

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

ANGÉLICA ESTIGARRIBIA SÃO MIGUEL

**ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA O ORDENAMENTO
TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO MANDAGUARI,
SÃO PAULO/BRASIL**

Presidente Prudente/SP
Outubro/2021



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

ANGÉLICA ESTIGARRIBIA SÃO MIGUEL

**ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA O ORDENAMENTO
TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO MANDAGUARI,
SÃO PAULO/BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia, da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual Paulista campus de Presidente Prudente, como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de Concentração: Produção do Espaço Geográfico

Orientador: Prof. Dr. Edson Luís Piroli

Presidente Prudente/SP
Outubro/2021

M636z

Miguel, Angélica Estigarribia São

Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento territorial da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil / Angélica Estigarribia São Miguel. -- Presidente Prudente, 2021

143 p. : tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Edson Luís Piroli

1. Bacia Hidrográfica. 2. Zoneamento Ambiental. 3. Ordenamento Territorial. 4. Uso e cobertura da terra. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ANGÉLICA ESTIGARRIBIA SÃO MIGUEL, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA.

Aos 27 dias do mês de outubro do ano de 2021, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de ANGÉLICA ESTIGARRIBIA SÃO MIGUEL, intitulada **Zoneamento Ambiental como subsídio para o Ordenamento Territorial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. EDSON LUÍS PIROLI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Coordenadoria Executiva / Unesp/Ourinhos, Profa. Dra. ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente, Prof. Dr. VITOR MATHEUS BACANI (Participação Virtual) do(a) Câmpus Universitário de Três Lagoas / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Prof. Dr. RAFAEL BRUGNOLLI MEDEIROS (Participação Virtual) do(a) Geografia / Universidade Estadual do Maranhão, Prof. Dr. ANDRÉ LUIZ PINTO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Humanas / UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: _

APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. EDSON LUÍS PIROLI

Dedico este trabalho, aos meus pais Maria Serafina e José de Assis, aos meus irmãos Anderson e Andréia, aos meus cunhados Letícia e Wesley, aos meus sobrinhos, que apesar de pequenos, contribuíram com amor e carinho João Lucas e Miguel e ao meu namorado Fabiano. Minha gratidão a todos vocês.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Presidente Prudente (SP).

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP, Campus de Presidente Prudente (SP), pela infraestrutura e condições oferecidas para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa em Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial (GADIS) da FCT/UNESP.

Ao Centro de Estudo e Divulgação de Informações sobre Áreas Protegidas (APPs, RLs, APAs), Bacias Hidrográficas e Geoprocessamento da UNESP do campus de Ourinhos.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Três Lagoas (CPTL).

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Luis Piroli, sou grata pelo empenho e dedicação que o Senhor teve em passar seus conhecimentos para mim e fazer o possível para que eu terminasse este trabalho, me apoiando em todos os momentos, obrigada por sua amizade. Pelas contribuições com as saídas de campo, que nortearam o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. André Luiz Pinto, (UFMS/CPTL), por aceitar o convite de participar da banca e pelos ensinamentos durante a graduação e contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Vitor Mateus Bacani, (UFMS/CPTL), por aceitar o convite de participar da banca e contribuição expostas tanto na qualificação e na defesa, obrigada pelas dicas e correções para o desenvolvimento desta pesquisa.

A Prof^a. Dr^a. Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia (UNESP/FCT), por aceitar o convite de participar da banca e pelos ensinamentos e contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Rafael Brugnolli Medeiros (UEMA), por aceitar o convite de participar da banca e por todas as contribuições e amizade durante a graduação e mestrado, obrigada pela contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço aos professores da UNESP, campus de Presidente Prudente e também aos alunos do Programa de Pós-Graduação em Geografia e aos companheiros do Laboratório GADIS: Fernanda Bonfim (*in memoriam*), Liriane G. Barbosa, Graza entre outros.

RESUMO

MIGUEL, A. E. S. **ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MANDAGUARI, SÃO PAULO/BRASIL. 2021. 137p.** Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista - Campus de Presidente Prudente, 2021.

A presente tese tem como unidade de estudo a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari (BHRM) que se encontra situada na porção oeste do Estado de São Paulo. A BHRM que é parte componente da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, situada em sua margem esquerda, que por sua vez, deságua na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, drenando uma área aproximada de 10.827km², tem uma área aproximada de 737,42 km², tendo seu curso principal uma extensão de aproximadamente 67,09 km, distribuídos na porção oeste do Estado de São Paulo, inserida dentro de cinco municípios, sendo eles: Caiabu, Martinópolis, Indiana, Presidente Prudente e Regente Feijó. O objetivo geral da pesquisa foi a identificação dos dados biofísicos dos elementos que compõem a bacia hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, para em seguida, usá-los como base para o zoneamento ambiental da área e assim, propor um ordenamento territorial do uso e cobertura da terra. A metodologia foi pautada em procedimentos metodológicos que incluíram dados fisiográficos da área de estudo bem como: geologia, solos, declividade, hipsometria e clima, análise das imagens do satélite Sentinel, para compreender a evolução do processo de uso e cobertura da terra, utilizando esses dados para gerar novos mapas de fragilidade potencial e ambiental e posteriormente elaborar o zoneamento ambiental e o ordenamento territorial da BHRM. Os resultados indicaram que a área de pastagem é predominante em todos os municípios, o que colabora com a diminuição de áreas florestais, no zoneamento ambiental as zonas foram divididas em quatro: zona de restrição legal que são evidenciadas as APPs e área de vegetação natural; zona produtiva rural que são as de restrições, baixa, média e alta; zona urbana e zonas de incongruências. Já no mapeamento do ordenamento territorial foram sugeridas três áreas: áreas prioritárias a preservação permanente; áreas prioritárias à recuperação e preservação e áreas destinadas ao uso sustentável. Pode-se concluir que as informações obtidas pelos mapeamentos do uso e cobertura da terra evidenciaram a expansão da cana-de-açúcar e foram classificadas as formas de uso de acordo com a ação antrópica.

Palavras chaves: Bacia Hidrográfica. Zoneamento Ambiental. Ordenamento Territorial. Uso e Cobertura da Terra.

ABSTRACT

MIGUEL, A. E. S. **ENVIRONMENTAL ZONING AS A SUBSIDY FOR THE TERRITORIAL PLANNING OF THE RIBEIRÃO MANDAGUARI HYDROGRAPHIC BASIN, SÃO PAULO/BRAZIL. 2021. 137p.**

Thesis (Doctorate in Geography) – Faculty of Science and Technology, University State Paulista - Presidente Prudente Campus, 2021. This thesis aims to study the Ribeirão do Mandaguari Hydrographic Basin (BHRM) that is located in the western portion of the State of São Paulo. The BHRM that is part of the Rio do Peixe Hydrographic Basin, located on its left bank, which in turn flows into the Paraná River Hydrographic Basin, draining an approximate area of 10,827km², has an approximate area of 737,42 km², having its main course an extension of approximately 67,09 km, distributed in the western portion of the State of São Paulo, inserted within five municipalities, namely: Caiabu, Martinópolis, Indiana, Presidente Prudente and Regente Feijó. The general objective of the research was to identify the biophysical data of the elements that make up the Ribeirão of Mandaguari watershed, to then use them as a basis for the environmental zoning of the area and thus propose a territorial ordering of land use and coverage. The bibliographical references used themes relevant to the research, such as landscape, systemic approach, and geotechnologies as an aid to the analysis of environmental planning, land use and coverage, erosion, potential and environmental fragility, environmental zoning and territorial planning. The methodology was based on methodological procedures that included physiographic data from the study area as well as: geology, soils, slope, hypsometry and climate, analysis of Sentinel satellite images, to understand the evolution of the process of land use and land cover, using these data to generate new maps of potential and environmental fragility and subsequently elaborate the environmental zoning and territorial ordering of BHRM. The results indicated that the pasture area is predominant in all the municipalities, which collaborates with the reduction of forest areas, in the environmental zoning the zones were divided into four: legal restriction zone that are evidenced by APPs and area of natural vegetation; rural productive zone, which are restricted, low, medium and high; urban area and areas of incongruities. In the mapping of territorial planning, three areas were suggested: priority areas for permanent preservation; priority areas for recovery and preservation and areas for sustainable use. It can be concluded that the information obtained from the land use, land cover mappings evidenced the expansion of sugarcane, and the forms of use were classified according to anthropic action.

Key Words: Hydrographic basin. Environmental Zoning. Land use planning. Land Use and Coverage.

Lista de Figuras

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari/SP	21
Figura 2: Fluxograma das etapas de efetivação da metodologia proposta por Mateo Rodrigues (1994).....	47
Figura 3: Imagem do recorte da geologia.....	49
Figura 4: Localização das Estações Pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari	50
Figura 5: Procedimento para a realização do mapa de declividade	52
Figura 6: Reprojeção das imagens (Bandas 2,3,4 e 8)	53
Figura 7: Recorte das Imagens (Bandas 2,3,4 e 8).....	54
Figura 8: Composição BGR das Bandas 4,3,2 respectivamente.....	55
Figura 9: Composição pancromática no SIG ArcGis 10 [®]	56
Figura 10: Exportação dos dados do ArcGis 10 [®] para o Spring 5.2.7 [®]	57
Figura 11: Procedimento utilizado para a criação de um banco de dados no Spring 5.2.7 [®]	58
Figura 12: Procedimento utilizado para abrir a imagem no Spring 5.2.7 [®]	59
Figura 13: Contraste utilizado no Spring 5.2.7 [®] , foi Equalizar Histograma.....	60
Figura 14: Procedimento utilizado para a criação da Imagem Sintética RGB	60
Figura 15: Processo de segmentação 30x30 da BHRM.....	61
Figura 16: Criação de classes do mapeamento temático.....	62
Figura 17: Procedimento utilizado para alteração de arquivos matriciais e vetoriais.....	62
Figura 18: Exportação dos arquivos vetoriais e matriciais da BHRM.....	63
Figura 19: Procedimento utilizado para a reclassificação no ArcGis 10 [®] da BHRM.....	64
Figura 20: Mapa de Geologia da Bacia hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, São Paulo/Brasil	72
Figura 21: Mapa de Solos da Bacia hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, São Paulo/Brasil	74

Figura 22: Mapa de Pluviosidade	79
Figura 23: Mapa Hipsométrico da Bacia hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, São Paulo/Brasil	81
Figura 24: Mapa de Declividade da Bacia hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, São Paulo/Brasil	84
Figura 25: Principais elementos fluviais encontrados em sistema dse várzea	87
Figura 26: Principais elementos fluviais encontrados em sistema dse várzea	88
Figura 27: Mapa de Área de Preservação Permanente	89
Figura 28: Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil	92
Figura 29: Área de Pastagem.....	93
Figura 30: Área Florestal	94
Figura 31: Lavoura Temporária	95
Figura 32: Área Urbana.....	96
Figura 33: Casa na área de APP.....	96
Figura 34: Área Industrial	97
Figura 35: Reflorestamento	98
Figura 36: Reflorestamento	98
Figura 37: Mapa da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari (SP): Chave de Intepretação	99
Figura 38: Distribuição do uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de APPs do Ribeirão do Mandaguari	101
Figura 39: Distribuição do uso da terra e cobertura vegetal nas áreas de APPs do baixo curso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari.....	102
Figura 40: Mapa de uso adequado e inadequado da BHRM.....	103
Figura 41: Mapa de Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari	107
Figura 42: Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari	109
Figura 43: Processo erosivo que vira uma voçoroca.....	110
Figura 44: Processo erosivo que vira uma voçoroca.....	110
Figura 45: Gado nas áreas de preservação permanente	111

Figura 46: Saída de esgoto	115
Figura 47: Área de conexão da água na cidade de Presidente Prudente/SP.....	115
Figura 48: Lixão do município de Presidente Prudente, foto Google Earth	118
Figura 49: Imagens do lixão de Presidente Prudente/SP	118
Figura 50: Imagens do lixão de Presidente Prudente/SP	118
Figura 51: Mapa de Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari	125
Figura 52: Ordenamento Territorial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari	128

Lista de Tabelas

Tabela 1: Localização das estações pluviométricas	50
Tabela 2: Classificação da Geologia e sua respectiva área (km ² e %)	73
Tabela 3: Classes hipsométricas e respectivas área em km ² e % na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari	82
Tabela 4: Classes de Declividade em km ² e %.....	85
Tabela 5: Classes de Uso e Cobertura da Terra e suas respectivas áreas (km ² e %).	93
Tabela 6: Classes de uso das áreas de APPs e suas áreas em km ²	100
Tabela 7: Classes de Fragilidade Pontencial e suas respectivas porcentagens.....	108
Tabela 8: Classes de Fragilidade Ambiental e suas respectivas porcentagens....	110
Tabela 9: Produção agropecuária do município de Caiabu/SP	119
Tabela 10: Produção agropecuária do município de Indiana/SP	119
Tabela 11: Produção agropecuária do município de Martinópolis/SP	120
Tabela 12: Produção agropecuária do município de Presidente Prudente/SP	121
Tabela 13: Produção agropecuária do município de Regente Feijó/SP	121
Tabela 14: Critérios estabelecidos para a elaboração do zoneamento ambiental .	126

Lista de Quadros

Quadro 1: Conceitos de Fragilidade Ambiental com seus respectivos autores.....	40
Quadro 2: Pesos atribuídos a Fragilidade Ambiental	66
Quadro 3: Unidades de Solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari	75
Quadro 4: Córregos identificados nas cartas topográficas localizados na bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari.....	100
Quadro 5: Propostas para o manejo no uso e cobertura da terra da bacia	130

Lista de Siglas e Abreviaturas

- APP:** Área de Preservação Permanente
- BHRM:** Bacia Hidrográfica Ribeirão do Mandaguari
- EMBRAPA:** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- GTP:** Geossistemas, Território e Paisagem
- IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INPE:** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- PPGG:** Programa de Pós-Graduação em Geografia
- SEADE:** Sistema Estadual de Análise de Dados
- SIG:** Sistema Informação Geográfica
- SRTM:** Missão Topográfica Radar Shuttle
- UNESP:** Universidade Estadual Paulista
- USGS:** Serviço Geológico dos Estados Unidos
- UTM:** Universal Transversa de Mercator
- ZEE:** Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE QUADROS	XIV
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XV
INTRODUÇÃO	19
1.1. Área de Estudo.....	20
1.2. Objetivos	22
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO METODOLÓGICA	24
2.1. Paisagem	24
2.2. Abordagem Sistêmica	28
2.3. Geotecnologias como auxílio à análise do planejamento ambiental	31
2.4. Uso e Cobertura da Terra	34
2.5. Erosões	35
2.6. Fragilidade Potencial e Ambiental Emergente.....	38
2.7. Zoneamento Ambiental e Ordenamento Territorial	41
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	46
3.1. Fase de Organização	48
3.1.1. Levantamento Bibliográfico	48
3.1.2. Base Cartográfica.....	48
3.2. Fase de Inventário	49
3.2.1. Quadro Físico-biótico	49
3.2.2. Quadro Antrópico	52
3.2.2.1. Procedimento do Mapeamento	52
3.2.3. Áreas de Preservação Permanente.....	67
3.3. Fase de Diagnóstico	67
3.4. Fase de Prognóstico	68
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
4.1. Inventário da Paisagem Físico-biótico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari.....	70
4.1.1. Geologia da BHRM	70

4.1.2. Solos da BHRM	73
4.1.3. Pluviosidade	78
4.1.4. Hipsometria	80
4.1.5. Declividade	83
4.1.6. Área de Preservação Permanente	86
4.2. Inventário dos Usos Antrópicos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari	90
4.2.1. Uso e Cobertura da Terra.....	90
4.2.2. Características do Uso e Cobertura da Terra nas áreas de APPs da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari	99
5. SÍNTESE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO MANDAGUARI.....	106
5.1. Fragilidade Potencial.....	106
5.2. Fragilidade Ambiental Emergente	108
5.3. Fragilidades e Impactos Ambientais ocorridos em áreas urbanas	113
6. FASE DE DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO	124
6.1. Zoneamento Ambiental	124
6.2. Ordenamento Territorial	127
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

**C
A
P
Í
T
U
L
O
1**

1. INTRODUÇÃO

As constantes e profundas alterações ocasionadas pelo aumento das atividades antrópicas, vem se tornando um importante objeto de estudo, tanto em termos ambientais, como sociais e econômicos. Somado a estes fatores, a falta de sustentabilidade no uso da terra é determinante para o desequilíbrio dos ambientes terrestres e aquáticos, sendo necessário conhecer a capacidade de uso dessas terras mediante as características das paisagens biofísicas e antrópicas, podendo assim, definir prognósticos e propostas para a elaboração do ordenamento territorial da área.

A definição e entendimento dos elementos que compõem a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari - (BHRM), unidade territorial de estudo, e, conseqüentemente, de suas paisagens, pode colaborar para a elaboração do zoneamento ambiental e ordenamento do território, pois por meio desses elementos é possível determinar as potencialidades e fragilidades desse ambiente.

O zoneamento foi concebido como uma ferramenta de planejamento e constitui o conjunto de normas que regulam o uso e cobertura da terra mediante a divisão ou zonas, nas quais certas atividades são proibidas e outras permitidas.

O zoneamento ambiental foi realizado dividindo-se a área em parcelas homogêneas, com propriedades naturais e antrópicas análogas, nas quais se autorizam determinados usos, por meio de sua capacidade expressa pelas rochas, solos, relevo (declividade) e precipitação. Por outro lado, alguns usos se tornam incompatíveis com o que vem sendo praticado atualmente (atividades antrópicas), oferecendo informações capazes de apontar prognósticos e propostas para estes usos, reduzindo as possíveis degradações e impactos aos mesmos e, principalmente, aos recursos hídricos da BHRM.

O zoneamento ambiental é uma proposta para amenizar as rupturas desencadeadas pela atuação do homem na natureza, enfatizando uma nova organização das formas espaciais que se materializam na paisagem (SILVA NETO, 2013).

Deste modo, a pesquisa busca identificar as características da área e propor um zoneamento ambiental, elaborando-o na BHRM, visto que, a mesma abrange cinco municípios (Presidente Prudente, Indiana, Martinópolis, Caiabu e Regente

Feijó). Todos estes possuem sua malha urbana localizada, integralmente ou com parte de seus limites dentro da bacia hidrográfica. A justificativa para o estudo dessa área é devida à constante alteração nos recursos superficiais e conseqüentemente nas alterações no uso e na cobertura da terra, como: erosões e avançados assoreamentos ao longo do canal principal da BHRM.

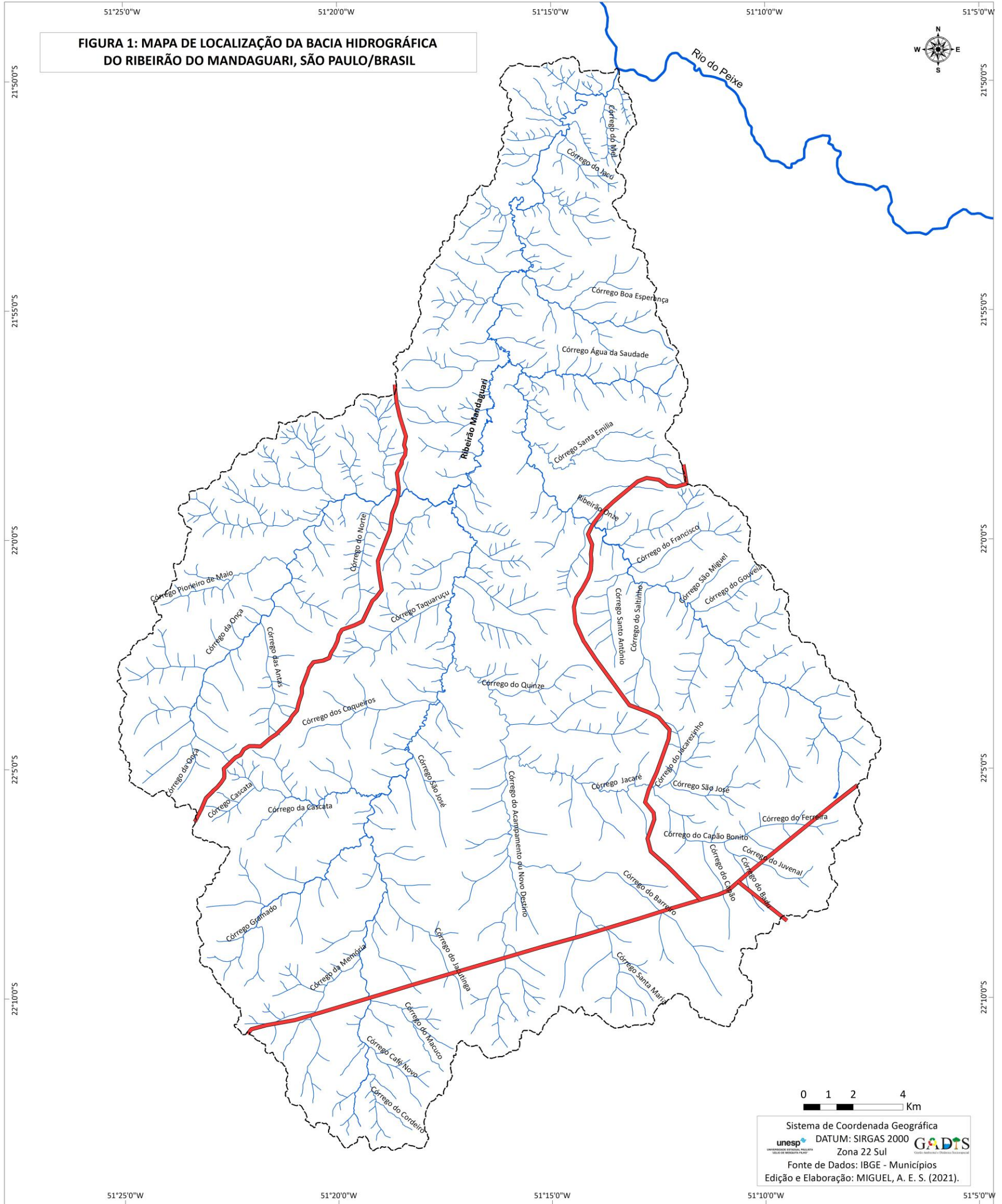
Outro aspecto considerado foi a existência de pesquisas sobre a área que serviram de suporte para a elaboração do zoneamento ambiental, como os trabalhos de Baumgardner Jr. (1979), Vagula (2019) e Dias (2020).

Neste contexto, parte-se da hipótese de que a intensificação do uso e cobertura da terra, sem um inventário, diagnóstico e prognóstico antecedente e detalhado das paisagens naturais e antrópicas, implica em utilização irregular da terra, tornando-a incapaz de manter o equilíbrio entre o meio físico, biótico e antrópico, este desequilíbrio traz implicações também aos mananciais hídricos da BHRM. Considera-se ainda que as geotecnologias sejam fundamentais nestas análises, pois auxiliam nas etapas de levantamento de dados primários, do processo de zoneamento ambiental e, conseqüentemente, no ordenamento territorial.

1.1 Área de Estudo

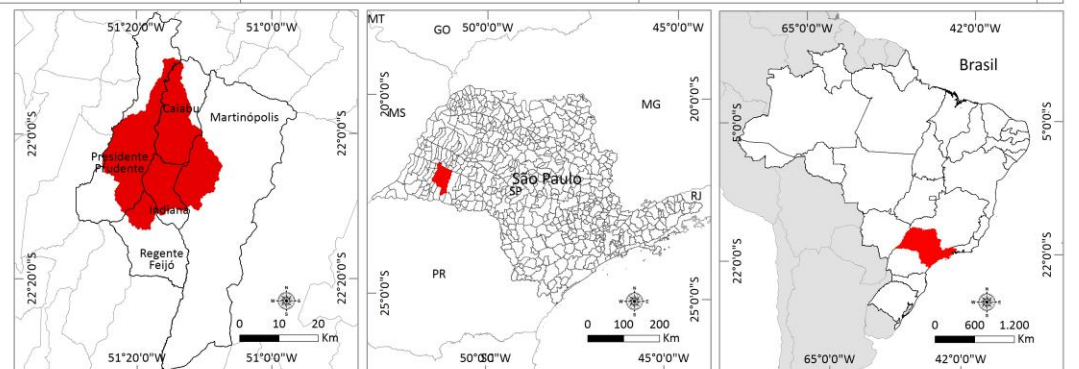
Para o início dos estudos, delimitou-se a área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari (BHRM), que é parte componente da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, situada em sua margem esquerda, que por sua vez deságua na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, drenando uma área aproximada de 10.827km². A BHRM encontra-se situada na porção oeste do Estado de São Paulo (Figura 1) e abrange uma área de 737,42 km², tendo seu curso principal uma extensão de aproximadamente 67,09 km.

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil



Legenda

- Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
- Hidrografias
- Rodovias



1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa foi a identificação dos dados biofísicos dos elementos que compõem a bacia hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, para em seguida, usá-los como base para o zoneamento ambiental da área e assim, propor um ordenamento territorial do uso e cobertura da terra.

Para se alcançar este objetivo, alguns objetivos específicos foram definidos:

- Avaliar os componentes da paisagem físico-biótico (hidrografia, geologia, solos, declividade, hipsometria e pluviosidade), identificando suas correlações;
- Avaliar os componentes da paisagem antrópica (uso e cobertura da terra), identificando a correlação destes aspectos com os demais componentes da paisagem físico-biótico;
- Analisar as APPs da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari.
- Identificar e analisar as áreas de maior fragilidade potencial e ambiental emergente da bacia hidrográfica, bem como, suas características principais;
- Elaborar um zoneamento ambiental adequado às estratégias de um ordenamento territorial, elaborando prognósticos e propostas que visem à melhoria na qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
2**

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

Para auxiliar na realização desta tese, fez-se necessária a construção teórico-metodológica. Neste capítulo foram abordados discursos teóricos, metodológicos e técnicos para a compreensão dos temas relevantes à pesquisa, tais como: paisagem; abordagem sistêmica; geotecnologias, como auxílio à análise e o planejamento ambiental; uso e cobertura da terra; fragilidade potencial e ambiental; zoneamento ambiental e ordenamento territorial.

2.1. Paisagem

Nesta pesquisa, foi utilizado o conceito de paisagem como categoria de análise, permitindo a compreensão de maneira ampla sobre os processos ambientais, alcançando múltiplas análises. Dessa forma, realizou-se a interação dos elementos naturais e antrópicos, determinando as fragilidades e potencialidades da natureza.

A origem da palavra paisagem tem sua gênese etimológica no latim: *pagus*, que significa país, no sentido de setor territorial e de lugar. A partir desse significado derivam semelhanças em outras línguas como: *paysage* (em francês), *paesaggio* (em italiano) etc. O mesmo ocorre com as línguas germânicas: *land*, *landschaft* (alemão) *landscape* (inglês), *landschap* (holandês) etc (PASSOS, 2006)

Conforme aponta Schier (2003, p.80), “desde o século XIX, a paisagem vem sendo discutida para se entenderem as relações sociais e naturais em um determinado espaço. Dentro da Geografia, a interpretação do que é uma paisagem diverge dentro das múltiplas abordagens geográficas”.

Nunes (2002, p.34) explica que no início, a paisagem era definida “como sendo um objeto concreto, perfeitamente observável, que mantém uma visão de unicidade e conjunto dos elementos e fatores que envolvem o meio natural”.

Schier (2003, p.80), ao realizar um resgate histórico do conceito de paisagem na ciência geográfica considera que:

A discussão de paisagem é um tema antigo na Geografia. Desde o século XIX, a paisagem vem sendo discutida para se entenderem as relações sociais e naturais em um determinado espaço. Dentro da Geografia, a interpretação do que é uma paisagem diverge dentro das múltiplas

abordagens geográficas. [...] O entendimento do conceito depende, em muito, das influências culturais e discursivas entre os geógrafos.

Ainda, o mesmo autor coloca que:

Paisagens são, em quase todas as abordagens dos séculos XIX e XX, entidades espaciais que dependem da história econômica, cultural e ideológica de cada grupo regional e de cada sociedade e, se compreendidas como portadoras de funções sociais, não são produtos, mas processos de conferir ao espaço significados ideológicos ou finalidades sociais com base nos padrões econômicos, políticos e culturais vigentes (SCHIER, 2003, p.82).

Segundo Passos (1996, p.131):

“A partir do século XIX, o termo paisagem é profundamente utilizado em Geografia e, em geral, se concebe como o conjunto de “formas” que caracterizam um setor determinado da superfície terrestre. A partir desta concepção que considera puramente as formas, o que se distingue é a heterogeneidade da homogeneidade, de modo que se podem analisar os elementos em função de sua forma e magnitude e, assim obter uma classificação de paisagens: morfológicas, vegetais, agrárias etc”.

Mateo Rodriguez *et al.* (2013) analisou a paisagem a partir de uma visão dialética, aceitando sua existência e sua organização sistêmica como uma realidade objetiva, considerando-a como um sistema material e configurando-a como uma totalidade, que se apresenta como um fenômeno integrado, não podendo entendê-la nem tratá-la de forma fragmentada.

Para Bolós (1981 apud GUERRA e MARÇAL, 2006, p.113):

“o objetivo do estudo da geografia e da paisagem deve ser visto como uma realidade integrada, onde os elementos abióticos, bióticos e antrópicos aparecem associados de tal maneira, que os conjuntos podem ser trabalhados como um modelo de sistema. Para a referida autora, a paisagem aparece perceptível diretamente através de um sistema e a partir de um modelo de processo, sendo possível se levantarem diagnósticos e prognósticos a partir das observações coletadas.”

Dessa forma, a paisagem é vista como um sistema de conceitos, atrelados em três níveis de sistemas ambientais: a paisagem natural (ecossistema), formada pela interação de elementos e componentes naturais e antropoculturais; a paisagem social, vista como a área onde vive a sociedade humana, o ambiente de relações espaciais que tem importância existencial para a sociedade; e a paisagem cultural, resultado da ação da cultura ao longo do tempo, modelando-se por um grupo social

a partir de uma paisagem natural. Inclui a paisagem visual, o percebido e o valorizado (MATEO RODRIGUEZ *et al.*, 2007, p. 48).

Segundo Dollfus (1971 *apud* PASSOS, 2003), a paisagem se define a partir de suas formas, de sua morfologia, ela se descreve e se explica. As formas resultam de dados do meio ambiente natural ou são os resultados da intervenção humana, deixando assim uma marca sobre o espaço.

Para Mateo Rodriguez *et al.* (2013), as paisagens são formações complexas caracterizadas pela estrutura e heterogeneidade na composição dos elementos que integram os seres vivos e não vivos, pelas múltiplas relações, tanto internas como externas, pela variação dos estados e pela diversidade hierárquica, tipológica e individual.

Bertrand (1969, p.2) afirma que “a paisagem não é uma simples adição de elementos geográficos disparatados”. Dessa forma, a paisagem não pode ser compreendida isoladamente, necessita levar em consideração sua dinâmica, seus elementos físicos, biológicos e sua interação com a ação antrópica.

Sendo assim, para entender a paisagem, deve-se levar em consideração todos os estudos relacionados às suas transformações, num dado momento ou espaço. Buscando-se assim a compreensão dos elementos que compõem a paisagem, a partir das relações do Homem e do meio ambiente.

Segundo Tricart (1977), a paisagem pode ser compreendida quando ocorre uma junção de fatores e elementos visíveis e invisíveis, que a torna perceptível ao Ser Humano, devido ao resultado global. Tricart deixa implícita a consideração de que o homem, ao influenciar no balanço energético dos meios morfodinâmicos, influência também na configuração da paisagem.

Referindo-se as transformações que sociedade promove nas paisagens, Tricart (1977) afirma que o homem participa efetivamente dos ambientes onde vive, modificando-os, permanentemente, para atender seus anseios e necessidades, ao enfatizar a importância das relações intrínsecas entre a sociedade e a natureza

Segundo Guerra e Marçal (2006), a paisagem é a natureza integrada e deve ser compreendida como síntese dos aspectos físicos e sociais, cujo conhecimento é de grande importância, a fim de serem desenvolvidas pesquisas aplicáveis, onde sua metodologia colabore com manejo adequado e sustentável dos recursos naturais, relevantes para as sociedades como um todo.

Nunes (2002) ainda destaca o pensamento de Bertrand (1982) que compreende que a paisagem, além de seus atributos naturais, também inclui as ações antrópicas.

Mateo Rodriguez *et al.* (2013), entre outros autores, afirmam que o estudo das paisagens, deve abarcar uma abordagem sistêmica, pois ela integra componentes físicos e antrópicos que conduzem ao esclarecimento da condição real do sistema.

Para Bertrand (1969, p.2),

A paisagem é uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

A paisagem, como fator dessa interação de parâmetros, tornou-se categoria de análise geográfica e elevou a qualidade das pesquisas ambientais, além de auxiliar no reconhecimento das potencialidades e fragilidades da bacia hidrográfica e na proposição de formas para sua conservação e/ou recuperação (MEDEIROS, 2020). Uma das ideias que exemplifica esse conceito foi determinada por Mateo Rodriguez (1991) e Salinas (1991), como um sistema espaço-temporal complexo e aberto que se origina e evolui por uma constante transferência de energia, matéria e informação, em que a estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução refletem diretamente na interação entre os componentes naturais (abióticos e bióticos), técnico-econômicos e socioculturais.

Nesse sentido, segundo Mateo Rodriguez *et al.* (2007),

“A partir da visão sistêmica concebe-se a paisagem como um sistema integrado, no qual cada componente isolado não possui propriedades integradoras. Estas propriedades integradoras desenvolvem-se quando se estuda a paisagem como um sistema total” (p. 47).

Uma paisagem nunca é exatamente igual à outra, toda paisagem que reflete uma porção do espaço ostenta as marcas de um passado mais ou menos remoto, apagado ou modificado de maneira desigual, mais sempre presente (DOLLFUS, 1972).

Portanto, a paisagem é o resultado das ações antrópicas e suas condições naturais, de acordo com a sua própria dinâmica. Sendo constituída da relação dos aspectos sociais, econômicos e ambientais, considerando todos os fatores da

intervenção humana, sendo que, existem relações intrínsecas em seus componentes, apontando para a abordagem sistêmica, como uma forma eficaz de análise dessas integrações.

2.2. Abordagem sistêmica

A Abordagem Sistêmica começou a se delinear a partir do trabalho de Bertalanffy (1968) sobre teorias modernas de desenvolvimento aplicadas à biologia e culminou na Teoria Geral dos Sistemas, publicada em vários artigos, como por exemplo: “A teoria dos sistemas abertos na física e na biologia” e “Um esboço da teoria geral dos sistemas”¹ (BERTALANFFY, 1968 a, b) os quais enfocavam aplicações na termodinâmica e na biologia. O trabalho conclusivo de Bertalanffy: **General Systems Theory** (Foundation, Development, Application) foi publicado em 1968. Mais tarde, em 1973, este livro foi publicado em português com o nome de **Teoria Geral dos Sistemas**. Essa abordagem foi paulatinamente aplicada “aos estudos geográficos e serviu para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo dessa ciência” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. XI). Os primeiros autores a aplicarem esse conceito na geografia foram Chorley (1971); Chorley; Kennedy (1971) e principalmente na geomorfologia Chorley; Hugget (1974).

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1973; p.53).

Segundo Capra (2001, p.45), Bertalanffy "baseava-se na observação de que conceitos e princípios sistêmicos podem ser aplicados em diferentes campos de estudo". Portanto, a teoria geral dos sistemas deveria ser um meio importante de controlar e estimular a transferência de princípios de um campo para o outro, unificando várias disciplinas científicas.

Silva (2006, p. 50) trouxe o conceito de sistema vinculado ao:

¹ “The theory of open systems in physics an biology” e “An outline of general systems theory” (BERTALANFFY, 1968 a, b).

“[...] natural ou social, organizado para cumprir uma função determinada e passível de sofrer modificações funcionais, estruturais e organizacionais, a partir de fluxos de matéria e energia que adentram o sistema através dos elementos ou atributos que o compõem, sendo que os níveis de inter-relação e interdependência destes estarão ligados aos níveis de abrangência impostos pelo próprio sistema cuja complexibilidade não será compreendida através da análise de suas partes isoladas”(SILVA, 2006, p. 50).

De forma geral, um “sistema é um todo complexo, único, organizado, formado pelo conjunto de objetos ou partes” (MATEO RODRIGUEZ, 2013, p. 42), assim como Tricart (1977, p. 19), que define sistemas como:

[...] um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema.

Morin (2002, op. cit., p. 132), “concebe sistema como unidade global organizada de inter-relações entre elementos, ações ou indivíduos.” Com o mesmo objetivo, Christofolletti (1979), apresenta três outros autores que se debruçaram sobre o mesmo assunto. O primeiro, Hall e Fagen (1956, apud CHRISTOFOLETTI, 1979, p.01), “vê o sistema como conjunto dos elementos e das relações entre eles e entre os seus atributos”. O segundo, Miller (1965, apud CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 01), trata o “sistema como um conjunto de unidades com relações entre si, sendo que a idéia de conjunto deve ser encarada como unidades com propriedades comuns entre si, que controlam, são controladas e dependem umas das outras”. E, por fim, Thornes e Brunsden (1977, apud CHRISTOFOLETTI, 1979, p.01), definem “sistema como um conjunto de objetos ou atributos e das suas relações, organizados para executar uma função em particular”. Com base nestas definições, Christofolletti (1979) chama a atenção para os componentes que o um sistema deve conter: elementos ou unidades; relações; atributos; entrada (input) e saída (output).

Christofolletti (1999) apresenta duas outras tipologias importantes sobre sistema. A de Chorley e Kennedy (1971, apud. CHRISTOFOLETTI, 1999, p.5), que definem sistema como um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos, que consistem de componentes ou variáveis capazes de assumir magnitudes variáveis e que exibem relações discerníveis uns com os outros, operando conjuntamente como

um todo complexo; e a de HAIGH (1985, apud. CHRISTOFOLETTI, 1999, p.5) que assinalou sistema como uma totalidade criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes, cujas inter-relações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontra implicadas por aquelas partes componentes quando desagregadas.

Dentre as várias definições de sistema, expomos comparativamente duas, a de Hall e Fagen (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.106), que definem sistemas como sendo “um conjunto dos elementos e das relações entre eles e seus atributos”, e a de Bertalanffy (1973, p.62), determina sistemas como “um conjunto de elementos em interação”. A respeito de sua definição, o próprio autor comenta que, à primeira vista, tal descritiva pode parecer “[...] tão geral e vaga que não se pode extrair grande coisa dela” (BERTALANFFY, 1973, p.62), porém, cabe ressaltar que tal ideia só se faz presente num primeiro momento, frente a definições em frases mais extensas.

Morin (2002, p. 135 apud SILVA, 2006), sobre o assunto afirma:

A primeira e fundamental complexidade do sistema é associar em si a idéia de unidade, por um lado, e a de diversidade ou multiplicidade do outro, que, em princípio, se repelem e se excluem. O que é preciso compreender é as características da unidade complexa: um sistema é uma unidade global, não elementar, já que ele é formado por partes diversas e inter-relacionadas. É uma unidade original, não original: ele dispõe de qualidades próprias e irreduzíveis, mas ele deve ser produzido, construído, organizado. É uma unidade individual, não indivisível: pode-se decompô-lo em elementos separados, mas então sua existência se decompõe. É uma unidade hegemônica, não homogênea: é constituído de elementos diversos, dotados de características próprias que ele tem em seu poder.

A idéia de unidade complexa adquire densidade se pressentimos que não podemos reduzir nem o todo as partes, nem as partes ao todo, nem o um ao múltiplo, nem o múltiplo ao um, mas que precisamos tentar conceber em conjunto, de modo complementar e antagônico, as noções de todo e de partes, de um e de diversos.

De acordo com Capra (1982, p. 260):

A concepção sistêmica vê o mundo em termos de relações e de integração. Os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos ou substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização.

Tricart (1977) em seu livro Ecodinâmica, caracteriza sistema como:

“[...] um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua

entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema” (TRICART, 1977, p. 19).

Monteiro (2000) salienta que para uma análise da natureza é preciso trabalhar com sistema, onde visa à integração das variáveis naturais e antrópicas, unindo os elementos deste ambiente, assumindo um papel principal na estrutura espacial, conduzindo ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente.

Devido às constantes interações, por meio da dependência mútua entre os fenômenos ambientais, Gregory (1992) salienta que a preocupação deve ser voltada para a estruturação deste sistema, seu comportamento, abrangendo a transferência de energia, todos os seus limites, seu ambiente, seus estados de transição ou equilíbrio e seus parâmetros.

Este conceito é, atualmente, um dos melhores instrumentos para estudar a configuração ambiental e seus pontos negativos, pois o mesmo oferece subdivisões essenciais para a análise proposta. Assim, com o auxílio das geotecnologias, busca-se a compreensão das características da BHRM.

2.3. Geotecnologias como auxílio à análise e planejamento ambiental

As geotecnologias foram essenciais na fase de análise e interpretação das imagens de satélite utilizadas nesta pesquisa, juntamente com o manuseio de dados sobre as características ambientais da área, conhecendo os condicionantes que atuam sobre o ambiente, sejam eles sociais, econômicos e biogeográficos.

Assim, foi realizado um levantamento de todas as informações encontradas na área de pesquisa, utilizando-se de métodos e ferramentas como: Sistema de Informação Geográfica – SI, geoprocessamento, sensoriamento remoto e sistema de posicionamento global (GPS), que permitem a coleta e tratamento destes dados.

O Geoprocessamento ou geotecnologias é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (ROSA, 2005).

Para Xavier-da-Silva (2001), geoprocessamento é um conjunto de técnicas de processamento de dados, destinado a extrair informações ambientais a partir de uma base de dados georreferenciada.

Segundo Rocha (2002), o geoprocessamento pode ser definido como uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação das informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Segundo Piroli (2010, p.5), o geoprocessamento pode ser definido:

“Como um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIGs), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra”.

Para Rosa (2005) o “geoprocessamento”, também pode ser tratado como geotecnologia, uma vez que estas também são consideradas, como um conjunto de técnicas para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. A palavra refere-se à capacidade de processar informações sobre a superfície terrestre usando ferramentas computacionais.

O geoprocessamento se constitui em uma tecnologia indispensável aos estudos sobre as alterações dos ambientes terrestres, assim como o uso e cobertura da terra, sendo eficaz nas pesquisas de curto espaço de tempo e obtendo uma gama de informações. De acordo com o INPE (2005), o geoprocessamento é definido como "um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico".

De acordo com Piroli (2010), um dos componentes do geoprocessamento é o sensoriamento remoto, que conforme Florenzano (2002, p.9) é considerado:

“Uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo sensoriamento refere-se à obtenção dos dados, e remoto, denota distante, ou seja, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre”.

O Sensoriamento Remoto é a obtenção de dados ou imagens de um objeto que está distante do sensor de amostragem. Isto inclui, além das imagens de satélite e radar, as fotografias aéreas, digitais ou não (PARANHOS FILHO, ANTONIO CONCEIÇÃO, 2008, p.16).

De acordo com Mirandola Avelino (2006), o Sensoriamento Remoto não pode ser compreendido como uma ciência, mas como:

...uma tecnologia que depende de várias ciências e tem seus avanços diretamente ligados aos avanços destas. Seu principal objetivo é expandir a percepção sensorial do ser humano, seja através da visão sinóptica (panorâmica) proporcional pela aquisição aérea ou espacial da informação, seja pela possibilidade de se obter informações em regiões do espectro eletro magnéticas inacessíveis à visão humana.

Passos, ainda afirma que o Sensoriamento Remoto é uma das fontes de dados colocada à disposição do pesquisador para desenvolver bem seus estudos temáticos. A pesquisa deve ser, antes de tudo, temática e o pesquisador conhecer bem seu terreno de estudo, ter sólidos conhecimentos em Sensoriamento Remoto e em análise integrada da paisagem (PASSOS, 1998).

Segundo Câmara *et al.* (1996, p.21), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la.

O objetivo geral de um SIG é servir de instrumento para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando: integrar em uma única base de dados informações representando vários aspectos de uma região; permitir a entrada de dados de diversas formas; relacionar dados de diferentes fontes; gerar relatórios e gráficos, entre outros (ROSA & BRITO, 1996).

No contexto apresentado, pode-se, então, definir SIG como um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008, p.23.)

Portanto, as geotecnologias são de grande importância para auxiliarem nos procedimentos metodológicos, assim como em pesquisas com âmbito ambiental,

pois é possível elaborar um banco de dados com todas as informações necessárias sobre uma área de estudo, tal como a criação de mapeamentos temáticos que auxiliem na pesquisa.

2.4. Uso e cobertura da terra

Os diversos usos e cobertura da terra influenciam diretamente na dinâmica de um ambiente, apresentando variáveis que alteram os demais elementos presentes neste sistema. Segundo Miguel *et al.* (2012), o estudo do uso e cobertura da terra é importante para o planejamento e tomada de decisões, elaborando-se diagnósticos quando é percebido o uso inapropriado dos recursos naturais, pois a ocupação de forma desordenada, geralmente irá causar algum desequilíbrio ao meio natural.

O levantamento do uso e cobertura da terra indicam a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolvem pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas. (IBGE, 2013, p.36).

Conforme Silva (2016), a sustentabilidade do uso e cobertura da terra só serão efetivas quando ocorrerem mudanças necessárias dos valores que favorecem as questões sociais, econômicas e ambientais, simultaneamente. Solucionar ou minimizar tais efeitos antrópicos sobre os sistemas naturais só serão possíveis, quando se adotar políticas que unem práticas ambientais efetivas e eficazes em âmbito nacional, estadual e municipal.

Conforme Sokolonski (1999), o sistema de classificação do uso e cobertura da terra levam em conta o tipo de uso da terra na data do mapeamento, o manejo empregado e a estrutura de produção, procurando com isso caracterizar da melhor forma possível as classes de usos definidas. As classes de uso da terra podem ser definidas como unidades simples ou associações de classes, isto pode variar de acordo com o espaço a ser estudado e a escala de trabalho.

Segundo o IBGE (2006), os levantamentos de uso e cobertura da terra indicam a distribuição geográfica da tipologia de uso, que podem ser identificadas através de padrões homogêneos da cobertura terrestre; sendo estes estudos

considerados importantes instrumentos para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, visto que proporcionam o conhecimento dos diferentes manejos empregados e identificam alternativas que permitem o desenvolvimento sustentável.

O estudo de uso e cobertura da terra são uma importante ferramenta do planejamento e tomada de decisões, podendo-se elaborar diagnósticos quando for percebido o uso inapropriado dos recursos naturais. Essa ocupação geralmente causa algum desequilíbrio ao meio natural, por isso é muito importante o estudo da bacia hidrográfica. Segundo Rocha (1991), o que se deve planejar em uma bacia é o uso, manejo e conservação dos recursos naturais em função do desenvolvimento da população que deles dependem.

Segundo Almeida (1997), o uso da terra é definido como sendo as diferentes formas de intervenção do ser humano no meio, com o objetivo de obter do meio, o atendimento de suas necessidades, sejam agrícolas, industriais, urbanas, etc, por meio de técnicas e costumes. O uso e cobertura da terra são definidos, portanto, como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado, considerando tanto os aspectos naturais quanto as atividades que vem sendo desenvolvidas pelo ser humano numa determinada área (BUCCI, 1990).

A importância do uso e cobertura da terra são evidentes, pois é este mapeamento que faz o elo entre o meio físico e o socioeconômico, sendo indispensável em estudos ambientais, planejamento e ordenamento do território, e gestão de recursos hídricos, além de ser componente da paisagem antrópica, caracterizando uma dinâmica própria na bacia hidrográfica.

Conseqüentemente, a partir do período em que são avaliadas as interações existentes, assim como as influências externas e internas que incidem sobre o sistema, torna-se possível propor formas de uso e cobertura da terra adequada, reduzindo as alterações sobre as paisagens.

2.5. Erosões

As erosões dos solos revelam as contradições decorrentes da relação sociedade-natureza. Por isso, a Geografia, como ciência que estuda a apropriação e a organização do espaço geográfico, valendo-se das imposições da natureza, da

aptidão técnica, do poder econômico e das características socioculturais (ROSS, 2009), é capaz de aprender as dinâmicas intrínsecas à constituição dos processos erosivos antrópicos.

De acordo com Oliveira (2004), a erosão é um fenômeno geológico normal na modelagem da superfície terrestre, sendo que os agentes externos modificam e transformam o material rochoso num processo lento, de maneira imperceptível, mas de forma permanente.

Bertoni e Lombardi Neto (2012) explicam que os principais tipos de erosão gerados pelo efeito das chuvas são: laminar, em sulcos e voçorocas. A erosão laminar remove apenas a porção superficial do solo, porém é necessária atenção, pois são levadas as partículas leves e pequenas, cuja ausência depois compromete a fertilidade do solo. A erosão em sulcos decorre da irregularidade do solo, onde se forma poças e, dependendo da força e do volume da enxurrada, isso torna os sulcos mais profundos. As voçorocas representam o nível maior da erosão e são geradas a princípio como um sulco, que, ano após ano, foram aprofundados e alargados.

As erosões são classificadas conforme sua origem, podendo ser natural ou antrópica, e pela forma de transporte, ocorrendo de modo difuso ou concentrado. As erosões que ocorrem pelo escoamento difuso também são denominadas como erosões laminares ao passo que aquelas que se desenvolvem pelo escoamento concentrado são designadas por erosões lineares (NASCIMENTO *et al.* 2016).

As erosões laminares se caracterizam pelo escoamento contínuo de uma lâmina d'água e pela remoção homogênea e lenta da camada superficial do solo, geralmente com maiores quantidades de nutrientes. A erosão laminar é de difícil observação, podendo ser constatada às vezes pelo decréscimo da produtividade agrícola ou pelo aparecimento de raízes (NASCIMENTO *et al.* 2016).

As voçorocas são feições erosivas relativamente permanentes nas encostas, caracterizadas pelas paredes laterais íngremes, fundo chato e fluxo de água em seu interior durante os eventos chuvosos. Algumas vezes, elas se aprofundam tanto que atingem o lençol freático. Estão associadas aos processos de erosão acelerada e, portanto, com a instabilidade na paisagem. São quase sempre causadas pelo desmatamento, pelo uso agrícola da terra, pelo superpastoreio e pelas queimadas, associados às características das chuvas e às propriedades do solo, mas têm origens variadas, podendo evoluir pela ação erosiva das águas na base e nas

laterais das ravinas, alargando-as e aprofundando-as, causando um verdadeiro colapso de material tanto nas laterais quanto nas partes superiores, em direção ao seu topo. Parte do material erodido é transportada e depositada em áreas mais baixas ou em algum canal fluvial próximo. Algumas voçorocas têm sua origem na erosão causada pelo escoamento subsuperficial da água, e outras a partir de antigos deslizamentos de terra que deixam cicatrizes nas paredes laterais íngremes das encostas, sendo formadas pelo escoamento superficial concentrado das águas de chuvas subsequentes dentro da cicatriz (GUERRA, 2005).

Prandini (1974) define voçoroca como um fenômeno erosivo profundo que no seu estágio inicial sofre grande influência da concentração do escoamento superficial em canais. À medida que o entalhamento provocado pela concentração do fluxo superficial vai se aprofundando inicia-se o processo de erosão por dutos e túneis, influenciado por gradientes hidráulicos elevados. Nesse estágio, o lençol freático pode exfiltrar no fundo da erosão, condicionando canais com seção em U. Com a exfiltração da água subterrânea, a erosão interna passa a ter maior importância na evolução da voçoroca, até ela atingir a senilidade.

As medidas de controle do processo de vorozocamento e recuperação de área degradada podem seguir os seguintes aspectos: isolamento da área a ser recuperada para regeneração da cobertura vegetal, levantamento planialtimétrico e implantação adequada de terraceamento em curvas de nível e de bacias de captação das águas pluviais e implementação de barreiras físicas (barramentos com pneus e bambus, sacos com terras, paliçadas) nos sulcos e ravinas (MENDES, 2014). A distinção entre ravinas e voçorocas segue critérios dimensionais ou genéticos. Pelo critério dimensional, as ravinas seriam incisões de até 50 cm de largura e profundidade e acima desses valores seriam denominadas voçorocas. Para o Instituto Paulista de Tecnologia, no entanto, as ravinas seriam canais criados pela ação do escoamento superficial, e as voçorocas, canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático (WEILL; PIRES NETO, 2007).

Carvalho (2005), aponta que os processos erosivos se constituem numa forma natural de modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos. De maneira geral sob condições naturais, estes dois processos atuam equilibradamente, havendo certa equivalência entre solo erodido e a quantidade produzida de solo.

2.6. Fragilidade Potencial e Ambiental Emergente

A análise da fragilidade dos grandes sistemas naturais, em especial bacias hidrográficas, vem sendo utilizada como subsídio para o zoneamento e ordenamento físico territorial dessas áreas naturais, consideradas unidades de planejamento integrado. Estudos nesta perspectiva têm por finalidade identificar as fragilidades e potencialidades dos ambientes naturais e propor uma melhor forma de uso e ocupação do território, de acordo com as características de cada lugar (ABRÃO *et al.* 2018).

O mapeamento da fragilidade do ambiente auxilia no melhor aproveitamento e zoneamento do ambiente, pois acaba indicando quais são as áreas mais frágeis, não só aos processos naturais, mas também às ações antrópicas, permitindo apontar as potencialidades dos ambientes de maneira sistêmica e indicando as restrições de uso.

De acordo com Spörl e Ross (2004, p.40):

“... estudos relativos às fragilidades dos ambientes são de extrema importância ao Planejamento Ambiental. A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território”.

Segundo Ross (1994), o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos de todos os componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem. Entretanto para a análise da fragilidade é necessário que esses conhecimentos sejam avaliados de forma integrada.

Segundo Kawakubo *et al.* (2005), “é denominada de fragilidade potencial a fragilidade natural do ambiente e de fragilidade ambiental a fragilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem”

Portanto, pode-se dizer que a fragilidade ambiental é utilizada para avaliar a menor ou maior suscetibilidade que um ambiente está submetido, mediante as unidades que compõem este ambiente, como geologia, pedologia, clima, relevo, uso e cobertura da terra, dinâmica erosiva, qualidade e quantidade das águas

superficiais, enfim, todas as unidades que alteram de alguma forma a fragilidade deste ambiente perante aos processos erosivos.

Neste sentido, Spörl e Ross (2004) afirmam que a fragilidade ambiental é utilizada, buscando estudos que auxiliem em um ordenamento territorial e/ou planejamento ambiental, proporcionando objetivos e ações a serem introduzidas no espaço físico-territorial, favorecendo a gestão deste ambiente. E Ross (1994) salienta que a fragilidade ambiental auxilia o diagnóstico que pode perfeitamente nortear as intervenções antrópicas futuras e corrigir os presentes.

As pesquisas que buscam analisar essa fragilidade dos ambientes têm importância significativa no zoneamento e planejamento ambiental, pois, segundo Spörl (2007), trata-se de um instrumento que tem a finalidade de identificar e analisar os ambientes de acordo com sua função, em diferentes níveis de suscetibilidade, proporcionando assim, uma definição mais concreta de diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, “servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território”. A referida autora ainda afirma que:

Vitte e Santos (1999) partem do significado dos termos fragilidade e meio ambiente para chegar ao conceito de fragilidade ambiental. De acordo com o Dicionário Aurélio o termo frágil é definido como algo fácil de destruir, pouco durável, transitório. Fragilidade é então, a qualidade do que é frágil. O ambiente é aquele que cerca ou envolve os seres vivos ou as coisas. Assim, o termo fragilidade do meio pode aparecer como ambiente de risco, ou risco ambiental, o qual se define como perigo ou possibilidade de perigo ou perda, que estão vinculadas à percepção humana da dinâmica da natureza (Spörl, 2007, p. 25).

Ross (1994) determina a fragilidade ambiental por meio de cinco classes hierárquicas: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). O autor busca deixar claro os termos técnicos, denominando a fragilidade natural associada a interação do relevo, solo, rochas e uso antrópico, o autor determina fragilidade ambiental de acordo com a função de cada uso e cobertura.

Devido à definição da metodologia de Ross (1994) para a determinação da fragilidade ambiental nesta pesquisa, optou-se pela utilização deste termo, sendo necessária uma elucidação devido à quantidade de bases teóricas relacionadas a este tema (Quadro 1):

Quadro 1: Conceitos de Fragilidade Ambiental com seus respectivos autores.

Conceitos	Autores	Definições
Fragilidade Ambiental	Ratcliffe (1971)	É uma medida da sensibilidade intrínseca de um ecossistema às pressões ambientais (especialmente mudanças de gestão), combinada com a exposição à ameaça que poderia perturbar o equilíbrio existente.
	Smith e Theberge (1986)	Oposto à estabilidade, sendo estabilidade a velocidade com que um sistema retorna ao equilíbrio após uma perturbação. Os autores ainda destacam que a fragilidade pode ser natural ou induzida pelo ser humano e que a natural pode ser devida a fatores internos ou externos.
	Ross (1994)	Fragilidade que um ambiente está submetido, quando são associados aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso, cobertura e manejo da terra exercem. Estes, por sua vez, permanecem em equilíbrio dinâmico até o começo das alterações antrópicas.
	Tamanini (2008)	A fragilidade de um ambiente em sofrer qualquer tipo de dano causado, tanto de maneira natural quanto antrópica, causando um desequilíbrio nos ecossistemas, que alteram principalmente os mananciais hídricos.
	EMBRAPA (2010)	Fragilidade de sistemas ambientais frente a determinadas pressões. Essa informação é útil no planejamento ambiental, possibilitando identificar regiões onde a degradação ambiental resultante de uma dada ação tem potencial de causar maior impacto e desenvolver programas visando à redução das fontes de pressão.

Fonte: Medeiros (2020)

Segundo Medeiros (2020), a análise sobre a fragilidade ambiental é fundamental para auxiliar no ordenamento de determinado território, sendo necessário compreender toda a dinâmica que abrange o sistema, bem como o peso que cada elemento exerce sobre o mesmo, visando uma melhor preservação do ambiente, apontando propostas aos planejamentos urbanos e rurais, levantando informações sobre os recursos disponíveis, buscando um manejo sustentável dos ecossistemas.

A análise da fragilidade do ambiente é uma proposta de investigação cujo princípio básico é definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais, modificados ou não pelas atividades antropogênicas, em face o desenvolvimento das atividades humanas (ROSS, 1994).

Para tanto é necessário um diagnóstico da fragilidade potencial, que Santos (2005) enfatiza como sendo, a caracterização da fragilidade natural que uma determinada área está submetida, ou seja, a partir do tipo de solo, declividade, do

relevo, índice de pluviosidade, entre outros, este local poderá ou não apresentar um equilíbrio natural. Para posteriormente a elaboração de um diagnóstico da fragilidade ambiental, essa tem como objetivo essencial indicar as potencialidades e limitações do uso e ocupação humana na área de estudo, ou seja, contribuir para o entendimento da realidade espacial e possíveis intervenções na mesma (SANTOS et al, 2006).

Portanto, o estudo sobre fragilidade ambiental é indispensável para gerar subsídios ao planejamento ambiental de determinado território, colaborando para a compreensão de toda a dinâmica que envolve o sistema, e para elaboração de um melhor ordenamento do uso e cobertura da terra.

2.7. Zoneamento Ambiental e Ordenamento Territorial

O zoneamento ambiental constitui uma técnica caracterizada pelo ordenamento, em áreas homogêneas, relacionado a zonas que possuem um potencial de determinado uso ambiental. Este potencial é obtido por meio de uma análise integrada das unidades de paisagem, como um “todo sistêmico”, combinados em todos os aspectos (ZACHARIAS, 2006).

O zoneamento ambiental no Brasil é previsto na Lei Federal no 6.938, de 31/08/81, publicada no D.O.U em 02/09/1981 ou Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE no Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, com intuito da preservação, reabilitação e recuperação da qualidade ambiental associada ao desenvolvimento socioeconômico condicionado à manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e melhoria das condições de vida do homem. Tal zoneamento analisa com base em indicadores ambientais as potencialidades, vocações e fragilidades do meio natural sendo muito usado pelos planejadores ambientais. No Brasil existem outros zoneamentos previstos na legislação, tais como: agroecológico, ambiental, ecológico-econômico, estatuto da terra, industrial, ruído, unidades de conservação, urbano e uso e atividades (SANTOS, 2004).

O zoneamento ambiental consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas, com características fisiográficas e ecológicas semelhantes, nas quais se autorizam determinados usos e atividades e se interdita outros (BRASIL, 1991).

Segundo Ross (1994, p.64),

Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas. Assim, elaboração do Zoneamento Ambiental deve partir da metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e na dinâmica do ambiente natural, e do meio socioeconômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

O zoneamento é o fracionamento de uma região em porções territoriais, obtidas a partir da avaliação da organização do espaço em sua totalidade, fazendo com que esse instrumento seja um trabalho interdisciplinar predominantemente quantitativo, analisando também a parte qualitativa dentro do aspecto analítico e sistêmico (SANTOS, 2004).

A realização de um diagnóstico preciso é essencial para a elaboração de um zoneamento ambiental, que identifique e defina um melhor ordenamento do uso e cobertura da terra, buscando obter um estudo aprofundado sobre os recursos ambientais, procurando entender as formas de uso da terra de determinado local. Del Prette e Matteo (2006) descrevem o zoneamento como um instrumento de ação utilizado por agentes privados e pelo poder público desde a formação das sociedades, com intuito de distribuir as atividades humanas de forma organizada.

Gandra (2008, p.16) com base no que diz Xavier da Silva em o Espaço Organizado:

O zoneamento ambiental pode ser considerado como a definição de setores ou zonas com objetivos de manejo e normas específicas para que o desenvolvimento e atividades econômicas de uma região que possam existir de forma eficaz e em harmonia com a conservação da natureza e dos recursos naturais. O processo de zoneamento por ser definido como a fragmentação controlada e ordenada de um território, segundo critérios discriminados.

Segundo Zacharias (2006), o Zoneamento Ambiental é uma técnica, com estratégias metodológicas, representativa de uma etapa do Planejamento. O Zoneamento define espaços segundo critérios de agrupamentos pré-estabelecidos, os quais costumam expressar as potencialidades, vocações, restrições, fragilidades, suscetibilidades, acertos e conflitos de um território. Enquanto o Planejamento estabelece diretrizes e metas a serem alcançadas dentro de um cenário temporal, relativas a esses espaços tematicamente delineados e representados.

Para Ross (2006) o zoneamento ambiental deve integrar as disciplinas técnico-científicas, já que considera as potencialidades do meio natural buscando uma relação de harmonia entre homem e natureza, baseado no ordenamento territorial apoiado no desenvolvimento interligado à política conservacionista.

As diferentes metodologias, nos seus mais diferentes enfoques, sempre trazem importantes contribuições, sejam eles provenientes da tradição antiga na Geografia voltada ao Planejamento Territorial, sejam voltados para zoneamentos de um tema específico, sejam simplesmente, resultado de diferentes técnicas ou sistemáticas de trabalho (BOAS, 2001).

Entender o Ordenamento Territorial implica, antes de tudo, ter clareza sobre os dois conceitos a partir dos quais está concepção é construída, quais sejam, ordem e território. Justamente estes são dois conceitos muito questionados nos últimos tempos, seja pelo discurso da difusão da imprevisibilidade e da desordem, seja pelo discurso do domínio da fluidez e da desterritorialização (HAESBAERT, 2006).

A “ordem” vem sempre acompanhada de seu par indissociável, a “desordem”, que não deve simplesmente, a priori, ser combatida, pois ela pode estar sendo a manifestação de uma nova ordem, de um novo ordenamento – vide algumas formas alternativas de organização do espaço que brotam das populações mais pobres e excluídas; o momento da desordem geralmente coincide com aquilo que caracterizamos como crise ou, como queria Gramsci, o momento em que “o velho está morrendo e o novo ainda não conseguiu nascer”. O território, enquanto relação de apropriação e/ou domínio da sociedade sobre o seu espaço, não está relacionado apenas à fixidez e à estabilidade (como uma área de fronteiras bem definidas), mas incorpora como um de seus constituintes fundamentais o movimento, as diferentes formas de mobilidade, ou seja, não é apenas um “território-zona”, mas também um “território-rede” (HAESBAERT, 2006).

O “ordenamento ambiental constitui um nível de planejamento que visa organizar o uso das diversas partes de um determinado recorte espacial, observando as potencialidades e capacidade inerentes aos sistemas ambientais desse espaço”. Portanto, busca uma ordem na utilização do espaço, garantindo uma integração ambiental e uma sustentabilidade (VICENS, 2012, p. 197).

O ordenamento do território é o processo integrado da organização do espaço biofísico, tendo como objetivo a ocupação, a utilização e a transformação do território de acordo com as suas capacidades e vocações numa perspectiva de aumento da sua capacidade de suporte de vida (PASSOS, 2013, p. 20).

Segundo Bacani (2010), o ordenamento é entendido como um instrumento técnico científico capaz de estabelecer um relacionamento harmônico entre as ações antrópicas e a natureza. Sendo o ordenamento considerado uma parte essencial para a elaboração do zoneamento e do planejamento do ambiente.

A nosso ver, quatro pontos devem ser superados para que possamos ter um zoneamento eficaz (BENATTI *et al.*, 2000):

a) o desconhecimento por parte das agências públicas e da sociedade das atribuições do zoneamento. Desconhece-se a importância e as vantagens de se realizar um ordenamento democrático, que garanta a participação de todos os interessados na sua elaboração, implementação e monitoramento;

b) a ausência de um conhecimento sistematizado sobre a atuação concreta das agências envolvidas e sobre as formas de descentralização adotadas nas áreas de suas atuações;

c) a desarticulação e a incoerência na legislação que afeta direta ou indiretamente o ordenamento territorial, além das dificuldades para aplicar a legislação devido à diversidade de agências públicas com atribuições na matéria;

d) o baixo nível de participação das populações envolvidas no processo de ordenamento territorial.

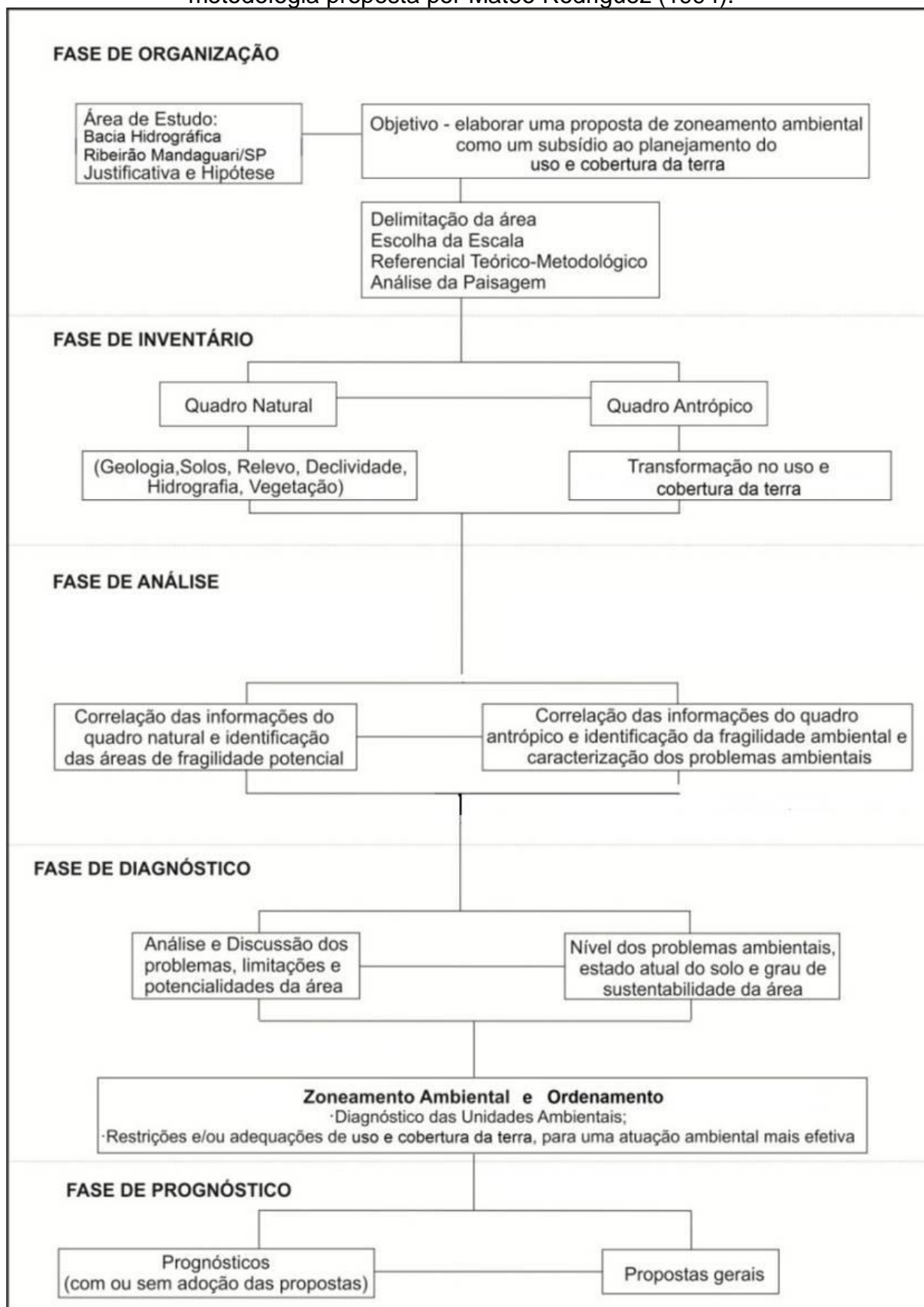
Carneiro e Coelho (1987, p. 38) reforçam que o zoneamento é um instrumento para ordenação de subespaço, o qual emerge basicamente de um conjunto de intenções e atitudes que, contratado com a dinâmica dos processos naturais e sociais ocorrentes nesse subespaço, vai permitir a obtenção de princípios e parâmetros relativos à sua utilização. Tais princípios e parâmetros conduzirão à formulação de normas e procedimentos a uma adequada articulação de meios, a fim de discriminar espaços a utilizar e a não utilizar.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
3**

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada na pesquisa foi pautada na proposta de Mateo Rodriguez (1994) que envolve os procedimentos de organização; inventário do quadro natural e do quadro antrópico; análise das informações obtidas no inventário; diagnóstico das interações entre os elementos identificados no inventário; elaboração de proposta do zoneamento ambiental com indicação dos principais problemas ambientais; restrições do uso e cobertura da terra. A quinta fase foi a elaboração das propostas e do prognóstico da área, conforme mostrado na **Figura 2**.

Figura 2 - Fluxograma das etapas de efetivação da metodologia proposta por Mateo Rodriguez (1994).



3.1. Fase de Organização

Na Fase de Organização foi definida a área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, destacando a sua importância por ser um recurso d'água localizado em cinco municípios (Presidente Prudente, Indiana, Martinópolis, Caiabu e Regente Feijó). Isto faz com que o objetivo da pesquisa seja também contribuir com o planejamento e a gestão desse recurso hídrico. Para o alcance dos objetivos, foram realizados trabalhos de campo, levantamentos bibliográficos e mapeamentos temáticos sobre a área de estudo, sendo que os procedimentos estão descritos na sequência.

3.1.1. Levantamento Bibliográfico

O levantamento bibliográfico consistiu de estudo prévio das informações disponíveis sobre o tema e a área de estudo e de dados relevantes sobre as características locais, por meio de trabalhos já realizados na bacia hidrográfica ou em áreas com características semelhantes, favorecendo o ordenamento das informações e contribuindo para a efetivação das etapas propostas na pesquisa.

3.1.2. Base Cartográfica

A base cartográfica foi essencial para o levantamento das primeiras informações sobre o local de estudo (informações cartográficas). Possibilitou o desenvolvimento das etapas de delimitação da área de estudo, das curvas de nível, dos perímetros urbanos, das planícies de inundação, da hidrografia, das rodovias e estradas, das cotas altimétricas entre outras informações essenciais e que foram mapeadas ao longo da pesquisa.

Para a elaboração da base cartográfica, foram utilizadas cartas topográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) – Superintendência de Cartografia, folhas Mariópolis (SF-22-V-D-VI-4), Alfredo Marcondes (SF-22-V-D-VI-3), Presidente Prudente (SF-22-Y-B-III-1) e Martinópolis (SF-22-Y-B-III-2), todas na escala de 1:50.000.

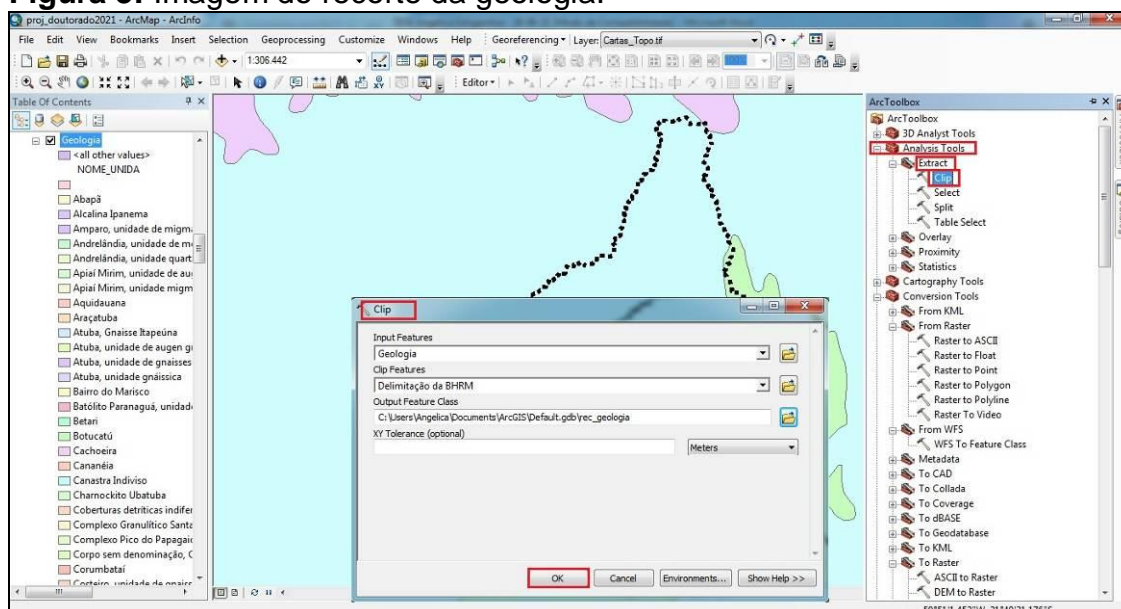
3.2. Fase de Inventário

Na Fase de Inventário, foi realizado o levantamento detalhado das características do quadro natural e do quadro antrópico da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, levando em conta o processo histórico de ocupação de cada município e seus aspectos naturais e sociais, relacionando estes com o uso e cobertura da terra e com as unidades ambientais.

3.2.1. Quadro Físico-biótico

- **Geologia:** A caracterização geológica da área de estudo foi realizada uma interpolação com o auxílio do ArcGis 10®, a partir de dados do mapa geológico do estado de São Paulo na escala de 750:000, fornecidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais (CPRM) do Serviço Geológico do Brasil. O procedimento utilizado é mostrado na Figura 3, onde foi utilizado o *shapefile* de geologia e logo em seguida feito o recorte em *Analysis tools >> extract >> clip*. Na ferramenta *clip* é colocado o *shapefile* de geologia e a delimitação da bacia hidrográfica.

Figura 3: Imagem do recorte da geologia.



- **Pedologia:** O mapa de pedologia da área da pesquisa foi realizado a partir dos dados do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (ROSSI, 2017) que teve seu

arquivo reconfigurado em uma escala de 1.250.000 e 1.100.000, incorporando novos trabalhos executados, abordando um maior detalhamento dos solos encontrados. O recorte do mapa pedológico foi realizado conforme o procedimento descrito anteriormente.

• **Pluviosidade:** Foram utilizados dados pluviométricos de 11 estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e no site da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), conforme mostra a localização na Figura 4, a partir dos dados das normais climatológicas foi realizado a interpolação desses dados em ambiente SIG.

Figura 4: Localização das Estações Pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari

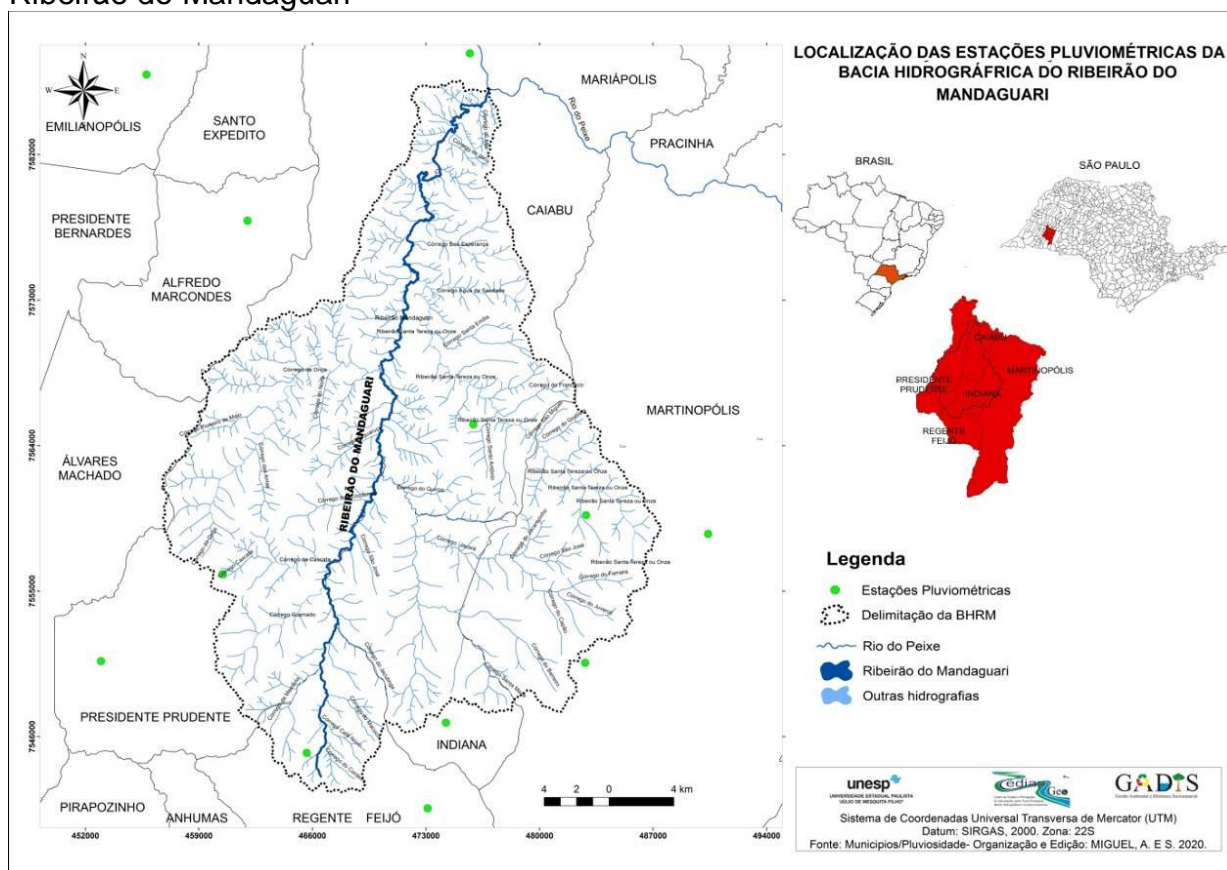


Tabela 1: Localização das estações pluviométricas

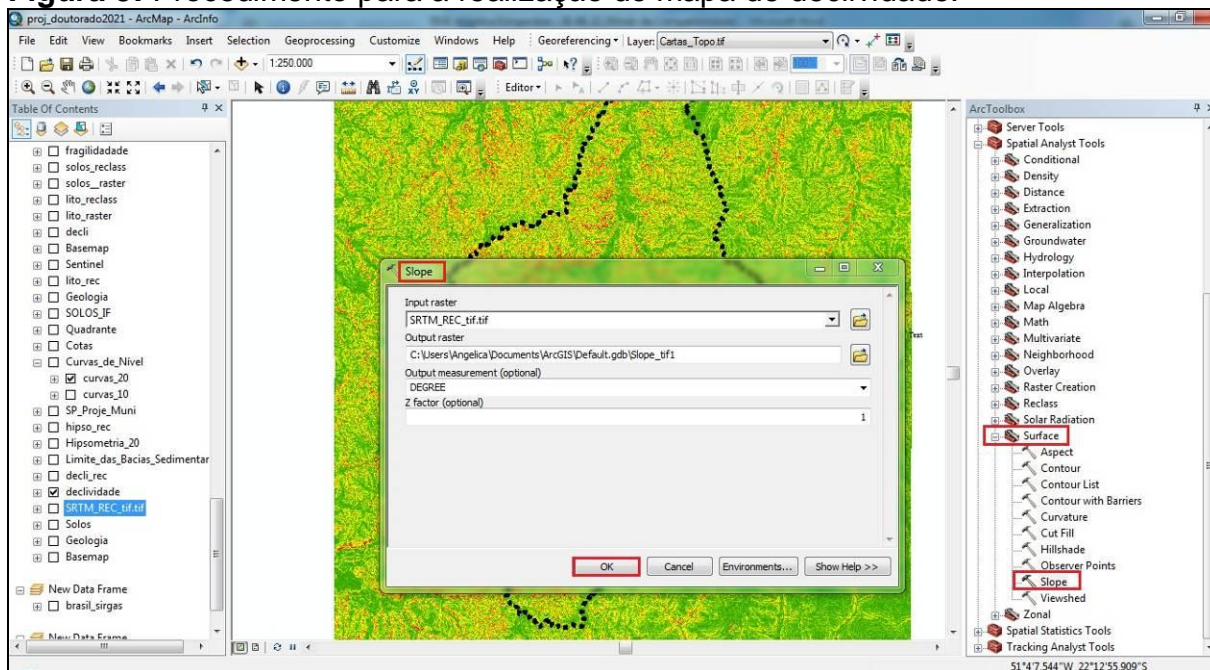
Estações	Municípios	Coordenadas
Alfredo Marcondes	Alfredo Marcondes	21° 45.840' S; 51° 29.5071 O
Caiabu	Caiabu	22° 0.746' S; 51° 14.022' O
Emilianópolis	Emilianópolis	21° 46.630' S; 51° 29.770' O
Indiana	Indiana	22° 10.076' S; 51° 15.113' O

Martinópolis	Martinópolis	22° 0.746' S; 51° 14.022' O
Martinópolis	Martinópolis	22° 4.540' S; 51° 5.716' O
Mariapólis	Mariapólis	21° 43.737' S; 51° 13.227' O
Presidente Prudente	Presidente Prudente	22° 6.053' S; 51° 22.891' O
Presidente Prudente	Presidente Prudente	22° 0.449' S; 51° 21.938' O
Regente Feijó	Regente Feijó	22° 14.735' S; 51° 18.349' O
Regente Feijó	Regente Feijó	22° 11.899' S; 51° 20.312' O

• **Hipsometria:** O mapa de Hipsometria foi realizado com o auxílio do SIG ArcGis® 10, com a utilização do MDT/SRTM, de acordo com este modelo é possível ver as áreas elevadas, altimetria e determinar as curvas de nível. O método utilizado foi o modelo *Triangulated Irregular Network* - TIN. O módulo foi elaborado em ambiente SIG, por meio do *3d analyst tools>>tin management>create tin*, no local de saída inserir as curvas de nível e está finalizado, deste modo é só criar as classes de hipsometria.

• **Declividade:** para a realização da declividade foi necessária a importação do modelo digital de terreno, da Missão Topográfica Radar *Shuttle* - SRTM, para ser trabalhado em ambiente do Sistema de Informação Geográfica – SIG, conforme mostra a Figura 5. Na definição das classes foi escolhida a metodologia de Lespch (2002).

Figura 5: Procedimento para a realização do mapa de declividade.



3.2.2. Quadro Antrópico

- **Uso e cobertura da terra:** No mapeamento do uso e cobertura da terra é indispensável o emprego do geoprocessamento, que neste caso, optou-se por utilizar os SIG's ArcGis 10[®] (fabricante ESRI) e Spring 5.2.7[®], (fornecido pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Este levantamento foi realizado por meio de imagens do satélite *Sentinel* - 2A, sensor MSI, com data da passagem de 07/07/2018, esta data foi utilizada devido à inicialização da pesquisa que se deu no ano de 2017. As imagens foram baixadas no site *Earth Explorer* da NASA e foi analisado o uso da cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, com todas as imagens processadas em ambiente SIG.

3.2.2.1. Procedimento do mapeamento

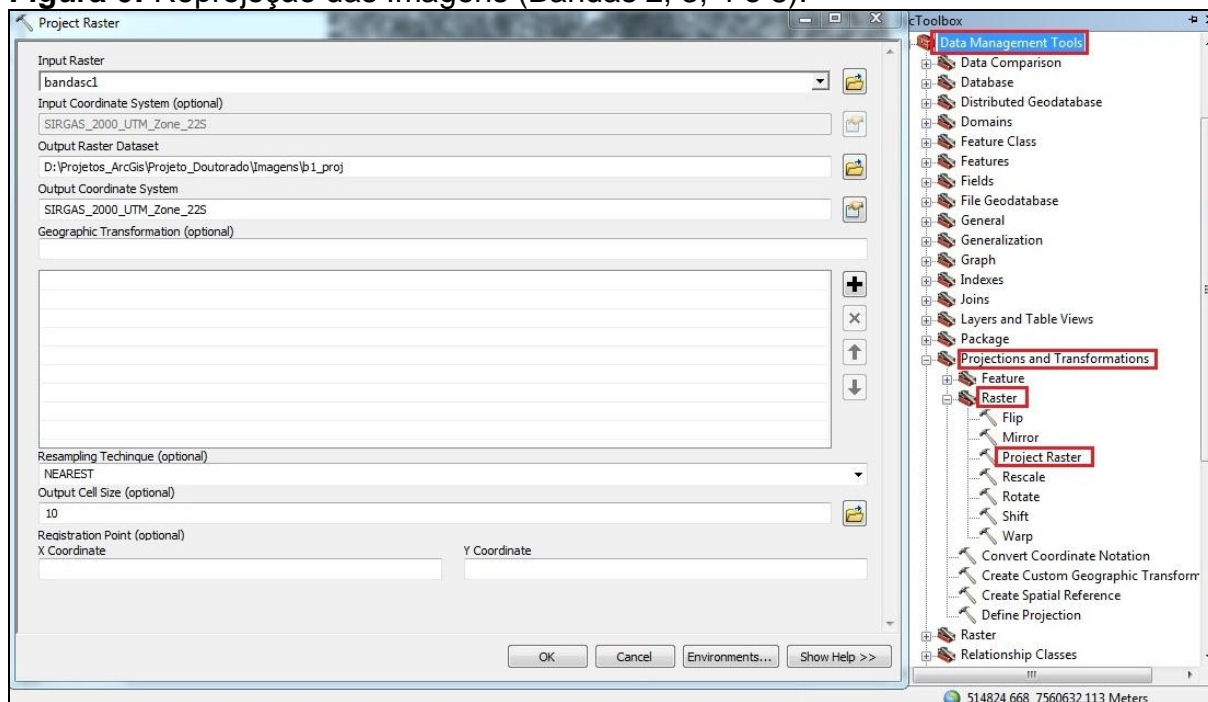
- **Criação do Banco de Dados Geográficos e Importação das Imagens de Satélite no ArcGis 10[®]**

Primeiro passo na elaboração do mapeamento é a organização do Banco de Dados Geográficos - BDG, para a inclusão das informações geoespaciais, sejam elas matriciais (imagens) ou vetoriais (linhas, pontos e/ou polígonos).

- **Reprojeção**

Após a importação das imagens *Sentinel* é obrigatória sua reprojeção, passando de WGS 84 UTM Zona 22S para a projeção *SIRGAS 2000 UTM Zona 22S* (utilizada esta projeção, pois foi alterado a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro em 25/2/2005, artigo 24 do Estatuto aprovado pelo Decreto nº 4.740, de 13 de junho de 2003, sob responsabilidade do IBGE, que em todas as pesquisas realizadas no território brasileiro, é obrigatória a utilização desta projeção), sendo esta, utilizada para todas as informações do BDG. Este procedimento é elaborado com o módulo *Data Management Tools > Projections and Transformations > Raster > Project Raster*, conforme a **Figura 6**.

Figura 6: Reprojeção das Imagens (Bandas 2, 3, 4 e 8).

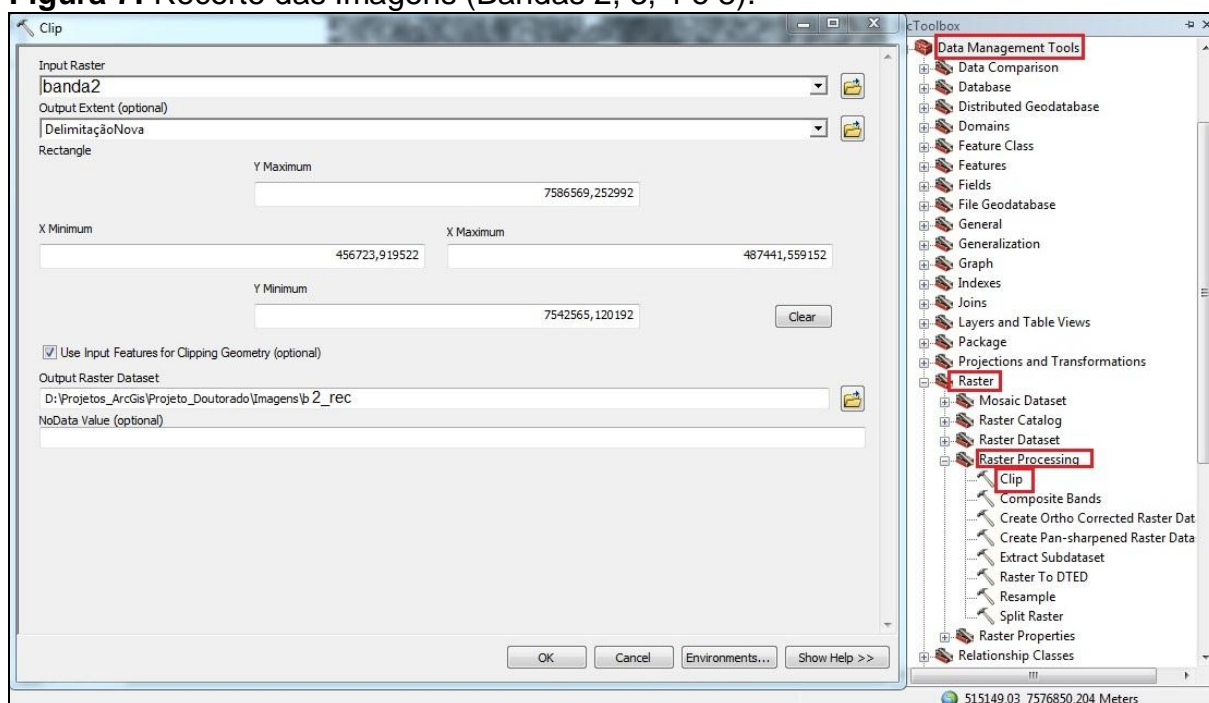


Fonte: ArcGis 10[®].

3.3.2. Recorte das Imagens de Satélite

Depois das imagens reprojadas, as mesmas passaram pelo procedimento de “clip”, que é extração da delimitação da área da bacia hidrográfica. Foi realizado o recorte das bandas utilizadas (Banda 2 - Vermelho, Banda 3 - Verde, Banda 4 - Azul e Banda 8 - Infravermelho próximo), utilizando-se a delimitação da BHRM, por meio do módulo *Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Clip*, conforme **Figura 7**.

Figura 7: Recorte das Imagens (Bandas 2, 3, 4 e 8).



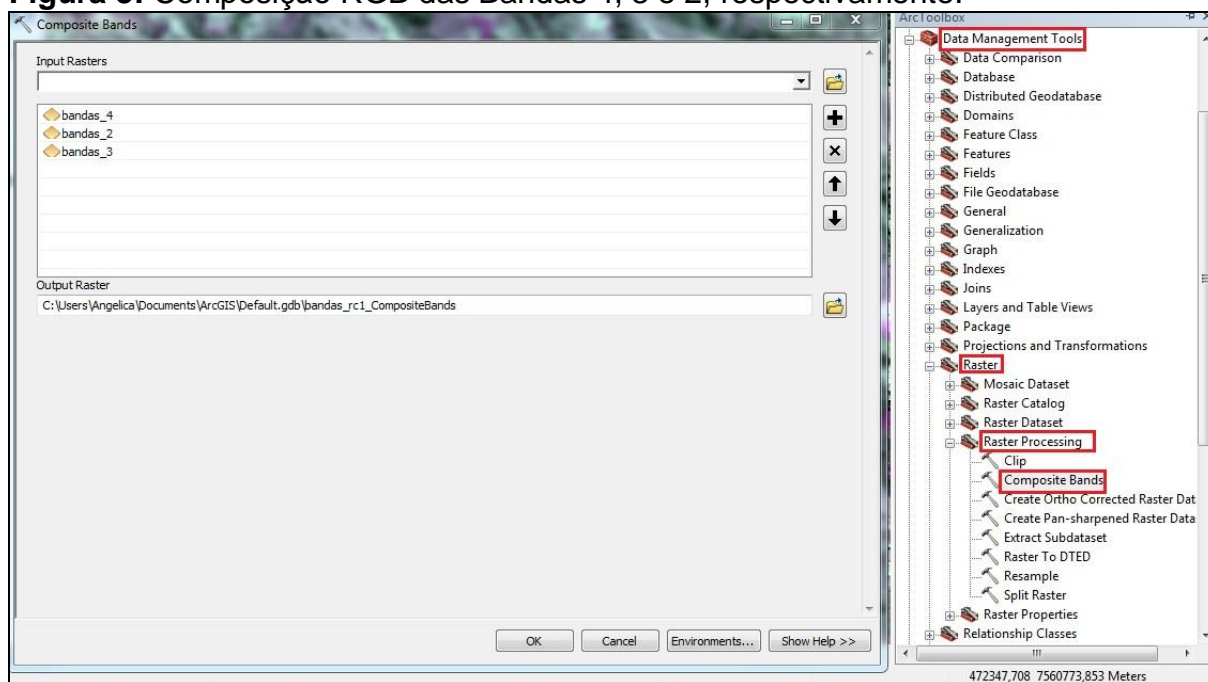
Fonte: ArcGis 10[®].

- **Composição Colorida das Bandas**

Logo após o recorte das imagens de acordo com a delimitação da BHRM, todas as bandas possuem tonalidades de cinza, sendo que a recomposição busca uma melhor visualização, discriminando e/ou realçando os objetos presentes nas imagens. Assim, a composição de bandas (na sequência: 4, 3 e 2) são associadas pelas cores RGB (R - Red, G - Green e B - Blue).

Esta composição foi realizada ainda no ArcGis® 10 com o módulo *Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Composite Bands*, **Figura 8**.

Figura 8: Composição RGB das Bandas 4, 3 e 2, respectivamente.

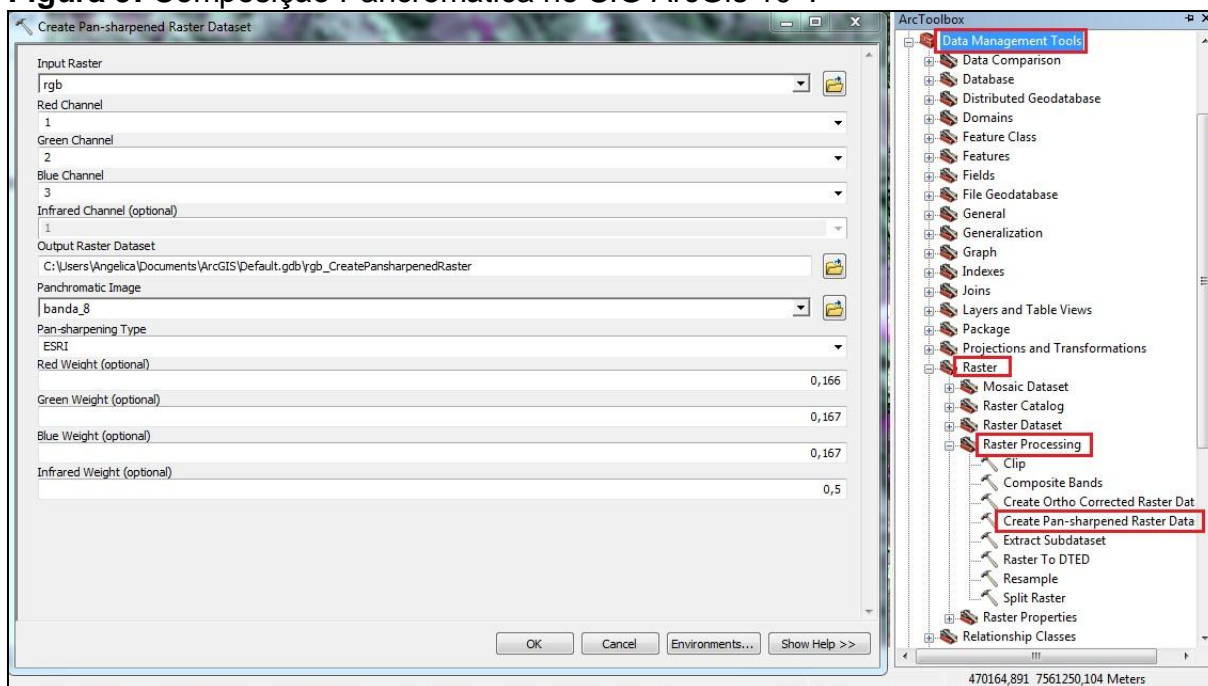


Fonte: ArcGis 10®.

- **Composição Pancromática**

A composição pancromática é necessária para uma melhor visualização das imagens de satélite que obtém uma resolução de 10m. Foi adicionada a imagem pancromática por meio do módulo *Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Create-Pan-sharpened Raster Dataset*, levando em consideração, que todas as imagens já estão recortadas, **Figura 9**.

Figura 9: Composição Pancromática no SIG ArcGis 10®.



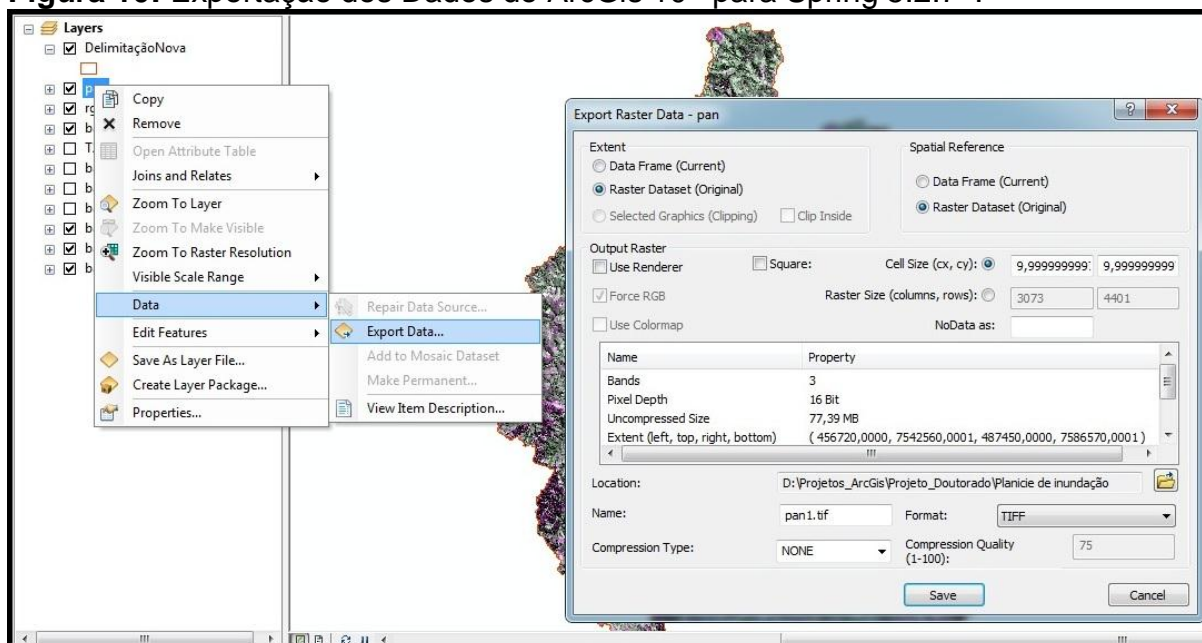
Fonte: ArcGis 10®.

- **Exportação dos dados para o Spring 5.2.6®**

O mapeamento do uso e cobertura da terra na BHRM, possui várias etapas, consistindo no emprego de dois softwares ArcGis 10® e Spring 5.2.7®. Diante disto, a adição, recorte, composição de bandas e elaboração da imagem pancromática é realizada no ArcGis 10®, bem como o resultado final do mapeamento. Entretanto, para a segmentação, classificação e mapeamento optou-se pela utilização do SIG Spring, principalmente, pelo nível de detalhe que este SIG obtém neste caso.

Assim, todos os dados, a imagem pancromática (formato Tiff.) e a delimitação da BHRM (shapefile), foram exportadas para uma pasta já designada para adição no Spring, este procedimento é realizado por meio do módulo *Data > Export Data*, **Figura 10.**

Figura 10: Exportação dos Dados do ArcGis 10® para Spring 5.2.7®.



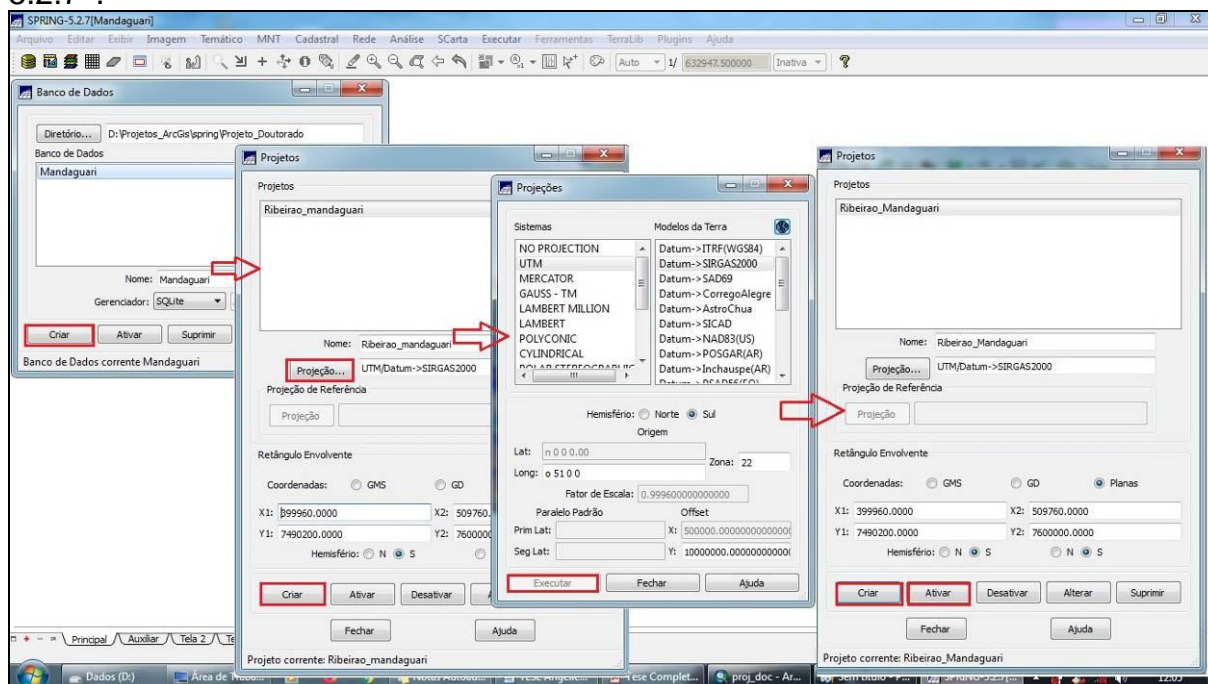
Fonte: ArcGis 10®.

- **Criação do Banco de Dados Geográficos e Importação das Imagens de Satélite no Spring 5.2.7®**

Após a exportação das informações, foi criado um BDG no *software* Spring 5.2.6®, com as coordenadas geográficas graus, minutos e segundos da delimitação do projeto: "Latitude 1: S 22° 41' 43.38950877", Longitude 1: O 51° 58' 26.21995674" e "Latitude2: S 21° 42' 2.14720046, Longitude2: O 50° 54' 17.91093337".

É necessário destacar que a projeção utilizada é a mesma que no *software* ArcGis 10®, ou seja, UTM/Datum->SIRGAS2000, **Figura 11**.

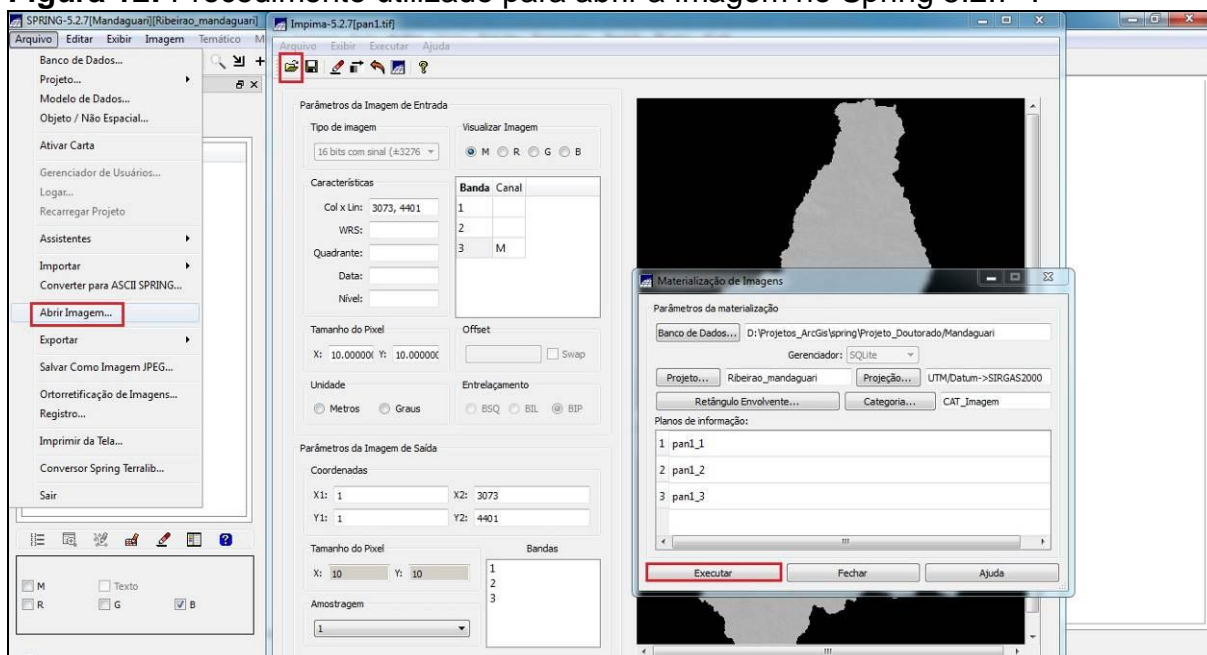
Figura 11: Procedimento utilizado para a Criação de um Banco de Dados no Spring 5.2.7®.



Fonte: Spring 5.2.7®.

Após o procedimento de criação do projeto, foi realizada a importação dos dados, começando pelos limites da BHRM (Arquivo/Importar/Importar Dados Vetoriais e Matriciais) e posteriormente, as imagens pancromáticas, **Figura 12**. Quando é importada a imagem pancromática, automaticamente é criada as 3 bandas coloridas BGR utilizadas, feito isso no módulo *Arquivo > Abrir Imagem > Impima > Abrir > (arquivo da imagem pancromática) > Materializar no Spring*.

Figura 12: Procedimento utilizado para abrir a imagem no Spring 5.2.7®.

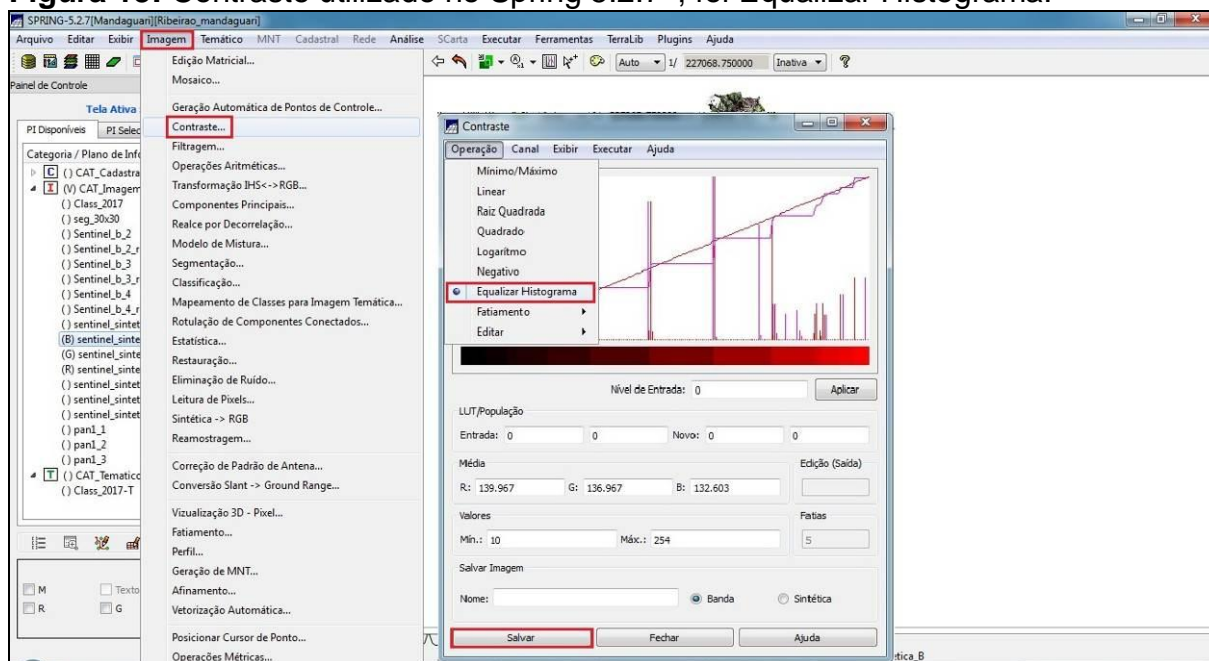


Fonte: Spring 5.2.7®.

- **Realce do Contraste e Elaboração da Imagem Sintética**

Com a imagem já materializada no software, foi necessária a realização do realce do contraste, visando uma melhor visualização, destacando sua composição RGB. Para isso, foi utilizado o tipo de contraste Equalizar Histograma, conforme a **Figura 13**. Após este procedimento foi necessário o salvamento desta imagem de forma sintética.

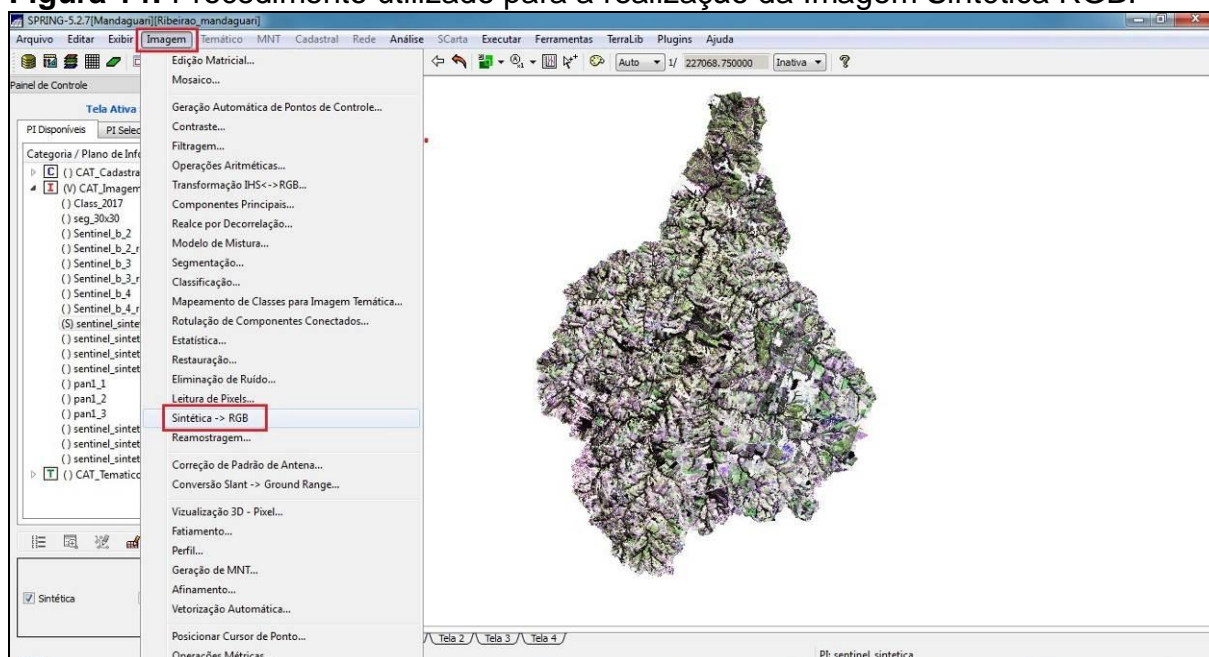
Figura 13: Contraste utilizado no Spring 5.2.7[®]; foi Equalizar Histograma.



Fonte: Spring 5.2.7[®].

Outro procedimento indispensável em sequência é efetuar *Imagem > Sintética RGB*, fazendo com que a imagem sintética criada anteriormente possua as cores RGB, **Figura 14**, podendo assim efetuar, posteriormente, a segmentação da destas imagens.

Figura 14: Procedimento utilizado para a realização da Imagem Sintética RGB.

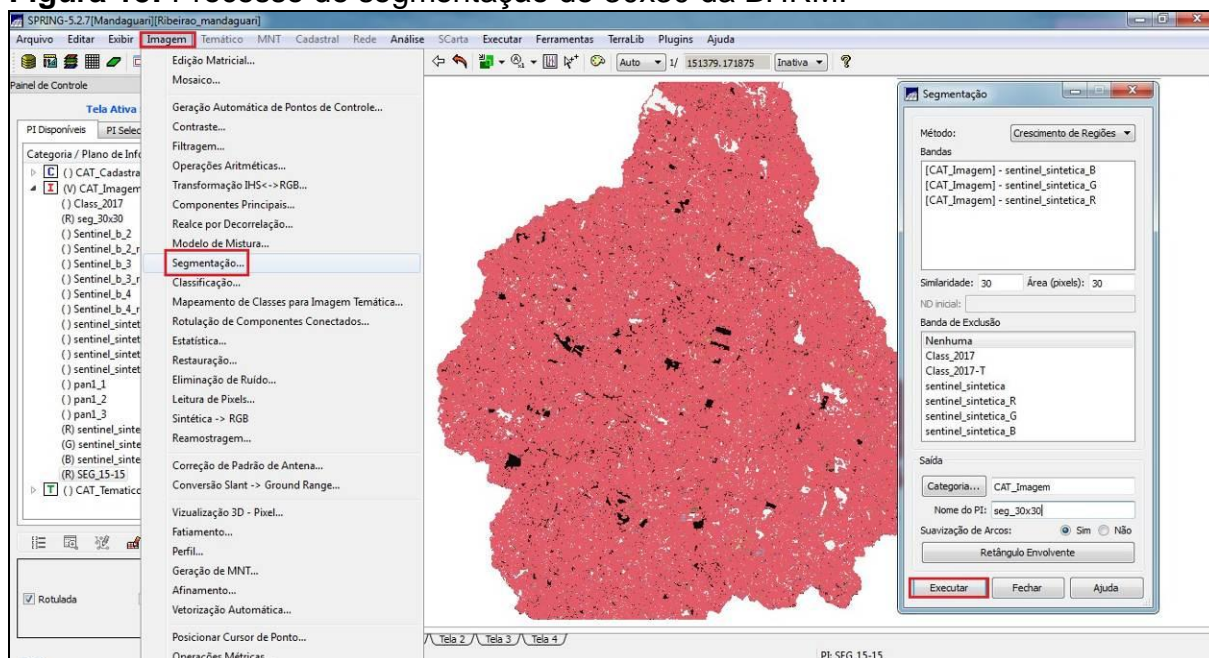


Fonte: Spring 5.2.7[®].

- **Segmentação das Imagens de Satélite**

Após a composição RGB da imagem sintética, foi realizada a segmentação da imagem de satélite, por meio do módulo *Imagem > Segmentação*, utilizando-se do método de crescimento de regiões, onde foram utilizados valores de similaridade 30 e área pixel 30, **Figura 15**. A área pixel vai definir o tamanho das áreas a serem destacadas como uma só classe, já a similaridade vai ser a quantidade de pixels que poderão ser agrupados para formar uma região/classe única.

Figura 15: Processo de segmentação de 30x30 da BHRM.

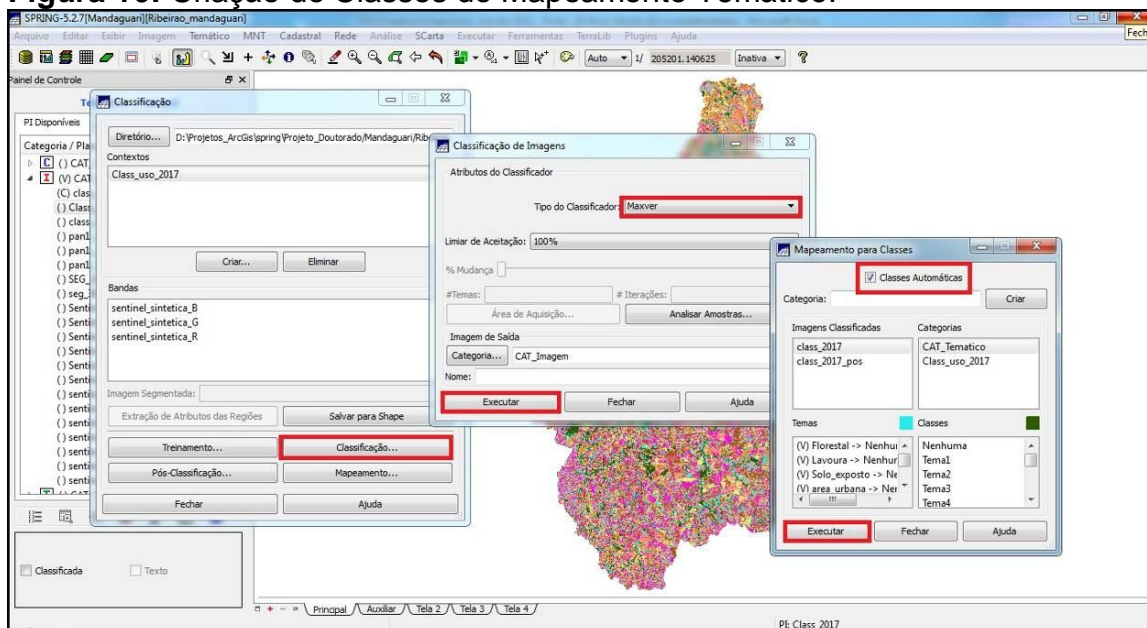


Fonte: Spring 5.2.7®.

- **Classificação das Imagens de Satélite**

Posteriormente ao procedimento de segmentação das imagens, foi realizada a classificação por um processo não supervisionado no *software* Spring 5.2.7®; criando um contexto utilizando a segmentação 30x30. Foi utilizada a classificação maxver, que é um método de classificação que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. A realização deste procedimento foi realizada por meio do módulo *Imagem > Classificação > Mapeamento*, com isso utilizando-se das classes automáticas, conforme **Figura 16**.

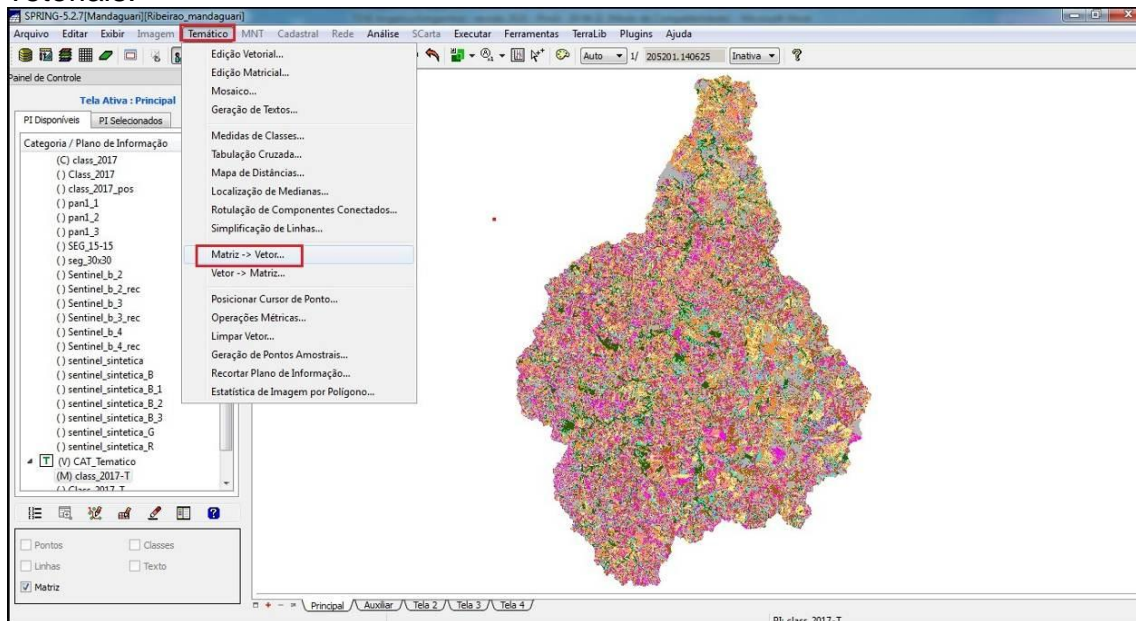
Figura 16: Criação de Classes do Mapeamento Temático.



Fonte: Spring 5.2.7®.

Após todas estas classes de classificação ter sido transformada em classes temáticas, foi necessária que ocorra outra transformação, desta vez ocorre a mudança de arquivos matriciais para vetoriais, **Figura 17**, fazendo com que as classes sejam polígonos e linhas, podendo assim, ser alteradas.

Figura 17: Procedimento utilizado para alteração de arquivos matriciais para vetoriais.

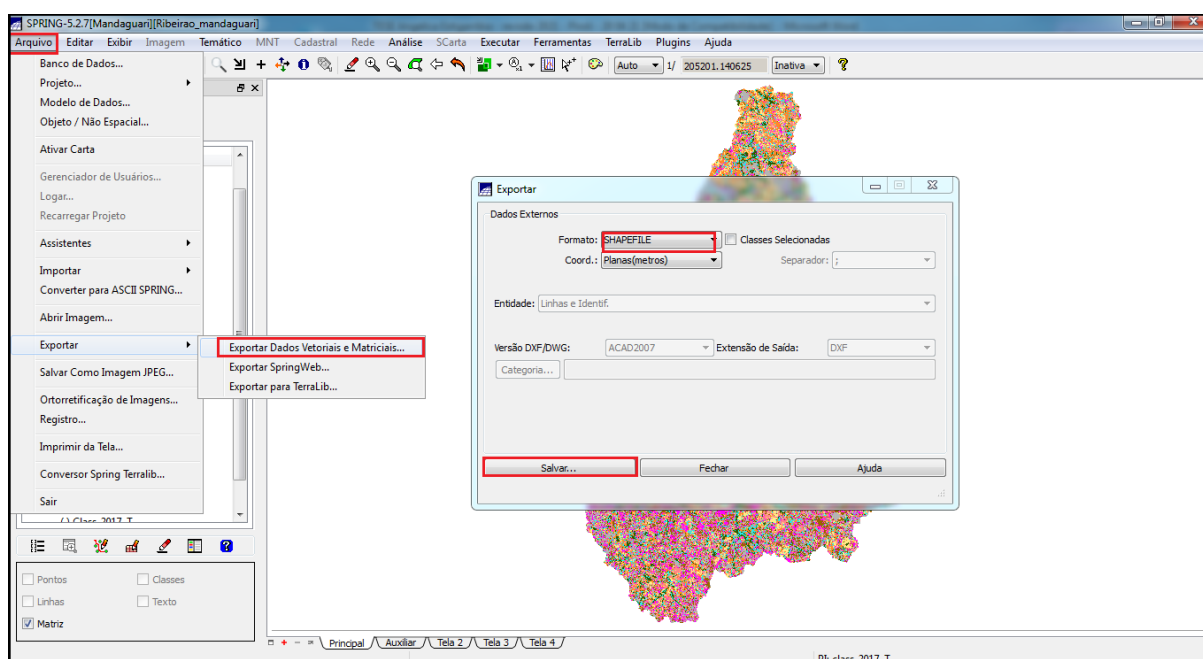


Fonte: Spring 5.2.7®.

- **Exportação dos dados do Spring 5.2.7® e a Importação no ArcGis 10®**

Este procedimento descrito anteriormente foi empregado na medida em que ocorreu uma reclassificação supervisionada, portanto, fez-se necessário que estes arquivos vetoriais criados, fossem exportados novamente para o SIG ArcGis 10®, por meio do módulo *Arquivo > Exportar > Exportar Dados Vetoriais e Matriciais*, utilizando o formato shapefile, conforme **Figura 18**.

Figura 18: Exportação dos arquivos Vetoriais e Matriciais da BHRM.

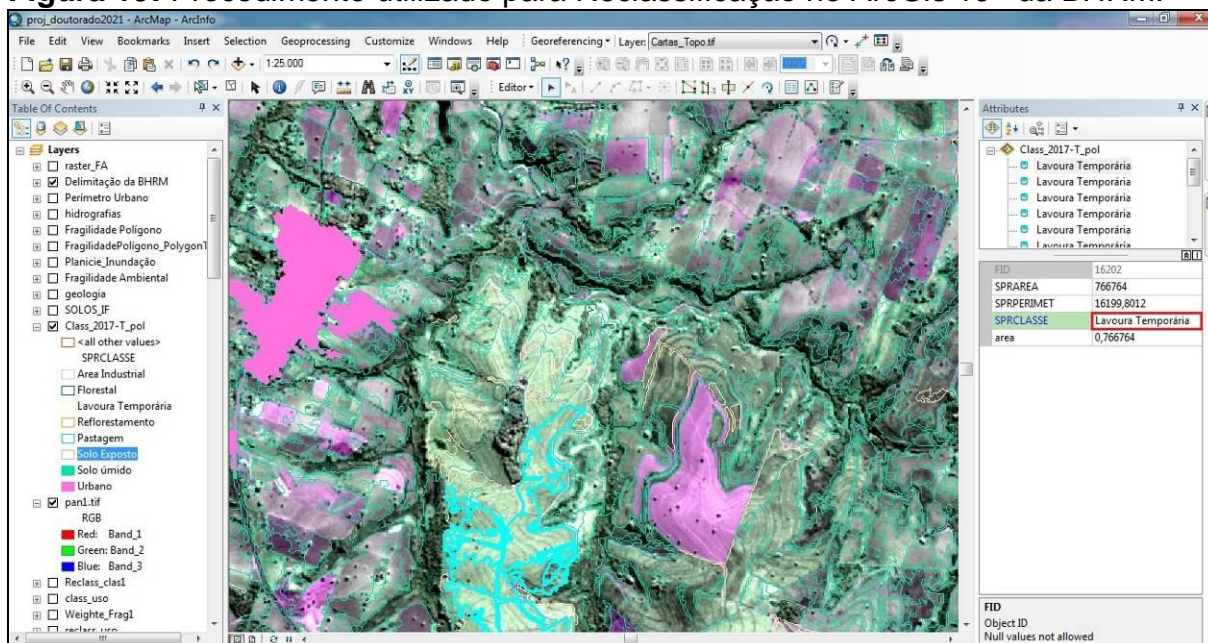


Fonte: Spring 5.2.7®.

- **Reclassificação das Classes de Uso e Cobertura da Terra**

As imagens classificadas foram importadas para o SIG ArcGis 10®, para ajustar algumas variações, buscando assim analisar cada região e alterando aquelas que apresentavam erros, levando em consideração as tonalidades de cores para cada classe existente na BHRM, conferindo cada região de acordo com a realidade mostrada na imagem de satélite, **Figura 19**.

Figura 19: Procedimento utilizado para Reclassificação no ArcGis 10® da BHRM.



Fonte: ArcGis 10®.

Na reclassificação das classes de uso e cobertura da terra, foi utilizado o conhecimento adquirido em campo, realizado no dia 13 e 14 de 2020, bem como a análise das imagens trabalhadas, criando-se oito classes: Área Florestal; Solo Úmido; Lavoura Temporária; Silvicultura; Pastagem; Solo Exposto.

3.3.3. Fase de Análise

Na Fase de Análise, foram levadas em conta todas as informações do diagnóstico e do inventário, integrando e sistematizando os dados e as informações sobre o meio físico, sobre os recursos hídricos e o uso e cobertura da terra. Todas essas informações são necessárias para elaboração do zoneamento ambiental da bacia hidrográfica.

a) Fragilidade Potencial e Ambiental: A primeira etapa na realização da fragilidade potencial foi a transformação dos arquivos vetoriais dos componentes ambientais em arquivos matriciais. Para tanto, utilizou-se o tratamento das informações em ambiente SIG ArcGis 10®, que necessita de uma conversão para a elaboração e edição dos pesos de cada aspecto presente nos componentes da paisagem.

Logo, utilizou-se o módulo *Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*, em que todas as informações matriciais se transformaram em pesos. Com todas as reclassificações realizadas, a avaliação dos componentes da bacia hidrográfica obedeceu a critérios com relação à atribuição destes respectivos pesos de fragilidade. Essa correlação entre as variáveis ocorreu mediante o módulo *Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Overlay*, em que se abordam os componentes: declividade, solo, geologia e precipitação, depois de elaborar este procedimento foi elaborado o mapa de Fragilidade Ambiental emergente que segue o mesmo procedimento anterior que faz a junção do mapa de fragilidade potencial junto com o uso e cobertura da terra. Para a determinação dos pesos da fragilidade potencial e ambiental emergente usou-se a proposta Ross (1994), com algumas adaptações.

Frente a tais observações, adotou-se os pesos descritos no Quadro 2.

Quadro 2: Pesos atribuídos a fragilidade ambiental

Critério de Análise	Fator	Pesos de Vulnerabilidade
Declividade	0 a 3%	1
	3 a 6%	1
	6 a 12%	2
	12 a 20%	3
	20 a 30%	4
Solo	Latossolo Vermelho de textura média álico ou não álico	3
	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo e Vermelho latossólico ou típico, álico ou não álico	3
	Argissolo Vermelho/Amarelo ou Vermelho eutrófico arênico ou abruptico	4
	Complexo indiscriminado de Gleissolo Háplico ou Melânico com ou sem ocorrência de Organossolo	5
	Complexo de Gleissolo Háplico e Neossolo Flúvico, ambos distróficos -	5
	Complexo de Gleissolo Háplico eutrófico/distrófico de textura argilosa e Planossolo Háplico eutrófico	5
Geologia	Formação Santo Anastácio	2
	Formação Presidente Prudente	3
	Vale do Rio do Peixe	3
	Área Florestal	1
Uso e Cobertura da Terra	Área construída	5
	Pastagem	3
	Silvicultura	2
	Lavoura Temporária	4
	Solo úmido	2
	Solo Exposto	5
	Planície de Inundação	5
Pluviosidade	1075,00mm a 1339,00mm	2

3.2.3. Áreas Protegidas pela Legislação Ambiental

O mapa de legislação ambiental diz respeito a todas as áreas restritas legalmente, que abrangem desde APP's, UC's, RPPN's, MNE's, até as faixas de proteção especial. Cada uma possui sua legislação específica, como as áreas previstas pelo Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), que discorre sobre a proteção da vegetação nativa.

De acordo com a legislação brasileira foi definido essas classes de APPs.

a) Faixas marginais de qualquer manancial hídrico seja ele perene e/ou intermitente:

- 30 metros, para cursos d'água que tenham menos de 10 metros de largura;
- 50 metros, para cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
- 100 metros, para cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
- 200 metros, para cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura;
- 500 metros, para cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros.

O mapeamento das APPs foi realizado no SIG ArcGis 10® através de um *buffer* de acordo com o que determina a legislação. Os vetores da rede de drenagem foram extraídos da imagem de satélite Sentinel 2A, de 2018. Para delimitação do entorno das cabeceiras foi necessário criar um novo arquivo de ponto para cada nascente.

3.3. Fase de Diagnóstico

a) Zoneamento Ambiental e Ordenamento Territorial: a delimitação dos ambientes e os respectivos indícios quanto ao uso e cobertura da terra e suas restrições, foram identificados e fundamentados nas características do relevo, nos tipos de solos, rochas, pluviosidade, no uso e cobertura da terra, na fragilidade ambiental. As zonas dos mapeamentos foram estabelecidas conforme modelo de Bacani (2010), Bacani e Luchiari (2014), Bacani et al. (2015), que para a elaboração do zoneamento ambiental fundamentou-se na proposta de Ross (2006).

No ambiente SIG foi utilizado o método de álgebra de campo por sobreposição ponderada, de modo a identificar as áreas que estão obedecendo aos critérios da lei. Já o mapa de ordenamento territorial é o conjunto da combinação das zonas de

restrição à produtividade, gerada a partir do zoneamento ambiental, do mapa de legislação e o de uso e cobertura da terra, que no final foram indicadas as áreas prioritárias à preservação, recuperação ou de uso sustentável.

3.4. Fase de Prognóstico

A fase de prognósticos e de propostas fez a identificação dos problemas ambientais e sugestões de ações mitigadoras para auxiliar o planejamento ambiental. Segundo Leal (1995) essa etapa é difícil, mas ao mesmo tempo é estimulante, permitindo refletir sobre as ações futuras voltadas às tomadas de decisão.

**C
A
P
Í
T
U
L
O

4**

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. INVENTÁRIO DA PAISAGEM NATURAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MANDAGUARI

Partindo-se do exposto por Dibieso (2012) a etapa de inventário consistiu no levantamento detalhado das características ambientais da bacia hidrográfica, considerando sua localização, o processo histórico de produção desse espaço e seus aspectos naturais e sociais, particularizados e interrelacionados, de forma a se obter unidades físicas, unidades de uso e cobertura da terra.

O inventário consiste, também, em uma etapa inicial de aproximação e compreensão da realidade local, e, por isso, torna-se fundamental para a realização de todas as etapas posteriores (LEAL, 1995, p. 47). A elaboração do inventário ambiental requer uma avaliação contínua, pois possui interação permanente com as etapas de diagnóstico, prognóstico e propostas.

4.1.1. Geologia da BHRM

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari encontra-se localizada na bacia sedimentar do Paraná, que foi formada durante os períodos Paleozoico e Mesozoico, essa região apresenta rochas sedimentares e vulcânicas, formada entre o período Ordoviciano e o Cretáceo. Geologicamente a BHRM tem as Formações Presidente Prudente, Vale do Rio do Peixe e uma parte muito pequena localizada na foz temos a Formação Santo Anastácio. Na concepção de Fernandes & Coimbra (2000) a Formação Presidente Prudente seria constituída por arenitos muito finos a finos (dominantes) e lamitos arenosos. Existiria alternância de: 1) lentes arenosas com estratificações cruzadas acanaladas, isoladas ou múltiplas (unidades de corte-e-preenchimento); 2) arenitos em corpos tabulares com estratificações sigmoidais internas; 3) arenitos a siltitos em camadas tabulares, com estratificações plano-paralelas e estruturas de fluxo aquoso, com regime inferior dominante; 4) lamitos argilosos em geral maciços, em estratos tabulares. Os arenitos teriam cor marrom avermelhada clara a bege, seleção moderada a má, matriz lamítica. Os lamitos

argilosos apresentariam cor marrom-escuro chocolate (FERNANDES & COIMBRA, 2000).

A Formação Vale do Rio do Peixe foi encontrada ao sul da bacia hidrográfica e é composta por camadas de espessura submétrica, estruturação tabular típica, de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos. Os arenitos são muito finos a finos, marrom-claro rosado a alaranjado, de seleção moderada a boa. Tem aspecto maciço ou estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte. Nos estratos “maciços”, podem ocorrer zonas de estratificação/laminação plano paralela grosseira (ATLAS MULTIRREFERENCIAL, 1990).

A **Figura 20** representa as formações geológicas encontradas na bacia hidrográfica. As áreas e porcentagens são mostradas na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Classificação da Geologia e sua respectiva área (km² e %).

Classes	Área (km²)	Área (%)
Formação Presidente Prudente	316,84	42,96
Formação Vale do Rio do Peixe	420,52	57,00
Formação Santo Anastácio	0,06	0,04
Total	737,42	100

4.1.2. Solos da BHRM

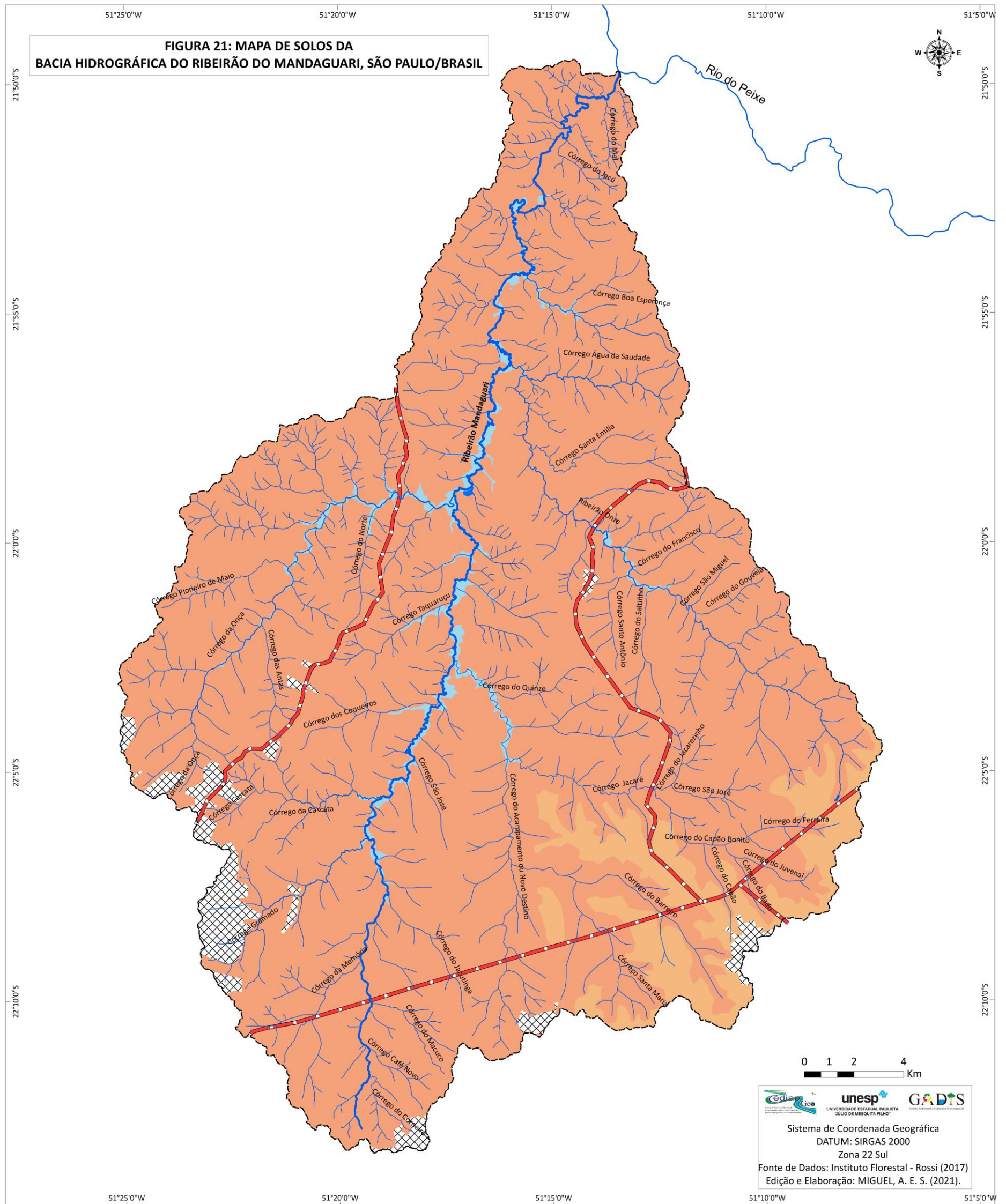
Os solos encontrados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari foram: Argissolos, Latossolos e Gleissolos.

Os Argissolos segundo a EMBRAPA (2018, p. 86-87) são:

(...) solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para ser enquadrado nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 2018, p.86-87).

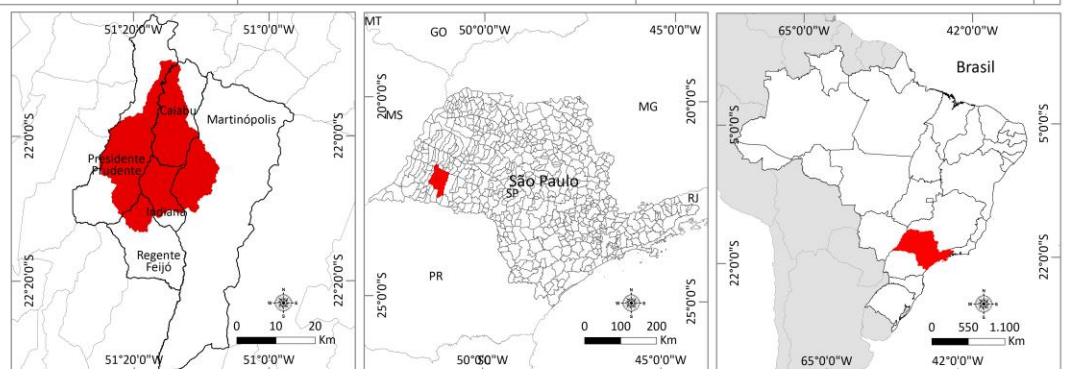
Os Argissolos Vermelho-Amarelo, segundo Lepsch (2002), compreendem solos não-hidromórficos, com horizonte A ou E seguidos de horizonte B textural não plíntico, argila de atividade alta ou baixa, cotes vermelhas a amarelas e teores de Fe₂O₃. De modo geral, apresentam um gradiente textural acentuado, porém, quando pouco espesso, o horizonte B deve apresentar estrutura de blocos e cerosidade suficientemente desenvolvidas para qualificar como um B textural.

Figura 21: Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil



Legenda

- Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
- Rio do Peixe
- Hidrografias
- Rodovias
- Argissolos Vermelho-Amarelos
- Gleissolos Hápicos
- Latossolos Vermelhos
- Rios, represas e lagoas
- Área Urbana



Esses solos estão descritos no Quadro 3:

Quadro 3: Unidades de Solos encontradas na Bacia do Ribeirão do Mandaguari.

GLEISSOLOS HÁPLIOS	
GX2	Complexo Indiscriminado de GLEISSOLO HÁPLICO ou MELÂNICO com ou sem ocorrência de ORGANOSSOLO
GX5	Complexo de GLEISSOLO HÁPLICO e NEOSSOLO FLÚVICO, ambos Distróficos típico A moderado ou proeminente textura indiscriminada
GX9	Complexo de GLEISSOLO HÁPLICO Eutrófico/Distrófico Tb Textura argilosa + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico Tb A moderado textura arenosa/média e arenosa/argilosa + NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico A moderado textura argilosa, todas as fases relevo plano.
LATOSSOLO VERMELHO	
LV21	LATOSSOLO VERMELHO ou VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A moderado ou fraco textura média álico ou não álico.
ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO	
PVA1	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO ou VERMELHO Eutrófico arênico ou abruptico A moderado ou fraco textura arenosa/média.
PVA4	Associação de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico A moderado +ARGISSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico típico, ambos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado.
PVA6	Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico + ARGISSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico ambos textura arenosa/média e média, relevo suave ondulado e ondulado.
PVA10	Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico léptico ou abruptico pouco profundo A moderado ou fraco textura arenosa/média + NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico ou LITÓLICO, Psamíticos típicos ou eutróficos.
PVA31	Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO latossólico ou típico, álico ou não álico, A moderado ou fraco textura argilosa ou média/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/AMARELO típico A moderado,

	textura argilosa, ambos Distróficos
PVA44	Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO abrúptico ou não abrúptico, arênicos ou espessoarênicos, A moderado ou proeminente, textura arenosa/média + NEOSSOLO LITÓLICO textura média, fase sedimentos Grupo Bauru, ambos Eutróficos/Distróficos, A moderado ou proeminente

Fonte: Rossi (2017)

Elaboração: Paulo Roberto Vagula (2019)

Os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) são solos também desenvolvidos do Grupo Barreiras de rochas cristalinas ou sob influência destas. Apresentam horizonte de acumulação de argila, B textural (Bt), com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. As cores destes solos situam-se principalmente no matiz 5YR com valores de 4 a 6 e croma de 6 a 8; podendo em menor frequência ocorrer cores no matiz 7,5YR com valor 4 e croma 6, com a presença ou não de mosqueados, constituindo ou não coloração variegada, com ou sem plintita e, muito raramente com a presença de horizonte fragipânico.

São solos profundos e muito profundos; bem estruturados e bem drenados; com sequência de horizontes A, Bt; A, BA, Bt; A, E, Bt etc. há predominância do horizonte superficial A do tipo moderado e proeminente, apresentam principalmente a textura média/argilosa, podendo apresentar em menor frequência a textura média/média e média/muito argilosa. Apresentam também baixa a muito baixa fertilidade natural, com reação fortemente ácida e argilas de atividade baixa. Quando estes solos ocorrem nas superfícies que precedem o Planalto da Borborema, desenvolvidos de rochas cristalinas ou sob influência destas, podem apresentar o caráter eutrófico ou distrófico, porém, raramente com alta saturação por alumínio, indicando baixa a média fertilidade natural. Estes solos ocupam áreas mais restritas na Zona da Mata Sul de Pernambuco, estando mais relacionados com os ambientes de floresta subcaducifolia (EMBRAPA, 2018).

Argissolos de cores vermelhas acentuadas devido a teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário, em ambientes bem drenados. Apresenta fertilidade natural muito variável devido à diversidade de

materiais de origem. O teor de argila no horizonte subsuperficial (de cor vermelha) é bem maior do que no horizonte superficial, sendo esse incremento de argila percebido sem dificuldade quando se faz o exame de textura, no campo (EMBRAPA, 2018).

Os Gleissolos, segundo a Embrapa (2018, p.91-92):

(...) compreendem solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E (com ou sem gleização) ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam textura exclusivamente arenosa em todos os horizontes dentro dos primeiros 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário, tampouco horizonte vértico em posição diagnóstica para Vertissolos. Horizonte plânico, horizonte olítico, horizonte concrecionário ou horizonte litoplítico, se presentes, devem estar à profundidade superior a 200 cm a partir da superfície do solo.

Segundo a Embrapa, (2018) os solos desta classe se encontram permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente ou a saturação ocorre por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície. São solos mal ou muito mal drenados em condições naturais, podem ser de textura arenosa (areia ou areia franca) somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizontes glei de textura francoareosa ou mais fina (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos segundo a Embrapa (2018, p.93)

(...) compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico.

São solos em estágio de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e tem capacidade de troca de cátions da fração argila baixa, inferior a 17 cmolc kg⁻¹ de argila sem correção para carbono, comportando variações desde solos predominantemente caulíníticos, com valores de Ki mais altos, em torno de 2,0, admitindo o máximo de 2,2, até solos oxídicos de Ki extremamente baixo (EMPRAPA, p.93, 2018).

Estes tipos de solos variam de fortemente a bem drenados, são normalmente muitos profundos. Em geral são ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Esses solos são típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos Vermelho-Amarelo cobrem a maior área da bacia hidrográfica com um total de 659,877km². A análise dos solos, juntamente com os demais componentes da paisagem natural, traz consigo uma gama de dados e mapas essenciais para a proposta da presente tese, onde, somados aos mapeamentos dos componentes da paisagem antrópica, oferece análises que contribuem com o zoneamento ambiental e ordenamento territorial.

Segundo o IBGE (2013), as Áreas Urbanas são porções no território de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, com predominância de superfícies artificiais não agrícolas. Podem ser contínuas, onde as áreas lineares de vegetação são minoria, ou descontínuas, onde as áreas vegetadas ocupam espaços maiores

4.1.3 Pluviosidade

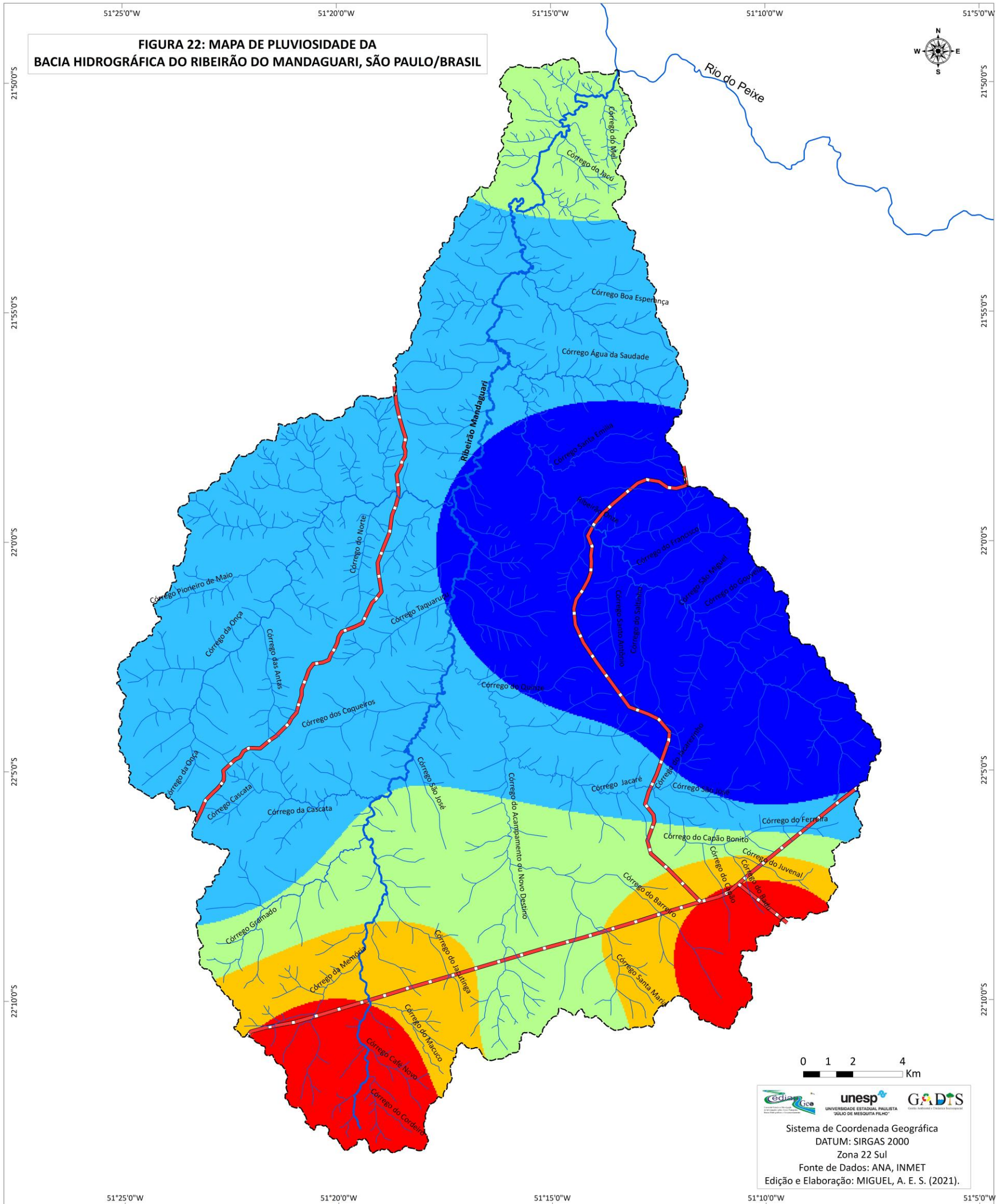
Na elaboração do mapa de pluviosidade foram utilizados dados pluviométricos de 11 estações meteorológicas instaladas dentro ou próximas da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari (**Figura 22**), sendo utilizada a média anual de cada estação.

Os dados climáticos são importantes, pois de acordo com Crepani *et al.*, 2001, p.94.

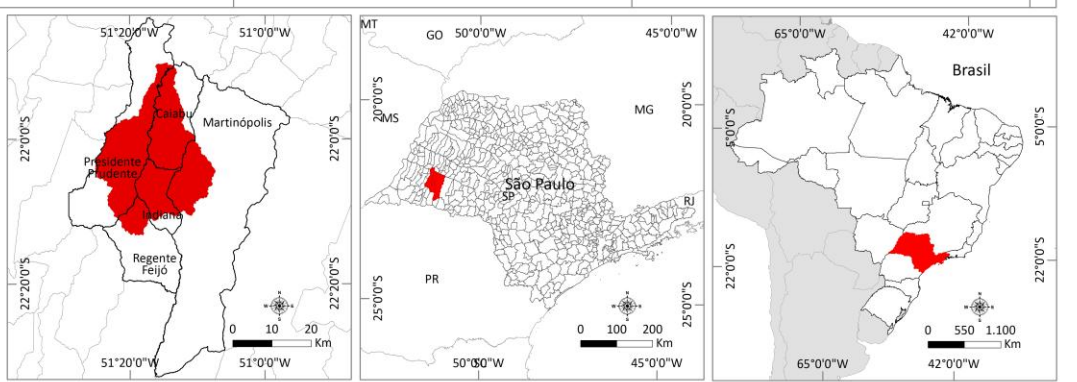
“O clima controla os processos erosivos diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região, e também indiretamente através dos tipos de vegetação que poderão cobrir a paisagem”.

Segundo a classificação climática oficial do IBGE (2002), a bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari localiza-se predominantemente na área de influência do clima tropical sub-quento e úmido, com 1 ou 2 meses secos.

Figura 22: Mapa de Pluviosidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari



- Legenda**
- Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
 - Rio do Peixe
 - Hidrografias
 - Rodovias
- Pluviosidade (mm)**
- 1.075 - 1.148
 - 1.148,01 - 1.194
 - 1.194,01 - 1.236
 - 1.236,01 - 1.279
 - 1.279,01 - 1.339



4.1.4. Hipsometria

O mapa hipsométrico constitui-se em uma informação da elevação da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari e foi dividida, permitindo a quantificação absoluta e relativa da área ocupada por determinado intervalo de altitude. Este mapa foi gerado a partir do modelo digital do terreno SRTM disponibilizado no site da EMBRAPA.

A BHRM apresenta a cota altimétrica de 520 metros como a mais elevada e de 324,44 metros como a menos elevada. As classes hipsométricas foram divididas com equidistância de 20 em 20 metros para uma análise mais detalhada do relevo, gerando nove classes de altitude, conforme mostra a **Figura 23 e Tabela 3**, essas classes mostram que a maior área da bacia está situada na classe hipsométrica de 360 a 390 metros de altitude, ocupando 38,27% da área total.

Tabela 3: Classes hipsométricas e respectivas áreas em km² e % na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari.

Classes Altimétricas	Área (km²)	Área (%)
300 a 320,00	68,42	9,27
320,01 a 340	75,85	10,28
340,01 a 360	99,12	13,44
360,01 a 380	97,23	13,18
380,01 a 400	102,21	13,88
400,01 a 420	115,63	15,68
420,01 a 440	92,23	12,52
440,01 a 460	45,56	6,17
460,01 a 480	41,17	5,58
TOTAL	248,79	100

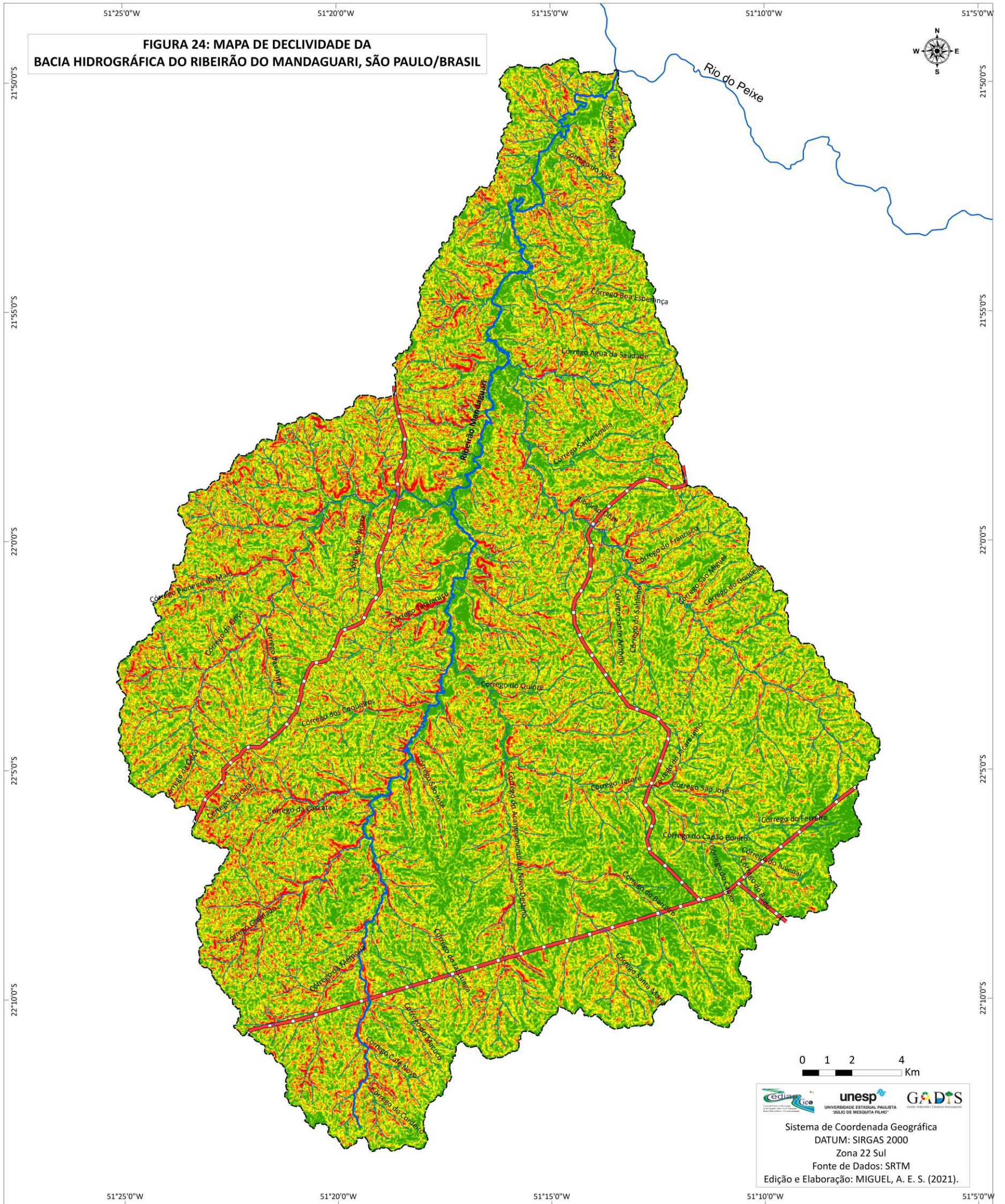
Org: MIGUEL, 2020.

A segunda classe com maior área é de 380,01 a 400 metros de altitude, que ocupa 13,88% da área da bacia. A classe de menor altitude, é de 460,01 a 480, possui uma área de 41,17 km², ocupando 5,58% da bacia. As classes de 420,01 a 440 somadas ocupam 12,52%, abrangendo uma área de 92,23 km². Já classe de maior altitude, 400,01 a 420 metros de altitude, possui uma área de 115,63 km² alcançando 15,68% de toda a bacia.

4.1.5 Declividade

O mapa de declividade **Figura 24** e **Tabela 4** foram feitos a partir da metodologia de Lepsch (2002), e identificou cinco classes de declividade, 0-3%, 3,1-6%, 6,1-9%, 9,1-12 e 12,1-20%.

Figura 24: Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, São Paulo/Brasil



Legenda

- Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
- Rio do Peixe
- Hidrografias
- Rodovias
- 0 - 3 %
- 3,01 - 6 %
- 6,01 - 9 %
- 9,01 - 12 %
- 12,01 - 20 %



Tabela 4: Classes de Declividade em Km² e %.

Classes de Declive	Área (km ²)	Área (%)
0,0 a 3,0	180,86	24,52
3,1 a 6,0	265,00	35,95
6,1 a 9,0	89,50	12,14
9,01 a 12,00	130,22	17,65
12,1 a 20,0	71,84	9,74
TOTAL	737,42	100

A classe de declive de 0,0 a 3,0% é classificada como muito suave, abrangendo uma área de 180,86 km², ou seja, 24,52%, Segundo De Biase (1993 apud PINTO *et. al.*, p.52, 2005), essa classe é classificada como relevo muito suave e planícies de inundação, **Tabela 4**. O possível alagamento das planícies de inundação limita alguns usos agrícolas, devido ao excedente hídrico que pode perdurar por alguns meses.

A classe de 3,0 a 6,0 é classificada como suave, ocupando uma área de 265,00 km², ou seja, 35,95% da área total da bacia. Para Lepsch *et. al.* (2002), essas áreas com nenhuma ou somente pequenas limitações de uso, apresentam normalmente solos profundos, de fácil mecanização e são indicadas para o plantio de culturas anuais, com o uso de práticas simples de conservação do solo. Já Ramalho Filho e Beek (1995), salientam que dependendo da subclasse, além das ações de controle erosivo, geralmente faz-se necessário a melhoria na fertilidade do solo.

A classe de 6,0 a 12,0 é qualificada como sendo suave ondulada e ocupa uma área total de 89,50 km², ou seja, 12,14%. É indicada para plantio de culturas anuais, sendo recomendadas práticas de conservação do solo (LEPSCH *et. al.*, 2002). Ramalho Filho e Beek (1995) consideram que em tal classe, a agricultura convencional deva ser restrita, sendo mais apta a agricultura moderna, desde que,

utilize técnicas de manejo e conservação do solo. Permite ainda o pastoreio, reflorestamento e a manutenção da vegetação natural.

A classe de 12,0 a 18,0 é classificada como sendo ondulada, ocupando uma área de 130, 22 km², ou seja, 17,65% da área total. Segundo classificação de Lepsch *et. al.* (2002) são áreas com predisposição a problemas com erosão, impróprias para culturas anuais e indicadas para culturas perenes, para proporcionar uma proteção maior ao solo. Ramalho Filho e Beek (1995) são mais taxativos e recomendam a não utilização agrícola, somente a manutenção da vegetação primitiva. Já as classes maiores que 20% ocupam uma área de 71,84 km², ou seja, 9,74% do total da área.

O grau de declive do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo, menor o tempo disponível para a infiltração no solo (OLIVEIRA *et. al.*, 2007).

4.1.6 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que

Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Lei nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

Art. 3º Para os efeitos desta Lei entende-se por:

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Seção I da Delimitação das Áreas de Preservação Permanente:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - As faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Segundo Chistofolletti (1974, p. 64), “os leitos fluviais correspondem aos espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas e, no que tange ao seu perfil transversal nas planícies de inundação, podem-se distinguir os seguintes elementos”. Estes elementos são apresentados na **Figura 25** (BOIN, 2005).

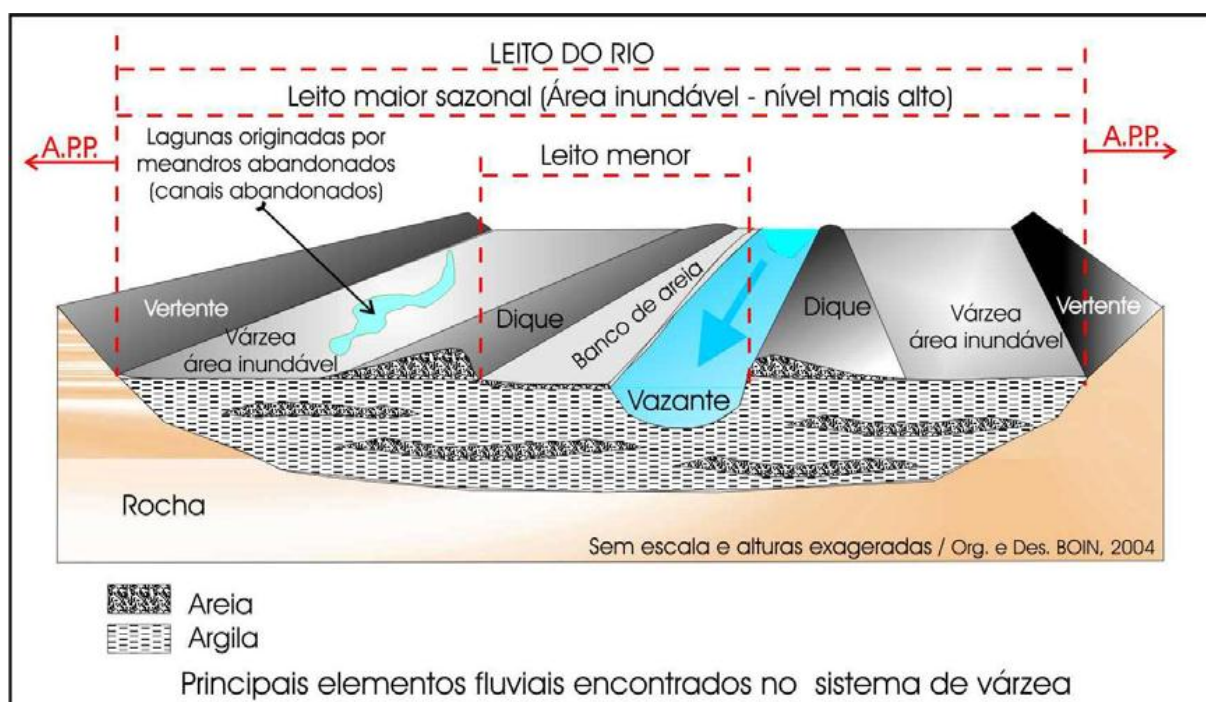


Figura 25: Principais elementos fluviais encontrados em um sistema de várzea (BOIN, 2005).

Os elementos da dinâmica fluvial de várzea, ainda podem ser relacionados aos aspectos da vegetação existentes, sintetizados na **Figura 26**.

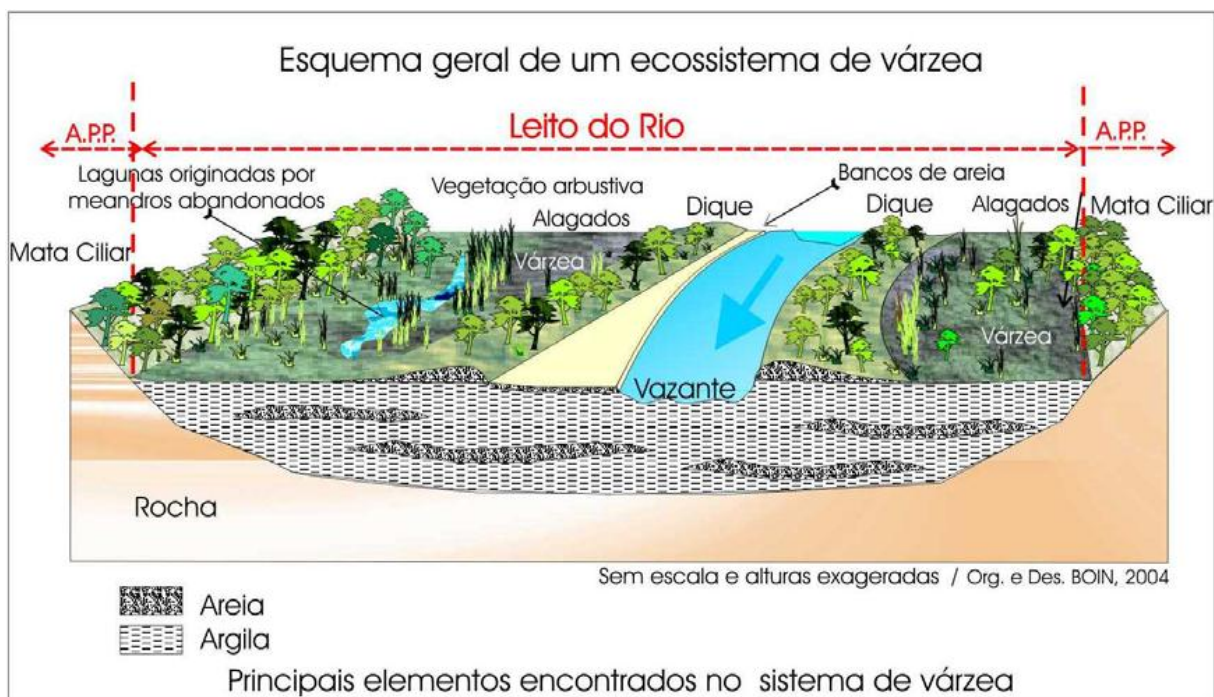


Figura 26: Principais elementos fluviais encontrados em um sistema de várzea (BOIN, 2005).

De acordo com o código florestal, a BHRM tem áreas de preservação permanente (APP) em seu leito principal de 50 metros e nos seus afluentes tem APP de 30 metros de comprimento, conforme mostra a **Figura 27**. Neste trabalho não foram delimitadas as áreas de APP de topos de morros, somente as áreas para os cursos d'água de 30m e 50m e áreas de nascentes com 50m.

4.2. INVENTÁRIO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM ANTRÓPICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MANDAGUARI

O inventário dos componentes da paisagem antrópica da BHRM, diz respeito à análise do uso e cobertura da terra, bem como, das áreas protegidas pela legislação, identificando as características antrópicas que auxiliaram na compartimentação do zoneamento ambiental e ordenamento territorial.

O uso e cobertura da terra podem ser sintetizados através de mapas. Estes indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente obtidas. Sua identificação, quando atualizada, é de grande importância ao planejamento e orienta à ocupação da paisagem, respeitando sua capacidade de suporte e/ou sua estabilidade/vulnerabilidade (LEITE e ROSA, 2012).

4.2.1. USO E COBERTURA DA TERRA

O conhecimento e o monitoramento do uso e cobertura da terra são primordiais para a compreensão dos padrões de organização do espaço, uma vez que suas tendências possam ser analisadas. Este monitoramento consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização de tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma sintética, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2007).

A cobertura da terra está diretamente associada com tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar. Imagens não registram atividades diretamente. Cabe ao interprete buscar as associações de reflectâncias, texturas, estruturas e padrões de formas para derivar informações acerca das atividades de uso, a partir do que é basicamente informações de cobertura da terra (ARAUJO FILHO *et. al.*, 2007).

O estudo do uso e cobertura da terra consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a

caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações (ROSA, 2007, p. 163).

O mapeamento do uso e da cobertura da terra são uma importante análise do espaço geográfico a ser feita devido à possibilidade de espacializar e quantificar os diferentes tipos de usos que existem nestas áreas. Para a análise na bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, baseou-se no processamento e interpretação das imagens do satélite *Sentinel* do ano de 2018 com passagem em 07/07/2018, identificando as classes temáticas: lavoura temporária, reflorestamento, área florestal, pastagem, solo exposto, solo úmido, área industrial, área urbana, como mostra a **Figura 28** e **Tabela 5**.

Tabela 5: Classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas áreas (Km² e %)

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Área industrial	0,53	0,57
Florestal	114,19	15,01
Lavoura temporária	76,09	10,32
Reflorestamento	3,43	0,46
Pastagem	516,31	70,01
Urbano	22,04	2,98
Solo úmido	4,21	0,57
Solo exposto	0,62	0,08
TOTAL	737,42	100

No ano de 2018 pode-se observar a extensa área destinada à pastagem (**Figura 29**), se mostrando as maiores áreas de abrangência neste ano de análise, alcançando 516,31 km² ou 70,01%.

**Figura 29:** Área de pastagem

A Área Florestal, que considera formações arbóreas características de fragmentos com vegetação densa, classificados, segundo o IBGE (2004), como floresta estacional semidecidual do Bioma Mata Atlântica. E, também, Área Campestre, que consiste em diferentes categorias de vegetação fisionômica, apresentando arbustos de diferentes tamanhos e gramíneas.

A Área Florestal foi a segunda maior na área da bacia totalizando uma área de 15,01%, ocupando uma área de 114,19km². Quase todos os córregos pertencentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Mandaguari se encontram assoreados. Nos trabalhos de campo foi possível notar a presença do gado em muitas partes deles. Suas matas ciliares encontram-se em partes em estágio de regeneração, **Figura 30**.



Figura 30: Área Florestal

Conforme mostrado na **Figura 31**, observou-se o plantio destinado a cana de açúcar. Segundo Lora (2000), este tipo de cultivo, caso não tenha planejamento adequado, pode provocar impactos, tais como: redução da biodiversidade, causada pelo desmatamento e pela presença de culturas homogêneas, contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, devido ao excesso de adubos químicos, corretivos minerais, herbicidas e defensivos agrícolas, dentre outros.

Esta área representou o terceiro lugar, sendo responsável por cobrir 10,32% da bacia, ocupando uma área de 76,9 km². A lavoura temporária descrita na pesquisa se

refere ao plantio de cana de açúcar, que tem seu desenvolvimento econômico voltado à produção de açúcar e álcool.

Segundo Oliveira (2012), esse desenvolvimento econômico por sua vez, tem se mostrado influenciado pelo avanço tecnológico e informativo. A partir desses avanços, indústrias do setor privado levam em consideração em seus processos produtivos os custos gerados sobre seus produtos acabados, a exemplo disso são as empresas que para um menor gasto e maior lucratividade, estão se instalando em locais estratégicos, visando ficarem mais próximas de suas matérias-primas e/ou recursos naturais.



Figura 31: Lavoura Temporária

As áreas destinadas à área urbana representaram um total de 2,98%. Christofolletti (1981) salienta que o uso e ocupação da terra realizada nas áreas drenadas pela bacia hidrográfica, repercutem diretamente na composição química das águas, sendo que os dejetos, detritos e poluentes lançados pelas áreas urbanas e industriais causam modificações acentuadas na concentração de matéria dissolvida, repercutindo no balanço biológico das águas, nos processos de corrosão e nos de sedimentação. A **Figura 32** mostra a área urbana de Presidente Prudente onde o Ribeirão Mandaguari é canalizado, é o ponto mais baixo da avenida onde tem o encontro de três pontos que jogam águas superficiais neste canal. A presença de casas dentro da área de preservação permanente e entulhos. **Figura 33.**



Figura 32: área urbana localizada ao leste da cidade de Presidente Prudente



Figura 33: Casa na área de APP

As classes caracterizadas como área industrial (**Figura 34**) junto à zona rural ocuparam um total de 0,57%. A Figura mostra a usina de açúcar e álcool Alto Alegre.



Figura 34: Área Industrial

Já a classe de reflorestamento (**Figuras 35 e 36**) ocupou uma área de 0,46%. As plantações de eucaliptos estão plantadas em nível o que ajuda a não ocorrer erosão do solo. Entretanto, o aumento nas áreas de plantio do eucalipto e o crescimento de empresas que trabalham neste setor, como as de celulose e papel, tem fortalecido os questionamentos feitos em relação à ocupação de terras e os impactos que estes empreendimentos podem gerar em aspectos sociais, econômicos e ambientais.

O reflorestamento com eucalipto em grandes extensões territoriais tem sido alvo de caloroso debate, que está longe de ser consensual, ainda mais quando se inclui a questão ambiental como central e imprescindível para o desenvolvimento sustentável (VIANA, 2004).

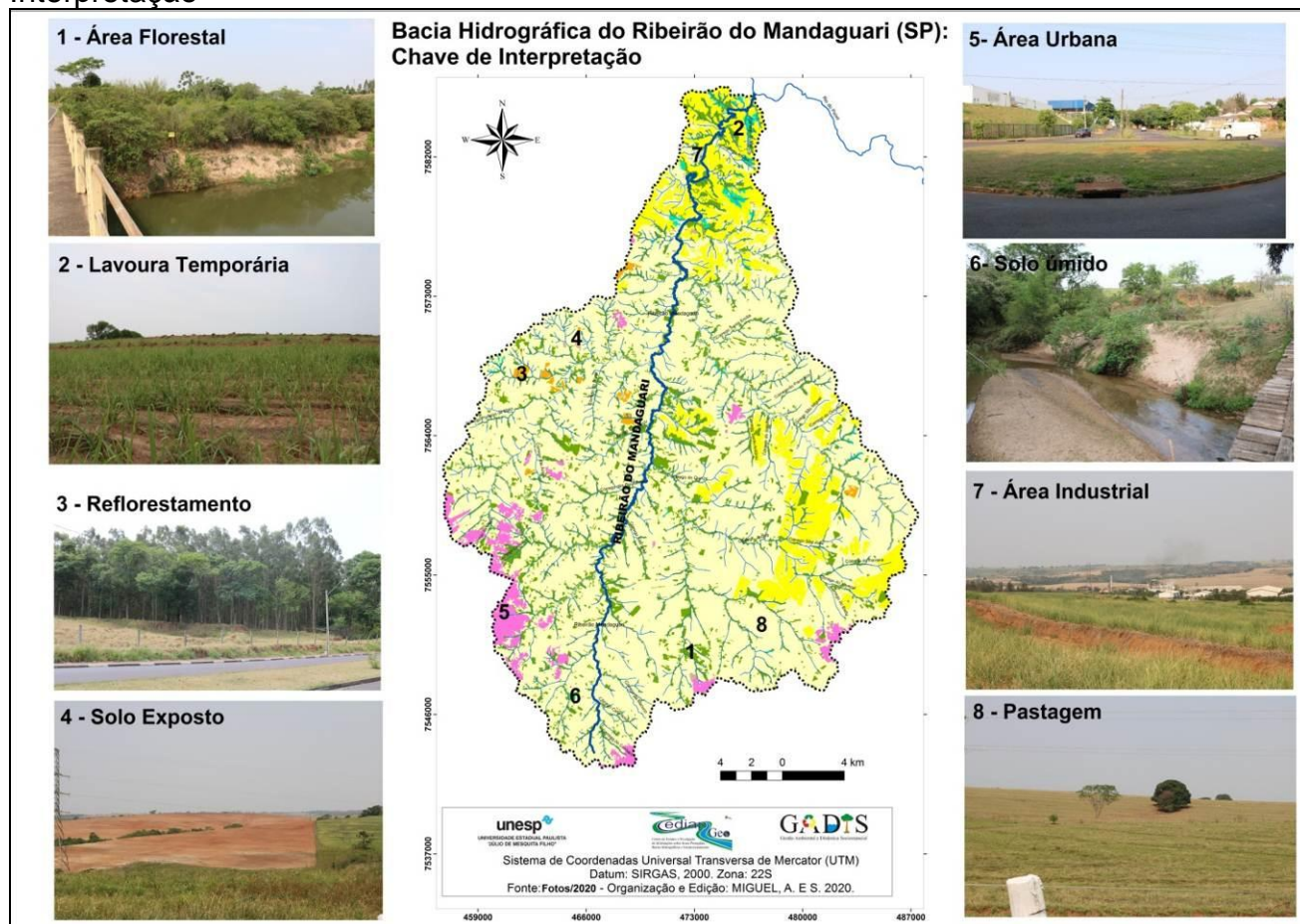
Diante disto, o que se observa é uma excessiva pressão do sistema produtivo sobre os recursos naturais, buscando a obtenção de matéria prima que é empregada na produção de bens, sendo utilizados no crescimento econômico. Esse desenvolvimento gera capital, mas em contrapartida, além de rejeitos e efluentes, gera uma degradação ao meio ambiente, muito dos quais irreversíveis (ALMEIDA *et al.* 1993).



Figura 35 e 36: Reflorestamento

Para a execução do mapa de uso e cobertura da terra foi elaborado o mapa de chave de interpretação (**Figura 37**). Conforme Gallopín (2003), para prevalecer a sustentabilidade do uso da terra, tornam-se necessárias mudanças de valores que favoreçam as questões sociais, econômicas e ambientais, simultaneamente. Solucionar ou minimizar tais efeitos antrópicos sobre os sistemas naturais perpassa por adoções de políticas de governança em níveis setoriais, de modo a buscar um engajamento de diversos setores da sociedade, com a finalidade única de desenvolver políticas e práticas ambientais eficientes e eficazes nos diversos níveis nacional, estadual e municipal.

Figura 37: Mapa da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari (SP): Chave de Interpretação



4.2.2. CARACTERÍSTICAS DO USO E COBERTURA DA TERRA NAS ÁREAS DA APPS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO MANDAGUARI

De acordo com o **quadro 4**, foram identificados nas cartas topográficas com nomes 26 córregos na bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, sendo que existem alguns que não foram nomeados nas cartas.

A análise do uso e cobertura vegetal foi diagnosticada através do buffer de 50 metros para as nascentes e de 30 metros para os córregos e afluentes e de 50 e 30 metros para o Ribeirão do Mandaguari, na **Tabela 6** mostra-se os valores em km² das classes encontradas e na **Figura 38** mostra o mapa das classes.

Quadro 4: Córregos identificados nas cartas topográficas localizados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari.

1 - Córrego do Jacu	14 - Córrego do Ferreira
2 - Córrego Boa Esperança	15 - Córrego Capão Bonito
3 - Córrego Água da Saudade	16 - Córrego do Capão
4 - Ribeirão Santa Tereza ou Onze	17 - Córrego do Juvenal
5 - Córrego da Onça	18 - Córrego do Badu
6 - Córrego do Francisco	19 - Córrego do Barreiro
7 - Córrego São Miguel	20 - Córrego Santa Maria
8 - Córrego do Gouveia	21 - Córrego da Memória
9 - Córrego Santo Antônio	22 - Córrego Gramado
10 - Córrego do Quinze	23 - Córrego do Jacutinga
11 - Córrego Água do Quatorze	24 - Córrego do Macuco
12 - Córrego Jacaré	25 - Córrego Café Novo
13 - Córrego São José	26 - Córrego do Cordeiro

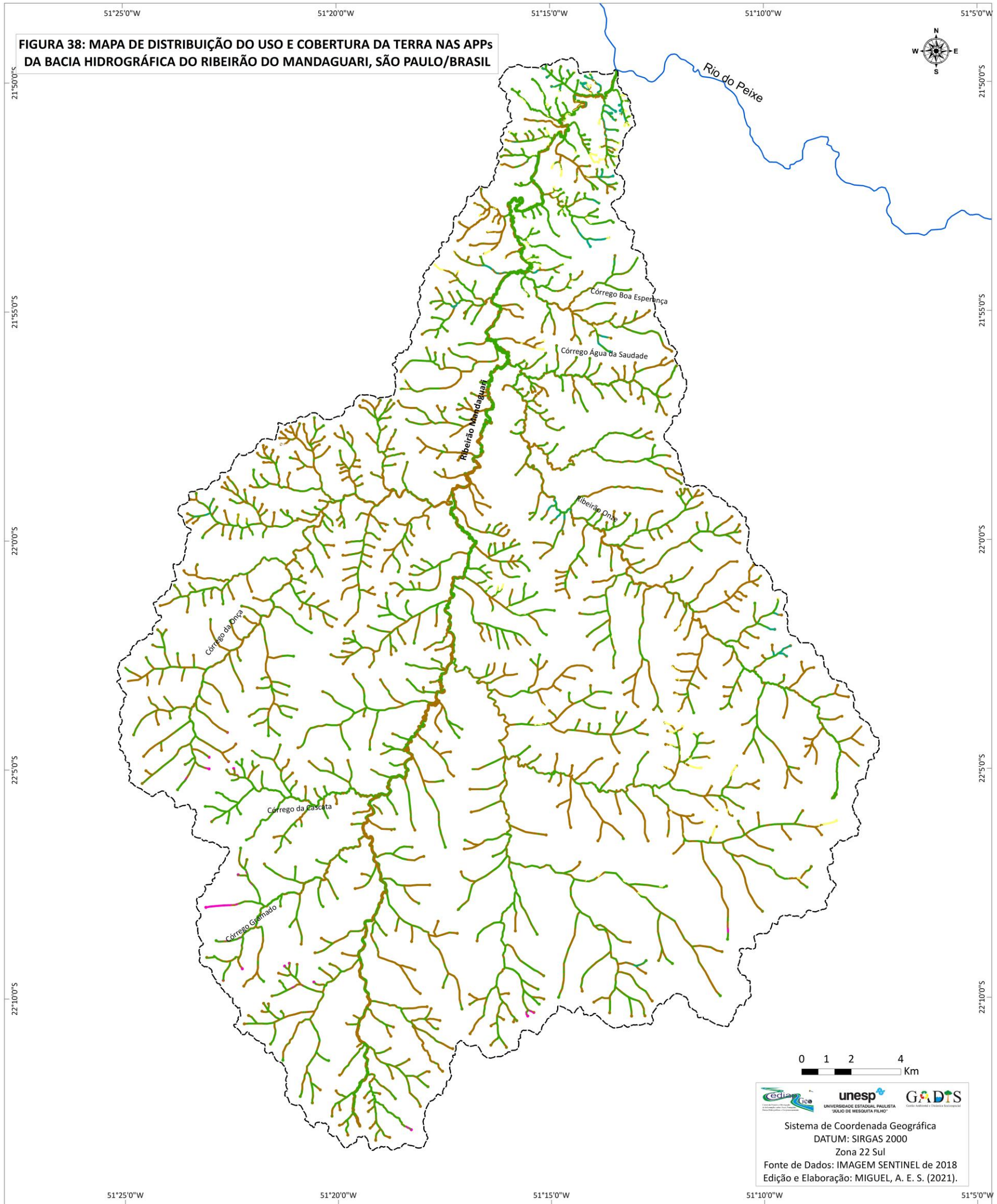
Tabela 6: Classes de uso das áreas de APPs e suas áreas em km².

Classes de Uso nas APPs	Área (km ²)
Área Florestal	36,39
Área Urbana	0,20
Lavoura Temporária	1,25
Pastagem	30,89
Reflorestamento	0,09
Solo Exposto	0,01
Solo Úmido	0,81

Nas áreas de APP a classe de uso e cobertura vegetal que ocupou o maior território foi o da área florestal com 36,39km², a segunda maior classe são as áreas de pastagens que ocupam uma área de 30,89km².

Já a classe de lavoura temporária representa uma área de 1,25km² das áreas de APPs, já as áreas úmidas estão localizadas nas planícies fluviais e não protegidas por meio de cercas de arame, sendo utilizadas para criação de animais, ocupou uma área de 0,81km².

Figura 38: Distribuição do uso e cobertura da terra nas áreas de APPs do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil.

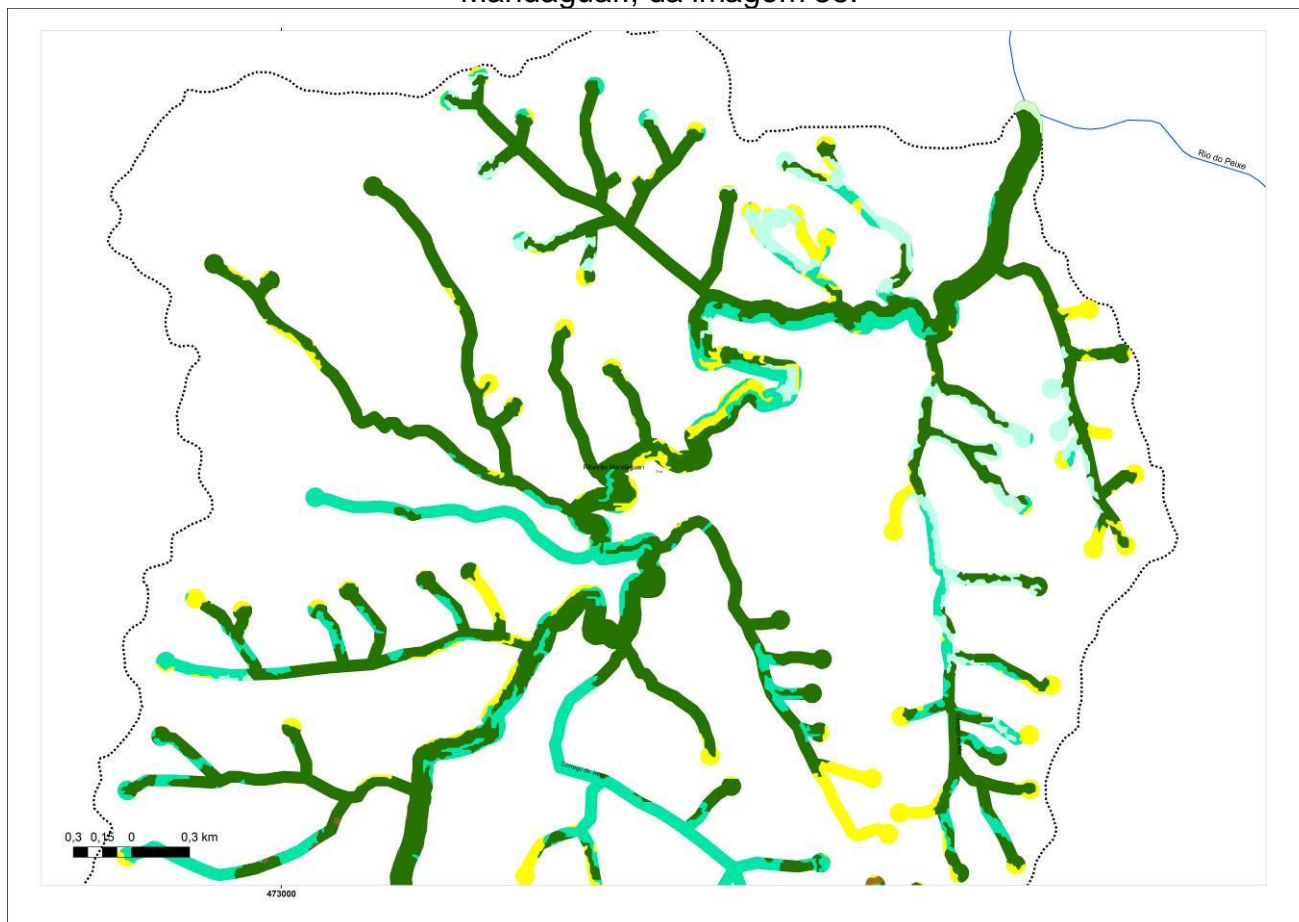


Legenda

- Rio do Peixe
- Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
- Classes nas APPs**
- Área Industrial
- Área Urbana
- Florestal
- Lavoura Temporária
- Outras Lavouras
- Pastagem
- Solo Exposto
- Solo úmido



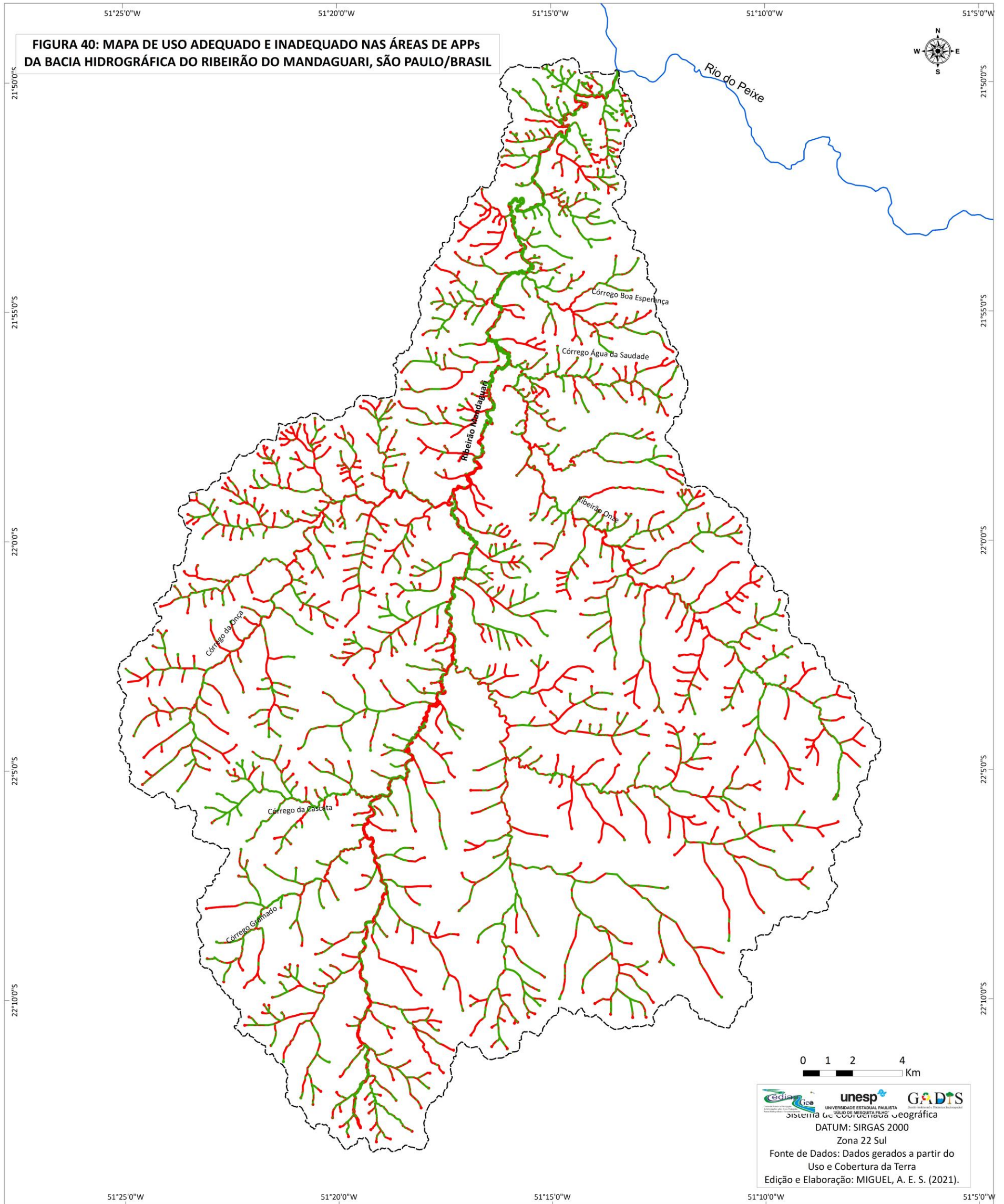
Figura 39: Recorte das áreas de apps do baixo curso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, da imagem 38.













Mesmo as APPs sendo protegidas por lei, segundo Freitas *et al.* (2013), a expansão das atividades agropecuárias crescentes vem causando a supressão dessas áreas que acabam sendo incorporadas na produção agrícola. Também, segundo Costa *et al.* (2013), limitações referentes a falta de fiscalização por órgãos públicos é um dos motivos pela qual as APPs são ocupadas irregularmente e não recuperadas, como deveriam ser.

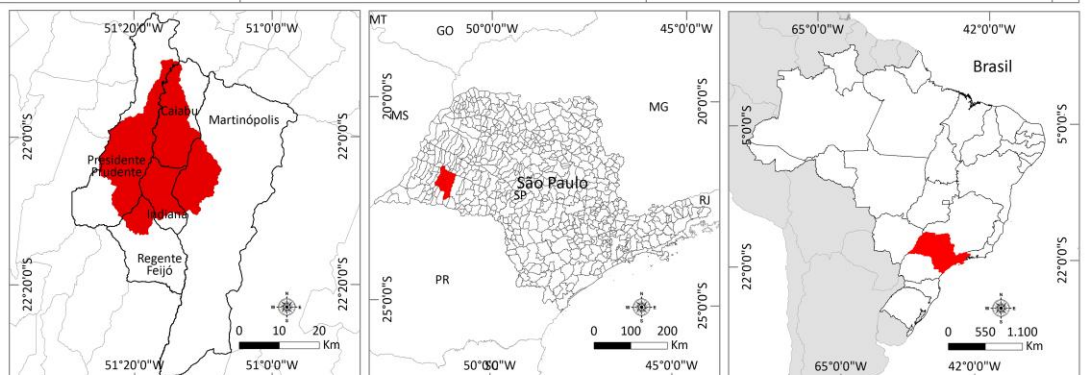
Conforme mostra a **Figura 38**, a área de APP da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari ocupa um total de 69,64km², sendo que as áreas florestais ocupam um total de 36,39km² e as áreas de usos inadequados representam um total de 33,25km² do total da área de APP. Segundo Coutinho *et al.* (2013), a espacialização das APPs com uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é importante instrumento para o planejamento ambiental, onde podem ser identificadas as áreas que apresentam conflitos entre uso da terra e legislação, o que facilita a fiscalização e o cumprimento da lei.

Figura 40: Mapa de uso adequado e inadequado da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil.



Legenda

-  Rio do Peixe
-  Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
- Classes de uso**
-  Florestal
-  Solo úmido
-  Área Industrial
-  Área Urbana
-  Lavoura Temporária
-  Outras Lavouras
-  Pastagem
-  Solo Exposto




 UNESP UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
 SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS
 DATUM: SIRGAS 2000
 Zona 22 Sul
 Fonte de Dados: Dados gerados a partir do
 Uso e Cobertura da Terra
 Edição e Elaboração: MIGUEL, A. E. S. (2021).

De acordo com Piroli (2013), para a recuperação das matas ciliares destas APP, com plantio de espécies arbóreas nativas com espaçamento entre mudas de 3m x 2m (comumente adotado na região), são necessárias 1.667 mudas para cada hectare. Ou seja, a área da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari tem um total de 6.964,27 hectares em APP, sendo que a área florestal ocupa uma área de 3.639,62 hectares o que corresponde 52,26% do total das áreas de APPs e as áreas de usos inadequados ocupam um total de 3.324,64 hectares, representando 47,74% da área de APPs. Um dos caminhos é realizar o levantamento da vegetação, onde será realizado um levantamento florísticos, fisionômicos e estudos de quais espécies vegetais ocupam um determinado local, considerando assim as várias formas de vida.

De acordo com a somatória dessas áreas para a recuperação de 3.324,64 hectares de usos inadequados serão necessárias 1.667 mudas por ha, correspondendo a 5.542.175 mudas. Os plantios podem ser feitos em várias formas de arranjo de espécies em função da ecologia e da disponibilidade de mudas, tais como: apenas espécies de rápido crescimento, alternando linhas de cobertura intensa (por exemplo: espécies fixadoras de nitrogênio) e linhas com espécies de maior diversidade, incluindo diferentes grupos sucessionais e outras formas possíveis de composição de grupos funcionais de espécies. É realizado o controle de gramíneas e espécies indesejáveis, no mínimo por dois anos, ou até que o capim seja sombreado (EMBRAPA, 2021).

**C
A
P
Í
T
U
L
O
5**

5. SÍNTESE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO MANDAGUARI

O planejamento de uma bacia hidrográfica deve ser realizado seguindo uma ordem, que inicia com o diagnóstico da situação dos recursos hídricos, a qual deve se basear nos resultados dos cenários atuais e futuros (FINKLER, 2004, p.37).

De acordo com a metodologia elaborada por Ross (1994), para a análise da fragilidade potencial e ambiental, com as devidas adaptações para a bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari foram gerados dois mapas: (1) mapa da fragilidade potencial (associação dos tipos de solo, geologia, declividade e pluviosidade); (2) mapa da fragilidade ambiental emergente (associação do mapa de fragilidade potencial e o mapa de uso e cobertura da terra).

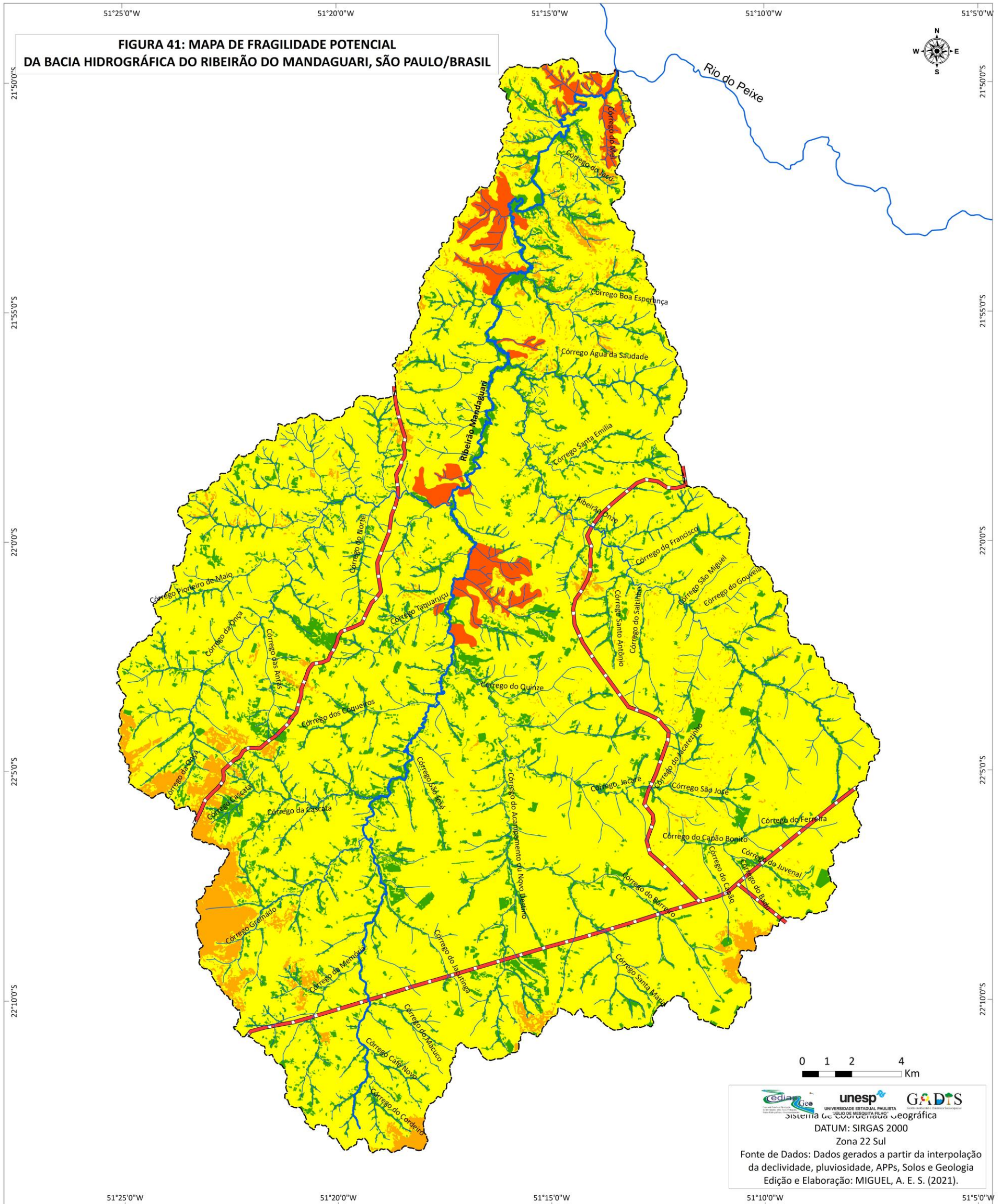
5.1. Fragilidade Potencial

“Através do conhecimento das potencialidades dos recursos naturais, o homem interfere na dinâmica natural da Terra de maneira rápida e agressiva, gerando sérios problemas ambientais. Isso faz com que alguns pesquisadores defendam a ideia de estarmos hoje vivenciando uma nova realidade ambiental, onde as derivações antrópicas apresentam-se cada vez mais influentes e contundentes” (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

O Mapa de Fragilidade Potencial (**Figura 41**), os valores nele expressos denotam os índices de fragilidade levando-se em consideração as características das associações dos tipos de solo, geologia, declividade e pluviosidade, conforme proposto por Ross (1994).

Para a BHRM foram determinadas as classes de fragilidade potencial muito fraca, fraca, média, alta e forte, conforme a **Tabela 7**.

Figura 41: Mapa de Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil.



Legenda

- Rio do Peixe
- Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
- Hidrografias
- Rodovias
- 2 - Fraca
- 3 - Média
- 4 - Alta
- 5 - Forte

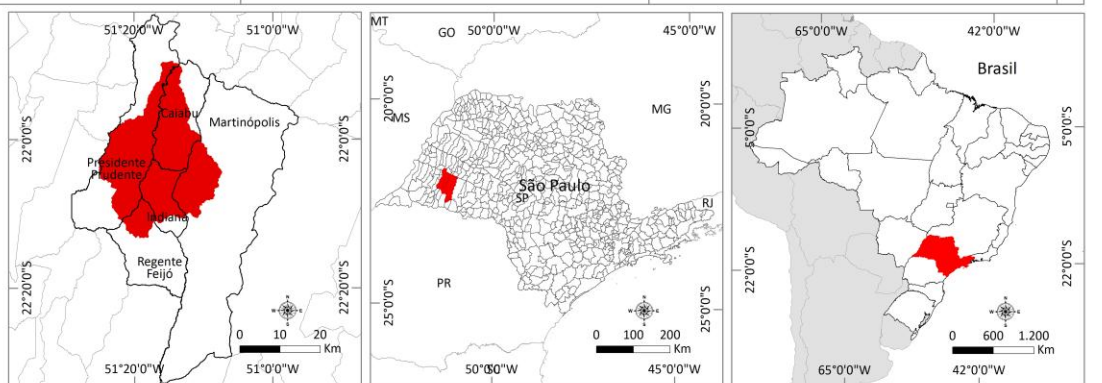


Tabela 7: Classes de Fragilidade Potencial e suas respectivas porcentagens.

Classes de Fragilidade Potencial	%
Fragilidade Fraca	12,16%
Fragilidade Média	68,32%
Fragilidade Alta	4,07%
Fragilidade Forte	15,45 %

A fragilidade fraca esteve presente nas áreas florestais ao entorno dos corpos hídricos com 12,16% ocupando uma área de 89,74km². Já a classe de fragilidade média ocupou uma área de 617,74km², ou seja, representou 83,77% do total da área e está localizada nas declividades de 3-6%.

Já a classe alta foi localizada nas regiões de áreas urbanas e solo exposto e ocupou uma área de 29,94km², sendo 4,07% do total da área. A classe muito fraca e muito alta não teve representatividade na área da bacia.

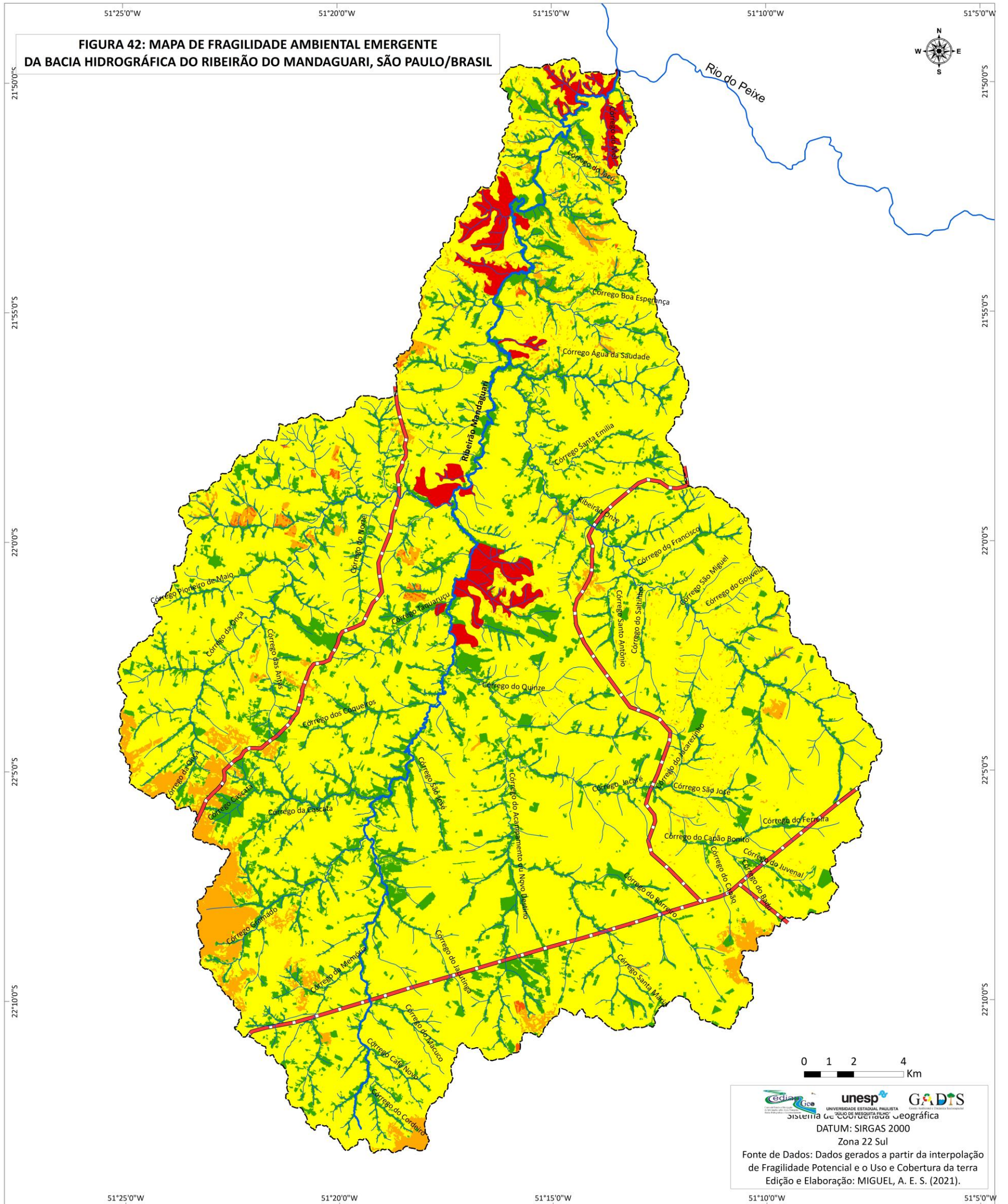
5.2. Fragilidade Ambiental Emergente

Os estudos relativos à fragilidade dos ambientes são importantes para o planejamento ambiental, onde a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território (SPÖRL e ROSS, 2004).

A análise da fragilidade ambiental emergente permite um diagnóstico sobre as fragilidades de uma bacia hidrográfica perante as diversas pressões exercidas sob a mesma. Essa informação é favorável ao planejamento ambiental, pois possibilita identificar locais onde essas pressões exercidas tem potencial para causar uma maior degradação ambiental.

Este mapa possibilita determinar as mudanças na dinâmica ambiental. As unidades são apresentadas no mapa de Fragilidade ambiental, **Figura 42** e descritas na **Tabela 8**.

Figura 42: Mapa de Fragilidade Ambiental emergente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari, São Paulo/Brasil.



Legenda

- Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari
- Rio do Peixe
- Hidrografias
- Rodovias
- 2 - Fraca
- 3 - Média
- 4 - Alta
- 5 - Forte
- 6 - Muito Forte

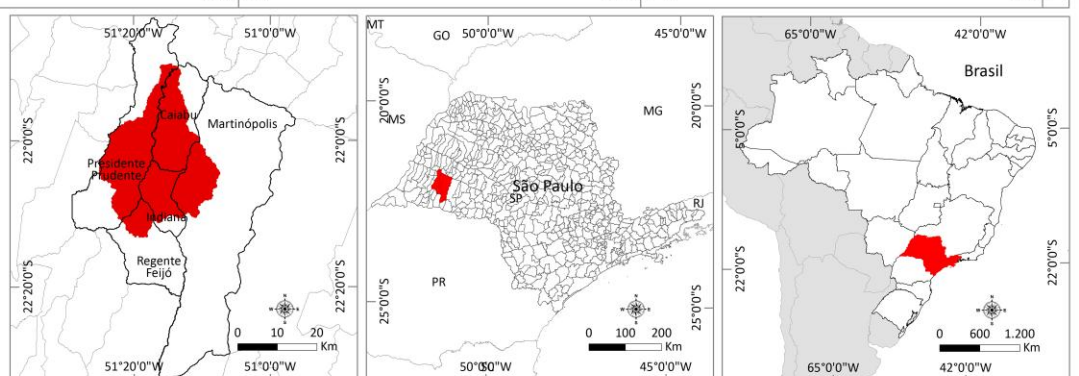


Tabela 8: Classes de Fragilidade ambiental emergente e suas respectivas porcentagens.

Classes de Fragilidade Ambiental	%
Fragilidade Fraca	15,44%
Fragilidade Média	69,95%
Fragilidade Alta	4,33%
Fragilidade Muito Alta	10,28%

Conforme se observa na **Figura 42 e Tabela 8**, a categoria de fragilidade média ocupou uma área de 69,95% sendo a maior parte da área da bacia. Já a classe de fragilidade fraca teve a segunda maior parte da área da bacia ocupando um percentual de 15,44%. As classes de fragilidade alta e muito alta ocuparam 4,33% e 10,28% respectivamente.



Figuras 43 e 44: Processo erosivo que virou uma voçoroca

As **Figuras 43 e 44** mostram um processo erosivo que anteriormente era tampado com lixo, que posteriormente foi sendo levado para dentro do Ribeirão do Mandaguari. Esse processo de voçorocamento se instalou em uma área de fundo de vale que recebe as águas pluviais das cabeceiras do entorno. As voçorocas tem sido alvo de vários estudos de áreas ligadas às geociências como: agronomia, engenharia, geografia, geologia, geomorfologia, etc.

Observa-se que a maioria das pastagens encontradas na bacia, tem como característica a criação de gado de corte e leiteira, que é um diferencial na questão da fragilidade, pois o pisoteio do gado interfere na perda de solo e aumento do risco de erosões, assim como sua aproximação aos cursos d'água para beber água, conforme mostra a **Figura 45**.



Figura 45: Gado nas áreas de preservação ambiental.

Outro fator que altera significativamente a fragilidade ambiental é a prática de cultivos, segundo Morgan (1984 apud GUERRA, 1998), as práticas agrícolas reduzem a cobertura vegetal dos solos, deixando certos tipos de solos mais sensíveis a erosão, pois o impacto da chuva é maior quando à menor resistência dos agregados, consequência da diminuição da matéria orgânica no solo. Entende-se que é de suma importância para tomadas de decisões caracterizarem a fragilidade ambiental sob áreas de uso e cobertura da terra para possíveis orientações para gestão, planejamento e manejo do solo, principalmente em áreas instáveis com uso e cobertura inapropriadas caracterizando como alto grau de probabilidade de degradações ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Mandaguari como: assoreamento, contaminação da água e solo, erosão entre outros. Segundo Cardoso *et al.* (2015), os estudos de fragilidade ambiental partem da pressuposição de que alguns ambientes são mais frágeis às mudanças e apresentam capacidade de recuperação diferenciada, indicando o nível de suscetibilidade a determinado dano.

5.3. FRAGILIDADES E IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREAS URBANAS E RURAIS

A degradação dos recursos naturais vem causando entraves no desenvolvimento sustentável da humanidade, não apenas comprometendo o processo produtivo, como também a qualidade de vida da população.

Para haver esse desenvolvimento, de maneira “menos agressiva” ao meio, temos a necessidade de estabelecer estudos de análise integrada do ambiente, aproximando assim o “homem com a natureza, rompendo a visão dicotômica e afirmando a unidade dialética” (CASSETI, 1991, p. 28).

Os problemas ambientais urbanos são cada vez mais visíveis na paisagem das cidades, principalmente pelas constantes transformações que o homem faz na natureza, fazendo com que a capacidade de resiliência ambiental seja cada vez menor. Dentre os muitos impactos ambientais nas áreas urbanas se destacam as enchentes, os lixos urbanos, poluição do ar, poluição sonora e despejos de esgoto sanitário nos rios, problema que afetam diretamente os recursos naturais e a qualidade de vida das pessoas que residem nas cidades (PAULA, 2021).

Segundo Piroli (2016), as águas nas áreas urbanas devem ser manejadas com os objetivos fundamentais de reduzir o escoamento superficial, de aumentar as taxas de infiltração, visando à manutenção da perenidade e do volume de água dos rios, e de proteger as nascentes e os corpos hídricos. O aumento da infiltração e o impedimento do escoamento superficial podem ser alcançados com a adoção de técnicas simples de manejo como o uso de terraços em nível.

As atividades humanas em bacias hidrográficas (rurais ou urbanas) provocam, em longo prazo, alterações expressivas na dinâmica da água, podendo reduzir a disponibilidade dos mananciais pelo assoreamento, que ocasiona a diminuição da seção natural da calha transportadora. Esse processo, que ocorre naturalmente, pode ser potencializado pela combinação de chuvas de elevadas intensidades e manejo inadequado dos solos, facilitando a ação erosiva. Uma série de outros problemas advindos dessa cadeia de atividades mal planejadas podem levar ao declínio total de água em algumas sub-bacias (MELLO, 2003).

A quantidade e a natureza dos constituintes presentes na água variam principalmente conforme a natureza do solo de onde são originárias, das condições

climáticas e do grau de poluição que lhes é conferido, especialmente pelos despejos municipais e industriais. Os recursos hídricos tem capacidade de diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração. Entretanto, essa capacidade é limitada em face da quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes. Os aspectos de quantidade e qualidade são indissociáveis (LIMA, 2019, p.9).

O processo de expansão urbana sem planejamento adequado e a especulação imobiliária em locais inapropriados ou com potencial de risco podem resultar na degradação da cobertura vegetal e dos recursos naturais do solo e da água, além, de colocar os cidadãos em situação de risco eminente. É evidente que o estabelecimento de loteamento e invasões em áreas inadequadas, somado com o lançamento das águas pluviais canalizadas em locais inapropriados e a intensificação do processo de impermeabilização do solo tem levado à ocorrência variadas processos erosivos. Uma das consequências desses processos é o surgimento de quadros erosivos urbanos, em especial o surgimento de ravina e voçoroca (MENDES, 2014).

Um dos graves problemas no processo de desenvolvimento urbano resulta da expansão, geralmente irregular, que ocorre sobre as áreas de mananciais de abastecimento urbano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades (TUCCI, 2002). A urbanização desordenada e o uso inadequado do solo provocam a redução da capacidade de armazenamento natural dos deflúvios os quais demandarão outro local para ocupar (CANHOLI, 2014).

Para Porto *et al.* (2007), o processo de urbanização tende a aumentar a necessidade de ampliar a capacidade dos condutos de drenagem, e normalmente esse processo evolui a partir de pequenas áreas no contexto de aprovação de novos loteamentos, com conseqüente aumento de custo. A drenagem secundária, constituída dos principais condutos pluviais, é sobrecarregada pelo aumento do fluxo de escoamento, mas os principais impactos ocorrem sobre a macrodrenagem. A ocupação das bacias hidrográficas tende a ocorrer de jusante para montante em razão das características do relevo, mas quando o poder público não controla a urbanização desenfreada das cabeceiras da bacia ou não amplia a capacidade de macrodrenagem, as enchentes aumentam significativamente em frequência e volume, causando a desvalorização das propriedades e prejuízos constantes. Nesse

processo, devido à ocupação a montante, a população residente a jusante é quem sofre as piores consequências.

Segundo Mota (1996), a urbanização, com seus diversos usos do solo, causa sempre grandes alterações na cobertura vegetal, na topografia, nas características do solo e no movimento das águas, resultando em problemas de erosão. É comum, nas cidades, a ocupação de terrenos com grandes declives, das margens de recursos hídricos e de áreas com solos desagregáveis, o que contribui para acelerar o processo de erosão, com graves consequências, como, por exemplo, o aterramento de mananciais e as consequentes inundações, e os deslizamentos de encostas.

De acordo com Tucci (2008), o escoamento pluvial nas áreas urbanas pode produzir inundações e impactos negativos em razão de dois processos que ocorrem isoladamente ou combinados: as inundações em áreas ribeirinhas e as inundações em razão da urbanização. O mau uso e a ocupação desordenada das áreas de drenagem podem trazer consequências negativas à preservação dos ecossistemas influenciando diretamente as condições ambientais da bacia hidrográfica (SILVEIRA, A., 2010).

A erosão urbana esta intrinsecamente associada ausência de um planejamento satisfatório, que considere as particularidades do meio físico, as condições sociais e econômicas das tendências de desenvolvimento da área urbana (FENDRICH, 1984).

A erosão pode ser contida controlando-se a vazão, a declividade ou a natureza do terreno. O controle da vazão é obtido com desvio ou condução da água por caminhos preferíveis em relação ao sulco erosivo. O controle da declividade é obtido com retaludamento ou colocação de obstáculos que diminuem a velocidade de escoamento (DAEE/IPT, 1990), como mostra nas **Figuras 46 e 47**.



Figuras 46 e 47: Saída do Esgoto e estrutura de redução de velocidade da água na cidade de Presidente Prudente/SP.

Os principais fatores intervenientes do processo erosivo são: o clima (mais especificamente a precipitação pluviométrica), o relevo (forma e inclinação), os solos, a cobertura vegetal e a ação humana são sempre apontadas como os fatores fundamentais. Os solos, o clima e o relevo determinam taxas naturais de erosão que podem ser modificadas pela ação humana, intensificando-se ou não (BRITO, p. 23, 2012).

A erosão não é somente um fenômeno físico, mas também um problema social e econômico. Resulta, fundamentalmente, de uma inadequada relação entre o solo e o homem (PIMENTEL, 1997).

Bolea (1984) entende o impacto ambiental como sendo a diferença verificada num meio ambiente após sofrer intervenção e a sua situação, no mesmo momento, sem esta interferência.

Para a legislação brasileira, impacto ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: a) saúde, a segurança e o bem estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e e) a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986 p.1).

Para Guerra e Cunha (2001), impacto ambiental nada mais é do que o processo de mudança ocorrido a partir da intervenção antrópica no ambiente. "É a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencial e dinamicamente".

Tucci (2008) enumera os impactos negativos que as cidades passam a sofrer à medida que a urbanização se intensifica: aumento das vazões máximas e de sua frequência e redução do tempo de pico, em virtude do aumento da capacidade de

escoamento através de condutos e canais e da impermeabilização das superfícies; aumento da produção de sedimentos em razão da baixa proteção da superfície e da produção de resíduos sólidos; deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial; e implantação desordenada da infraestrutura urbana (obstrução do escoamento por pontes e taludes de estradas; redução de seção do escoamento por aterros de pontes e por construções em geral; obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos, e obras de drenagem mal dimensionadas, com redução do diâmetro dos condutos a jusante).

Uma das opções para se conter o impacto ambiental é a utilização de um plano de manejo integrado de bacias hidrográficas que visa o uso dos recursos naturais para fins de uma ocupação que ordene os ecossistemas, respeitando a capacidade de cada uso, levando em consideração sua preservação e criando ações mitigadoras para evitar prováveis impactos ambientais.

As práticas de manejo integrado de bacias hidrográficas são importantes para conservação e manejo dos solos em áreas urbanas e rurais, cuja ação mitigadora é a proteção de nascentes, recuperação de áreas degradadas, entre outras. Wilson (2000) sugere a importância dos cenários como ferramenta de manejo quando usada para aperfeiçoar a qualidade das tomadas de decisão e afirma que cenários não são um fim em si mesmos, somente são válidos quando seus resultados e implicações são incorporados aos planos de ação.

Outra questão sobre impacto ambiental é a obrigatoriedade dos municípios com mais de 20 mil habitantes em criar um plano diretor para melhor ordenar o município. Neste trabalho verificou-se que somente Martinópolis/SP e Presidente Prudente/SP contam com plano diretor, sendo este um instrumento de grande importância para unir a zona urbana com a zona rural, visando um ambiente mais sustentável.

Art 2º - É objeto do Plano Diretor Municipal a garantia de um adequado ordenamento territorial do município, para que a cidade e a propriedade cumpram sua função social, nos termos da Constituição Federal e do Estatuto da Cidade. A propriedade urbana atende a função social quando cumpre as normas do presente plano. Os proprietários que não as cumprirem submete-se às sanções estabelecidas por esta Lei.

O Plano Diretor define o ordenamento do uso e ocupação do solo dos municípios. As normas do zoneamento devem atender aos princípios constitucionais da política urbana, da função social da propriedade e das funções sociais da cidade. No âmbito municipal, o Estatuto da Cidade - Lei 10.275/01 estabelece normas de ordem pública e interesse social, que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental e tem como alguns de seus instrumentos o Plano Diretor, a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo e o zoneamento ambiental. Os Planos diretores além das áreas de restrição ambiental devem indicar às diretrizes de uso e ocupação dos solos referentes aos parâmetros urbanísticos: lote mínimo, coeficiente de aproveitamento, taxa de permeabilidade e índice de área vegetada, por exemplo, (SMA/SP, p. 197 e 198, 2011).

Apesar de existirem muitas questões relacionadas com a produção agrícola e os impactos por ela causados ao meio ambiente, tem havido uma crescente preocupação com essa questão. Estudos e criação de técnicas que buscam diminuir os impactos ao meio ambiente são cada vez mais comuns, como o reúso da água na agricultura e o incentivo à produção de alimentos e matéria-prima por meio da agricultura orgânica, além do incentivo à utilização de fertilizantes e defensivos biológicos. Essas iniciativas alimentam a esperança de que a produção agrícola possa ter uma convivência mais amistosa com o meio ambiente (RIBEIRO, 2021).

Já os problemas ambientais urbanos são cada vez mais visíveis na paisagem das cidades, principalmente pelas constantes transformações que o homem faz na natureza, fazendo com que a capacidade de resiliência ambiental (capacidade de um sistema restabelecer seu equilíbrio após este ter sido rompido por um distúrbio, ou seja, sua capacidade de recuperação) seja cada vez menor (SANTOS, 2020).

O que se observa neste trabalho é que as cidades estão localizadas nas cabeceiras dos recursos hídricos podendo ocasionar problemas ambientais e um desses problemas também é a localização dos lixões. Um dos exemplos é o lixão do município de Presidente Prudente localizado na cabeceira do córrego Gramado que é um afluente do Ribeirão do Mandaguari, e o lixo é depositado a céu aberto onde ocorre o risco de contaminação devido aos resíduos.

Figura 48: Lixão do Município de Presidente Prudente, imagem do Google Earth.



Figura 49 e 50: Imagens do lixão de Presidente Prudente/SP.

À medida que a sociedade se conscientiza de que os problemas ambientais estão relacionados com as diversas formas como a sociedade relaciona-se com o ambiente, torna-se necessário a adoção de novas metodologias e conceitos que abordem de forma abrangente e integrada a totalidades de informações relacionadas com natureza e a sociedade, a partir da análise integrada da paisagem e da abordagem sistêmica. (DIBIESO, 2012, p.24-25).

Já nas áreas rurais o que impacta é a constante pressão agrícola, o território de Caiabu/SP ocupa uma área de 251,949km², sendo que 179,57km² está inserido dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari e de acordo com a Tabela 5

o produto agrícola com maior porcentagem é a cana-de-açúcar cuja plantação é da Usina Alto Alegre do grupo Floresta, ela é responsável pelo plantio, extração, produção e industrialização da cana-de-açúcar.

Tabela 9: Produção agropecuária do município de Caiabu/SP.

Produtos	Porcentagem
Cana-de-açúcar	90,0%
Leite	5,4%
Milho	3,9%
Manga	0,2%
Borracha	0,2%
Ovos de galinha	0,1%

Fonte: Seade Painel Municípios, 2021.

O município de Indiana/SP tem uma área total de 127,597km², sendo que 103,08km² fazem parte da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, de acordo com o Sistemas Estadual de Análise de dados do Estado de São Paulo (SEADE), a produção agropecuária de maior percentual é os ovos de galinha com 24,5% de produção.

Tabela 10: Produção agropecuária do município de Indiana/SP

Produtos	Porcentagem
Ovos de galinha	24,5%
Melancia	15,3%
Algodão herbáceo	14,1%
Leite	13,1%
Borracha	9,8%
Mandioca	6,5%
Cana-de-açúcar	4,2%
Banana	3,4%
Uva	2,9%
Café arábica	2,5%
Coco-da-baía	1,0%
Milho	0,9%

Laranja	0,8%
Limão	0,5%
Maracujá	0,4%
Mel de abelha	0,1%

Fonte: Seade Painel Municípios, 2021.

Martinópolis/SP tem um território de 1.253km², sendo que 132,98km² está inserido dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, e sua produção com maior percentual de acordo com a Tabela 7 é o amendoim, seguido da cana-de-açúcar e da mandioca.

Tabela 11: Produção agropecuária do município de Martinópolis/SP.

Produtos	Porcentagem
Amendoim	26,5%
Cana-de-açúcar	23,1%
Mandioca	20,7%
Leite	10,1%
Soja	7,2%
Milho	5,0%
Borracha	2,7%
Café arábica	1,6%
Melancia	1,6%
Algodão herbáceo	1,2%
Ovos de galinha	0,2%
Casulos do bicho da seda	0,1%

Fonte: Seade Painel Municípios, 2021.

Já Presidente Prudente/SP ocupa uma área de 560,20km², sendo que 273,44km² estão inseridos dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, e sua produção agrícola de maior destaque é a cana-de-açúcar.

Tabela 12: Produção agropecuária do município de Presidente Prudente/SP.

Produtos	Porcentagem
Cana-de-açúcar	70,1%
Batata-doce	14,5%
Leite	6,3%
Lenha	2,2%
Milho	1,9%
Manga	1,8%
Limão	1,5%
Coco-da-baía	0,9%
Ovos de galinha	0,5%
Borracha	0,2%
Caqui	0,2%

Fonte: Seade Painel Municípios, 2021.

Regente Feijó/SP tem um território de 263,07km², sendo que 47,96km² está inserido dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, e assim como Indiana é os ovos de galinha o carro chefe da economia do município, seguido também da cana-de-açúcar.

Tabela 13: Produção agropecuária do município de Regente Feijó/SP.

Produtos	Porcentagem
Ovos de galinha	56,1%
Cana-de-açúcar	30,9%
Leite	4,9%
Amendoim	3,1%
Café arábica	1,7%
Soja	1,0%
Algodão herbáceo	0,7%
Coco-da-baía	0,5%
Mandioca	0,5%
Borracha	0,3%
Milho	0,2%

Banana	0,1%
--------	------

Fonte: Seade Painel Municípios, 2021.

De acordo com os dados do SEADE, a cana-de-açúcar é destaque na economia brasileira e ocupa grande parte do território do Estado de São Paulo, principalmente no interior. Segundo Torquato (2009), atualmente, a produção de cana-de-açúcar se expande de forma expressiva nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte do Sul do País. Contudo, o Estado de São Paulo responde sozinho por cerca 60% da produção brasileira de cana-de-açúcar.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
6**

6. FASE DE DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO

6.1. Zoneamento Ambiental

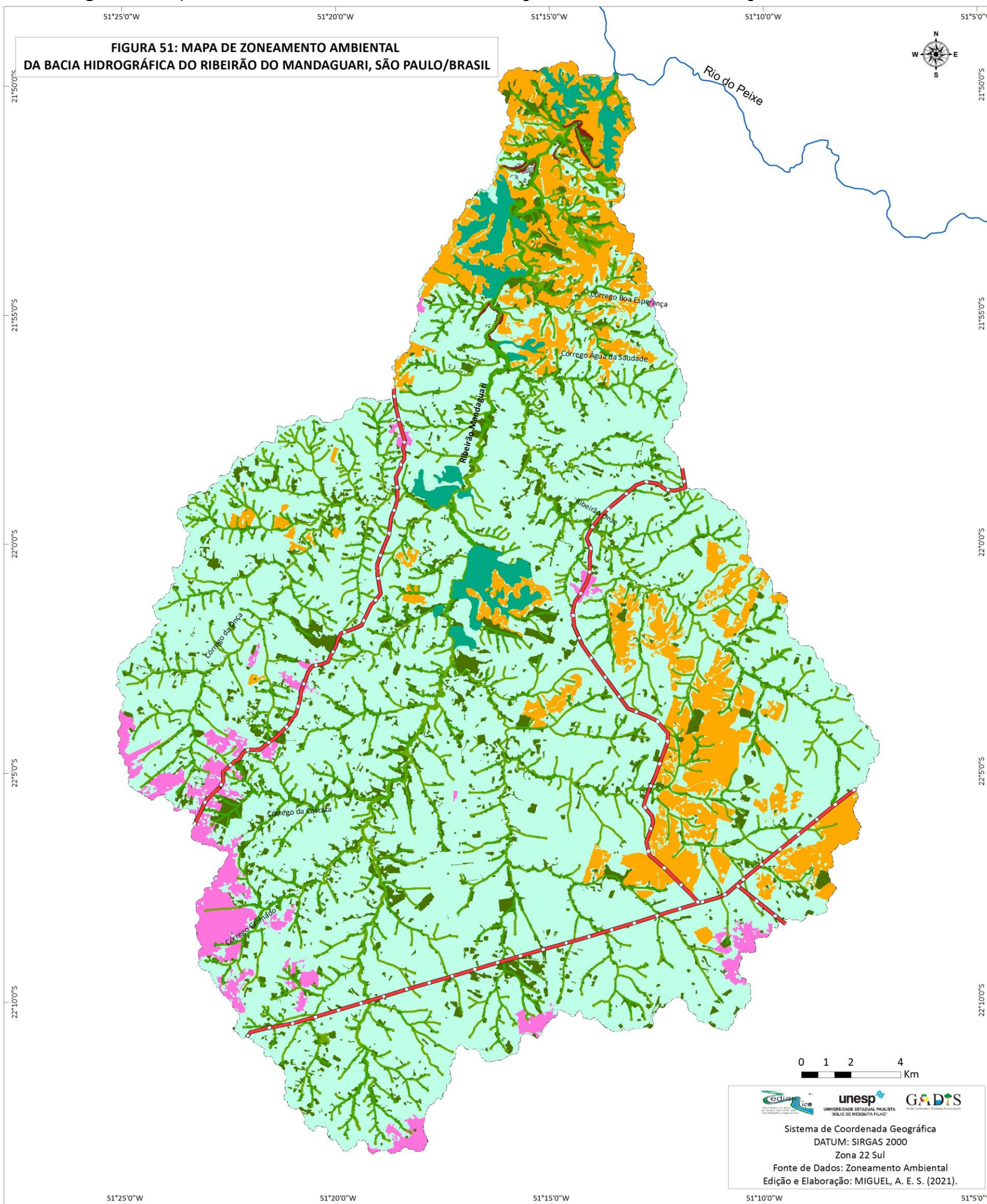
Para Machado (2006) o zoneamento consiste em dividir o território em parcelas nas quais se autorizam certas atividades ou se interdita, de modo absoluto ou relativo, o exercício de outras atividades. Em sua opinião, ainda que o zoneamento não constitua, por si só, a solução de todos os problemas ambientais é um significativo passo.

O zoneamento ambiental pode, assim, ser compreendido como a regulamentação sobre ordenação do uso do território, que resulta de estudos e planejamentos que visam compatibilizar a proteção do meio ambiente (aspectos naturais) e o desenvolvimento da atividade humana (aspectos socioeconômicos), (PAULINO, 2010).

A **Figura 51** corresponde ao mapa de zoneamento ambiental da BHRM. Foram mapeadas quatro zonas: a) Zona de Restrição Legal; b) Zona Produtiva Rural; c) Zona Urbana e d) Zona de Incongruências.

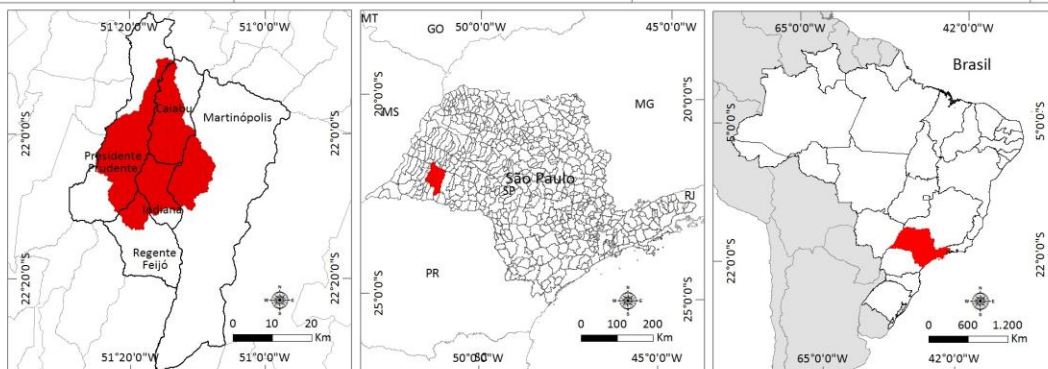
Para cada zona é atribuído um conjunto de normas específicas, dirigidas para o desenvolvimento de atividades e para a conservação do meio. Estas normas definem políticas de orientação, consolidação e revisão de alternativas existentes ou formulação de novas alternativas de ação. Isso significa que o zoneamento deve definir as atividades que podem ser desenvolvidas em cada compartimento e, assim, orientar a forma de uso, eliminando conflitos entre tipos incompatíveis de atividades. Para tanto, é necessário atuar diretamente na consolidação das atividades, alteração das condições existentes ou proibição daquelas inadequadas (SANTOS, 2004, 133).

Figura 51: Mapa de Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil.



Legenda

- a) Zona de Restrição legal**
 - Apps
 - Vegetação Natural
- b) Zona Produtiva rural**
 - Baixa restrição
 - Média restrição
 - Alta restrição
- c) Zona Urbana**
 - Expansão do perímetro urbano
- d) Zona de Incongruências**
 - Conflito entre o uso da terra e a legislação ambiental



A **Tabela 14** mostra os critérios utilizados para a elaboração do zoneamento ambiental da BHRM.

Tabela 14: Critérios estabelecidos para a elaboração do zoneamento ambiental

ZONA	CATEGORIA	CRITÉRIOS
Zona de Restrição Legal	APPs Vegetação Natural	Legislação Ambiental Remanescentes florestais
Zona Produtiva Rural	Média Restrição	Declividade entre 6 a 20%; Fragilidade Potencial e Ambiental baixa
Zona Urbana	Área Urbanizada	Área construída homogênea
Zona de Incongruências	Conflito entre o uso da terra e a legislação ambiental	Combinação de Apps com áreas antropizadas.

a) Zona de Restrição Legal: corresponde às áreas de preservação permanente e às de vegetação natural.

b) Zona Produtiva Rural: corresponde à média restrição sendo ela plantação de silvicultura e lavoura temporária (Cana de açúcar).

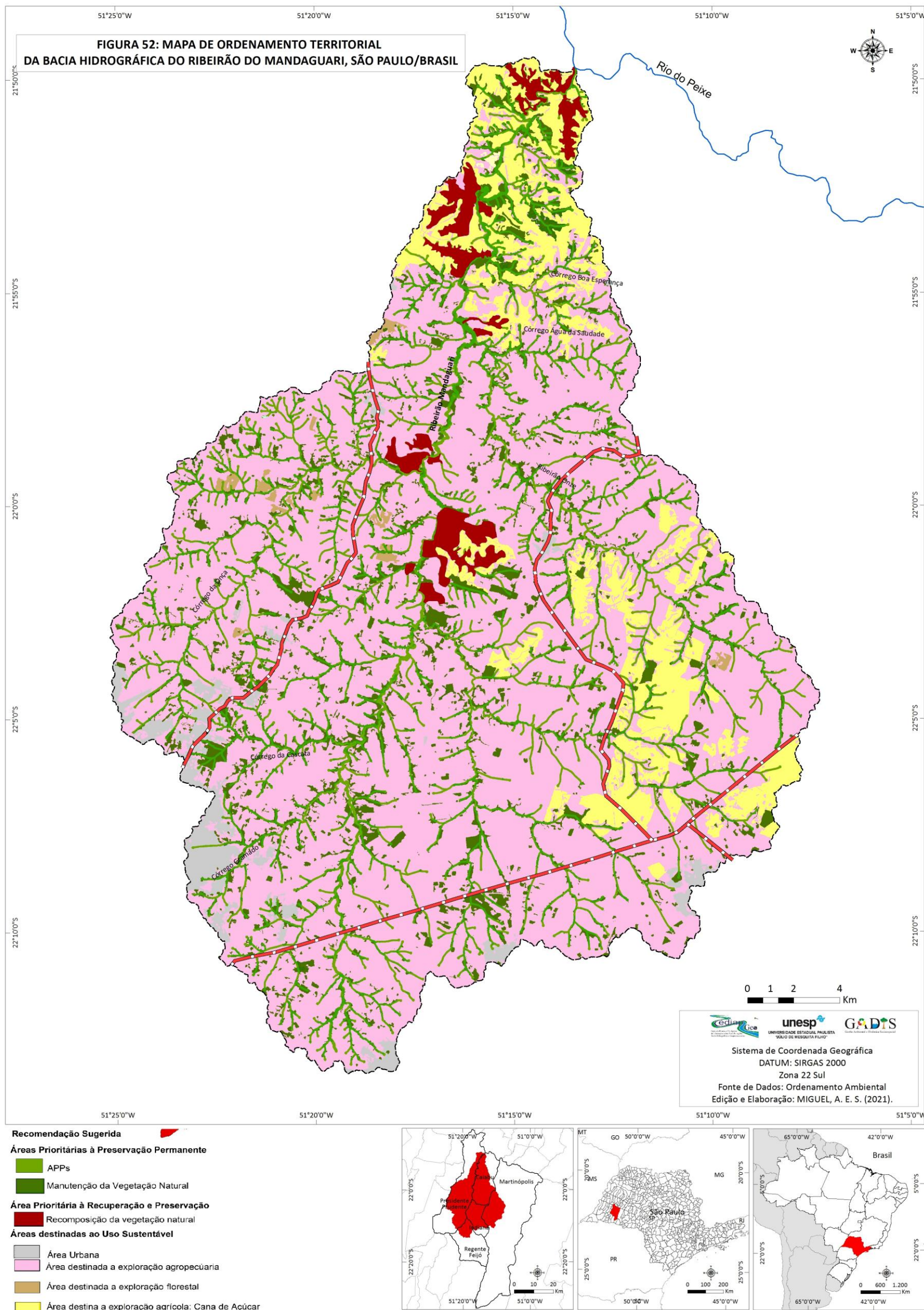
c) Zona Urbana: corresponde aos sítios urbanos das cidades de Presidente Prudente, Regente Feijó, Caiabú, Martinópolis e Indiana.

d) Zona de Incongruência: é caracterizada pelo uso indevido das terras que por lei devem ser preservadas como as APPs.

6.2. Ordenamento Territorial

O mapa de ordenamento territorial da BHRM é apresentado na **Figura 52**. Este mapa é uma combinação entre os mapas de zoneamento ambiental, mapa de APPs, mapa de uso e cobertura da terra e os de fragilidade potencial e ambiental emergente .

Figura 52: Ordenamento Territorial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, São Paulo/Brasil.



a) Áreas Prioritárias à Preservação Permanente: São áreas de APPs e manutenção da vegetação natural. É sugerida a recomposição da vegetação nativa das áreas protegidas por lei, aumentando a infiltração da água no solo e a proteção do corpo de água. Sua preservação deve levar em conta e consideração o novo Código Florestal Brasileiro, sob pena de aplicação das sanções e responsabilidades cabíveis, não sendo relevante, para a sua caracterização, se a área é coberta ou não de vegetação nativa.

O cuidado com essas áreas deve ser primordial, visto que a água é um bem necessário para a humanidade, evitando assim poluição dos recursos hídricos, processos erosivos, obtendo a manutenção da estabilidade ecológica, qualidade dos recursos hídricos, da biodiversidade, a promoção do bem-estar da população.

b) Áreas Prioritárias À Recuperação e Conservação: corresponde à recuperação das áreas de vegetação natural. Sua recuperação deve estar baseada na legislação brasileira e podem ser destinadas a implementação de parques e manutenção de áreas permeáveis garantindo assim a infiltração da água.

Essas áreas são um instrumento de políticas públicas e é necessário obter um inventário da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas e de espécies ameaçadas de extinção com um licenciamento ambiental, sendo necessário assim identificar áreas com potencial para criação de unidades de conservação para uso sustentável, corredores ecológicos, ações de fomento ao uso sustentável, ações de regularização ambiental. As Áreas Prioritárias são definidas no território e a elas estão associadas as ações que devam ser executadas pelos governos federal, estadual e municipal e também pela sociedade civil.

c) Áreas Destinadas ao Uso Sustentável: está relacionada às áreas urbanas; áreas destinadas à exploração agropecuária; áreas destinadas a exploração agroflorestal e agrícola. Além disso, é uma área que não está situada em áreas protegidas pela legislação, estando aptas para diversos usos, inclusive para a urbanização.

Visando o atendimento da legislação e das condições mostradas nas **Figuras 51 e 52** são sugeridas algumas recomendações, apresentadas no **Quadro 5**:

Quadro 5: Propostas para o manejo no uso e cobertura da terra da bacia.

Uso e cobertura da terra	Ações	Benefícios
<i>Pastagem</i>	<ul style="list-style-type: none"> - lotação adequada de gado com rotatividade de pastos; - utilização de espécies forrageiras adequadas; - isolamento das APP; - implantação de terraços em nível; - correção da fertilidade do solo; - adoção de sombreamento dos pastos; - uso de sistemas silvopastoris. 	Redução do pisoteio do gado e de erosões, redução de espécies invasoras, manutenção e preservação das APP, redução da compactação e da contaminação do solo, com aumento da infiltração e conforto térmico para os animais.
<i>Lavoura temporária</i>	<ul style="list-style-type: none"> - adoção do plantio direto; - implantação da agricultura de precisão; - construção de terraços em nível; - rotação de culturas; - diversificação de culturas; - controle e uso adequado de agroquímicos; - adequação das culturas à capacidade de uso das terras; Adoção de técnicas de infiltração de água no solo. 	Redução da compactação do solo, aumento da infiltração de água, economia de insumos agrícolas, redução de erosões, manutenção da fertilidade e extinção da contaminação do solo.
<i>Cultura permanente</i>	<ul style="list-style-type: none"> - intercalação de espécies no espaço; - rotatividade de espécies; - escalonamento da produção no tempo; - incentivos à criação de corredores ecológicos; - usos múltiplos dos plantios; - uso de sistemas agrosilvopastoris. 	Diversificação de uso e aumento de produtividade, promover a conectividade entre fragmentos de áreas naturais e usos múltiplos otimizando espaços improdutivos e impactados.
<i>Área Florestal</i>	<ul style="list-style-type: none"> - preservação, conservação e recuperação; - atendimento da legislação relativa às APP e Reservas Legais; - usos múltiplos das áreas de florestas nativas; - implantação de corredores ecológicos; - implantação de sistema de monitoramento. 	Aumento da biodiversidade e da produtividade, com impacto positivo sobre a água, o solo, a fauna silvestre e o microclima regional.
<i>Área Urbana</i>	<ul style="list-style-type: none"> - implementação de redes de coleta e tratamento de esgoto; - implementação de redes de coleta e tratamento de água pluvial; - disciplinar o uso do solo urbano com aumento de áreas permeáveis; - implementação de galerias pluviais; - implementação de educação ambiental; - incentivar projetos de manejo de microbacias hidrográficas urbanas. 	Melhorar as condições de habitação, e as condições ambientais em áreas urbanas, protegendo os recursos naturais e a vida e o patrimônio das pessoas.

Fonte: Cesar Cardoso Ferreira (2016) e Edson Luís Piroli (2016).

Além disso, a partir do indicado por Ferreira (2016) dotar os pontos de sangra da estrada (deságue), de estruturas que evitem a ocorrência de processos erosivos nas propriedades lindeiras, como terraços ou bacias de captação, favorecendo a infiltração das águas pluviais e a recarga do lençol freático.

Melhorar as condições de suporte e rolamento das pistas das estradas rurais com a execução de revestimento primário. Esse conjunto de propostas trará como Benefícios:

- Estradas de terra com boas condições operacionais e de conforto, segurança e trafegabilidade aos usuários;
- Preservação dos recursos naturais – especialmente a água e o solo – reduzindo os efeitos dos processos erosivos e o assoreamento dos cursos d’água.
- Redução dos custos dos transportes dos insumos e da produção agrícola;
- Redução do custo de conservação e prolongamento da vida útil da estrada;
- Promoção da melhoria da qualidade de vida da população da região beneficiada;
- Transferência de tecnologias de conservação de estradas de terra às administrações municipais por meio de treinamentos.

Além disso, propõe-se, a partir deste trabalho organizar um sistema de informação sobre os recursos hídricos, para o armazenamento e difusão de maneira descentralizada das informações geradas para toda a sociedade, que inclua e mantenha atualizado um banco de dados com todos os resultados de estudos já realizados e em realização, em especial na bacia, visando orientar o processo de tomada de decisões.

Além do monitoramento hídrico, outra proposta é elaborar o cadastramento georreferenciado dos assoreamentos e processos erosivos encontrados na Bacia e associa-los aos planos de revitalização. Essa ação resultaria em um cadastro de todos os processos erosivos e de assoreamento associado ao banco de dados, possibilitando a intervenção e a solução dos problemas.

Além das propostas supracitadas, cabe ressaltar que é de suma importância incentivar a participação de toda sociedade no planejamento, manejo e gestão das bacias e dos recursos naturais, além disso, a orientação com suporte técnico aos proprietários rurais e urbanos. Também é necessário que em áreas urbanas existam equipes multidisciplinares destinadas aos diagnósticos e prognósticos ambientais.

**C
A
P
Í
T
U
L
O
7**

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a bacia hidrográfica, por ser uma área dinâmica, necessita de um diagnóstico de todas as características do local, onde uma mudança simples em um determinado fator pode alterar a fragilidade do local e modifica todos os recursos naturais. Por isso se vê necessário a análise de todas as variáveis, a fim de elaborar um estudo mais detalhado e mais rico em informações.

Os resultados obtidos comprovaram a hipótese inicial que a intensificação do uso e cobertura da terra, sem um inventário, diagnóstico e prognóstico antecedente e detalhado das paisagens físico-biótico e antrópicas, implicam em utilização irregular da terra, tornando-a incapaz de manter o equilíbrio entre o meio físico, biótico e antrópico. Desta forma, foi identificado o uso antrópico avançando sobre a bacia hidrográfica já que não se pode dizer que exista áreas naturais e sim áreas antropizadas.

A metodologia proposta por Mateo Rodriguez (1994) foi satisfatória para a estruturação da tese e discussão dos temas proposto e assim cooperou para uma melhor organização das ideias.

A análise da paisagem possibilitou o entendimento da bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari o que permitiu a compreensão de maneira ampla sobre os processos ambientais ocorridos na bacia, tais como a interação dos elementos da natureza.

Com relação aos mapas de uso e cobertura da terra a pastagem e a área florestal ocuparam um maior território, como estes usos também foram observados nas APPs. Já nos usos inadequados nas áreas de APP foi observado que a maior parte da área se refere à pastagem.

Na fragilidade potencial e ambiental as classes de maior porcentagem foram às classes de fragilidade média e fraca. Na fragilidade potencial, a fragilidade média ocupou um percentual de 68,32, sendo essas áreas localizadas em áreas de declividade de 3 a 6%. Na fragilidade ambiental, a classe média ocupou uma área de 69,95% do total da área da bacia.

Já o zoneamento ambiental da BHRM teve enfoque na metodologia trazida por Bacani (2010) onde foram definidas quatro zonas (1) zona de restrição legal; (2) zona produtiva rural; (3) zona urbana e (4) zona incongruência. Todas estas zonas

possibilitaram um diagnóstico satisfatório da bacia hidrográfica, onde a maior parte da bacia teve um zoneamento de baixa restrição.

No ordenamento ambiental foram classificadas três áreas:

(1) áreas prioritárias à preservação permanente: essas áreas são de suma importância, pois são as áreas de preservação permanente e ao seu redor onde é necessária a sua manutenção. Essas áreas têm que respeitar as leis brasileiras de preservação para os recursos hídricos.

(2) áreas prioritárias à recuperação e preservação: são áreas que necessitam um estudo mais avançado para a possibilidade de implementação de parques e necessitam de uma fiscalização.

(3) áreas destinadas ao uso sustentável: que são áreas destinadas à exploração agropecuária ocupou a maior parte da bacia. São áreas que necessitam de um manejo adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, C. M. R; BACANI, V. M. **Diagnóstico da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: Subsídio ao Zoneamento Ambiental.** Rev Boletim Goiano de Geografia (online) Goiânia, v. 38, n. 3, p. 619-645, set./dez. 2018.

ALMEIDA, J. R. DE; ORSOLON, A. M.; MALHEIROS, T. M.; PEREIRA, S. R. B.; AMARAL, F. & SILVA, D.M. **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum, uma necessidade, um desafio.** Ed. Thex Ltda/Biblioteca Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 1993, 154p

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos hídricos – SNIRH/HidroWeb.** Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: março de 2019.

ARAÚJO FILHO, Milton da Costa; MENESES, Paulo Roberto; SANO, Edson Eyji. Sistema de classificação de uso e cobertura da Terra na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia No 59/02**, Agosto 2007.

BACANI, V. M. Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS. **Tese (Doutorado)** - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2010. 223p.

BATISTELA, T. S. **O Zoneamento Ambiental e o desafio da construção da Gestão Ambiental Urbana.** Dissertação - obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília/DF, 2007. 159p.

BENATTI, José Heder; CHAVES, Silvia; MAUÉS, Antonio; RODRIGUES, Liana da Silva. **Derecho, institucionalidad y ordenamento territorial en Brasil y Costa Rica. Ciencias Ambientales – Escuela de Ciencias Ambientales, Heredia, Costa Rica**, n. 19, p. 36-44, 2000.

BERTALANFFY, L. V. **General system theory.** New York, George Brazillier, 1968. p. 38.

_____. **Teoria geral dos sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.

_____. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1978. 351 p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: Esboço Metodológico. **Caderno Ciências da Terra**, n. 13. São Paulo 1969, p. 01 – 27.

_____. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. **Revista RA'EGA**, Curitiba, nº 8, p 141-152, 2004. Editora UFPR.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 8 ed. São Paulo: Ícone, 2012.

BOIN, M. N. **Manual Prático da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente (Áreas de Preservação Permanente: Uma visão Prática)**. 3ªed. São Paulo, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo (pg. 849 – 861), 2005.

BOLEA, Estevan. **Evaluación de impacto ambiental**. Madrid: Fundación MAPFRE, 1984.

BUCCI, E. F. B. **Método de seleção de composições coloridas TM/LANDSAT para análise de classes de uso da terra**. São José dos Campos: INPE, 1990. (INPE-5119-TDL/421).

BRITO, A de O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Florestal. (EFL/FT/UnB, Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília), 2012, 77p.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A; HEMERLY, A.S; MAGALHÃES, G. C; MEDEIROS, M. B. C. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro, INPE, 1996. 205p. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/geopro/livros/anatomia.pdf/>> Acesso em: 10 de Março de 2017.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384 p.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Editora Cultrix, 2001. 249p.

CARNEIRO, C. G.; COELHO, G. B. Método operativo para o planejamento e gestão ambiental. In: **Workshop para zoneamento de áreas de proteção ambiental**. Anais. Curitiba: IPARDES/SEMA, 1987.

CARDOSO, O. R.; ROCHA, N. S. Da; XAVIER, R. A.; VALDUGA, E. T.; DISCONZI, G. S.; RADTKE, L.; CRUZ, R. C. Análise de fragilidade ambiental na bacia do rio Pardo - RS, frente à instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 507–522, 2015

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Orgs.) **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006. 464p.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991, 147p.

COSTA, T. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Conflitos de uso da terra na microbacia do São Bartolomeu – Viçosa, MG. **Rev. Floresta e Ambiente**. V. 20, n. 3. p. 281-295, 2013.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. DE O.; XAVIER, A. C. Usos da terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Rev. Floresta e Ambiente**. V. 20, n. 4. p. 425-434. 2013.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n.0001, de 23 de Janeiro de 1986.** Disponível em <<<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>>. Acesso em 28 de março de 2021.

CHORLEY, R. J. **A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais.** Notícia Geomorfológica, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22, jun. 1971.

CHORLEY, Richard J.; HAGGETT, Peter. **Modelos integrados em geografia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1974. 221p.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach.** London: Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de sistemas em geografia: introdução.** São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979. 106p.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Buchler, 1999.

DAEE/IPT. **Controle de erosão.** Secretaria de Energia e Saneamento - Departamento de Águas e Energia Elétrica. São Paulo, SP, 1990. 92p.

DEL PRETTE, M. E.; MATTEO, K. C. Origens e possibilidades do Zoneamento Ecológico-Econômico no Brasil. In: Ministério do Meio Ambiente. **Caderno de Referência: subsídios ao debate.** Brasília: MMA/SDS, 2006.

DIAS, M. B.G. Aplicação da abordagem geotecnogênica no entendimento das transformações da paisagem na bacia hidrográfica do Rio Mandaguari, Oeste Paulista, Brasil, **Tese (doutorado)** – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2020, 228p.

EMBRAPA. **Código Florestal - Adequação ambiental da paisagem rural.** Disponível em: <<<http://www.embrapa.br/código-florestal/platio-de-mudas>>>. Acesso em: 21 maio 2021.

FERREIRA, C C. PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL DAS PAISAGENS PARA O ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURIÚ, MATO GROSSO DO SUL-BRASIL/Cesar Cardoso Ferreira. - Presidente Prudente: **Tese (doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2016, p. 211.

FENDRICH, R. **Drenagens e Controle da Erosão Urbana.** Curitiba: EDUCA, 1984, 306p.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

FINKLER, R. **Unidade 2 - Instrumento de Planejamento e Manejo de Bacia Hidrográfica** - Planejamento, manejo e gestão de bacias, 2004, p.87.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L. de; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores Ambientais para áreas de preservação permanente. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.** [Online]. 2013, vol.17, n.4, pp. 443-449.

GANDRA, T.B.R. Elementos geomorfológicos e socioambientais como subsídios para a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro - ZEEC. 2008. 85p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande, 2008.

GALLOPÍN, Gilberto. **A systems approach to sustainability and sustainable development.** United Nations, 2003.

GUERRA A. J. T. **Processos erosivos nas encostas.** In: **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**, Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (org). Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2a ed p. 1994. 149-209p.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2006. 190p.

GUERRA, A. J.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. cap. 4, p. 149-209.

HAESBAERT, R. **Ordenamento Territorial.** Instituto de Estudos Sócio-Ambientas. Ver. Boletim Goiano de Geografia, v. 26, n. 1, jan/jun 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra.** Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INPE (2005) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Tutorial de Geoprocessamento.** Disponível em: <<<http://www.inpe.br>>>. Acesso em: 21 maio 2020.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Programa de controle de erosão urbana: projeto-piloto da Bacia do Rio Santo Anastácio - Presidente Prudente e Álvares Machado.** São Paulo: 1997. (IPT. Relatório, 35.980).

LEAL, A. C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – Campinas/SP,** Dissertação de Mestrado, UNESP/IGCE. Rio Claro, 1995.

LIMA, A. M. M. de. **Manejo de Bacias Hidrográficas.** Universidade Federal do Pará - Curso de especialização em gestão hídrica e ambiental. 2019, p.55.

LEITE, E. F.; ROSA, R. **Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins**. Rev. Eletrônica de Geografia, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 178 p. 2002.

LORA, E. S. **Controle da poluição do ar na indústria açucareira**. Itajubá: STAB, 2000. 74 p.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 14^o Ed. Ver. Atual e ampliada. São Paulo: Malheiros Editores, 2006.

MATEO RODRIGUEZ, J.; SILVA, E. V. **La geoecologia del paisaje como fundamento para el analisis ambiental**. REDE– Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, v.1, n.1, p.77-98, dez. 2007.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. (Org). **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**; 2^a Ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

MATEO RODRIGUEZ, J., E. V. SILVA. A. CAVALCANTI. **Geoecologia: uma visão sistêmica da análise ambiental das Paisagens**: Edições UFC, Fortaleza, 2001 (no prelo), 252 pgs.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. Planejamento ambiental como campo de ação da Geografia. In: C.B.G.5, 1994, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: AGB, 1994. V. 1.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

MEDEIROS, R. B. **Zoneamento Ambiental e Qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul - Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2020. 378p.

MENDES, P. P. M. **Processo erosivo em áreas urbanas: condomínio privê, cidade satélite Ceilândia - DF**. Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. A AGB e a Geografia brasileira no contexto das lutas sociais frente aos projetos hegemônicos. 10 a 16 de Agosto de 2014, Vitória/ES.

MIRANDOLA AVELINO, P. H. Análise geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso-Brasil. **Tese (Doutorado em Geociências)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2006. 317p.

MENDES, I. A. A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba / SP. 1993. 171 f.: **Tese (Doutorado)** – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo.

MELLO, C. R. **Estudo hidrológico em microbacia hidrográfica com regime de escoamento efêmero**. 2003. 133p. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.

MIGUEL, A. E. S.; MEDEIROS, R. B.; OLIVEIRA, W. de.; BRUGNOLLI, C. A. C. Análise morfométrica, de uso da terra e cobertura florestal da bacia do Ribeirão Boa Esperança – Brasilândia (MS). Campo Mourão, PR, **Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**. Vol. 03, Nº 02, PP 13-22. 2º SEM/2012.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000. 127p.

MORIN, E. **O problema epistemológico da complexidade**. 3.ed. Mira-Sintra: Publicações Europa-América, 2002.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981.

NASCIMENTO, D. T. F.; ROMÃO, P. de. A; SALES, M. M; VARGAS, C. A. L; AMARAL, C. dos S. **Mapeamento da Suscetibilidade e Potencialidade a Processos Erosivos Laminares e Lineares ao longo do duto osbra da Petrobras**. São Paulo, UNESP, Geociências, v.35, n. 4, p.585-597, 2016.

NUNES, J.O.R. Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada à escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente. Presidente Prudente, 2002. 211 f. **Tese (Doutorado em Geografia)** - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista).

OLIVEIRA, A. C. M. **Aplicação de geotecnologias e do modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, Iracemópolis, SP**. 2004. 119 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

OLIVEIRA, G. H. de. Dinâmicas Geoambientais: desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas-MS**, nº15, p.152-153, 2012.

PAULINO, H, V. **Zoneamento Ambiental: uma visão panorâmica**. Dissertação (Mestrado em Direitos Difusos e Coletivos) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010. 459p.

PARANHOS FILHO, ANTONIO CONCEIÇÃO. **Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: introdução às geotecnologias: material didático** - Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2008. 198p.

PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007. cap. 21, p. 805-847.

PASSOS, M. M. dos. **A Conceituação da Paisagem**. Presidente Prudente, Revista Formação (Online), v.1, n.3, (1996), p. 131-143.

PASSOS, M. M. dos. **Biogeografia e Paisagem**. 2ed. Maringá, 2003. 264p.

PIROLI, E. L. **Água**: por uma nova relação. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2016. 144 p.

PIROLI, E. L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46p.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso das terras das áreas de preservação permanente nos corpos d'água da bacia hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. 150f. Tese (Livre Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) - Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.

PIMENTEL, S. **Soil erosion**. Environment, v39, n 10, p.4-5,1997.

PINTO, A. L., CARVALHO, E. M de, SILVA, P. V. **Contribuição do subsistema biofísico e sócio-produtivo no planejamento territorial e gestapo ambiental da bacia do Córrego Fundo**. In: VI Encontro Nacional da ANPEGE. Fortaleza, 2005. Anais.... Fortaleza: UFC, 2005.

PRANDINI F.L. **Ocurrence of boçorocas in southern Brazil – Geological Conditioning of Enviromental Degradation**. IN: Anais do II Int. Congress IAEG, v. 1, pp. III-37. 1-14, São Paulo, 1974.

RIBEIRO, A. **Impactos da produção agrícola**. Disponível em: << <http://www.mundoeducacao.uol.com.br/geografia/impactos-producao-agricola.htm/>>> Acesso em: 10 de Março de 2021.

ROCHA, C, H, B. **Geoprocessamento**. Tecnologia Transdisciplinar. 2ed. Juiz de Fora: UFJF, 2002. 219 p.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**. Nº 16, pp. 81-90. 2005.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

ROSA, R; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, 1996.

ROSS, J. L. S. Os fundamentos da Geografia da natureza. In: Ross, J. L. S. (Org). **Geografia do Brasil**. 6º Edição. São Paulo: Edusp, 2009. P. 13-65.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: FFLCH-USP, nº8, 1994.

ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. Disponível em: <http://iflorestal.sp.gov.br/2017/09/26/mapa-pedologico-do-estado-de-sao-paulo-revisado-e-ampliado/>. Acesso em: 10 jan. 2019

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente; CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. **Geocologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise da ambiental**. 2º Edição. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 222 pg.

SANTOS, E. **Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Jirau município de Dois Vizinhos – Paraná**. 2005. 141f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SANTOS, G. de S. C. **Atividade discursiva**. Arquitetura e Urbanismo - União Metropolitana para o Desenvolvimento da Educação e Cultura - UNIME, 2020.

SALINAS, Cháves E. Análisis y evaluación de los paisajes en la planificación regional de Cuba, 1991. 113p. **Tesis (Doctorado en Ciencias Geográficas)**- Facultad de Geografía, Universidad de la Habana, Cuba.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA). **Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings**. São Paulo, SMA/CPLA (Relatório Final), 2011.

SILVA, Chalei Aparecido da. **Análise sistêmica, Turismo de Natureza e Planejamento Ambiental de Brotas: proposta metodológica**. Campinas, SP (2006) Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

SILVA NETO, J. C. A da, Zoneamento Ambiental como subsídio para o Ordenamento do Território da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, Serra da Bodoquena - MS. **Tese (Doutorado)** - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, 2013, 292p.

SILVA, Félix Lélis da et alii. Dimensões do Uso e Cobertura da Terra nas Mesorregiões do Estado do Pará. **Revista Espacios**. Vol 37, nº 05, pp 5, 2016

SOKOLONSKI, H. H. (coord.). **Manual técnica de uso de terra**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos, 1999.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na Geografia. **Revista RA'EGA**, Editora UFPR. Curitiba, n7, p. 79-85, 2003.

SPÖRL, C. Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais. **Tese (Doutorado)** - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2007. 185p.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. São Paulo, **Revista Geosp** – Espaço e Tempo, nº 15, pp. 39-49, 2004.

TEIXEIRA, A. L. DE A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de Informação Geográfica: dicionário ilustrado**. São Paulo: Hucitec, 1997.244 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE/SUPREN, 1977. 91p.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 7, n. 1, jan./mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <<<<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>>>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

VAGULA, P. R. Fragilidade Ambiental aos processos erosivos na bacia hidrográfica do Ribeirão do Mandaguari, oeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2019. 120p.

VICENS, Raúl Sanchez. **Geografia da Paisagem e ordenamento ambiental**. In: BARBOSA, Jorge Luiz; LIMONAD, Ester (orgs.). Ordenamento Territorial e Ambiental. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense, 2012.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: sn, 2001.228 p.

XAVIER-DA-SILVA, J. O Espaço Organizado: sua percepção por Geoprocessamento. **Revista Universidade Rural - Série Ciências Exatas e da Terra**, Rio de Janeiro, v.21 n.1, p.63 - 77, 2002.

WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. Erosão e assoreamento. In: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. cap. 4, p. 39-58.

WILSON, I. From scenarios thinking to strategic action. **Technological Forescating and Social Change**, n. 65, p. 23-29, 2000.

ZACHARIAS, A. A. A REPRESENTAÇÃO GEOGRÁFICA DAS UNIDADES DE PAISAGEM NO ZONEAMENTO AMBIENTAL: um estudo de caso no Município de Ourinhos-SP. **Tese (Doutorado)** – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus Rio Claro, 2006. 209p.