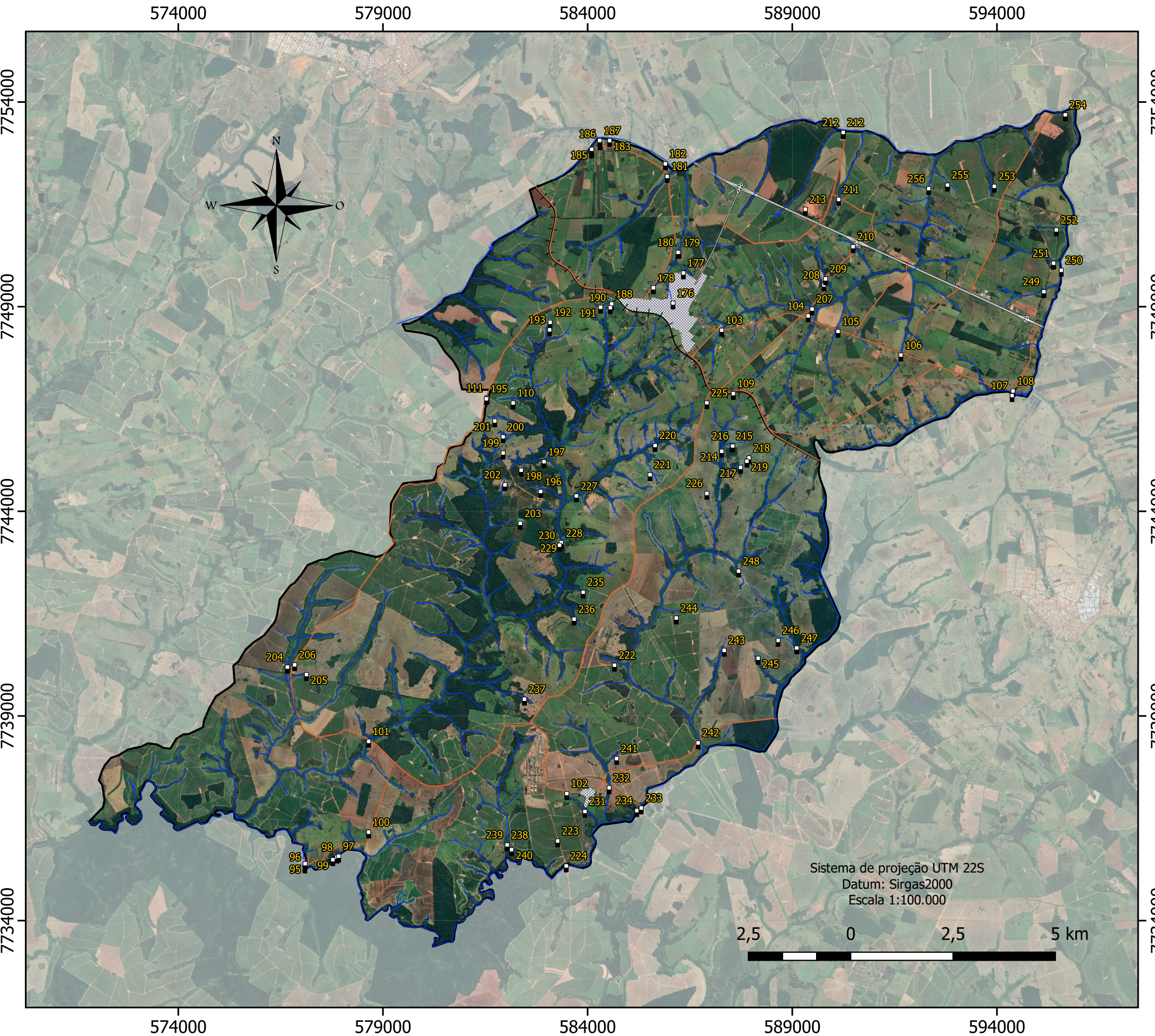
ZWOLIŃSKI Z. The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. **Landform Analysis**, [S. l.], v. 11, p. 77-85, 2009.

ZWOLINSKI, Z. *et al.* Methods for assessing geodiversity. In: BRILHA, J.; REYNARD, E. **Geoheritage: assesment, protection, and management**. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 27-52.

## APÊNDICES

- I. Mapa de Pontos Visitados
- II. Mapa Básico de Meridiano – SP
- III. Mapa de Classificação dos Fluxos da Rede de Drenagem em Meridiano –SP
- IV. Mapa de Uso e Ocupação do Solo de Meridiano – SP
- V. Mapa Geológico de Meridiano – SP
- VI. Mapa Pedológico de Meridiano – SP
- VII. Mapa Hipsométrico de Meridiano – SP
- VIII. Mapa de Declividade de Meridiano – SP
- IX. Mapa Geomorfológico de Meridiano – SP
- X. Índice de Diversidade de Densidade de Drenagem
- XI. Índice de Diversidade Geológica
- XII. Índice de Diversidade Pedológica
- XIII. Índice de Diversidade Geomorfológica
- XIV. Índice de Geodiversidade
- XV. Índice de Geodiversidade Final
- XVI. Mapa de Uso e Ocupação do Solo x Geodiversidade de Meridiano - SP
- XVII. Localização e Descrições dos Pontos Visitados
- XVIII. Classificação Tátil-Visual dos Solos

# Apêndice I. Mapa de Pontos Visitados

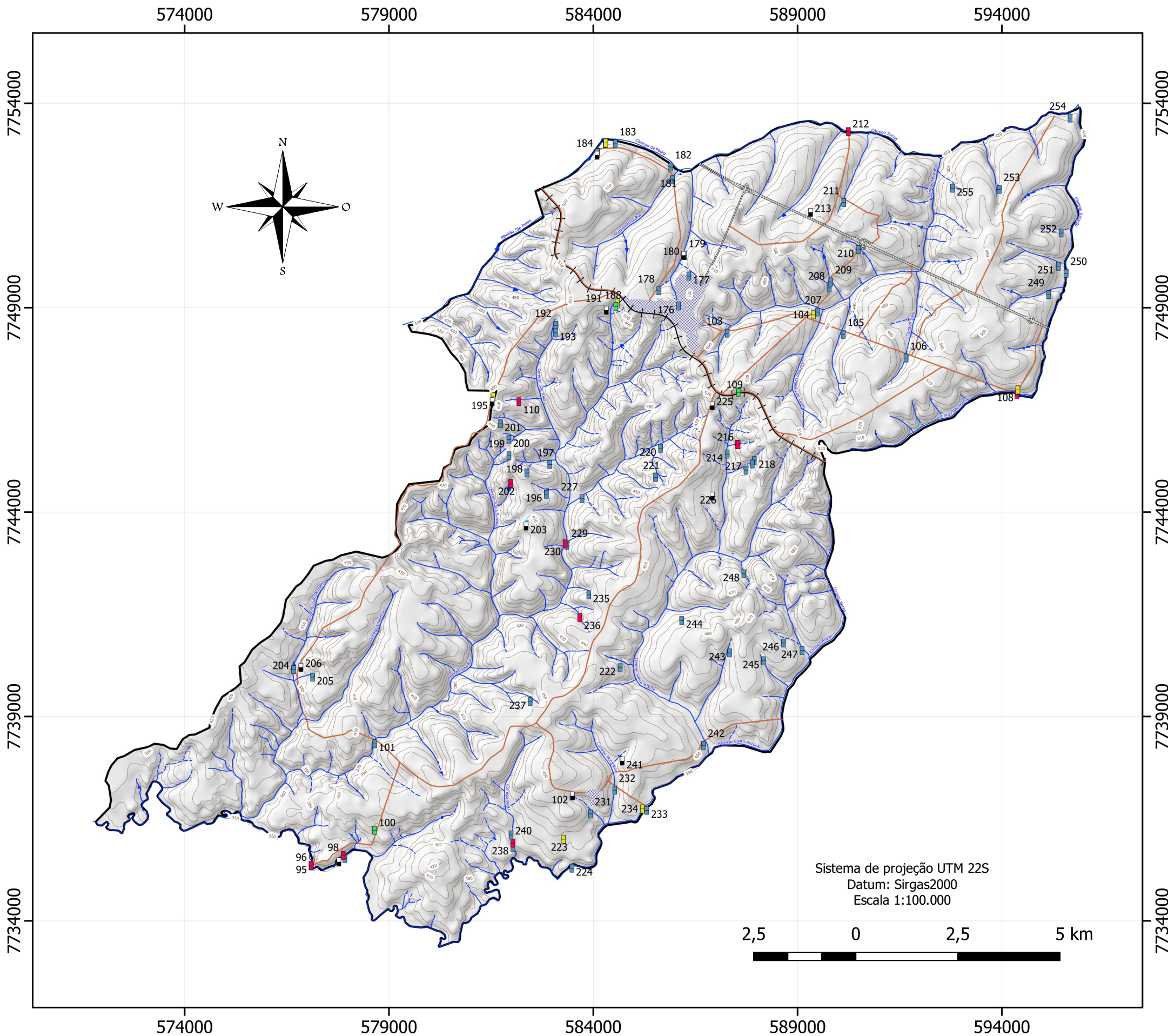


## Convenções

- ▣ Pontos visitados
- Tanques de usos diversos
- Reservatórios
- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Estradas rurais
- +— Ferrovia
- Rodovias
- ▨ Área urbana
- Meridiano

Sistema de projeção UTM 22S  
Datum: Sirgas2000  
Escala 1:100.000

# Apêndice II. Mapa Básico de Meridiano - SP





## Convenções

### Pontos visitados com:

- Observação de solo, geologia e relevo
- Amostragem de solo e geologia
- Com perfil
- Sem perfil
- Amostragens e observação dos RHs
- Sem perfil
- Observação dos RHs
- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Estradas rurais
- +++ Ferrovia
- Rodovias
- Curvas de nível
- Área urbana
- Meridiano

RHs: Recursos Hídricos

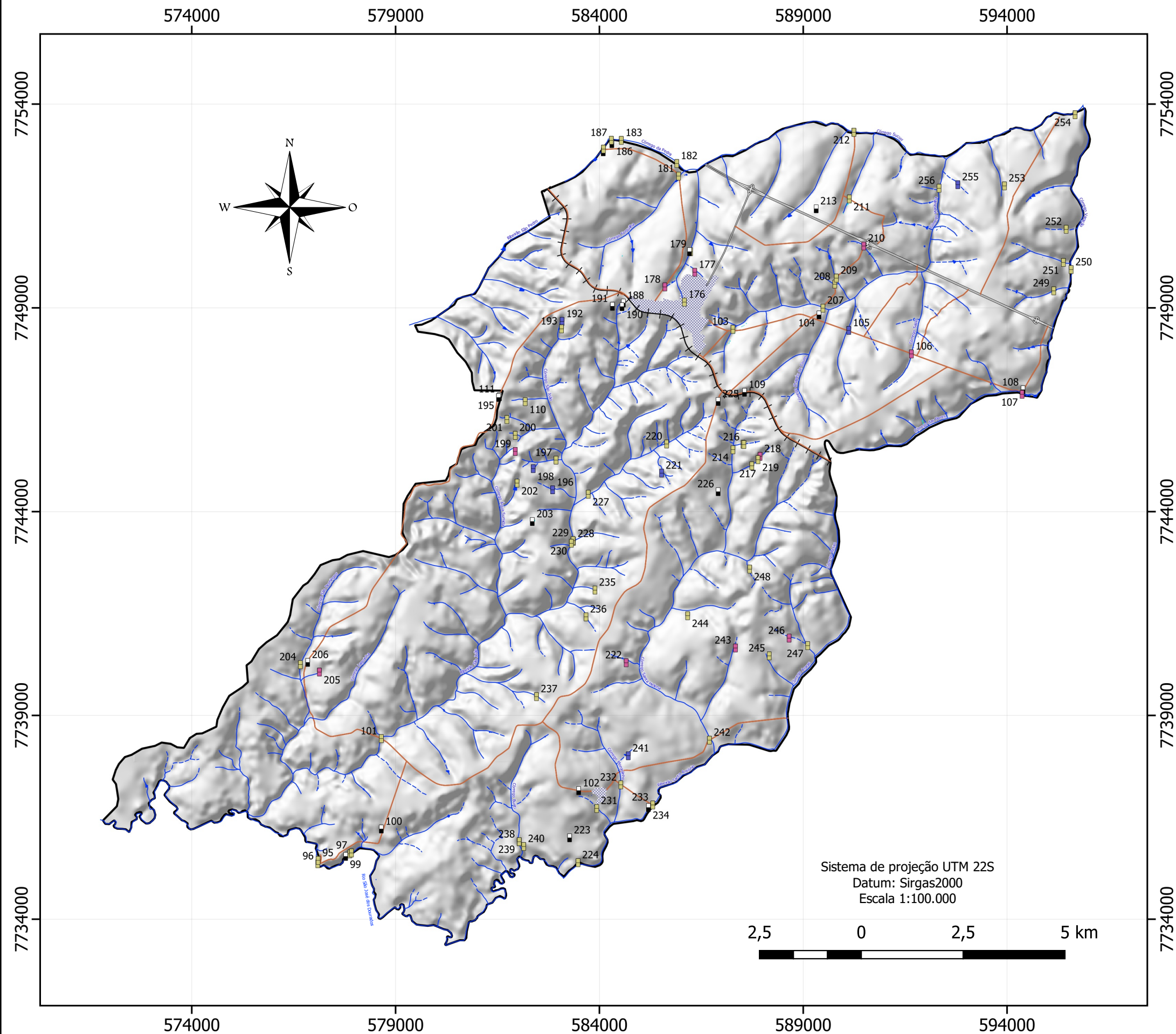

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana  


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018), topografia (MERIDIANO, 2014) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice III. Mapa de Classificação dos Fluxos da Rede de Drenagem em Meridiano -SP



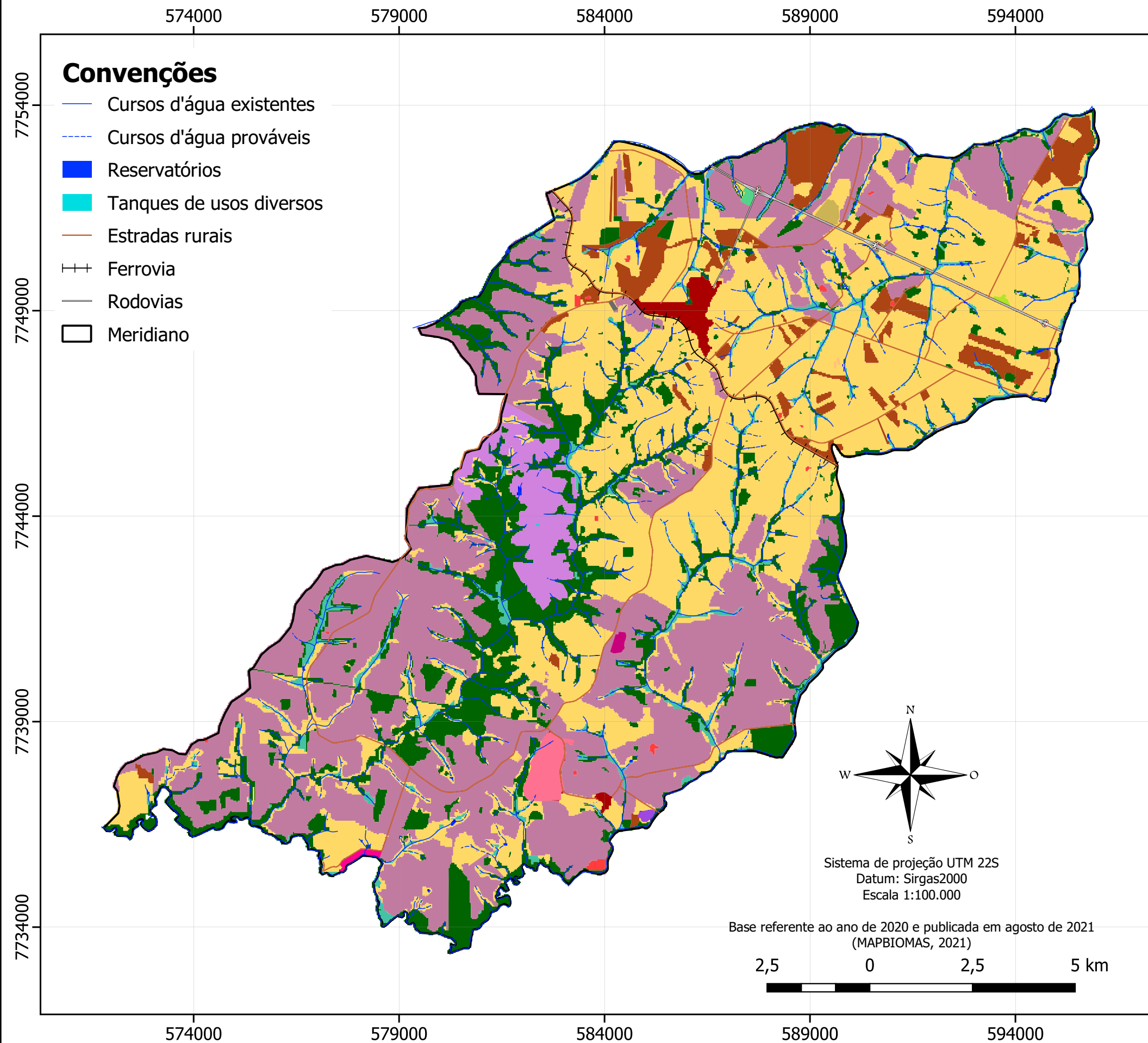
## Convenções

### Pontos visitados e tipos de fluxo:

- Intermittente
- Perene
- Seco
- Outros pontos
- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Estradas rurais
- + + + Ferrovia
- Rodovias
- Área urbana
- Meridiano



# Apêndice IV. Mapa de Uso e Ocupação do Solo de Meridiano - SP



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Estradas rurais
- ++ Ferrovia
- Rodovias
- Meridiano

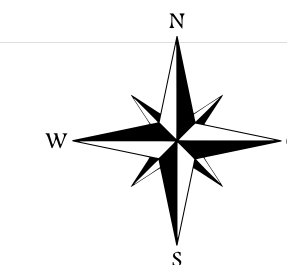
## Convenções

### Uso do solo

- Formação Florestal
- Silvicultura
- Campo Úmido
- Pastagem
- Cana
- Área Urbanizada
- Outras áreas não vegetadas
- Rios e Lagos
- Citrus

### Outros usos

- Aterro
- ETE
- Futuro distrito industrial
- Granja
- Lixão
- Pátio de compostagem (usina)
- Pedreira desativada
- Pesqueiro
- Posto de combustível
- Usina
- Depósito de RCC
- Ranchos



Sistema de projeção UTM 22S  
Datum: Sirgas2000  
Escala 1:100.000

Base referente ao ano de 2020 e publicada em agosto de 2021  
(MAPBIOMAS, 2021)

2,5 0 2,5 5 km



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

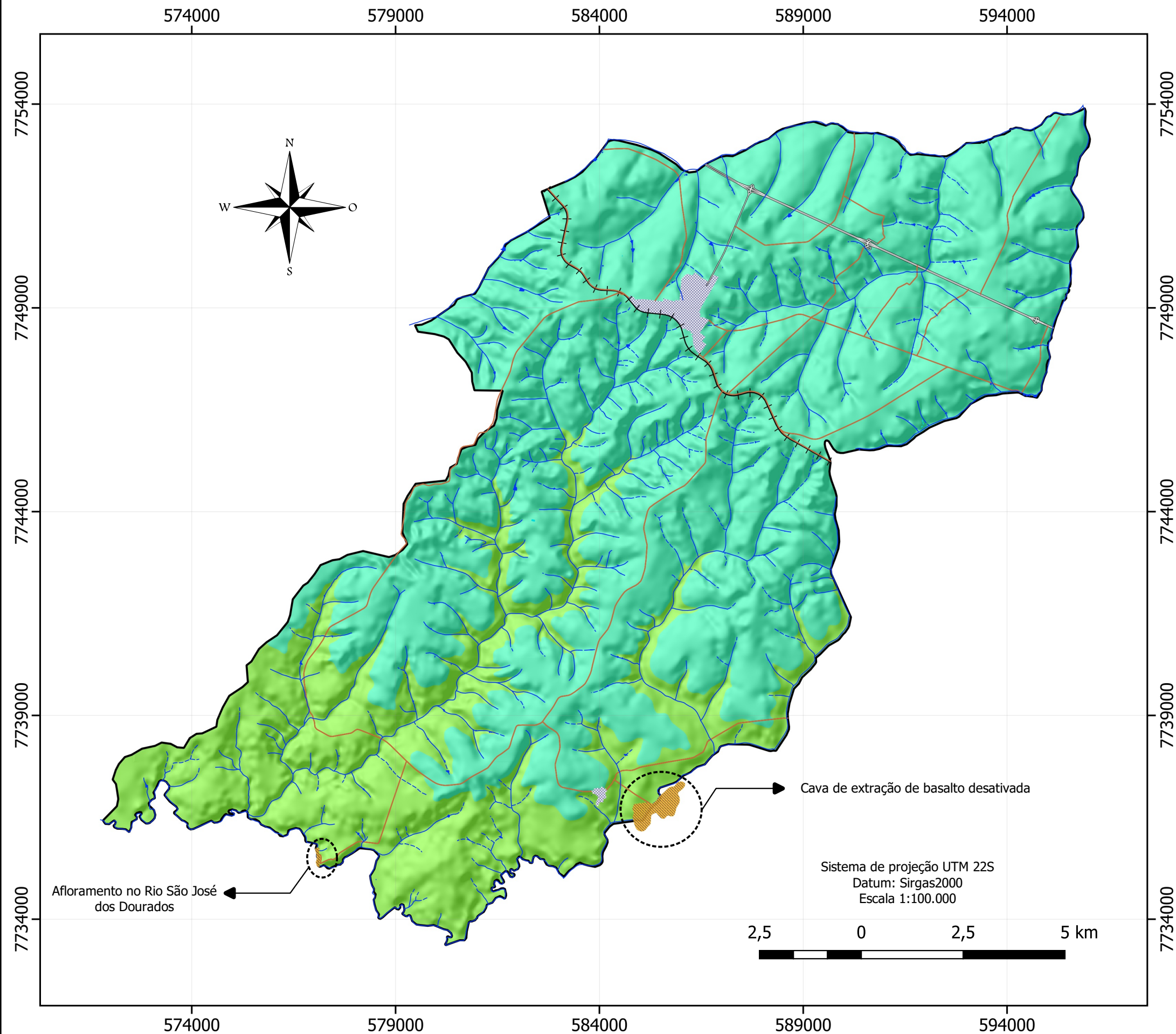


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018), uso do solo adaptado (MAPBIOMAS, 2021) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice V. Mapa Geológico de Meridiano - SP





## Convenções

- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Cursos d'água existentes
- Cursos d'água prováveis
- Estradas rurais
- Ferrovias
- Rodovias
- Área urbana
- Meridiano

## Unidades geológicas

- Fm. Vale do Rio do Peixe: arenitos alterados de coloração escura (avermelhada), com camadas pouco evidentes e maior presença de limonitas
- Fm. Araçatuba: arenitos alterados de coloração clara e com camadas evidentes
- Fm. Serra Geral: basaltos fraturados pouco alterados

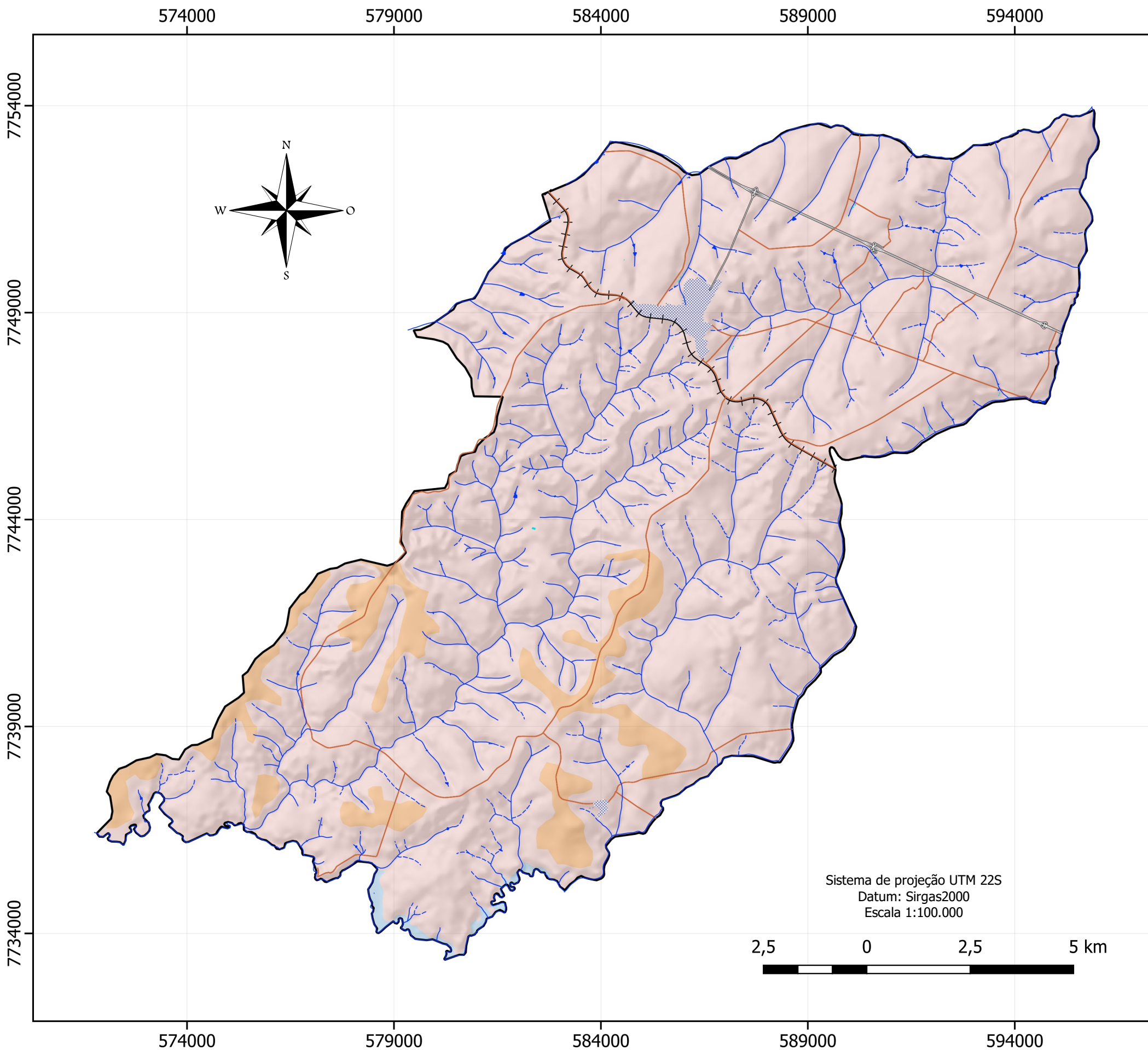
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana 

Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018), topografia (MERIDIANO, 2014), limite municipal (IBGE, 2020) e formações geológicas adaptadas (IPT, 1999a, 1999b)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice VI. Mapa Pedológico de Meridiano - SP



## Convenções

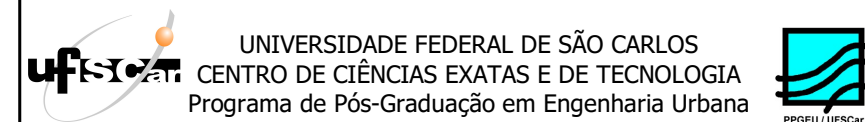
- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Cursos d'água existentes
- Cursos d'água prováveis
- Estradas rurais
- Ferrovia
- Rodovias
- Área urbana
- Meridiano

## Pedologia

- Argissolos Vermelho-Amarelos: solos constituídos de areia fina/muito fina, com pequena porcentagem de argila e e colorações vermelhas a amarelas
- Latossolos Vermelhos: solo de textura arenosa, vermelho, com fragmentos centimétricos de óxido e basalto e quartzo fino, com grande atração magnética
- Gleissolos Háplicos: solo de ambiente com prolongado encharcamento (planície) que propiciou a redução e remoção do ferro e conferiu coloração acinzentada

Sistema de projeção UTM 22S  
Datum: Sirgas2000  
Escala 1:100.000

2,5 0 2,5 5 km

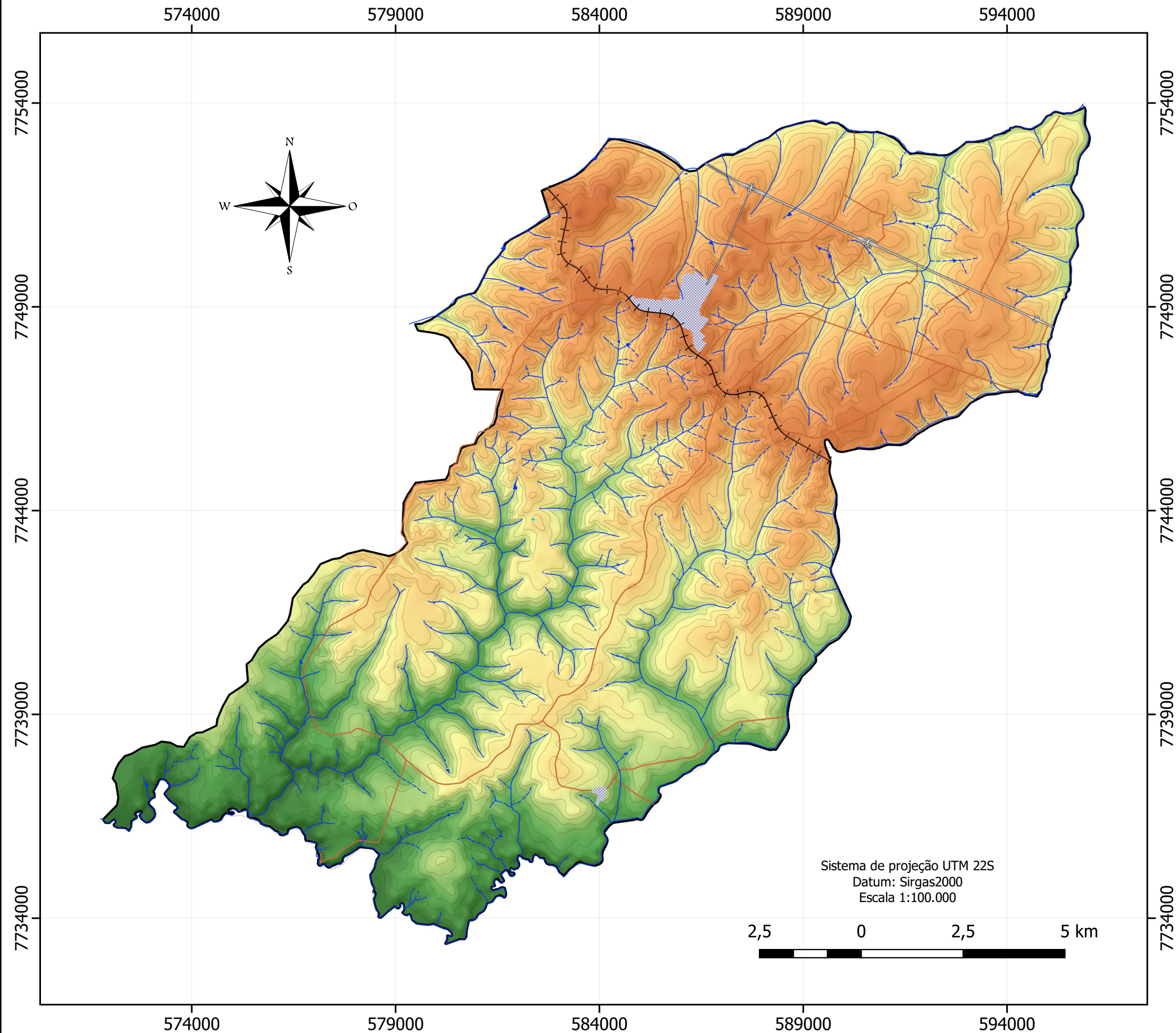


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018), topografia (MERIDIANO, 2014), limite municipal (IBGE, 2020) e pedologia adaptada (ROSSI, 2017)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice VII. Carta Hipsométrica de Meridiano - SP



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Estradas rurais
- ++ Ferrovia
- Rodovias
- Área urbana
- Meridiano

## Hipsometria

- 344 m
- 345 - 390 m
- 390 - 435 m
- 435 - 480 m
- 480 - 525 m
- 536 m



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

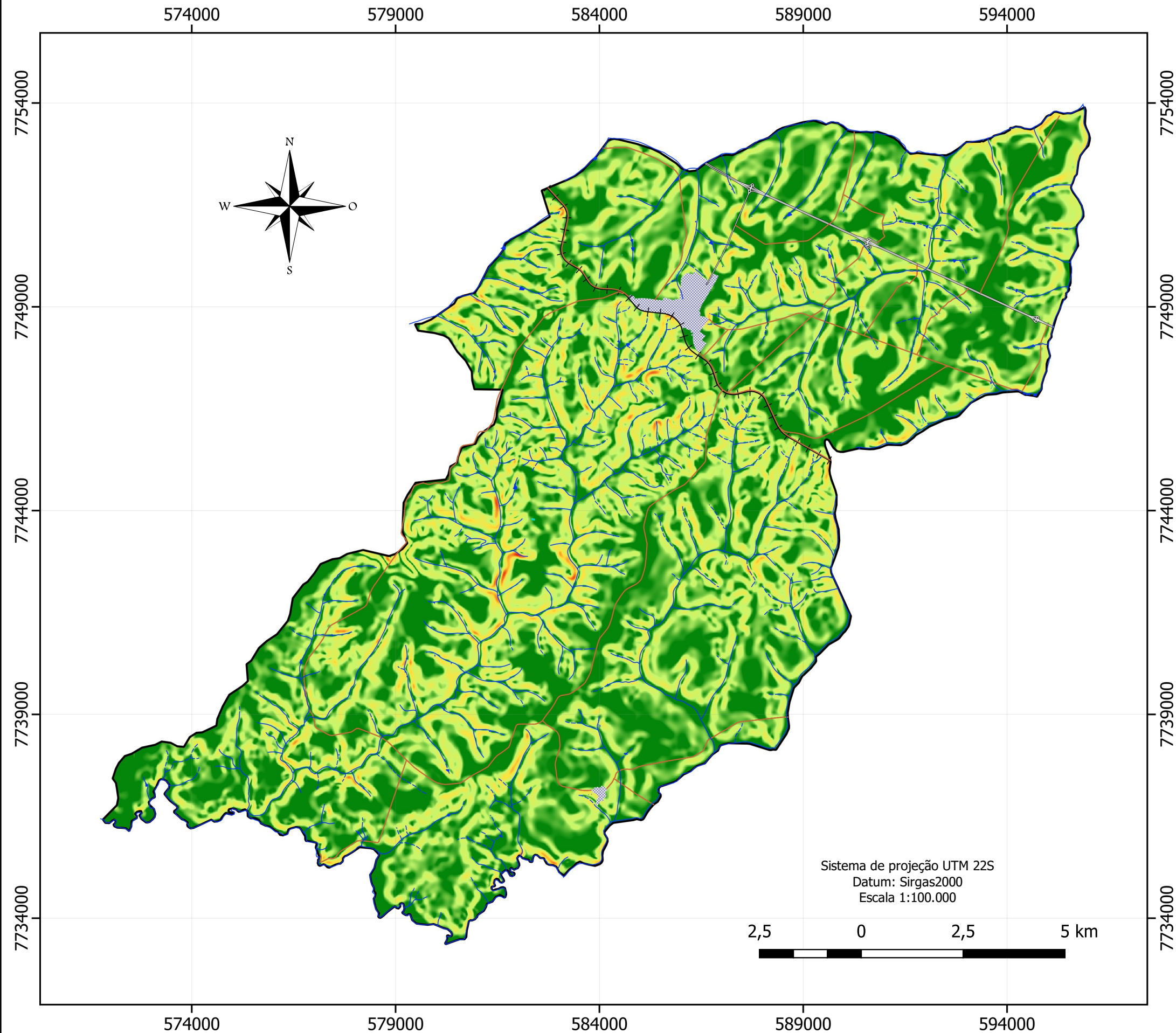


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018), topografia (MERIDIANO, 2014) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice VIII. Carta de Declividade de Meridiano - SP



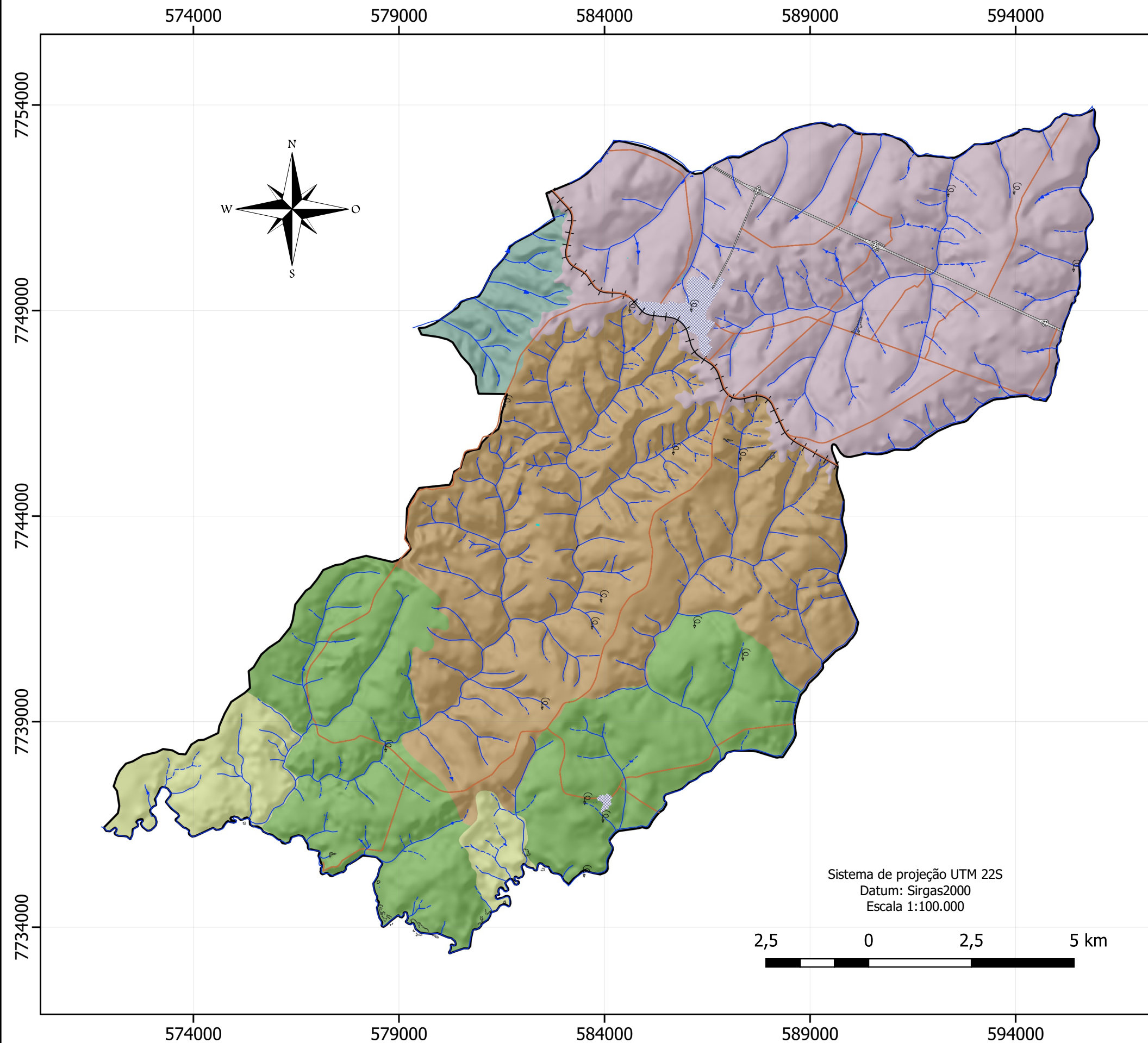
## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Estradas rurais
- ++ Ferrovia
- Rodovias
- ▨ Área urbana
- Meridiano

## Declividade

- 0 - 3 %
- 3 - 8 %
- 8 - 20 %
- 20 - 33 %

# Apêndice IX. Carta Geomorfológica de Meridiano - SP



## Convenções

- Reservatórios
- Tanques de usos diversos
- Cursos d'água existentes
- Cursos d'água prováveis
- Estradas rurais
- Ferrovias
- Rodovias
- Área urbana
- Meridiano
- Processos erosivos
- Meandros abandonados
- Voçorocas

## Unidades geomorfológicas

- Unidade 1: colinas suave onduladas, amplas a médias e encostas em forma côncavo-retilíneo-convexas
- Unidade 2: colinas suave onduladas a onduladas, médias a pequenas e encostas côncavo-retilíneo-convexas
- Unidade 3: colinas onduladas, pequenas e encostas côncavo-convexas
- Unidade 4: colinas suave onduladas, amplas a médias e encostas convexas
- Unidade 5: colinas suave onduladas, médias e encostas côncavo-convexas

Sistema de projeção UTM 22S  
Datum: Sirgas2000  
Escala 1:100.000

2,5 0 2,5 5 km



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

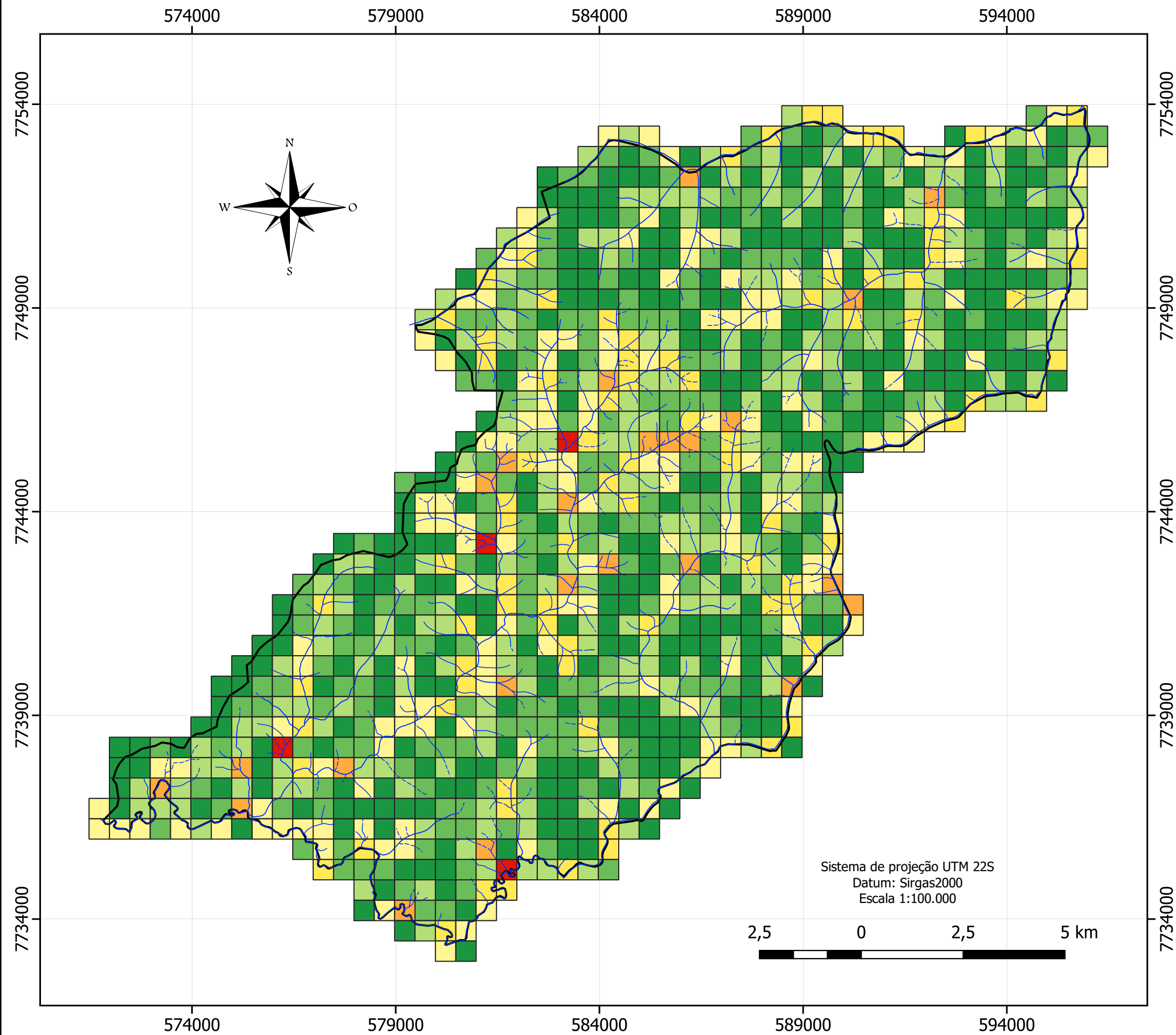


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018), topografia (MERIDIANO, 2014) e limite municipal (IBGE, 2020).

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice X. Índice de Diversidade de Densidade de Drenagem



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Meridiano

## Índice de densidade de drenagem

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

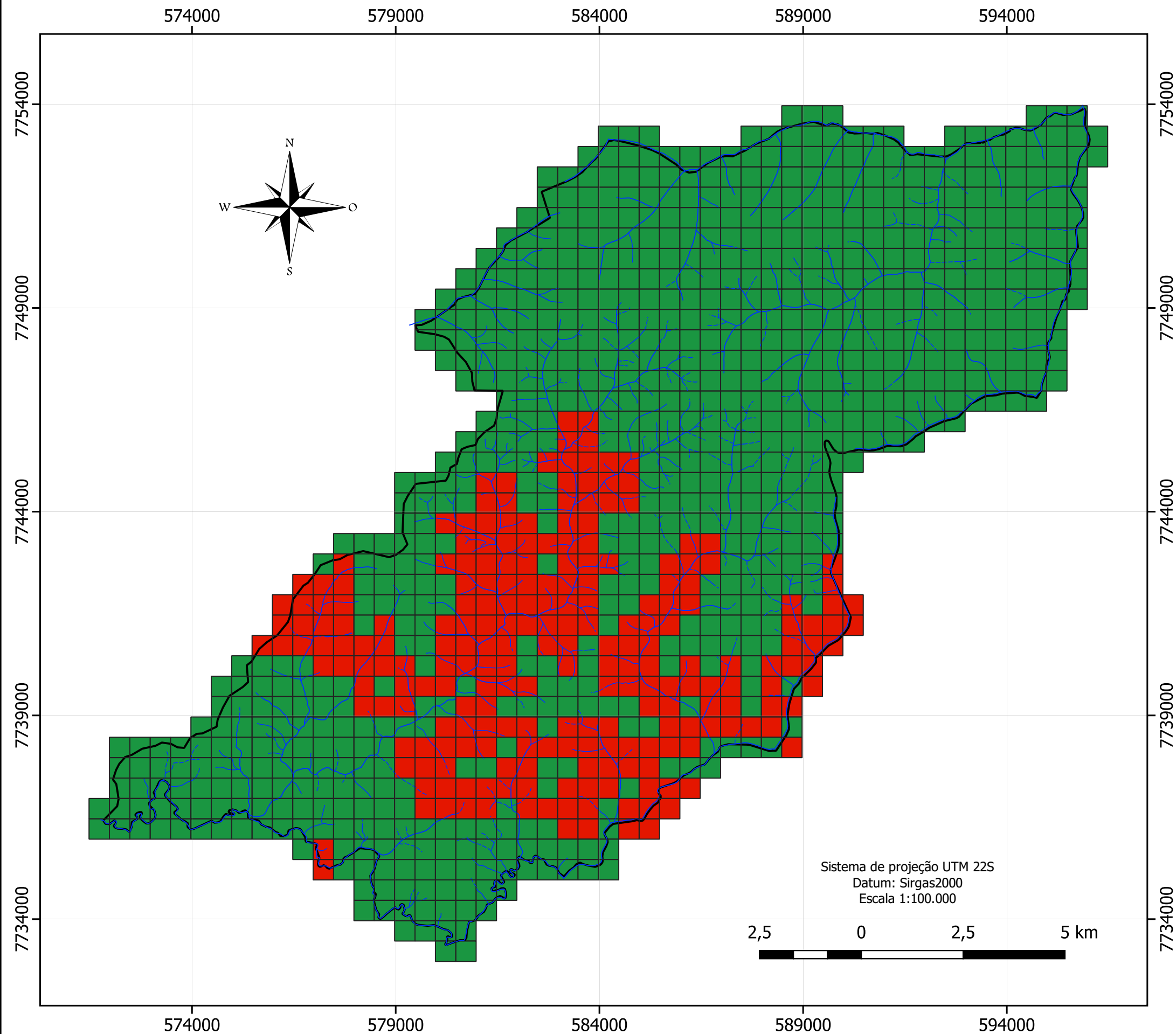


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice XI. Índice de Diversidade Geológica



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Meridiano

## Índice geológico

- 1
- 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana



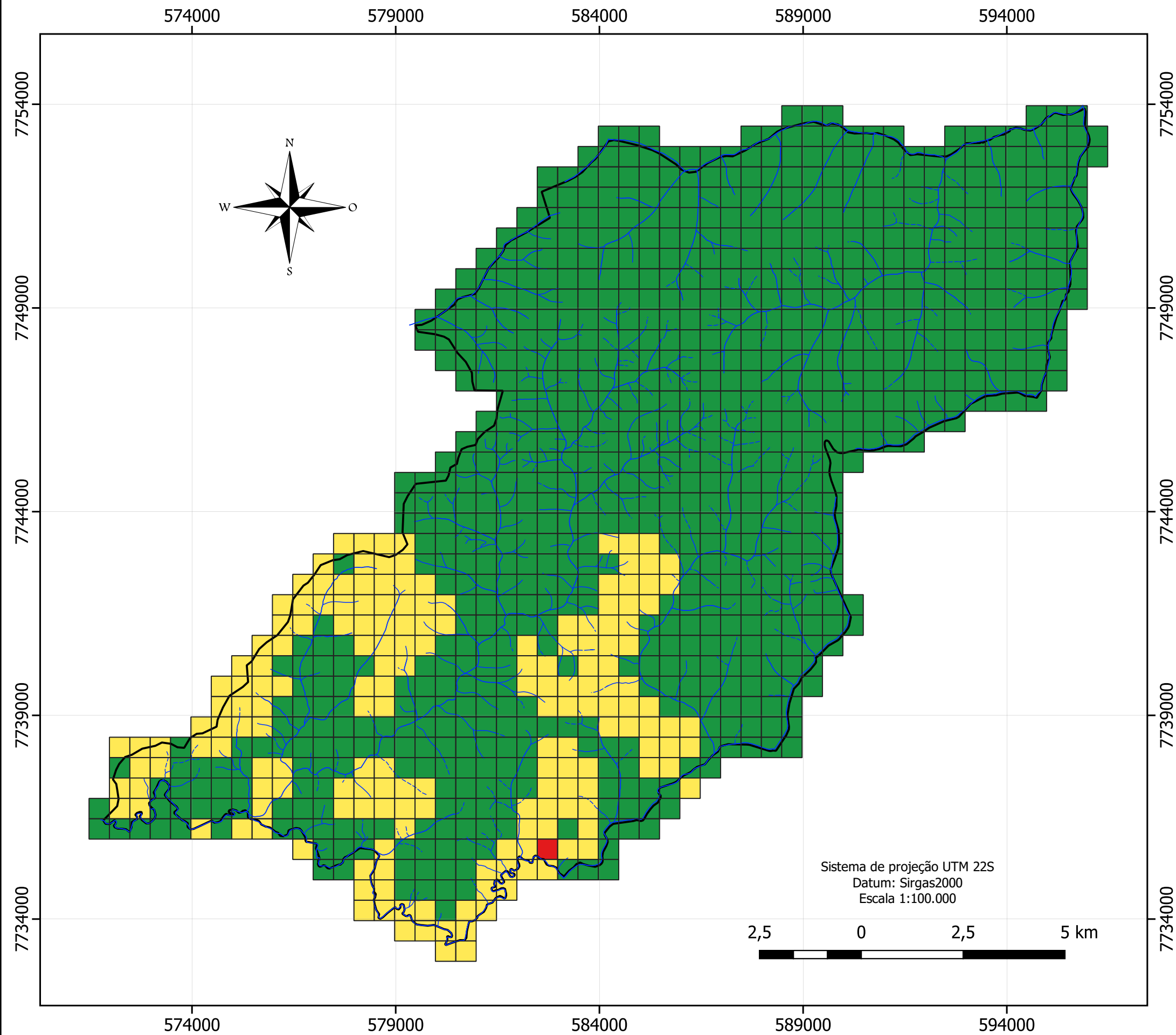
Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes



# Apêndice XII. Índice de Diversidade Pedológica



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Meridiano

## Índice pedológico

- 1
- 2
- 3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

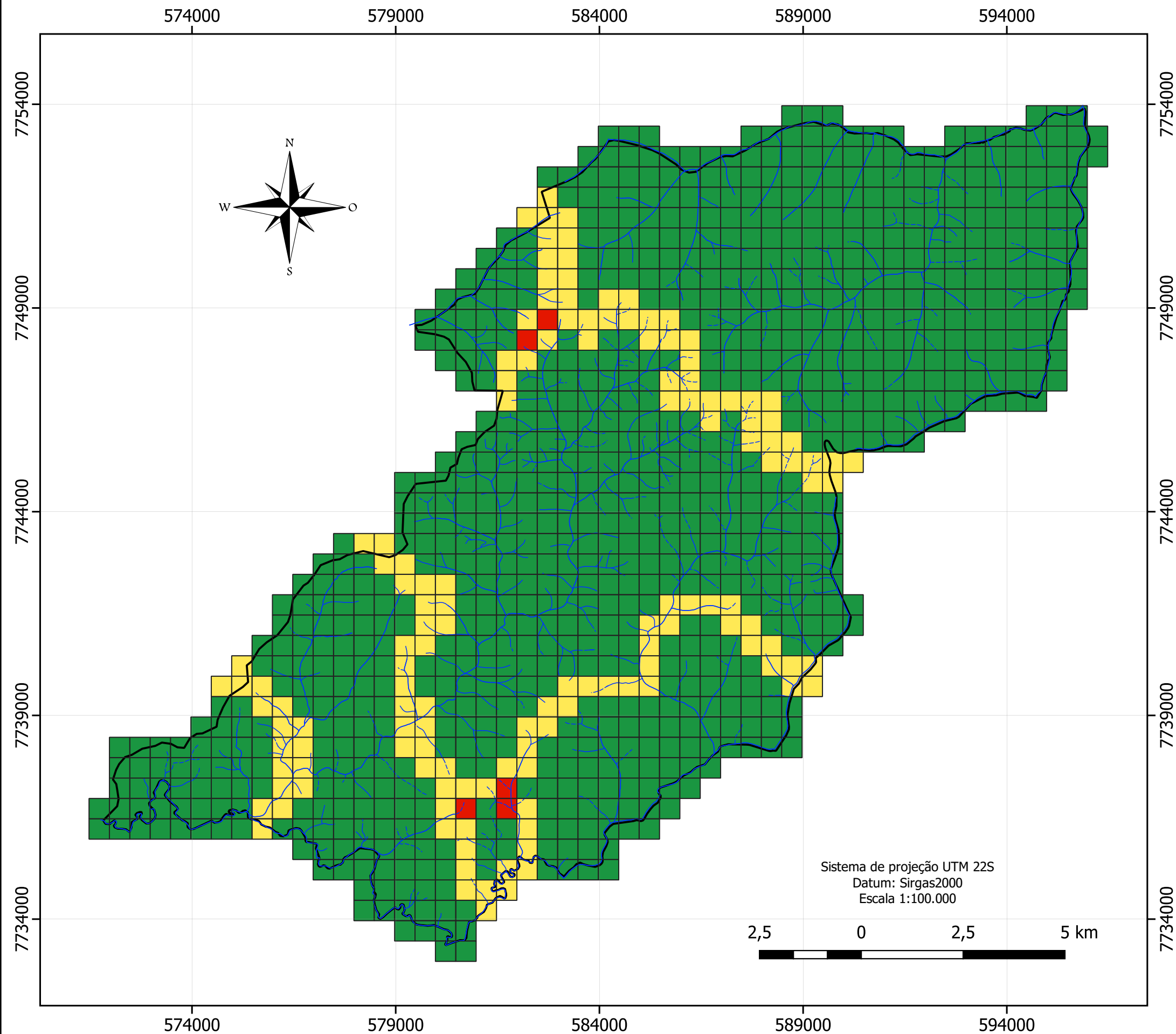


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice XIII. Índice de Diversidade Geomorfológica



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Meridiano

## Índice geomorfológico

- 1
- 2
- 3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

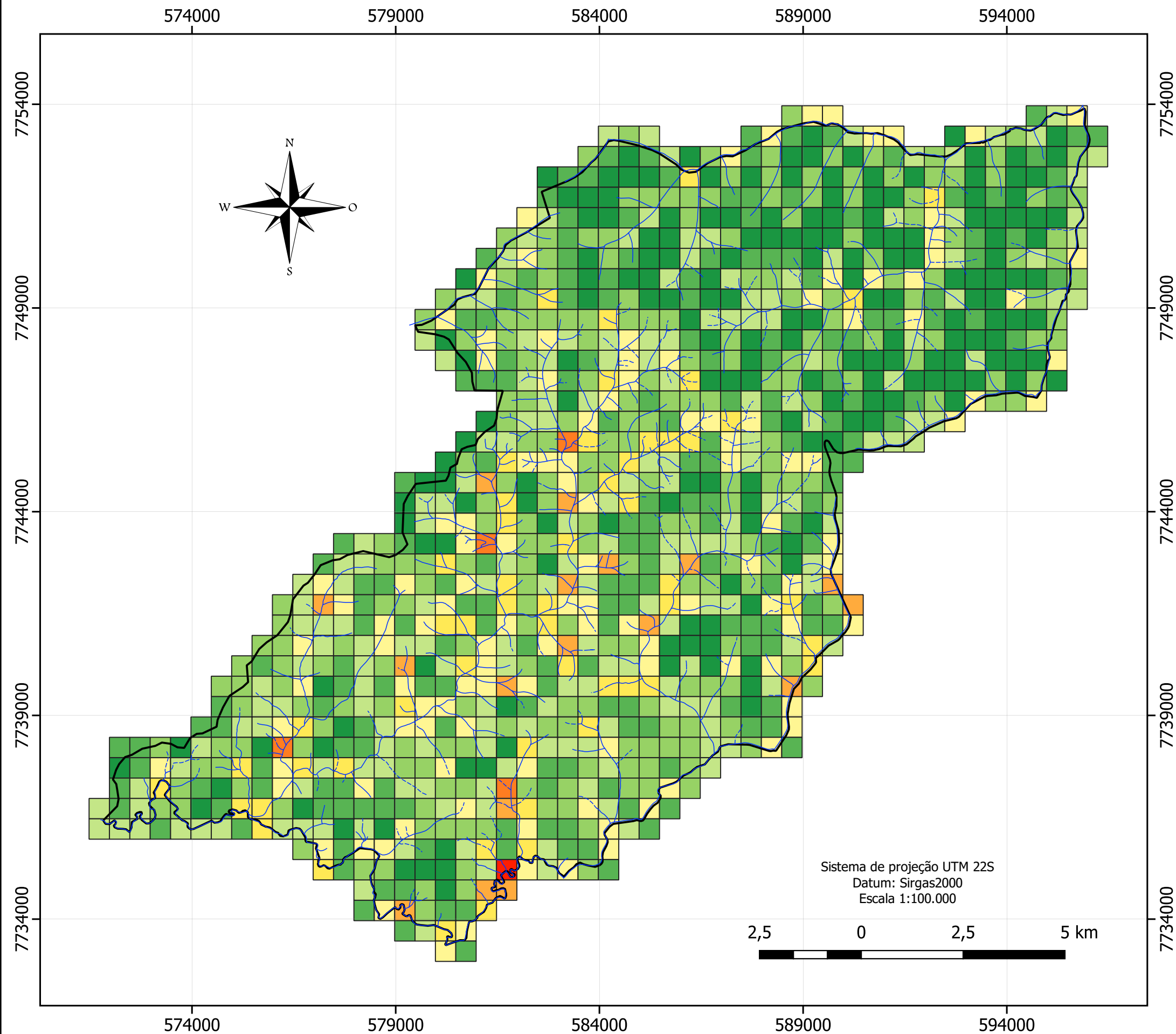


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice XIV. Índice de Geodiversidade



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Meridiano

## Índice de geodiversidade

- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11

Sistema de projeção UTM 22S  
Datum: Sirgas2000  
Escala 1:100.000

2,5 0 2,5 5 km



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

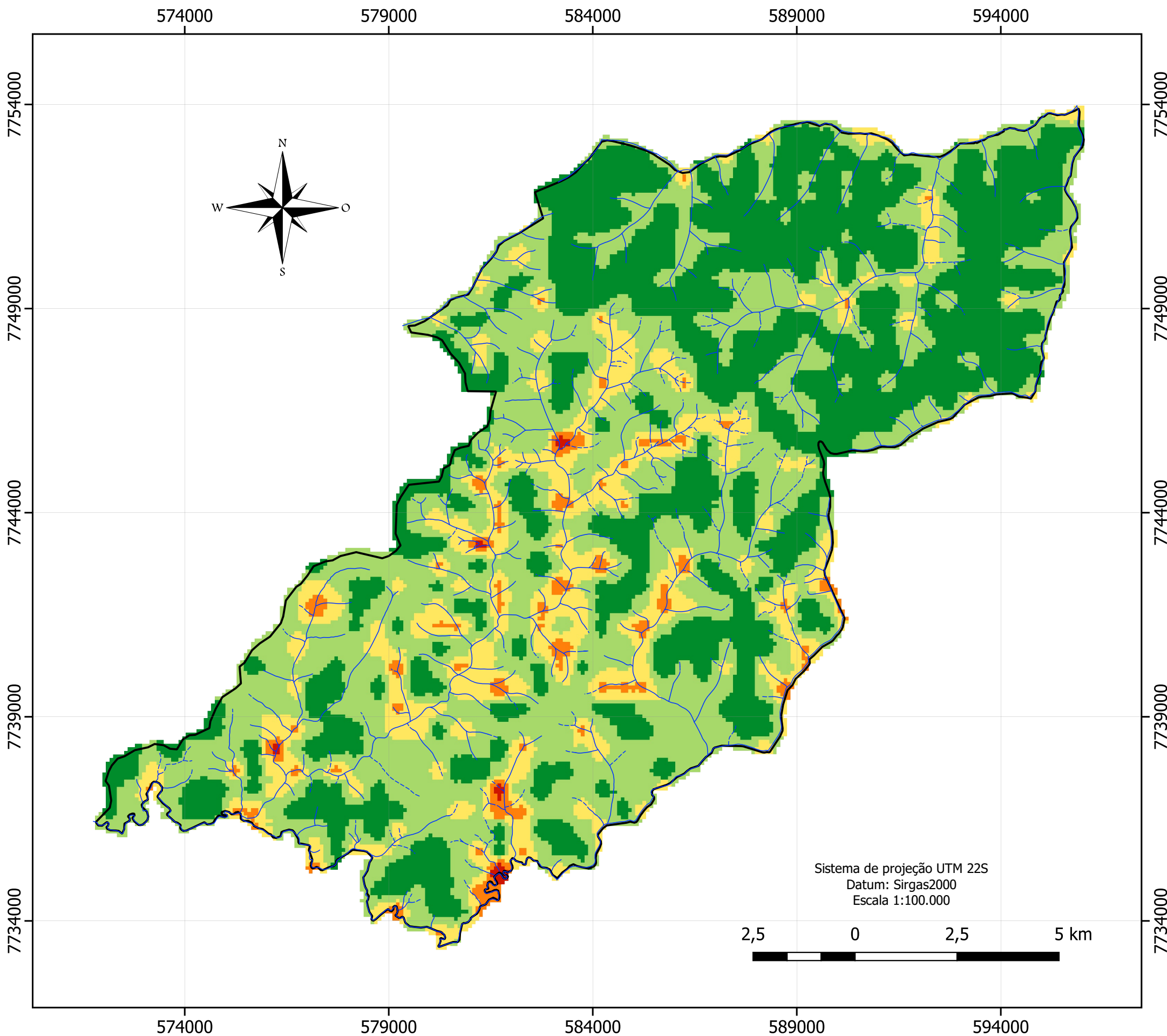


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice XV. Índice de Geodiversidade Final



## Convenções

- Cursos d'água existentes
- - - Cursos d'água prováveis
- Meridiano

## Índice de geodiversidade

- Muito baixa (< 5)
- Baixa (5 - 6)
- Média (7 - 8)
- Alta (9 - 10)
- Muito alta (> 10)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

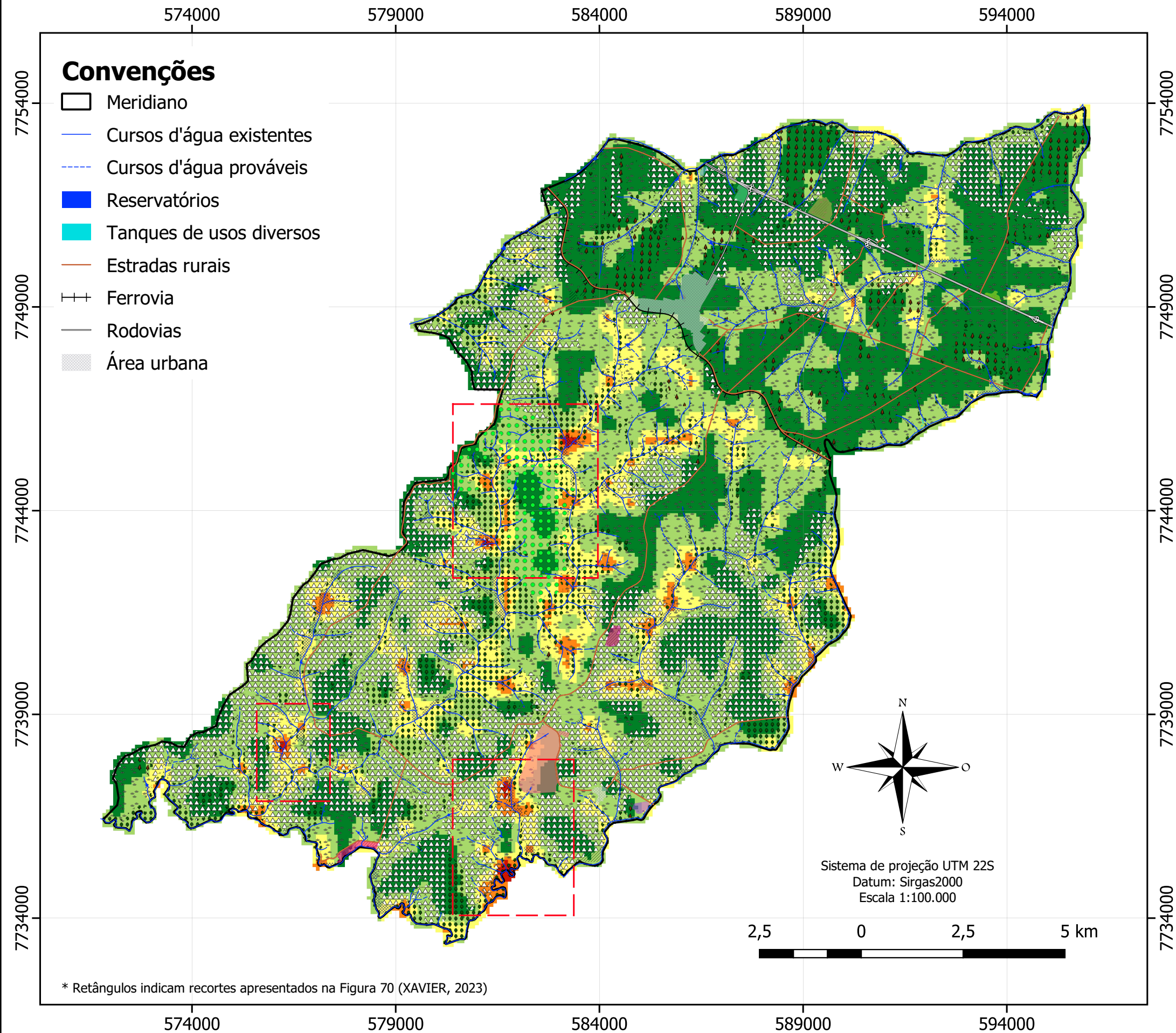


Fontes: Cursos d'água adaptados (ANA, 2018) e limite municipal (IBGE, 2020)

Autora: Renata L. Xavier

Orientadora: Prof. Dra. Denise B. Menezes

# Apêndice XVI. Mapa de Uso e Ocupação do Solo x Geodiversidade de Meridiano - SP



## Convenções

### Uso do solo

- Formação Florestal
- Silvicultura
- Campo Úmido
- Pastagem
- Cana
- Outras áreas não vegetadas
- Citrus

### Outros usos

- Aterro
- ETE
- Futuro distrito industrial
- Granja
- Lixão
- Pátio de compostagem (usina)
- Pedreira desativada
- Pesqueiro
- Posto de combustível
- Usina
- Depósito de RCC
- Ranchos

### Índice de geodiversidade

- Muito baixa (< 5)
- Baixa (5 - 6)
- Média (7 - 8)
- Alta (9 - 10)
- Muito alta (> 10)

## Apêndice XVII. Localização e Descrições dos Pontos Visitados

Ponto	Elevação (m)	Leste (m)	Norte (m)	Tipo de amostra	Tipo de fluxo d'água	Data	Descrição
95	359	577099	7735444	Rocha Sem perfil	Perene	07/12/2021	Cachoeira do Golfo com vegetação preservada. Notou-se descarte irregular de lixo em alguns locais e degradação da paisagem por turistas.
96	358	577092	7735362	Solo e Rocha Sem perfil	Perene	07/12/2021	Provável contato basal entre Fm. Serra Geral e Fm. Araçatuba na Cachoeira do Golfo (linha de seixos).
97	366	577918	7735627	-	Perene	07/12/2021	Localiza-se nas áreas de ranchos da cidade. Basaltos não aflorantes na superfície do Rio São José dos Dourados.
98	364	577878	7735604	Solo Sem perfil	Perene	07/12/2021	Localiza-se nas áreas de ranchos da cidade. Basaltos não aflorantes na superfície do Rio São José dos Dourados.
99	368	577775	7735541	-	-	07/12/2021	Localiza-se nas áreas de ranchos da cidade. Basaltos não aflorantes na superfície do Rio São José dos Dourados.
100	385	578649	7736214	Solo Com perfil	-	07/12/2021	Grande erosão na saída dos ranchos. Perfil apresentando variações em seus horizontes.
101	378	578651	7738432	-	Perene	07/12/2021	Ribeirão São João, com vegetação densa e fluxo grande. Verificou-se formação de processos erosivos na ponte.
102	429	583490	7737156	-	-	07/12/2021	Ponto de erosão provocada pelo fluxo d'água em carreador. Notou-se muitas caixas de contenção de erosão nas margens das estradas.
103	472	587275	7748476	-	Perene	08/12/2021	Poço profundo para abastecimento público urbano.
104	461	589386	7748827	Solo Sem perfil	-	08/12/2021	Perfil localizado em área utilizada pela prefeitura para retirada de solo.
105	456	590116	7748448	-	Seco	08/12/2021	Antigos vales com grandes voçorocas e lençol aflorando nas mesmas. Observou-se solo hidromorfizado no fundo.
106	465	591652	7747870	-	Intermitente	08/12/2021	Local em propriedade rural com mudança nítida no tipo de solo em relação aos observados nas proximidades.
107	432	594368	7746879	-	Intermitente	08/12/2021	Localiza-se na ponte que passa pelo Córrego das Flores; divisa entre Meridiano e Valentim Gentil. Fluxo grande e vegetação conservada.
108	442	594391	7746991	Solo Sem perfil	-	08/12/2021	Local em propriedade rural com mudança nítida no tipo de solo em relação aos observados nas proximidades.
109	520	587559	7746928	Solo e Rocha Com perfil	-	08/12/2021	Perfil localizado em um talude próximo da Estrada Vicinal Waldomiro Campanhola, trecho Meridiano-Valentim Gentil
110	470	582179	7746699	Sem perfil	Perene	08/12/2021	Curso de água sentido Córrego São João. Há presença de vegetação na APP, mas não foi possível entrada para verificação.
111	500	581548	7746822	Solo e Rocha Sem perfil	-	08/12/2021	Caixa de contenção de erosão em estrada rural que faz divisa com Fernandópolis.

176	502	586085	7749141	-	Perene	03/06/2022	Córrego Coqueiro, canalizado no Parque do Povo. Há vestígios de reflorestamento para conter erosões.
177	495	586339	7749874	-	Intermitente	03/06/2022	O local está próximo dos novos loteamentos da área urbana, possui vegetação ciliar no vale, no entanto, não foi detectada a presença de água.
178	499	585605	7749514	-	Intermitente	03/06/2022	Ponto em estrada rural. Local sem vegetação, com pasto degradado e sinais de umidade, mas sem presença de água.
179	475	586236	7750376	-	Perene	03/06/2022	Córrego do Coqueiro, com pasto degradado, pouca vegetação, há presença de erosões e pegadas de animais.
180	472	586210	7750379	-		03/06/2022	Ponto próximo ao 179. Há presença de água exfiltrando no solo, este de coloração escura.
181	456	585942	7752233	-	Perene	03/06/2022	Grande represa no Córrego Forquilha. O fluxo de água se concentra no vertedouro da barragem. Vegetação preservada.
182	455	585898	7752542	-	Perene	03/06/2022	Localiza-se no Córrego da Pedra. O fluxo é grande e a vegetação na APP é densa. As áreas próximas são de pastagem.
183	469	584537	7753109	-	Perene	03/06/2022	Também localiza-se no Córrego da Pedra, no entanto, o fluxo de água é mais baixo e apesar de vegetação densa, o pasto está degradado, há presença de erosões e restos de materiais próximos da área.
184	479	584093	7752829	-	-	03/06/2022	Açude próximo ao afluente do Córrego da Pedra.
185	476	584099	7752896	-	Perene	03/06/2022	Localizado em cruzamento da estrada com o Córrego da Pedra, no limite municipal.
186	472	584304	7753030	Solo Sem perfil	-	03/06/2021	Erosão apresentando solo homogêneo, compacto e alaranjado.
187	463	584293	7753111	-	Perene	03/06/2022	Fluxo grande na tubulação de passagem para acesso à propriedade do outro lado do Córrego da Pedra, mas o local está degradado. Várias pegadas de animais e erosões próxima ao curso.
188	507	584587	7749118	Solo Sem perfil	-	03/06/2021	Localiza-se em um carreador entre cultura de cana-de-açúcar, onde o solo é composto por um arenito duro, de coloração clara e com algumas limonitas.
190	500	584554	7749029	Rocha Com perfil	-	03/06/2021	Localiza-se próximo do ponto 188, com maior ocorrência de limonitas e visualização da rocha alterada entre as mesmas.
191	509	584318	7749038	-	-	03/06/2022	Lixão municipal.
192	488	583083	7748669	-	Seco	03/06/2022	Ponto com vegetação característica de área úmida, no entanto, o solo está seco e provavelmente não há mais presença de água.
193	485	583071	7748485	-	Perene	03/06/2022	Localiza-se no Córrego São João. Há pouca água no reservatório, mas há vegetação na APP.
195	498	581525	7746801	-	-	03/06/2022	Início da área de plantio de <i>citrus</i> .
196	435	582852	7744536	-	Seco	03/06/2022	Antiga nascente que atualmente está seca.
197	420	582935	7745264	-	Perene	03/06/2022	Canalização do curso d'água no cruzamento da plantação de <i>citrus</i> .
198	452	582376	7745056	-	Seco	03/06/2022	Antigo curso d'água que atualmente está seco.
199	463	581936	7745478	-	Intermitente	03/06/2022	Curso d'água que atualmente está seco

200	462	581936	7745872	-	Perene	03/06/2022	Duas vertentes localizadas na plantação de <i>citrus</i> . Há nascente no início do curso.
201	475	581731	7746260	-	Perene	03/06/2022	Duas vertentes também localizadas na plantação de <i>citrus</i> . Local conhecido por ter grande erosão.
202	443	581980	7744700	Rocha Sem perfil	Perene	03/06/2021	Represa localizada na plantação de <i>citrus</i> , responsável por bombear água para irrigação. Há uma nascente na cabeceira, protegida apenas por bambuzais.
203	463	582353	7743758	-	-	03/06/2022	Reservatório localizado na plantação de <i>citrus</i> , de captação subterrânea, responsável por bombear água para irrigação.
204	393	576664	7740247	-	Perene	03/06/2022	Represa localizada no Córrego São Domingos. O fluxo de água é grande e a vegetação é densa. O ponto dá acesso à antiga Estrada Boiadeira, que foi conservada como patrimônio histórico, mas não é utilizada pois houve reflorestamento em sua extensão.
205	401	577131	7740064	-	Intermitente	03/06/2022	Possível nascente. Local úmido, com água exfiltrando no solo.
206	398	576843	7740301	-	-	03/06/2022	Nascente provável na base do arenito.
207	450	589482	7748993	-	Perene	04/06/2022	Localiza-se na ponte que passa pelo Córrego Maravilha; fluxo grande e vegetação conservada.
208	461	589772	7749583	-	Perene	04/06/2022	Curso de fluxo pequeno sentido Córrego Maravilha, degradado pelo alargamento da estrada.
209	461	589811	7749730	-	Perene	04/06/2022	Canalização de curso de fluxo grande sentido Córrego Maravilha, com vegetação preservada. A água presente deriva de uma nascente.
210	466	590484	7750518	-	Intermitente	04/06/2022	Curso d'água próximo da Rodovia Washington Luís. Até a escada hidráulica o regime é intermitente. Presença de lixo no local.
211	466	590131	7751672	-	Perene	04/06/2022	Curso de fluxo grande em ponte sentido Córrego Sucuri, próximo ao aterro sanitário; a vegetação está preservada.
212	430	590242	7753308	Solo e Rocha Sem perfil	Perene	04/06/2022	Localiza-se no Córrego Sucuri. O fluxo de água é grande e há uma variedade de rochas no local. Presença de aluvião.
213	503	589317	7751431	-	-	04/06/2022	Aterro Sanitário de Meridiano, localizado na Rodovia Washington Luís
214	479	587275	7745520	-	Perene	10/10/2022	Canalização de córrego em propriedade rural, com fluxo de água grande, vegetação preservada e presença de erosões na ponte.
215	470	587523	7745654	Solo Sem perfil	Perene	10/10/2022	Córrego de fluxo grande localizado em propriedade rural. O pasto está degradado e existem muitas erosões. Solo de coloração variegada.
216	479	587544	7745647	Solo Sem perfil	Perene	10/10/2022	Neste ponto o fluxo de água começa a diminuir. O pasto está degradado e existem muitas erosões. Solo de coloração variegada, no entanto, mais claro em relação ao ponto anterior.
217	469	587737	7745125	-	Perene	10/10/2022	Córrego de fluxo perene localizado em propriedade rural. A partir deste ponto até a cabeceira, há vestígios de umidade no fundo do vale, entretanto, não há fluxo. O pasto está degradado e existem muitas erosões.
218	485	587940	7745357	-	Intermitente	10/10/2022	Grande voçoroca em todo percurso do vale. Não há vegetação, o pasto está degradado e o fluxo de água é intermitente.
219	477	587890	7745276	-	Perene	10/10/2022	O fluxo do curso em si é intermitente, entretanto neste ponto há nascente em uma pequena mata cercada, que desagua no vale.
220	445	585647	7745660	-	Perene	10/10/2022	Córrego afluente do Ribeirão São João. O fluxo é perene e a vegetação é densa. Há presença de sulcos no solo local.
221	466	585524	7744946	-	Seco	10/10/2022	Curso d'água que atualmente está seco. O vale está degradado e sem vegetação.
222	427	584656	7740292	-	Intermitente	10/10/2022	Localiza-se em um córrego de vegetação densa, no entanto, não havia água no dia da visita.



223	406	583268	7735998	Solo Sem perfil	-	10/10/2022	Ponto demarcado por localizar-se em área de ocorrência de solo do tipo latossolo, porém pouco confiável devido a utilização da área para agricultura.
224	370	583476	7735388	-	Perene	10/10/2022	Localiza-se na canalização do Ribeirão Santo Antônio em passagem. O fluxo é grande e a vegetação é densa, no entanto, há presença de erosões próximas da ponte.
225	553	586912	7746704	-	-	12/10/2022	Ponto de observação do relevo colinoso.
226	493	586912	7744490	-	-	12/10/2022	Ponto de observação do relevo colinoso.
227	402	583725	7744427	-	Perene	12/10/2022	Córrego afluente do Ribeirão São João. O fluxo é perene e a vegetação é densa. Há presença de bombas da usina que, segundo moradores, transportam água para as áreas de cultivo de cana-de-açúcar.
228	396	583361	7743271	Solo e Rocha Com perfil	Perene	12/10/2022	Perfil localizado em uma voçoroca formada no Ribeirão São João, apresentando alteração abruptica entre horizontes. O fluxo de água é pequeno e há pegadas de animais no local.
229	415	583354	7743290	-	Perene	12/10/2022	Afloramentos de arenito na calha do Ribeirão São João.
230	402	583312	7743224	Solo e Rocha Sem perfil	Perene	12/10/2022	Grandes afloramentos de arenito na calha do Ribeirão São João, formando quedas d'água. As encostas dos vales são íngremes e há presença de solo cascalhento por limonitas.
231	401	583934	7736718	-	Perene	12/10/2022	Canalização de córrego que passa pelo distrito Santo Antônio do Viradouro. Há afloramento de basaltos na calha.
232	396	584525	7737298	-	Perene	12/10/2022	Localiza-se no Córrego Monjolinho. O fluxo de água é grande e a vegetação é densa e preservada.
233	389	585309	7736804	-	Perene	12/10/2022	Localiza-se no Ribeirão Santo Antônio. A vegetação é densa e preservada. Há afloramento de basaltos na calha.
234	388	585201	7736740	Rocha Sem perfil	-	12/10/2022	Antiga cava de extração de basalto da empresa Coplan. O basalto aflora na cava e no solo do local.
235	429	583891	7742076	-	Perene	22/12/2022	Ponto localizado em uma erosão no vale. Não há vegetação, o pasto está degradado e o fluxo de água é pequeno, mas perene.
236	424	583670	7741419	Rocha Sem perfil	Perene	22/12/2022	Aparenta ser contato entre as Fm Araçatuba e Fm. Vale do Rio do Peixe. A calha do rio apresenta um arenito amarelo alterado, enquanto que nas encostas, há blocos de arenito subangulosos de coloração vermelha.
237	434	582456	7739462	-	Perene	22/12/2022	Grande erosão formada no vale. Há vegetação, mas o pasto está degradado e com pegadas de animais. O fluxo de água é pequeno.
238	360	582033	7735902	-	Perene	22/12/2022	Canalização do Córrego Burití. O fluxo de água é grande e a vegetação é densa. Há basaltos aflorando na calha
239	360	582033	7735903	Solo Sem perfil	Perene	22/12/2022	Grande erosão no Córrego Burití, onde o pasto apresenta-se degradado e com pegadas de animais. Presença de aluvião.
240	363	582142	7735786	-	Perene	22/12/2022	Nascente que conduz o fluxo até o ponto 239. Presença de blocos de arenitos expostos pela retirada de solo pela água.
241	413	584707	7738011	-	Seco	22/12/2022	Represa localizada em vale onde não há mais curso d'água.
242	399	586699	7738394	-	Perene	22/12/2022	Localiza-se no Córrego Santa Helena. O fluxo de água é grande, mas não há vegetação no entorno.
243	434	587336	7740655	-	Intermitente	22/12/2022	A vegetação na cabeceira é rasteira e típica de local úmido, mas não foi verificada a presença de água. A mata começa ficar mais densa no percurso, podendo indicar alteração de regime local.
244	435	586164	7741446	-	Perene	22/12/2022	Vale profundo e sem vegetação. Não foi possível o acesso, mas verificou-se presença de água pelo barulho da mesma.
245	430	588165	7740462	-	Perene	22/12/2022	Localiza-se no afluente do Córrego Araras. A vegetação na cabeceira é rasteira, aumentando no percurso do vale, que conduz um fluxo de água grande.

246	430	588653	7740898	-	Intermitente	22/12/2022	Ponto com vegetação baixa e característica de área úmida, no entanto, sem presença de água.
247	410	589108	7740713	-	Perene	22/12/2022	Localiza-se na canalização do afluente do Córrego Araras. A vegetação é densa e há processos erosivos na ponte.
248	436	587686	7742591	-	Perene	22/12/2022	Vale com vegetação densa, aparentando conter água. Não foi possível o acesso devido à grande quantidade de mato e galhos retirados, indicando possível reforma para reflorestamento.
249	430	595145	7749418	-	Perene	02/01/2023	Afluente do Córrego varação que passa por uma estrada rural sem canalização. No dia da visita, devido às chuvas, a água transbordou para a estrada. Não há vegetação e o pasto está degradado.
250	413	595571	7749940	-	Perene	02/01/2023	Canalização do Córrego Varação. A vegetação é alta, porém rasteira. Há presença de muitos resíduos sólidos no canal.
251	417	595382	7750114	-	Perene	02/01/2023	Canalização de afluente do Córrego Varação na passagem. Há pouca vegetação e formações de sulcos próximo ao vale.
252	424	595449	7750927	-	Perene	02/01/2023	Localiza-se em afluente do Córrego Varação, com grande fluxo de água e nenhuma vegetação.
253	456	593934	7751992	-	Perene	02/01/2023	Afluente do Córrego Sucuri com vegetação densa no vale. Não foi possível o acesso, mas verificou-se presença de água pelo barulho da mesma e pelos sulcos formados devido ao seu transporte.
254	407	595668	7753739	-	Perene	02/01/2023	Localiza-se no Córrego Sucuri, próximo da sua junção ao Córrego Varação. A vegetação é densa e o fluxo de água é grande. Encontra-se em área particular da empresa Borhevea Agro Indústria de Borrachas.
255	441	592791	7752023	-	Seco	02/01/2023	Vale sem vegetação arbustiva. Não foi possível o acesso devido, mas aparenta não conter água..
256	423	592331	7751935	Solo Com perfil	Perene	02/01/2023	Grande voçoroca no percurso do vale. Não há vegetação e o pasto está degradado, com pegadas de animais, entretanto, o fluxo de água é grande.

### Apêndice XVIII. Classificação Tátil-Visual dos Solos

Data de coleta	N° da amostra	Resumo de características observadas nos ensaios	Classificação tátil-visual
07/12/2021 e 08/12/2021	96	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo visível, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco (necessidade pressão para desagregação);</li> <li>- Baixa plasticidade (seixos dificultam formar bolinha; não forma cilindro e nem rosquinha);</li> <li>- Mobilidade intersticial alta (massa assume aspecto liso e brilhante rapidamente)</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Amarelo;</li> <li>- Pouca atração magnética.</li> </ul>	Areia fina com silte, pedregulhos centimétricos e fragmentos de arenito alterado duro
	98	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato, ásperas e pouco escorregadias;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco (não desagrega);</li> <li>- Média plasticidade (forma bolinha e cilindro; não forma rosquinha);</li> <li>- Mobilidade intersticial média (necessita de mais vibrações para água emergir)</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Marrom escuro;</li> <li>- Pouca atração magnética.</li> </ul>	Areia fina argilosa
	99	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Zero resistência do torrão seco;</li> <li>- Baixa plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Marrom claro;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia fina siltosa
	100A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas muito finas sem quartzo visível, perceptíveis ao tato, escorregadias e pouco ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Vermelho;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia muito fina argilosa
	100B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e com nódulos escuros, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Baixa plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Amarelo;</li> <li>- Sem atração magnética; há presença de nódulos escuros de diversos tamanhos que parecem possuir ferro/manganês</li> </ul>	Areia fina siltosa com grânulos milimétricos

100C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Zero resistência do torrão seco;</li> <li>- Baixa plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Variegado: vermelho claro, amarelo e cinza;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia muito fina siltosa
104	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Vermelho escuro;</li> <li>- Sem atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia fina argilosa
108	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Baixa resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Variegado: amarelo e marrom;</li> <li>- Sem atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Silte arenoso
109A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Marrom claro;</li> <li>- Sem atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia fina argilosa com grânulos milimétricos (solo eluvial)
109B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato, escorregadias e pouco ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Alta plasticidade (forma bolinha, cilindro e rosquinha, com certa dificuldade);</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Variegado: há predominância da corvermelho claro, mas é possível ver torrões incorporando o amarelo e preto;</li> <li>- Pouca atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia fina siltosa com grânulos milimétricos
109C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas muito finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e pouco ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Variegado: intercalações de cores visualizadas em blocos de solo entrevermelho claro, vermelho escuro e amarelo;</li> <li>- Aparenta estar em processo de transformação de rocha para solo ( blocos subangulosos)</li> <li>- Pouca atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia muito fina siltosa

	110	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e pouco ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Marrom;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia fina argilosa
	111	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato, escorregadias e pouco ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Vermelho escuro;</li> <li>- Pouca atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Silte arenoso
03/06/2022 e 04/06/2022	186 Am1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo visível, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Baixa plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Amarelo;</li> <li>- Sem atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia fina siltosa
	186 Am2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas muito finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Amarelo;</li> <li>- Sem atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia muito fina siltosa com argila
	188	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato, escorregadias e pouco ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Vermelho escuro;</li> <li>- Sem atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Silte arenoso
	212	- Granulometria.	Areia fina (aluvial)
10/10/2022 e 12/10/2022	215	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas, perceptíveis ao tato, escorregadias e pouco ásperas;</li> <li>- Média/alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Alta plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial baixa;</li> <li>- Deposição lenta;</li> <li>- Cor: Variegado: intercalações de amarelo, cinza e vermelho.</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Argila arenosa

	216	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino com grânulos milimétricos de limonita, perceptíveis ao tato, escorregadias e pouco ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Alta plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial baixa;</li> <li>- Deposição média;</li> <li>- Cor: Variegado: intercalações de amarelo e cinza;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia argilosa
	223	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino com grânulos centimétricos de basalto, perceptíveis ao tato e muito ásperas;</li> <li>- Zero resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição média;</li> <li>- Cor: Vermelho escuro;</li> <li>- Muita atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia siltosa argilosa
	228A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas a médias e quartzo fino com grânulos milimétricos de limonita, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Zero plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Marrom claro;</li> <li>- Pouca atração magnética; solo retirado em grandes torrões.</li> </ul>	Areia
	228B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato, pouco ásperas e muito escorregadias;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Alta plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial baixa;</li> <li>- Deposição média;</li> <li>- Cor: Variegado: intercalações de vermelho e cinza;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia Argilosa
	230 Am3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas com torrões, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Média plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição média;</li> <li>- Cor: Marrom claro;</li> <li>- Aparenta estar em processo de transformação de rocha para solo;</li> <li>- Muita atração magnética.</li> </ul>	Areia muito fina siltosa com argila
	239	- Granulometria.	Areia (aluvial)
22/12/2022 02/01/2023	256A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas muito finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato, pouco escorregadias e ásperas;</li> <li>- Baixa resistência do torrão seco;</li> <li>- Baixa plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Variegado: Amarelo escuro e cinza;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia muito fina siltosa

	256B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas muito finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato, pouco escorregadias e ásperas;</li> <li>- Média resistência do torrão seco;</li> <li>- Baixa plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial alta;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Variegado: Amarelo e cinza;</li> <li>- Sem atração magnética.</li> </ul>	Areia muito fina siltosa
	256C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partículas finas e quartzo fino, perceptíveis ao tato e ásperas;</li> <li>- Alta resistência do torrão seco;</li> <li>- Baixa plasticidade;</li> <li>- Mobilidade intersticial média;</li> <li>- Deposição rápida;</li> <li>- Cor: Variegado: Vermelho escuro e cinza;</li> <li>- Pouca atração magnética.</li> </ul>	Areia argilosa