



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



YARA MANFRIN GARCIA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO
PEDERNEIRAS – PEDERNEIRAS/SP**

Botucatu

2017

YARA MANFRIN GARCIA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO
PEDERNEIRAS – PEDERNEIRAS/SP**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador(a): Sérgio Campos
Coorientador(a): Anselmo José Spadotto

**Botucatu
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO- BOTUCATU (SP)

G216d Garcia, Yara Manfrin, 1988-
Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do
Ribeirão Pederneiras - Pederneiras/SP / Yara Manfrin
Garcia. - Botucatu : [s.n.], 2017
213 p.: ils., color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2017
Orientador: Sérgio Campos
Coorientador: Anselmo José Spadotto
Inclui bibliografia

1. Geoprocessamento. 2. Interpretação fotográfica - Ba-
cias hidrográficas - Pederneiras/SP. 3. Planejamento am-
biental. 4. Recursos naturais - Conservação. I. Campos,
Sérgio. II. Spadotto, Anselmo José. III. Universidade Es-
tadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botu-
catu). Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu. IV.
Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO
PEDERNEIRAS – PEDERNEIRAS/SP

AUTORA: YARA MANFRIN GARCIA

ORIENTADOR: SÉRGIO CAMPOS

COORIENTADOR: ANSELMO JOSE SPADOTTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. SÉRGIO CAMPOS

Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu



Dra. BRUNA SOARES XAVIER DE BARROS

. / Botucatu/SP


Prof. Dr. LINCOLN GEHRING CARDOSO

Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu



Prof. Dr. RAFAEL CALORE NARDINI

Depto de Geociências / CCE - Universidade Estadual de Londrina


Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Botucatu, 13 de abril de 2017

Aos meus pais,
José Roberto e Doralice,
a vocês, dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus, que tem me dado discernimento para enfrentar as situações da vida e guiar meus passos.

As primeiras pessoas que devo agradecer são aqueles que me formaram como pessoa: Aos meus pais, José Roberto e Doralice, e aos meus irmãos, Marcelo e Fernando, pelo carinho, apoio e incentivo.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA/UNESP), campus de Botucatu, e à Coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura, pela oportunidade.

Ao meu orientador, professor Dr. Sérgio Campos, pelo aceite na orientação, ensinamentos e acreditar no meu desempenho para a realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Rural, em especial ao professor Dr. Zacarias Xavier de Barros pelos ensinamentos e convivência e a professora Dra. Silvia Regina Lucas de Souza.

Ao professor Dr. Anselmo José Spadotto, pelas orientações e sugestões.

Aos funcionários da Biblioteca “Prof. Paulo de Carvalho Mattos” pelas ajudas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida.

Aos professores Doutores Rafael Calore Nardini, Bruna Soares Xavier de Barros, Lincoln Gehring Cardoso e Teresa Cristina Tarlé Pissarra por aceitarem serem membros das bancas deste trabalho e as contribuições que foram proporcionadas.

Ao professor Dr. Antônio Cezar Leal e sua esposa Lia, pela amizade e disponibilidade em ajudar. A atenção e esclarecimentos do professor Dr. Paulo Fernando Jurado da Silva.

Aos amigos que fiz no Grupo de Estudos e Pesquisas em Geotecnologia, Geoprocessamento e Topografia (GEPEGEO) do Departamento de Engenharia Rural (FCA/UNESP), Bruno Rodrigues, Clescy, Felipe Tagliarini, Gabriel Rondina, Jéssica Malheiros, Mariana Campos e Mikael Rodrigues. Agradeço vocês pelas experiências compartilhadas, ajudas, convivência e amizade.

Aos amigos que participaram dessa fase de doutorado possibilitando momentos de amizade, aprendizado e descontração: Ana Clara, Aline Fernandes, Amanda Lima, Mariana Wagner, Sara, Wellington e Bruna Domeneghetti.

A Aline Kuramoto pela amizade, convivência e ajudas.

Ao Gilberto Fernandes pela amizade, apoio e carinho.

Aos amigos que de perto ou longe sempre, de alguma maneira presente, se fizeram importantes para mim: Bruna Santos, Erika Akemi, Jefferson, Leiliane, Lucas Junior e Thiago.

Assim, agradeço a todos vocês que partilham comigo tantos momentos, bons e ruins, e que sempre me incentivaram e apoiaram as minhas conquistas.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém, leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos” (Paulo Baleki).

RESUMO

O diagnóstico ambiental é a interpretação da situação ambiental com base na interação e dinâmica dos componentes relacionados ao meio físico. Constitui uma etapa fundamental no processo de gestão ambiental já que possibilita identificar os problemas e propor soluções sendo considerado assim, uma forma de planejamento ambiental. Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo realizar o diagnóstico ambiental do meio físico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, localizada nos municípios de Agudos e Pederneiras, no estado de São Paulo. Os procedimentos metodológicos foram baseados na estruturação de um banco de dados digital em ambiente de Sistema de Informação Geográfica visando à elaboração, atualização, interação e confecção dos mapas. A bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras possui uma área de 14918,28 ha e perímetro de 67,46 km, sendo considerada de 4ª ordem, com formato oblonga que indica baixa tendência a enchentes e baixa declividade. Com base nos resultados pode-se afirmar que a área é praticamente agrícola, dentre as doze classes de uso e ocupação do solo, a cana-de-açúcar é a cultura predominante com 6286,22 ha, seguido pelo reflorestamento com 5605,56 ha e, mesmo assim, merece destaque a área urbana que é de 1117,67 ha. Quanto as Áreas de Preservação Permanente, estas vêm sendo ocupadas inadequadamente e tem causado diversos problemas ambientais como, por exemplo, enchentes, assoreamentos e poluição dos cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outros. Desta forma, com base nos resultados expostos, conclui-se a necessidade de medidas minimizadoras de problemas ambientais para a área urbana e rural e que tenham como base planos de ações e de controle desenvolvidos para nortear a aplicabilidade e fiscalização nessas áreas. Pretende-se que esse diagnóstico ambiental possa subsidiar o planejamento desta bacia hidrográfica pelo poder público e órgãos gestores.

Palavras-chave: Planejamento ambiental, geoprocessamento, análise morfométrica.

ABSTRACT

Environmental diagnosis is the interpretation of the environmental situation based on the interaction and dynamics of the components related to the physical environment. Is a fundamental step in the process of environmental management since it makes possible to identify the problems and propose solutions being considered, therefore, a form of environmental planning. In this sense, this research aimed to carry out the environmental diagnosis of the physical environment of the Pederneiras hydrographic basin, located in Agudos and Pederneiras towns, in São Paulo State. The methodological procedures were based on the structuring of a digital database in a Geographic Information System Environment, aiming the elaboration, updating, interaction and preparation of the maps. The hydrographic basin area of the Pederneiras stream has an area of 14918,28 ha and a perimeter of 67,46 km, being considered of 4th order, with oblong format indicating low tendency to floods and low slope. Based on the results, it can be stated that the area is practically agricultural, among the twelve classes of land use and occupation, sugar cane is the predominant crop, with 6286,22 ha, followed by reforestation with 5605,56 ha and, even so, it is worth mentioning the urban area that is 1117, 67 ha. As for Permanent Preservation Areas, these have been inadequately occupied and this has caused several environmental problems, such as flooding, silting and pollution of watercourses, soil sealing, among others. In this way, based on the results presented, it is concluded that there is a need for minimizing environmental problems for the urban and rural areas and based on action and control plans developed to guide the applicability and supervision in these areas. it is intended that this environmental diagnosis can subsidize this hydrographic basin planning, by the public power and management organs.

Keywords: Environmental planning, geoprocessing, morphometric analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Regiões hidrográficas do Brasil	33
Figura 2 - Bacias/Regiões hidrográficas do estado de São Paulo.....	34
Figura 3 - Divisão da UGRHI em seis sub bacias	37
Figura 4 - Hidrograma comparativo de antes e depois da urbanização	47
Figura 5 - Diferença entre enchente e inundação	53
Figura 6 - Hidrograma comparativo para as bacias radial e alongada	55
Figura 7 - Ilustração do fator de forma para duas bacias de mesma área	56
Figura 8 - Classificação de ordem das redes de drenagens	58
Figura 9 - Conjunto de ferramentas do geoprocessamento	74
Figura 10 - Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	87
Figura 11 - Fluxograma das etapas dos procedimentos metodológicos	90
Figura 12 - União das cartas planialtimétricas e destaque para a área de estudo	93
Figura 13 - Planialtimetria da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	95
Figura 14 - Imagem do satélite Sentinel-2A	99
Figura 15 - Sistema viário da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	112
Figura 16 - Mapa geológico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	114
Figura 17 - Climograma referente a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	115
Figura 18 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	118
Figura 19 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	120
Figura 20 - Mapa de declividade para mecanização agrícola na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	122
Figura 21 - Mapa pedológico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	124
Figura 22 - Mapa de aquíferos da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	128
Figura 23 - Sistema atual e proposto para captação de água em Pederneiras.....	129
Figura 24 - Sistema atual e proposto para captação de água em Agudos.....	130
Figura 25 - Mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	131
Figura 26 - Mapa da hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	136
Figura 27 - Mapa dos biomas da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	138
Figura 28 - Mapa do uso e ocupação da terra em 1997 da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	140

Figura 29 - Mapa do uso e ocupação da terra em 2017 da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	143
Figura 30 - Mapa das Áreas de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	147
Figura 31 - Mapa de usos em Áreas de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	149
Figura 32 - Mapa de conflito de uso em APPs da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	151
Figura 33 - Mapa dos imóveis rurais no Cadastro Ambiental Rural da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	153
Figura 34 - Mapa das áreas consolidadas da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	155
Figura 35 - Mapa das áreas prioritárias para restauração florestal.....	157
Figura 36 - Falta de preservação no córrego.....	159
Figura 37 - Lixo em Áreas de Preservação Permanente	159
Figura 38 - Córrego Monjolo - Pederneiras/SP.....	160
Figura 39 - Pontos de alagamentos e loteamentos sem EIA.....	161
Figura 40 - Sedimentos no ribeirão Pederneiras	161
Figura 41 - Antes e após enchentes	162
Figura 42 - Dias após a inauguração da ponte	163
Figura 43 - Represa que rompeu em área da Duratex	164
Figura 44 - Localização da pedreira	165
Figura 45 - Pedreira em 2014.....	165
Figura 46 - Pedreira em 2016.....	166
Figura 47 - Medidas de prevenção	166
Figura 48 - Ofício de pedido de reflorestamento do ribeirão Pederneiras	168
Figura 49 - Ofício de pedido de limpeza no ribeirão Pederneiras	169
Figura 50 - Ofício de pedido de medidas para conscientização da população	171
Figura 51 - Limpeza do córrego do Monjolo e ribeirão Pederneiras	172
Figura 52 - Mapa das microbacias da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras .	175
Figura 53 - Mapas da rede de drenagem das microbacias hidrográficas	179
Figura 54 - Mapas da hierarquia fluvial das microbacias hidrográficas	182
Figura 55 - Mapas da planialtimetria das microbacias hidrográficas	184
Figura 56 - Mapas de uso e ocupação das terras das microbacias hidrográficas ..	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização das classes de altitude da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	117
Tabela 2 - Caracterização das classes de declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	119
Tabela 3 - Classes de solos da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	123
Tabela 4 - Características morfométricas da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras	133
Tabela 5 - Hierarquia fluvial da bacia do ribeirão Pederneiras	135
Tabela 6 - Evolução de algumas culturas no município de Pederneiras	139
Tabela 7 - Uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras em 1997	141
Tabela 8 - Uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras em 2017	144
Tabela 9 - Quantificação dos usos e dos usos conflitantes em APPs.....	148
Tabela 10 - Propriedades rurais na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	152
Tabela 11 - Dados das microbacias hidrográficas.....	176
Tabela 12 - Índices quanto a forma da bacia	177
Tabela 13 - Parâmetros monométricos relacionados a drenagem	178
Tabela 14 - Extensão do percurso superficial das microbacias.....	180
Tabela 15 - Ordem das microbacias	181
Tabela 16 - Comprimento das curvas de nível, declividade média e razão de relevo das microbacias	183
Tabela 17 - Coeficiente de rugosidade das microbacias	185
Tabela 18 - Classes de uso da terra a partir do coeficiente de rugosidade.....	185
Tabela 19 - Quantificação de cada uso da terra nas microbacias.....	187
Tabela 20 - Classes e quantificação de usos da terra das microbacias.....	188

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atribuições dos comitês de bacia	35
Quadro 2 - Função ambiental das Áreas de Preservação Permanente	67
Quadro 3 - Resoluções e suas características	77
Quadro 4 - Informações referentes ao Sentinel - 2A	79
Quadro 5 - Intervalo de valores para classificação do relevo	96
Quadro 6 - Características dimensionais	102
Quadro 7 - Intervalo de valores para interpretação	104
Quadro 8 - Intervalo de valores para densidade de drenagem	105
Quadro 9 - Classificação da densidade hidrográfica de bacias.....	106
Quadro 10 - Intervalo de valores para classificação da razão do relevo	109
Quadro 11 - Intervalo de valores para classificação de razão de textura.....	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Áreas de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CBH - TJ	Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê - Jacaré
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
ESA	Agência Espacial Europeia
<i>ESRI</i>	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo
MDT	Modelo Digital do Terreno
MF	Módulo Fiscal
<i>MSI</i>	<i>Multi Spectral Instrument</i>
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PRADA	Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
<i>RGB</i>	<i>Red, Green and Blue</i>
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
<i>SHP</i>	<i>Shapefiles</i>
SiCAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>
UGRHI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<i>UTM</i>	<i>Universal Transverse Mercator</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	27
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	29
2.1	Bacia hidrográfica e sua legislação: unidade de estudo e gestão.....	29
2.1.1	Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	32
2.1.1.1	Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré.....	35
2.2	Planejamento ambiental.....	38
2.2.1	Diagnóstico ambiental.....	39
2.3	Elementos de análise em bacias hidrográficas.....	41
2.3.1	Estudo do meio físico.....	42
2.3.1.1	Geologia.....	42
2.3.1.2	Clima.....	43
2.3.1.3	Geomorfologia.....	44
2.3.1.4	Hipsometria.....	45
2.3.1.5	Solos.....	45
2.3.1.6	Cobertura vegetal.....	46
2.3.1.7	Hidrografia.....	48
2.3.1.8	Uso e ocupação da terra.....	48
2.3.2	Parâmetros morfométricos.....	51
2.3.2.1	Área.....	54
2.3.2.2	Forma da bacia.....	54
2.3.2.3	Fator de forma.....	55
2.3.2.4	Índice de circularidade.....	57
2.3.2.5	Ordem dos cursos d'água.....	57
2.3.2.6	Densidade de drenagem.....	58
2.3.2.7	Densidade hidrográfica.....	59
2.3.2.8	Coeficiente de manutenção.....	59
2.3.2.9	Gradiente de canais.....	60
2.3.2.10	Declividade média.....	60
2.3.2.11	Coeficiente de rugosidade.....	62
2.3.2.12	Razão de relevo e de textura.....	62

2.4	Legislação ambiental brasileira.....	63
2.4.1	Lei florestal com enfoque nas Áreas de Preservação Permanente.....	66
2.5	Geotecnologia como ferramenta de análise ambiental.....	71
2.5.1	Sensoriamento remoto.....	75
2.5.1.1	Imagens de satélite e o Sentinel-2A.....	78
2.5.2	Sistema de Informação Geográfica.....	80
2.5.2.1	SIG - ArcGIS.....	84
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	86
3.1	Material.....	86
3.1.1	Caracterização da bacia hidrográfica.....	86
3.1.2	Material cartográfico.....	88
3.1.3	Programas de computador.....	89
3.2	Métodos.....	90
3.2.1	Elaboração da base cartográfica.....	90
3.2.2	Georreferenciamento da carta planialtimétrica e vetorização dos elementos.....	91
3.2.3	Mapa geológico.....	93
3.2.4	Climograma.....	93
3.2.5	Mapa geomorfológico.....	94
3.2.6	Geração do TIN e seus produtos.....	94
3.2.7	Mapa pedológico.....	97
3.2.8	Mapa aquíferos.....	97
3.2.9	Mapa biomas.....	97
3.2.10	Mapa de uso e ocupação da terra (1997)	98
3.2.11	Mapa de uso e ocupação da terra (2017)	98
3.2.12	Mapa da simulação das Áreas de Preservação Permanente.....	100
3.2.13	Mapa de uso e ocupação da terra e conflito em APPs.....	100
3.2.14	Mapa do Cadastro Ambiental Rural e das áreas consolidadas....	101
3.2.15	Mapa das áreas prioritárias para restauração florestal.....	101
3.2.16	Mapa de hierarquia fluvial.....	101
3.2.17	Análise morfométrica.....	101
3.2.17.1	Parâmetros morfométricos relacionados à dimensão da bacia	

	hidrográfica.....	102
3.2.17.2	Parâmetros morfométricos relacionados à forma, relevo e drenagem da bacia hidrográfica.....	103
3.2.17.2.1	Fator de forma.....	103
3.2.17.2.2	Índice de circularidade.....	103
3.2.17.2.3	Densidade de drenagem.....	104
3.2.17.2.4	Densidade hidrográfica ou frequência de rios.....	105
3.2.17.2.5	Extensão do percurso superficial.....	106
3.2.17.2.6	Coeficiente de manutenção dos canais.....	106
3.2.17.2.7	Gradiente de canais.....	107
3.2.17.2.8	Declividade média.....	107
3.2.17.2.9	Amplitude altimétrica.....	107
3.2.17.2.10	Altitude média.....	108
3.2.17.2.11	Coeficiente de rugosidade.....	108
3.2.17.2.12	Razão de relevo.....	109
3.2.17.2.13	Razão de textura.....	110
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	111
4.1	Os municípios de Agudos e Pederneiras.....	111
4.2	Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.....	113
4.2.1	Geologia.....	113
4.2.2	Clima.....	115
4.2.3	Geomorfologia.....	116
4.2.4	Hipsometria.....	117
4.2.5	Declividade	119
4.2.6	Pedologia.....	123
4.2.7	Águas subterrâneas.....	127
4.2.8	Hidrografia.....	130
4.2.9	Morfometria da bacia hidrográfica.....	133
4.2.10	Hierarquia fluvial.....	135
4.2.11	Mapa biomas.....	137
4.2.12	Mapeamento do uso e ocupação da terra.....	139
4.2.13	Simulação das Áreas de Preservação Permanentes.....	146

4.2.14	Mapa de usos e de conflitos de usos da terra em APPs.....	148
4.2.15	Mapeamento das propriedades rurais.....	152
4.2.16	Mapeamento das áreas consolidadas.....	154
4.2.17	Mapa das áreas prioritárias para restauração florestal.....	156
4.3	Problemas ambientais.....	158
4.4	Microbacias hidrográficas do ribeirão Pederneiras.....	174
4.4.1	Dados das microbacias hidrográficas.....	176
4.4.2	Parâmetros morfométricos relacionados à forma.....	176
4.4.3	Parâmetros morfométricos relacionados à drenagem.....	177
4.4.4	Parâmetros morfométricos relacionados ao relevo.....	183
4.4.4.1	Usos da terra.....	185
4.4.4.1.1	Conflitos de uso com base no coeficiente de rugosidade.....	187
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	189
6	CONCLUSÕES.....	191
	REFERÊNCIAS.....	192

1 INTRODUÇÃO

As alterações ambientais provenientes da degradação dos ecossistemas decorrente dos usos excessivos e inadequados do solo estão cada vez mais frequentes. Assim, estudos em bacias hidrográficas representam uma maneira eficiente para a conservação e preservação dos recursos naturais além de contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Na perspectiva de compreender os novos arranjos quanto ao funcionamento do meio natural torna-se importante estudos geográficos que visem a análise e interpretação da relação entre o homem e a natureza para assim, propor alternativas minimizadoras de problemas quanto a utilização irregular dos recursos naturais.

O diagnóstico ambiental do meio físico consiste no levantamento da situação ambiental atual de uma determinada área e constitui em uma das etapas do planejamento e da gestão ambiental.

Nesse contexto, estudos como o diagnóstico ambiental em bacias hidrográficas tornam-se cada vez mais necessários e embasando o apoio a tomada de decisão tem-se o uso das geotecnologias que a cada dia estão mais avançadas tecnologicamente.

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias que permitem o desenvolvimento e avaliação de informações espaciais nas mais diversas áreas do conhecimento. Destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica, a cartografia digital, sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global, geoestatística, entre outras.

Além do uso dessas geotecnologias, o suporte da legislação ambiental baseada nas características do meio físico é fundamental para a definição de limites quanto ao uso e ocupação da terra em áreas de reconhecida qualidade ambiental a serem preservadas e/ou recuperadas já que o mau uso das terras agrícolas e a ocupação urbana desordenada suprimem a vegetação nativa sendo isso uma importante causa de impactos negativos no meio ambiente.

A área escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa foi a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras que está localizada entre os municípios de Agudos e Pederneiras, no estado de São Paulo.

A escolha da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras para a presente pesquisa se deve a escassez de estudos na área e principalmente pelo fato de

apresentar características que necessitam de um diagnóstico ambiental para garantir a conservação e a preservação do ambiente como, por exemplo, os casos de enchentes que acontecem anualmente na cidade, problemas de uso e ocupação em lugares considerados inadequados, falta de fiscalização e de planejamento associado ao descaso por parte do poder público e da sociedade, sendo que todos são responsáveis pelo espaço geográfico e devem zelar pelo meio ambiente.

Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo realizar o diagnóstico ambiental do meio físico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

Esse diagnóstico visou também à identificação de eventuais conflitos existentes na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras com base em características físicas e morfométricas e apontar propostas de soluções que orientem o manejo racional, a recuperação e preservação dessas áreas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bacia hidrográfica e sua legislação: unidade de estudo e gestão

Segundo FAPEMIG (2005), bacia hidrográfica é definida como a área limitada por divisores de água, dentro da qual são drenados os recursos hídricos, por meio de um curso d'água - como um rio e seus afluentes. Esta área delimitada constitui-se em uma importante unidade de planejamento e de execução de atividades socioeconômicas, ambientais, culturais e educativas.

Por bacia hidrográfica, Botelho (1999) define como sendo uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e de seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água.

O conceito de bacia hidrográfica como unidade geomorfológica fundamental - que define a área de captação do escoamento superficial e que sustenta o sistema hídrico - não pode ser considerado como uma forma pontual e, sim, como um todo (LIMA; ZAKIA, 2006). Desta forma, sendo o rio considerado produto da relação entre diversos fatores (solo, litologia, geologia e tempo) este é parte integrada à bacia hidrográfica.

Segundo Horton (1945), a formação da bacia hidrográfica depende da natureza dos processos de escoamento e infiltração da água das chuvas dado que a relação infiltração/deflúvio influencia na ação de escavamento do vale.

A bacia hidrográfica, dentro de uma visão integrada, deve ser a unidade de caracterização, diagnóstico, planejamento e gestão ambiental, com vistas ao desenvolvimento regional sustentável, pois os impactos ambientais podem ser mensurados e corrigidos mais facilmente. Assim, a água vem a ser um elemento integrador dos fenômenos físicos (ARAÚJO; TELES; LAGO, 2009).

A bacia hidrográfica é também denominada de bacia de captação quando atua como coletora das águas pluviais, ou bacia de drenagem quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos d'água (SILVA, 1995).

A delimitação da bacia hidrográfica é essencial para a gestão dos recursos naturais e para a intervenção do Estado. É por meio desta delimitação que o poder público e a sociedade civil adquirem maior capacidade de organização e direcionamento de esforços, reconhecimento dos diversos níveis de demandas

específicas, formulação de políticas na área de recursos hídricos, além de apoiar a operacionalização dos comitês de bacias hidrográficas (ALBUQUERQUE, 2012).

O rio principal de uma bacia é a maior linha de fluxo de água que liga uma nascente ao exutório. Os drenos secundários que conduzem a água diretamente ao rio principal são denominados afluentes e, da mesma forma, os rios que confluem para os afluentes são subafluentes do rio principal (CRUZ; TAVARES, 2009) e, tal interação é conhecida como rede de drenagem.

Cada bacia hidrográfica se interliga com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Desta forma, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos. Esses conceitos se relacionam a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica (CARMO; SILVA, 2010).

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que, mudanças significativas, em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos locais e à jusante (GUERRA; CUNHA, 2004).

Sebusiani e Bettine (2011) afirmaram que devido a sua importância histórica e o fato de constituírem áreas de intensa ocupação urbana, as bacias hidrográficas localizadas no meio urbano constituem um recorte espacial importante para o planejamento urbano e seu processo de uso e ocupação do solo raramente é fundamentado nas questões ambientais. Complementaram ainda que as normas de usos e ocupação dessas no meio urbano restringem-se aos zoneamentos urbanos e delineiam-se segundo tendências político-administrativas de expansão territorial resultando em conflitos de ordem ambiental.

De acordo com Rocha e Kurtz (2001), o manejo integrado de bacias hidrográficas torna-se fundamental, pois visa à recuperação ambiental das áreas degradadas, equilibrando os ecossistemas e buscando a sustentabilidade dos recursos naturais renováveis, por meio da elaboração e aplicação de diagnósticos quantitativos e qualitativos.

Portanto, pode-se afirmar que o manejo correto de bacias hidrográficas envolve a elaboração de diversos diagnósticos que identificam todos os problemas da bacia além de indicar as soluções em todos os níveis, integrando conclusões e recomendações para a recuperação total do meio ambiente (SILVA; RAMOS, 2001).

Desta forma, há necessidade de alguns diagnósticos para o correto manejo de bacias hidrográficas, por exemplo, o diagnóstico físico-conservacionista, o

diagnóstico socioeconômico, o diagnóstico ambiental, o diagnóstico da vegetação, o diagnóstico da água, o diagnóstico da fauna e o diagnóstico do solo (HOLLANDA; CAMPANHARO; CECÍLIO, 2012).

Cecílio, Garcia e Moreira (2007), apontaram como objetivos básicos do manejo de bacias hidrográficas a compatibilidade da produção com a preservação ambiental e a concentração de esforços das diversas instituições presentes nas diversas áreas de conhecimento, a fim de que todas as atividades econômicas dentro da bacia sejam desenvolvidas de forma sustentável e trabalhadas integradamente.

Para O'Sullivan (1981) apud Polette et al. (2000), a bacia hidrográfica contém o conceito de integração e seu uso e aplicação para estudos de problemas ambientais são fundamentais, pois contém informações físicas, biológicas e socioeconômicas, sendo que nenhuma pode ser desconsiderada e a solução de problemas de pressão ambiental está vinculada com as preocupações que objetivem a manutenção das bacias hidrográficas.

Segundo Baruqui e Fernandes (1985), as bacias hidrográficas compõem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e da qualidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso do solo.

As primeiras conceituações de planejamento ambiental em bacias hidrográficas fundamentaram-se no enfoque de manejo das águas de acordo com os diversos tipos de usos. E, após esta visão, a bacia hidrográfica passou a ser considerada uma conjunção de fatores ambientais, e nos últimos anos tem-se desenvolvido a ideia do planejamento e manejo ambiental de todos os componentes geoambientais da bacia hidrográfica (RODRÍGUEZ; SILVA; LEAL, 2011).

Consequentemente, por apresentar características definidas, como exemplo, a área, forma, tipo de drenagem, tipos de solo e rocha, formas e extensões de relevo, variação e dimensão das classes de declividade, uso e ocupação do solo, o reconhecimento e a análise destas características são fundamentais para o desenvolvimento de projetos de qualquer natureza (MONTEIRO, 2003).

2.1.1 Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Sobre o gerenciamento dos recursos hídricos, Lanna (1995) afirmou que é um instrumento que orienta o Poder Público e a sociedade, a longo prazo, na utilização e monitoramento dos recursos ambientais, econômicos e socioculturais, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, de forma a promover o seu desenvolvimento sustentável.

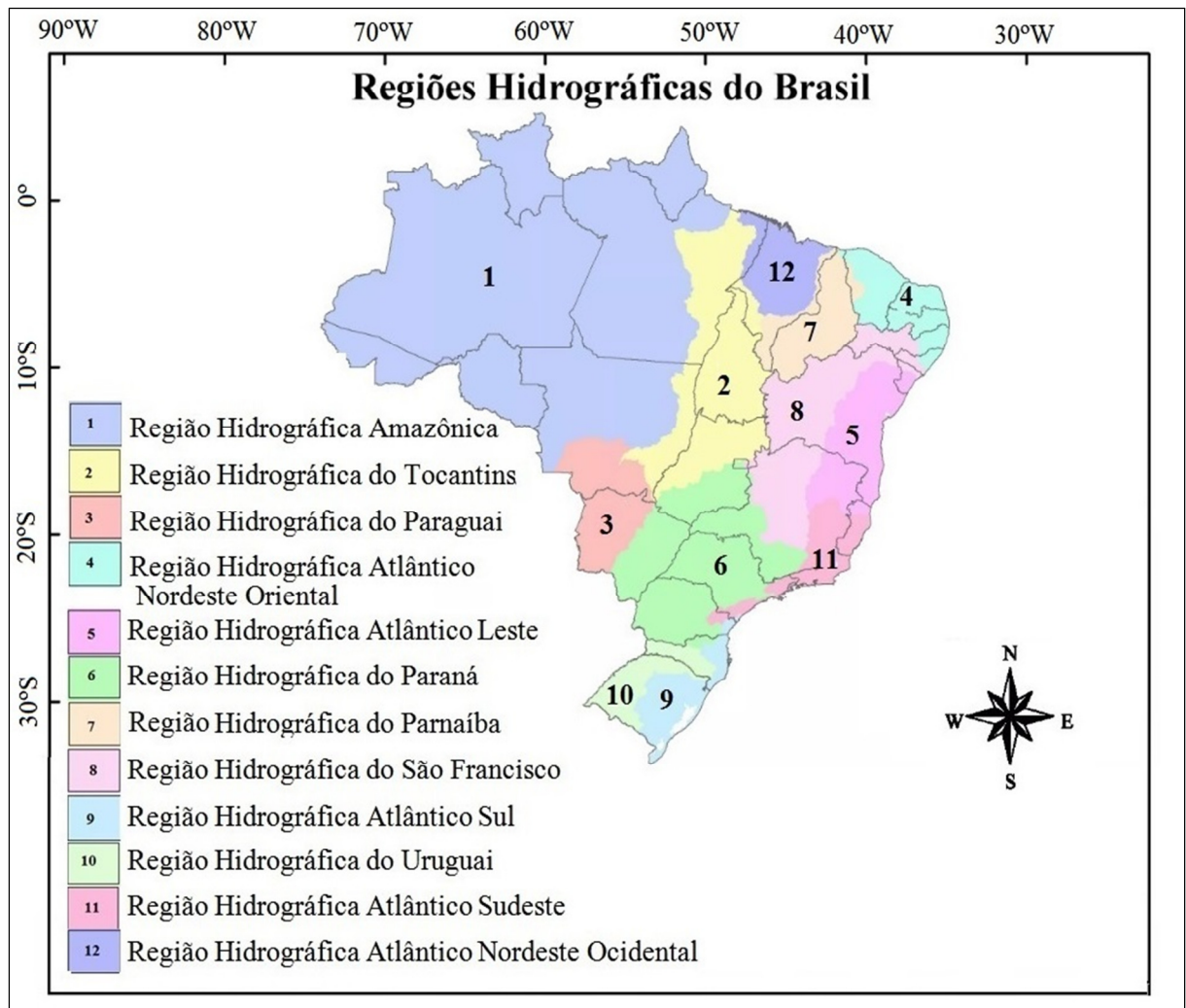
Quanto à visão legal do entendimento de bacia hidrográfica na dinâmica desta tese tem-se respaldo na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que segundo Brasil (1997), o art. 1º da Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se no fundamento de que, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Salienta-se que segundo Buitrago (2012), alguns estados brasileiros, antes da promulgação da referida Lei (Lei nº 9.433/97), já apresentavam suas próprias legislações sobre recursos hídricos, como no caso do estado de São Paulo que com a Lei nº 7.663/91 passou a orientar a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH).

De acordo com Brasil (2003), considera-se como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Como forma de facilitar o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil e definir uma Política Nacional de Recursos Hídricos, em 15 de outubro de 2003, por meio da Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2003) o território brasileiro foi dividido em 12 regiões hidrográficas, Figura 1.

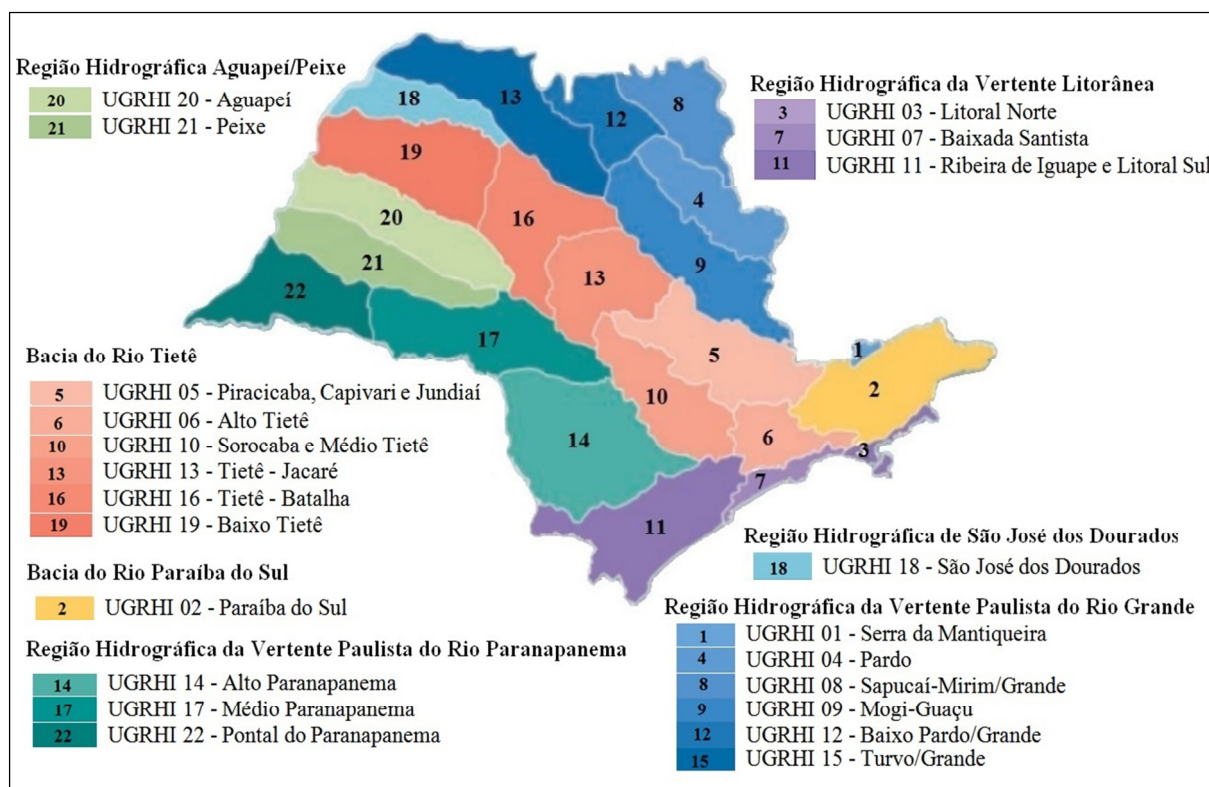
Na Figura 1 é possível perceber que as bacias hidrográficas que contêm territórios do estado de São Paulo pertencem à bacia do rio Paraná ou às bacias do Atlântico Sul e Atlântico Sudeste.

Figura 1 - Regiões hidrográficas do Brasil

Fonte: Cardoso (2015).

Em continuidade a esta divisão justificada, os estados brasileiros, no âmbito dos seus territórios, fizeram divisões hidrográficas para fins de gestão utilizando diferentes critérios (PORTO; PORTO, 2008).

Assim, o estado de São Paulo está dividido em 22 bacias hidrográficas ou 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) por meio da Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Para Porto e Porto (2008), o fato relevante está em reafirmar que tais divisões foram feitas de maneira a confirmar as necessidades de gestão dos recursos hídricos com a configuração física e características locais, Figura 2.

Figura 2 - Bacias/Regiões hidrográficas do estado de São Paulo

Fonte: São Paulo (2011).

Ainda de acordo com a lei principal, Lei nº. 9.433/97 existem também, os colegiados de decisão que são denominados de Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH). Esses comitês tem como área de atuação, Brasil (1997): I - a totalidade de uma bacia hidrográfica; II - sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário; ou III - grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.

No estado de São Paulo existem 21 Comitês de Bacias Hidrográficas legalmente constituídos, tal fato refere-se à junção de duas UGRHI que se uniram e formaram um único comitê - caso das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.

O Comitê de Bacia é no âmbito da gestão dos recursos naturais, especialmente das águas, o colegiado com maior legitimidade e capacitação da região, que cumpre na íntegra os princípios da Política Nacional de Recursos Hídrico e determina um modelo de gestão das águas descentralizado e participativo no qual envolve o poder público, os usuários de água e a sociedade civil organizada (REZENDE, 2010).

2.1.1.1 Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré

Os comitês asseguram a participação de representantes do Estado, dos municípios e da sociedade civil e têm como atribuição legal deliberar sobre a gestão da água fazendo isso de forma compartilhada com o poder público, Quadro 1.

Quadro 1 - Atribuições dos comitês de bacia

Deliberativas	Arbitrar em primeira instância administrativa os conflitos pelo uso da água.
	Aprovar o plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica e: - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade; - prioridades para outorga de direito de uso de recursos hídricos; - diretrizes e critérios gerais para cobrança e; - condições de operação de reservatórios, visando a garantir os usos múltiplos.
	Estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos.
	Estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.
Propositivas	Acompanhar a execução do plano de recursos hídricos e sugerir as providências necessárias ao cumprimento das metas.
	Propor os usos não outorgáveis ou de pouca expressão ao Conselho de Recursos Hídricos competente.
	Escolher a alternativa para enquadramento dos corpos d'água e encaminhá-la aos conselhos de recursos hídricos competentes.
	Sugerir os valores a serem cobrados pelo uso da água.
	Propor aos conselhos de recursos hídricos a criação de áreas de restrição de uso, com vista à proteção dos recursos hídricos.
	Propor aos conselhos de recursos hídricos as prioridades para aplicação de recursos oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos do setor elétrico na bacia.
Consultivas	Promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes.

Fonte: CBH-TJ (2014).

Assim, dentre as atribuições citadas dos comitês de bacia hidrográfica, destaca-se a aprovação do Plano de Bacia e acrescenta-se o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos que são ferramentas para a gestão estratégica junto aos comitês, garantindo a continuidade das ações com a possibilidade de atualizações sempre que necessário (AZEVEDO et al., 2007).

Os comitês de bacia hidrográfica diferem de outras formas de participação previstas nas demais políticas públicas visto que têm como atribuição legal deliberar sobre a gestão da água fazendo isto de forma compartilhada com o poder público (ANA, 2011).

Por isso, o comitê de bacia hidrográfica é responsável pelo planejamento de gestão dos recursos hídricos que envolve mobilização da sociedade civil, dos municípios e dos órgãos do estado, permite a negociação sobre o uso da água de maneira pública e democrática, cria programas e projetos a serem implantados para solução e para ações reguladoras que garantam o cenário pretendido em relação à quantidade e qualidade da água na bacia (CBH - TJ, 2014).

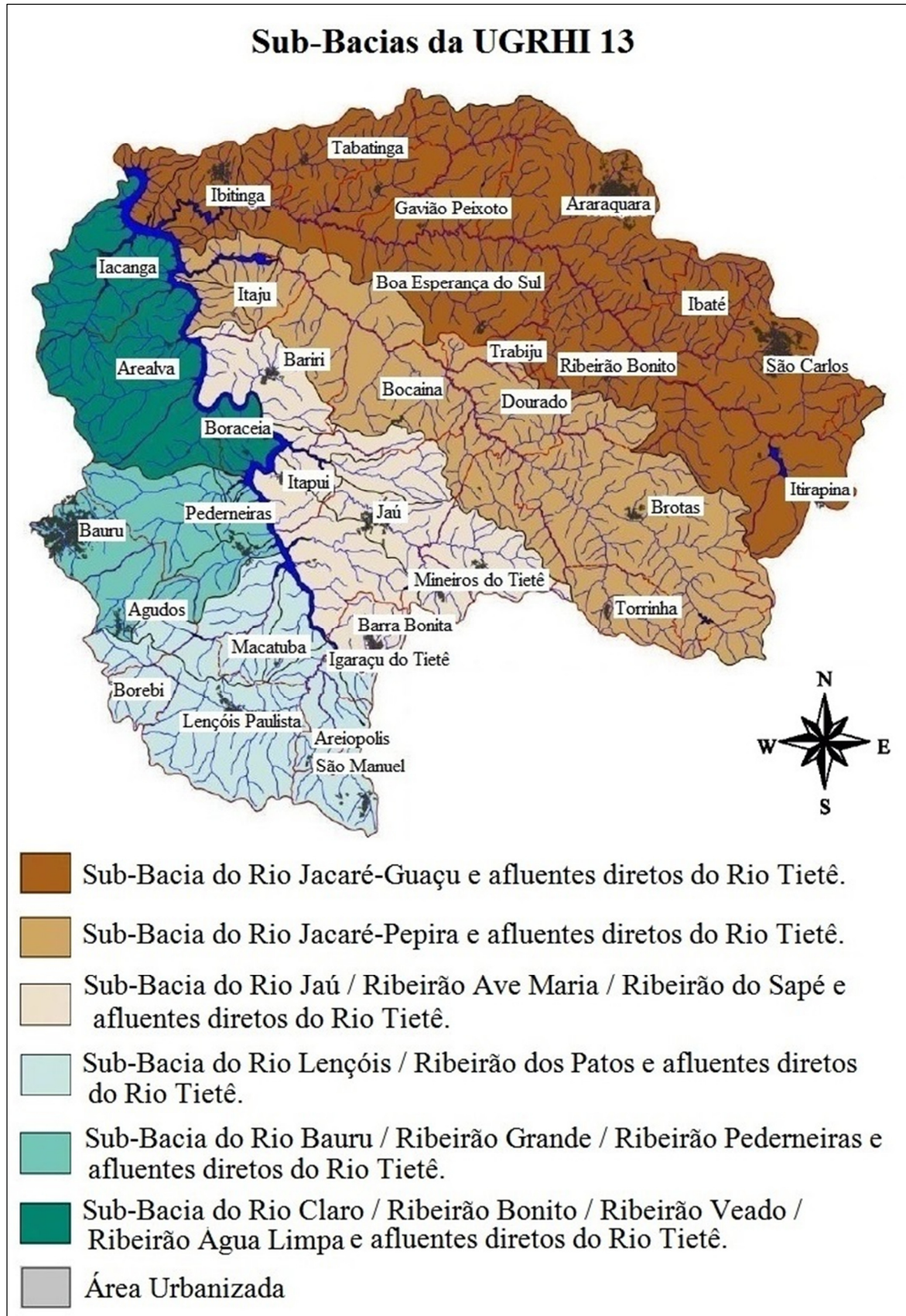
Quanto ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê - Jacaré (CBH - TJ), criado em 10 de novembro de 1995, este é o órgão responsável pela gestão da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI 13), localizada na região central do estado de São Paulo.

Segundo Azevedo et al. (2007), o conceito de gestão deve constituir políticas públicas que por um modelo de gerenciamento estrategicamente definido, estabeleça critérios e diretrizes de ordem institucional, técnica e funcional para implementação da política, tendo como instrumento o planejamento estratégico em uma área física definida.

Como previsto pela Lei Estadual nº 7.663/91, o CBH - TJ é composto por representantes do Estado, municípios e sociedade civil. E, possui atualmente cinco Câmaras Técnicas e um Grupo Técnico sendo as câmaras técnicas de planejamento e gestão, de recursos naturais, de saneamento, de águas subterrâneas, e de Educação Ambiental e o grupo técnico de cobrança pelo uso da água (SIGRH, 2016).

A bacia hidrográfica do Tietê - Jacaré possui área de drenagem total de 11.779 km² e abrange 34 municípios, dos quais 18 encontram-se parcialmente inseridos em UGRHIs vizinhas (CBH - TJ, 2014). Em 2007 foi dividida em seis sub-bacias, que se referem, basicamente, aos seus rios principais, Figura 3.

Figura 3 - Divisão da UGRHI em seis sub bacias



Fonte: Adaptado de CBH-TJ (2015).

De acordo com Attanasio et al. (2014), a cafeicultura e a expansão da ferrovia para escoamento da produção do café foram responsáveis pelo desenvolvimento de vários municípios do interior paulista. Na UGRHI nº 13, o processo de ocupação foi mais intenso entre 1870, início da atividade cafeeira, e 1929, quando houve a crise do café.

Assim, ao mesmo tempo em que a cultura do café trouxe desenvolvimento à região, provocou a degradação do solo e da vegetação nativa e, conseqüentemente, impactos negativos aos recursos hídricos, devido à ocupação desordenada.

Os rios também influenciaram no processo de ocupação e desenvolvimento do Estado e da UGRHI Tietê-Jacaré. E com a hidrovia Tietê-Paraná são transportados produtos como cana-de-açúcar, material de construção, calcário, farelo, soja, grãos, madeira e fertilizantes (ATTANASIO et al., 2014).

De acordo com o CBH-TJ (2014), a agroindústria é muito forte na UGRHI 13 e o cultivo da cana de açúcar e laranja ocupam quase 40% da área da bacia (CBH-TJ, 2014). Attanasio et al. (2014), ressaltaram que a economia é bastante diversificada, com destaque para o complexo sucroalcooleiro, que se estende por toda a bacia, o plantio e o processamento de cítricos que ocorre principalmente em São Carlos, Araraquara e Brotas.

2.2 Planejamento ambiental

De acordo com Santos (2004), o planejamento por ser um processo contínuo envolve a coleta, organização e análises sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou as escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Tem como finalidade atingir metas específicas além de levar à melhoria de uma determinada situação e ao desenvolvimento da sociedade.

Como são diversos os termos referentes a esta temática, para Zacharias e Freitas (2008), o planejamento significa propor metas, o gerenciamento envolve o controle e monitoramento, a gestão tem a finalidade de instituir medidas, as quais podem ser administrativas, jurídicas, socioeconômicas ou ambientais, e por fim, o zoneamento que tem como objetivo ordenar zonas, ou seja, hierarquizar ou identificar as áreas homogêneas da paisagem para o delineamento das potencialidades e restrições de seu território.

Santos (2004), afirmou que o planejamento que tem como objetivo orientar os instrumentos metodológicos, administrativos, legislativos e de gestão para o desenvolvimento de atividades em um determinado espaço e tempo, incentivando a participação institucional e dos cidadãos, induzindo a relações mais estreitas entre sociedade e autoridades locais e regionais.

Para Campanharo, Hollanda e Cecílio (2012), trabalhos como de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), planos de bacias hidrográficas, diagnóstico ambiental, planos diretores, planos de manejo, zoneamentos, dentre outros, em determinadas situações, são considerados como instrumentos do planejamento, pois são produtos que subsidiam a elaboração de normas além de fornecer melhores critérios à gestão do território.

2.2.1 Diagnóstico ambiental

O diagnóstico ambiental compreende a identificação de situações ambientais relevantes e sua elaboração se dá pelo levantamento de informação dos problemas e recursos disponíveis (inventário) e pela combinação dessas informações (análise) (CRONEMBERGER, 2009).

O diagnóstico ambiental pode ser definido como o conhecimento de todos os componentes ambientais de uma determinada área em diferentes escalas (país, estado, bacia hidrográfica, município) para a caracterização da sua qualidade ambiental (FEEMA, 1990).

De acordo com Santos (2004), a realização do diagnóstico ambiental possibilita a observação do meio como um todo, considerando sua composição, estrutura, processo e função no espaço, através do levantamento de dados interligados de forma multidisciplinar. Para Fidalgo (2003), a etapa de diagnóstico abrange uma série de procedimentos metodológicos, visando à obtenção de um conjunto de dados que subsidiem a análise integrada e a produção de informações. São etapas dessa fase a obtenção de dados de entrada e a análise integrada, para que posteriormente possam ser elaborados indicadores como suporte à tomada de decisão.

A elaboração do diagnóstico ambiental envolve interpretar a situação ambiental problemática, a partir da interação e da dinâmica de seus componentes, quer

relacionado aos elementos físicos e biológicos, quer aos fatores socioculturais (FEEMA, 1990).

Silva e Pruski (2000), relataram que o diagnóstico do meio físico, além do planejamento ambiental, considera-se o uso do solo e análise ambiental como instrumentos de desenvolvimento social e gestão harmônica do meio ambiente.

Para Lougon et al. (2009), os componentes do meio físico são de fundamental importância na avaliação ambiental de uma região, daí a necessidade de se ter um diagnóstico bem circunstanciado, para que a avaliação ambiental seja verdadeira e confiável.

Segundo Karnaukhova e Loch (2002) apud Rauber (2008), o completo e correto diagnóstico ambiental do meio físico deve abranger a integração das características dos componentes naturais como condicionantes das aptidões de uso, bem como as modificações de suas características e da evolução destas ao longo do tempo em que as atividades as afetam. Assim, o diagnóstico e a análise destes fatores são apoios ao gerenciamento de riscos e previsão de acidentes e ao planejamento territorial, bem como à gestão de recursos hídricos e a necessidade de ações de recuperação.

Para Almeida (2007), o diagnóstico ambiental envolve o (re)conhecimento do ambiente, de seus elementos, processos, interações e inter-relações, não sendo, portanto, um simples inventário dos elementos que compõem a paisagem natural, mas sim o entendimento de como interagem entre si e como respondem na interação com os diferentes usos estabelecidos pelo homem.

Para Leal (1995), a etapa de diagnóstico ambiental permite:

Avaliar os principais problemas da microbacia e as perspectivas de solução, que irão subsidiar os planos de trabalho e propostas de intervenção posteriores. Trata-se de um trabalho complexo, pois depende de nossa capacidade de percepção, observação, interpretação e sistematização dos vários processos sociais e naturais presentes. Processos estes que, muitas vezes, têm causas, efeitos e abrangências maiores do que a área estudada, e requerem conhecimento de "outras ciências" na sua compreensão (LEAL, 1995).

Ainda, para Karnaukhova e Loch (2002) apud Rauber (2008), o meio físico é uma base elementar para o planejamento de um território. Desta forma, constitui o alicerce das atividades econômicas e deve ser considerado como adaptável às

necessidades da sociedade instalada, incluídas as de proteção e preservação do meio ambiente.

O diagnóstico ambiental para o processo de gestão, segundo Pires e Santos (1995), pressupõe a existência de conhecimento profundo da realidade estudada, tanto dos agentes interventores oficiais, quanto dos cidadãos, que devem possuir um conhecimento razoável sobre o ambiente, suas potencialidades e fragilidades além de entender o porquê dos mecanismos de regulação dos usos do solo.

De acordo com Nascimento e Carvalho (2005) apud Machado (2012), a função do diagnóstico ambiental - fase de conhecimento que deve preceder as ações - é criar a base de informações necessária ao processo de gestão que deve convergir para a proposição de um modelo de zoneamento ambiental e por consequência tende a fundamentar as proposições para um modelo de ordenamento territorial.

Machado (2012) ressaltou que o zoneamento se limita apenas ao reconhecimento de uma realidade, algo resultante de um diagnóstico e que:

O zoneamento pode (e deve) ir além do simples reconhecimento, devendo ser um instrumento propositivo, tal como tem sido indicado em inúmeras legislações: Lei 6.938/1981 (Política Nacional de Meio Ambiente), Decreto 4.297/2002 (estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico), Lei 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) e Lei 10.257/2001 (Estatuto da Cidade) (MACHADO, 2012).

Frente a isso, Santos (2004) enfatizou que o zoneamento não seria sinônimo de diagnóstico, nem de planejamento, mas um instrumento para o ordenamento territorial, fundamentado no diagnóstico e considerado como uma estratégia metodológica que representa uma etapa do planejamento.

2.3 Elementos de análise em bacias hidrográficas

O estudo dos elementos de uma bacia hidrográfica fornece dados importantes para a prevenção e avaliação de riscos ambientais em determinadas porções do território. Determinados índices morfométricos, que caracterizam o formato da bacia, a densidade e comprimento dos canais fluviais, entre outros, possibilitam determinar o tempo e o volume de escoamento da água, utilizado na prevenção de enchentes e de acidentes relacionados a qualidade da água (CARPI JUNIOR, 2001).

2.3.1 Estudo do meio físico

Para Corseuil (2006), os fenômenos que acontecem dentro de uma bacia, sejam de origem natural ou antrópica, interferem na dinâmica sistêmica, na quantidade e qualidade dos cursos de água e as medidas de diversas variáveis (solo, clima, vegetação, relevo, dentre outros) permitem compreender um pouco sobre esses fenômenos.

Desta forma, corroborando com Beltrame (1994), na realização do diagnóstico físico da área de uma bacia hidrográfica, torna-se fundamental o levantamento detalhado de parâmetros como a topografia, a geologia, a rede de drenagem, os solos, o clima e a vegetação.

A geologia, geomorfologia, vegetação são recursos naturais importantes em uma bacia hidrográfica. Esses recursos interagem entre si e estão relacionados com a classificação dos solos, e para o uso racional da terra, são tidos como elementos primordiais (SANTOS, 2008).

Na sequência, abordou-se temas que serão analisados no decorrer desta pesquisa. É importante ressaltar que as características dimensionais, representadas pela área, perímetro, maior largura, maior comprimento e o comprimento total da rede também refletem as condições do meio físico.

2.3.1.1 Geologia

De acordo com Araujo e Pinese (2006), o estudo dos aspectos geológicos é importante, por meio deste, podemos deparar com informações que poderão auxiliar na identificação de áreas de risco aos movimentos de massa, isto é decorrente da influência da geologia na formação do relevo, que permite compreender os caminhos dos fluxos de água e a estabilidade das encostas.

Quando se analisa algum tipo de erosão na superfície terrestre, vê-se que o processo erosivo é ocasionado pela desintegração do material rochoso, remoção dos transportes de partículas de solo ou de rocha, e a água é o principal agente erosivo. Em função dessa desestruturação, tem-se o fenômeno de modelagem da paisagem terrestre, que atua, continuamente, na superfície do planeta (SANTOS, 2008).

O estudo geológico em bacias hidrográficas tem por objetivo principal classificá-los quanto à maior ou menor permeabilidade, característica esta que intervém na rapidez e no volume das enchentes e na parcela levada às vazões de estiagens pelos lençóis subterrâneos e, em alguns terrenos este estudo deve ser aprofundado principalmente quanto à localização de lençóis aquíferos, ao escoamento subterrâneo e à origem das fontes (PAIVA; PAIVA, 2001).

2.3.1.2 Clima

O clima, pelas variáveis de temperatura, precipitação e umidade, influencia diretamente no intemperismo das rochas, produzindo o material de origem dos solos. Interfere também na desagregação do solo, ocasionando o processo de escoamento superficial das partículas de solo que, conseqüentemente, pode caracterizar uma erosão (SANTOS, 2008).

Para Boin (2000), o clima, em especial a sequência de pluviosidade, bem como sua intensidade e duração, são os ocasionadores dos impactos que conseqüentemente causam a presença de erosões. As características pluviométricas têm uma importância fundamental quando são consideradas as suas relações com os solos e o relevo existente na região, bem como com os tipos de atividade de uso do solo.

Com uma grande importância na formação da paisagem e apesar de não ser um componente materializável e visível na superfície da terra, o clima é bastante perceptível (CRISTOFOLLETTI, 1990).

Segundo Zavattini (1983), a distribuição das chuvas é importante para a explicação da natureza e da cadência das atividades humanas, precisando ser considerada sob o aspecto quantitativo, pois determinado volume de precipitação terá reflexos específicos sobre uma cidade ou sobre uma atividade agropastoril sujeita a erosão e o qualitativo, segundo o qual cumpre observar os padrões de distribuição pluviométrica e seus respectivos ritmos.

A precipitação e a temperatura são fatores importantes para estabelecer o grau de fragilidade ambiental ao qual está exposto um determinado local. De acordo com a quantidade de precipitação e as variações de temperatura em que uma determinada região está inserida, os processos de erosão tendem a serem intensificados, podendo causar problemas ambientais (SANTOS, 2005).

Para Boin (2000), o elemento climático de maior influência nos processos de erosão é a ação causada pelas chuvas. As copas das árvores possuem importante papel no controle da erosão, a medida que suas folhas absorvem o impacto das gotas de chuva e diminuem o efeito *splash* causado pelas mesmas ao entrar em contato com o solo.

A ação do *splash*, também conhecido por erosão por salpicamento (GUERRA; GUERRA, 2009), em português, é o estágio mais inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial.

2.3.1.3 Geomorfologia

Para Press et al. (2006), o relevo é a medida da rugosidade da superfície terrestre e varia de acordo com a extensão da área onde ele é medido. Guerra e Guerra (2009) definem como a diversidade de aspectos da superfície da crosta terrestre e complementam dizendo que é o conjunto dos desnivelamentos do globo.

A ação do relevo, na formação do solo faz sentir-se de duas formas, direta ou indiretamente. Diretamente, age facilitando o trabalho erosivo provocado pelas forças do intemperismo; e indiretamente, promove variações de temperatura, de precipitação, drenagem entre outros, o que trará diferenciação marcante entre terrenos declivosos e planos (VIEIRA, 1988 apud FREITAS, 2012).

O sistema geomorfológico atua sobre os demais sistemas, por intermédio da transferência de detritos de áreas elevadas para local mais baixo, repercutindo assim nas condições climáticas e pedológicas, em função do rebaixamento topográfico (CHRISTOFOLETTI, 1974).

O entendimento do relevo e de sua dinâmica está relativamente interligado com a compreensão do funcionamento dos componentes naturais (água, solos, subsolo, clima e cobertura vegetal) e isto é de significativo interesse ao planejamento físico territorial (ROSS, 1992).

Em relevos relativamente planos (superfícies erosivas e planaltos), o relevo favorece uma rápida infiltração (ou boa drenagem), incentivando o intemperismo químico e o grau de oxidação, e suas cores no solo são avermelhadas, já a infiltração lenta da água (ou má drenagem) altera as reações do intemperismo e

imprime cores claras ao solo. Por outro lado, a intensa infiltração favorece a erosão (RIBEIRO, 2011).

2.3.1.4 Hipsometria

A identificação e análise da hipsometria de uma bacia hidrográfica possibilitam a observação da variação altimétrica do relevo da área, fato importante na análise de processos relativos à dinâmica de uso da terra (MENDONÇA, 1999).

Segundo Christofolletti (1969), a hipsometria preocupa-se em estudar as interrelações existentes em determinada unidade horizontal do espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altimétricas, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.

A carta altimétrica, também chamada de hipsométrica, segundo Guerra e Guerra (2009), consiste naquela onde as isoípsas ligam os pontos de igual altitude. Essas cartas são representações da topografia continental emersa, isto é, do relevo positivo.

Trentin e Robaina (2005) mencionaram que o mapa hipsométrico auxilia na análise da energia do relevo, indicando condições mais propícias à dissecação para as áreas de maior altitude e de acumulação para as áreas de menor altitude.

2.3.1.5 Solos

O relevo influencia na formação do solo, porém, também o contrário - há formas de relevo que se desenvolvem por meio de deslocamento de partículas desse elemento, ou como resultado de processos, que se realizam dentro dele. E, a erosão, que degrada os solos, ao mesmo tempo, esculpe o relevo, criando pequenas formas como sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes de deslizamento, que se desenvolvem ao longo das vertentes por ação das águas pluviais (FREITAS, 2012).

Ao analisar os solos existentes na superfície terrestre, percebe-se que cada um possui características próprias (cor, textura, estrutura). Isto depende da ação de diferentes fatores naturais, como a intensidade da chuva, radiação solar,

temperatura, umidade, declividade do terreno e comunidades de plantas que influenciaram na natureza do solo (GUERRA, 2001).

Os solos são resultantes das alterações das rochas, em decorrência da ação de relevo, clima e organismos. Esse processo de modificação denomina-se pedogênese (formação do solo). As rochas são os materiais que dão origem aos solos e determinam suas características físicas e químicas (SANTOS, 2008).

O solo é o produto final da atuação de fatores ativos (clima e organismos) sobre rochas e sedimentos (fatores passivos), condicionado pelo tipo de relevo, ao longo de um determinado tempo e a atuação conjunta destes fatores origina diversos tipos de solos, porque mesmo que a maior parte dos fatores de formação do solo seja mantida, ao variar um desses componentes, tem-se produtos diferentes (ALVES et al., 2003).

As informações pedológicas contribuem para as atividades e os usos na bacia, de modo a compreender a dinâmica e as transformações ao longo dos anos, bem como suas fragilidades e potencialidades. Segundo Wild (1993) apud Guerra (2001), o solo é um dos recursos que o homem utiliza, sem se preocupar com o período necessário para sua recuperação, acreditando que vá durar para sempre; quando investe no solo, é para obter maiores colheitas, raramente para conservá-lo.

Devido a agricultura ser uma atividade que necessita economicamente do meio físico, estudar o solo é fundamental para conhecer suas características e entender as limitações que apresentam para o uso agrícola, permitindo, assim, o planejamento para obter rendimentos economicamente viáveis e a preservação ambiental (VIERA; ROVANI, 2009).

2.3.1.6 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal é outro fator importante na manutenção dos recursos naturais renováveis visto que atua no controle climático, no escoamento superficial das águas pluviais, ciclo hidrológico, da poluição, além de proteger contra processos erosivos, ajudar na preservação da fauna e flora formando corredores ecológicos e proporcionando melhor qualidade de vida para a população (GARCIA, 2011).

Segundo Guerra (2001), os fatores relacionados à cobertura vegetal podem influenciar os processos erosivos de várias maneiras, por exemplo, por meio dos efeitos espaciais da cobertura vegetal, dos efeitos na energia cinética da chuva, e do

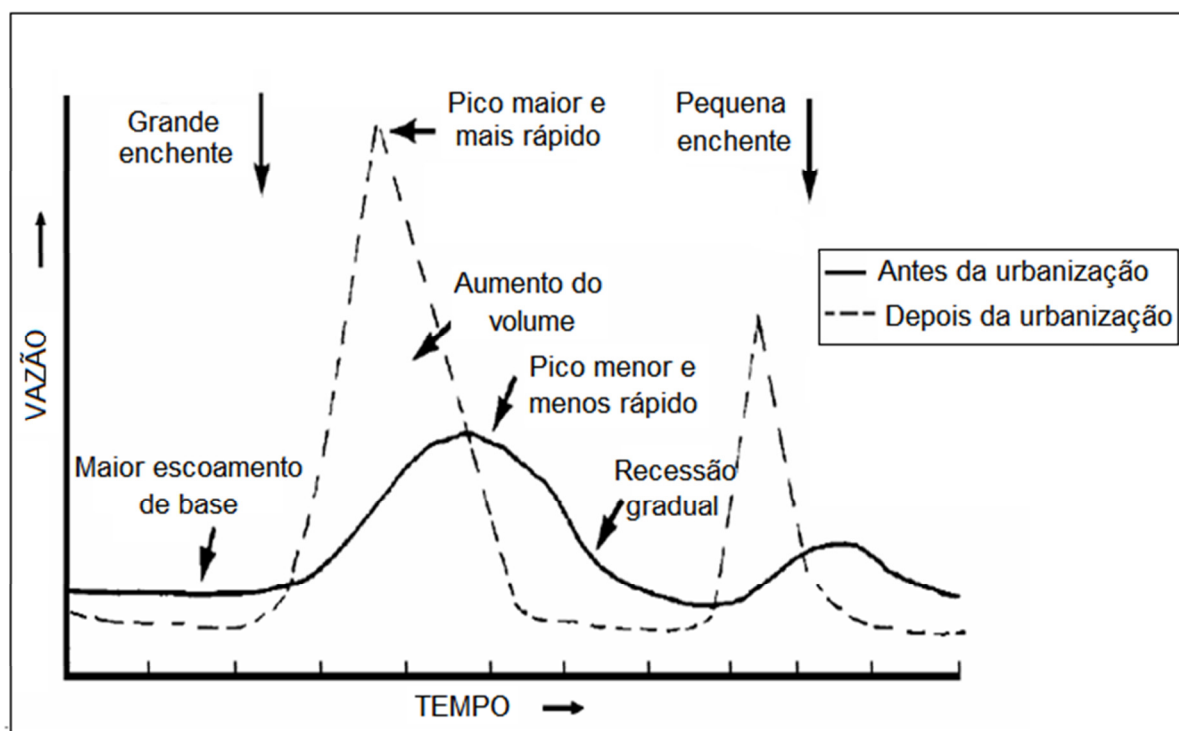
papel da vegetação na formação de húmus, que afeta a estabilidade e teor de agregados. A densidade da cobertura vegetal é fator importante na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda de solo e o tipo desta, pode reduzir os efeitos dos fatores erosivos.

Para Ribeiro (2011), a vegetação desempenha um papel regulador de umidade e de temperatura, uma vez que as copas, os troncos e os galhos das árvores atuam como barreira à radiação solar direta, controlando a deposição e erosão das encostas.

Para Tucci (2005), a cobertura vegetal tende a retardar o escoamento superficial, facilitando a infiltração e aumentando as perdas por evapotranspiração. Em bacias urbanas, onde a cobertura é alterada, os efeitos principais são o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial.

A influência da cobertura vegetal pode ser explicada com base em um hidrograma que consiste na representação da evolução da vazão ao longo do tempo, conforme Figura 4.

Figura 4 - Hidrograma comparativo de antes e depois da urbanização



Fonte: Tucci (2005).

2.3.1.7 Hidrografia

O sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é constituído pelo curso d'água principal mais os tributários. Esse sistema inclui todos os cursos d'água e de acordo com a constância do escoamento em suas calhas (leito menores) são classificados em perenes, intermitentes ou efêmeros e

Para Brasil (2012), rio perene é o corpo de água lótico que possui naturalmente escoamento superficial durante todo o período do ano. Rio intermitente é o corpo de água lótico que naturalmente não apresenta escoamento superficial por períodos do ano. Rio efêmero é o corpo de água lótico que possui escoamento superficial apenas durante ou imediatamente após períodos de precipitação.

Apesar da literatura considerar rios intermitentes e efêmeros como sinônimos, a legislação criou diferenciação entre os conceitos operacionais, de forma que aqueles rios cujo escoamento superficial é decorrente única e exclusivamente das águas superficiais, sem contribuição do lençol freático, são considerados efêmeros (SOUZA, 2016).

Sobre os cursos d' água perenes, Barbosa Junior (2015), complementa que são aqueles que contêm água durante todo o tempo, uma vez que o lençol subterrâneo assegura uma alimentação contínua e seu nível nunca desce abaixo do leito ou calha do rio.

Outra definição importante é quando ao leito regular. Segundo Brasil (2012a), leito regular é a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano.

2.3.1.8 Uso e ocupação da terra

Segundo a FAO (1994) apud Dalmolin e Caten (2012) o conceito de terra pode ser definido como um segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço, compreendidas pelos atributos da biosfera envolvendo o clima, o solo, o relevo, o substrato geológico, a hidrologia, as populações de plantas e animais e assentamentos humanos, sendo resultado da interação passada e presente do homem com o meio ambiente.

Já, o solo, de acordo com EMBRAPA (2006), é considerado uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais,

dinâmicos, formados de materiais minerais e orgânicos que ocupam grande parte da superfície da terra contendo matéria viva e capaz de suportar a vegetação.

Para Lepsch (1987) apud Alves et al. (2003), a terra não deve ser confundida com o solo porque ela é mais ampla e, deve-se sempre preferir o termo terra quando aplicável às avaliações do meio físico, evitando-se expressões tais como aptidão dos solos ou aptidão edáfica.

Estudos sobre o uso e cobertura do solo despertam interesses em toda a sociedade. Além de monitorar os possíveis impactos ambientais, pode-se acompanhar o desenvolvimento socioeconômico de um local, tanto em escala municipal como regional e, até mesmo, global (MONTEBELO et al., 2005).

A dinâmica de uso e ocupação do solo exige estudos para a compreensão dos impactos provocados pela ação antrópica e estratégias adequadas para a conservação dos recursos naturais (ROCHA, 1997).

Para Moreno (1972), o levantamento de uso da terra é importante porque auxilia na identificação das paisagens geográficas, na avaliação das modificações provocadas pela ação do homem em seu meio natural, visualização dos problemas e na busca de soluções.

Para Rocha (1997) o uso da terra é a forma como ela está sendo utilizada pelo homem, e seu levantamento consiste em mapear tudo o que existe sobre a superfície terrestre, sendo um registro básico para o planejamento físico natural de uma região; propicia, também, a detecção de possíveis impactos ambientais decorrentes de práticas predatórias.

Segundo o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 1980) apud Mello Filho (1992), o levantamento de uso da terra é o caminho necessário para se evitar o uso inadequado e desordenado dos recursos naturais. Essas informações atualizadas sobre o uso da terra e sua distribuição são essenciais para o manejo eficiente dos recursos agrícolas e florestais.

A expressão “uso da terra”, segundo Rosa (1992), é a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, onde podemos avaliar se é explorado de forma sustentável mantendo a qualidade ambiental, ou seja, de forma organizada, produtiva e com mínimos impactos causados em cada ambiente.

O levantamento do uso da terra permite avaliar as alterações provocadas e fornecer informações essenciais para o manejo dos recursos naturais e, essas

informações adquiridas podem revelar o grau de conservação, preservação ou artificialização de uma determinada localidade (VIERA; ROVANI, 2009).

Guerra e Cunha (1996) afirmaram que o manejo inadequado do solo causa diversos fatores de degradação da paisagem, tanto em áreas rurais ou áreas urbanas.

Para Cunha, Ritter e Borba (2014), o uso inadequado do solo pode originar processos erosivos, compactação, aumento da salinidade do solo e consequentemente o assoreamento de corpos de água e perdas em termos qualitativos e quantitativos.

A utilização da terra para a agricultura provoca conflitos com os usos naturais e merece atenção quando invade as Áreas de Preservação Permanente, enfatizando que toda forma de agricultura causa mudanças no balanço e fluxos dos ecossistemas pré-existentes (DALMOLIN; CATEN, 2012).

Os principais impactos ocasionados por modificações no uso e cobertura do solo, conforme Rocha (1997) referem-se a redução da capacidade de infiltração, o aumento do escoamento superficial e erosão, a sedimentação dos cursos d'água, a diminuição da profundidade do leito dos cursos d'água e consequentemente o aumento de cheias e inundações.

A falta de manejo adequado do solo e da água, tanto em áreas urbanas quanto em rurais, consiste em uma das causas de degradação ambiental. Por isso, afirma-se que os impactos ambientais não são oriundos somente da urbanização e sim de outros processos de uso e ocupação do solo que somados aos fatores naturais como declividade da área, tipos de relevo, tipos de solo e em conjunto com atividades antrópicas não planejadas, podem resultar na degradação ambiental (BERGAMO; ALMEIDA, 2006).

Segundo Tucci (2004), quanto a ação do homem no planejamento e no desenvolvimento da ocupação do espaço na terra, é necessária uma visão ampla sobre as necessidades da população, dos recursos terrestres e aquáticos disponíveis e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais na bacia hidrográfica, para, posteriormente e racionalmente, compatibilizar necessidades crescentes com recursos limitados.

Para Moraes (1997), conhecer o uso atual da terra é um pré-requisito para o planejamento integral de uma bacia hidrográfica e, esta bacia, sendo representada de forma cartográfica transforma-se em um importante material para a definição do

grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual, do grau de degradação da cobertura vegetal original, do uso racional da terra, auxiliando também na definição da aptidão para uso agrícola.

Os conflitos de uso da terra são muitas vezes dinâmicos visto que acompanham as mudanças de ordem econômica e social no meio rural e devido a isso, a resolução das problemáticas no campo deve advir da negociação entre gestores e usuários (MANN; JEANNEAUX, 2009 apud DÉSTRO, 2010).

Assim, IBGE (2013) relata que ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, esses estudos também representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, diante dos diferentes manejos empregados na produção e contribuem para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento.

Para Catelani (2003), o desenvolvimento das geotecnologias apresenta uma série de recursos que auxiliam na investigação da adequação de uso do solo, sendo aplicáveis ao planejamento geográfico e à obtenção de dados voltados ao ordenamento territorial, tanto em níveis regionais quanto municipais.

2.3.2 Parâmetros morfométricos

As características físicas de uma bacia hidrográfica são importantes para o comportamento hidrológico, pois existe uma estreita correspondência entre esse comportamento e os elementos físicos, que constituem a mais conveniente possibilidade de se conhecer a variação, no espaço, dos elementos do regime hidrológico da área em estudo (VILLELA; MATTOS, 1975).

Christofolletti (1969), mencionou que a análise morfométrica foi introduzida por Horton em 1945 visando entender a configuração e a evolução das bacias e de suas redes de drenagem.

Horton apresentou as leis principais da composição da drenagem que serviram de base para estudos, apresentando novos parâmetros e novas interpretações para entender o arranjo dos elementos que compõem as bacias hidrográficas (CHEREM, 2008).

A partir dessas leis e da década de 1950 que outras pesquisas apresentaram parâmetros para entender e representar matematicamente a evolução e configuração de bacias hidrográficas. Destaque para os trabalhos de Strahler (1952,

1957, 1958), Chorley (1962), Tolentino et al. (1968), Christofolletti (1969, 1970, 1977, 1978, 1980), Chorley e Kennedy (1971), dentre outros (CHEREM, 2008).

Os parâmetros morfométricos devem ser considerados no conjunto para caracterizar a bacia e serem utilizados como importantes pressupostos na elaboração de projetos de prevenção e defesa contra eventos hidrológicos, como estiagens e enchentes que ocorrem na bacia hidrográfica (LINDNER; GOMIG; KOBIYAMA, 2007).

Segundo Lana, Alves e Castro (2001), o método da análise morfométrica para obter dados quantitativos é utilizado com o intuito de diferenciar áreas homogêneas dentro de uma bacia hidrográfica. E esses parâmetros morfométricos explicitam os indicadores físicos além de auxiliarem na análise ambiental e hídrica da bacia hidrográfica.

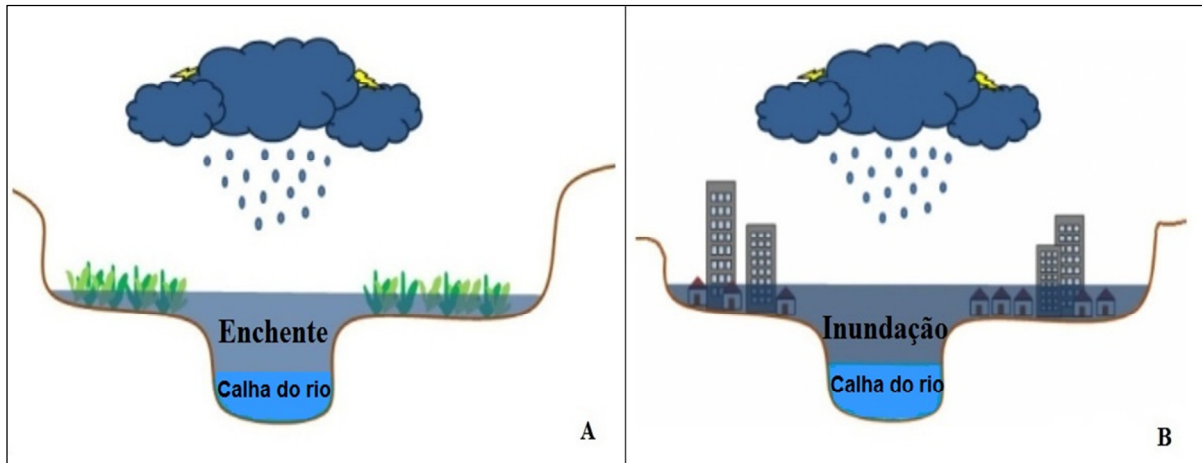
Segundo Cherem (2008) a análise morfométrica foi inicialmente realizada por meio de métodos analógicos, ou seja, por mensuração dos atributos em cartas topográficas e cálculo manual. Posteriormente, com o avanço das tecnologias começou a ser realizado por meio digital.

A morfometria pode ser definida como o estudo matemático das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica, expresso em índices comumente organizados em três grandes grupos: os que indicam características geométricas, os que indicam características da rede de drenagem e os que expressam características do relevo (CAMPANHARO, 2010),

Para Christofolletti (1970), a análise de aspectos relacionados a drenagem, relevo e geologia pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

Na Figura 5, é ilustrado um exemplo da diferença entre enchente e inundação. Assim, quando ocorre uma forte chuva a calha principal do rio, também chamada de leito menor, não tem capacidade suficiente para escoar o fluxo e por isso, ocorre o transbordamento e as águas passam a ocupar a calha secundária, ou leito maior ocasionando assim, uma enchente (A). Já, quando este fenômeno natural ocorre em áreas onde há ocupação, ocorre a inundação (B) e com a impermeabilização das áreas urbanas, o escoamento superficial é maior e, conseqüentemente, o volume de água que chega ao rio também (AQUAFLUX, 2016).

Figura 5 - Diferença entre enchente e inundação



Fonte: AQUAFLUX (2016).

Para Aquino (2010) todos os canais de escoamento possuem área de várzea (margens dos rios) para receber o excesso de água, quando ela ultrapassa os limites dos canais. Com as interferências antrópicas, as inundações são intensificadas em vista de alterações no solo de uma bacia hidrográfica, tais como a urbanização, impermeabilização, desmatamento e o desnudamento (eliminação da vegetação).

As enxurradas são escoamentos superficiais provocados por chuvas intensas em bacias com curto tempo de concentração e com elevada declividade. Os alagamentos são ocasionados pelo acúmulo de água na superfície urbana e, na maioria das vezes, ocorrem por falhas no sistema de microdrenagem e rompimentos de adutoras (DANTAS, 2017).

Assim, para o estudo da deterioração das bacias hidrográficas são diversos os fatores que devem ser considerados, entre eles: área e comprimento da bacia, comprimento de ravinas, densidade de drenagem, declividade média da bacia e coeficiente de rugosidade (ALCANTARA; AMORIM, 2005).

Rocha e Kurtz (2001) destacam o índice de circularidade, índice de forma como sendo aqueles que mais se relacionam com a deterioração ambiental.

Como os parâmetros estão inter-relacionados, para Ray e Fisher (1963) apud Mora (2008), as características da composição da rede de drenagem - representadas pelo número de rios, comprimento total dos segmentos dos rios, comprimento médio do rio, razão de bifurcação, razão de comprimentos totais e

razão de comprimentos médios - refletem a espessura e a natureza do material superficial exposto.

As características do padrão de drenagem, representadas pela densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura, extensão do percurso superficial e coeficiente de manutenção, refletem o modelo da rede de drenagem de uma determinada paisagem retratando aspectos de forma, densidade, disposição e tamanho dos segmentos dos rios (RAY; FISHER, 1963 apud MORA, 2008).

Para Buol et al. (1973), as características do relevo - amplitude altimétrica, razão de relevo, razão de relevo relativo, índice de rugosidade e declividade média - têm sido utilizadas com o propósito de retratar a diversidade de formas da superfície terrestre e essa diversidade de formas é causada pelo conjunto de desnivelamentos de cada área.

2.3.2.1 Área

É toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal. É o elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos (HORTON, 1945).

A área da bacia é expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²) e pode ser obtida por planimetragem de mapas ou por cálculos a partir de mapas digitalizados, utilizando ferramentas computacionais de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (TUCCI, 2004).

2.3.2.2 Forma da bacia

A forma da microbacia é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para sua saída após uma precipitação (TONELLO et al., 2006).

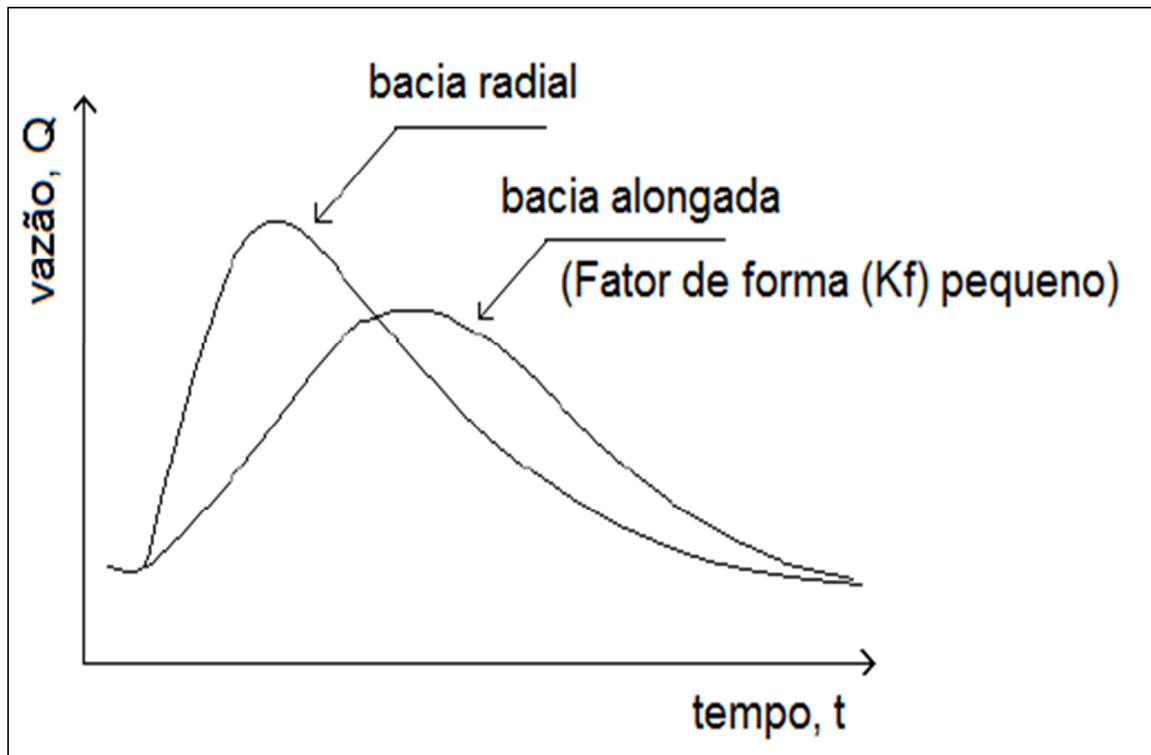
Segundo os mesmos autores, quanto maior o tempo de concentração menor a vazão máxima de enchente. E, considerando esse menor risco a enchentes acentuadas, a tendência é a de menor risco de assoreamentos dos cursos d'água, consequentemente, da degradação ambiental da rede de drenagem.

Para Tucci, Porto e Barros (1995), a forma da bacia hidrográfica é importante por influenciar no tempo de transição entre precipitação e escoamento. Uma bacia

de formato radial concentra o escoamento, antecipando e aumentando o pico de vazão, já em uma bacia alongada ocorre o amortecimento da vazão.

Na Figura 6 observa-se o hidrograma com destaque para a bacia alongada que possui uma curva mais suave, ao contrário da bacia radial.

Figura 6 - Hidrograma comparativo para as bacias radial e alongada



Fonte: Tucci, Porto e Barros (1995).

2.3.2.3 Fator de forma

O fator de forma (K_f) é outro índice indicativo de maior ou menor tendência à enchente, que é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975).

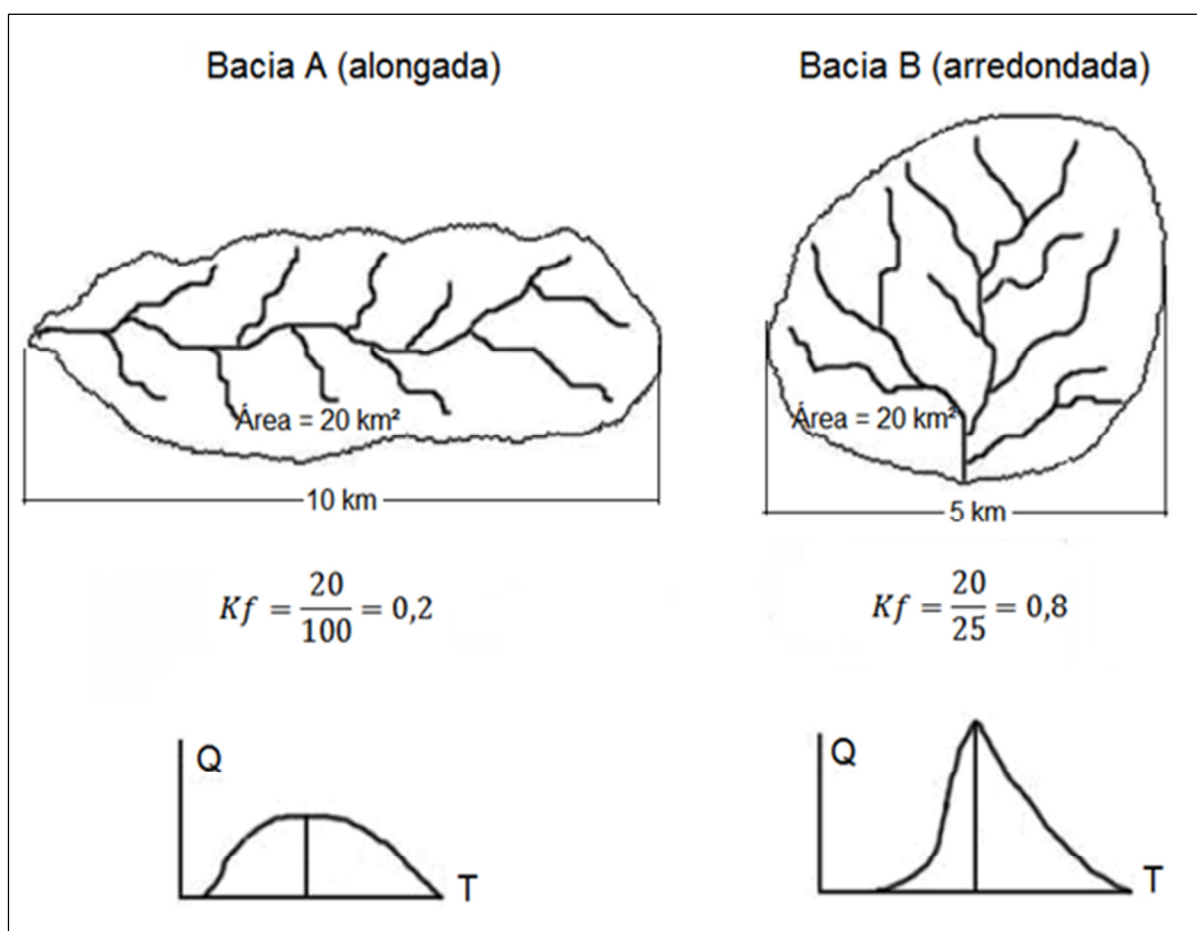
Alvarez e Garcez (2002) descrevem que quanto maior for o valor do cálculo do fator forma, maior será a potencialidade de ocorrência de picos de enchentes elevados e quanto menor for o coeficiente de compacidade, também maior será a probabilidade de ocorrência de picos de enchentes.

Quanto menor o K_f , mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração (T_c) é maior e isso dificulta uma mesma chuva intensa abranger toda a bacia (CARVALHO; SILVA, 2006).

Segundo Costa e Teuber (2001), a geometria da bacia é uma característica importante dentre os fatores que influenciam no formato do hidrograma de enchente. Verifica-se, que para chuvas de igual tempo de duração e intensidade, os hidrogramas gerados na seção principal, terão desenhos distintos, com vazões máximas e tempos de escoamento diferentes.

Na Figura 7 tem-se o fator de forma por meio de dois exemplos em bacias hidrográficas.

Figura 7 - Ilustração do fator de forma para duas bacias de mesma área



Fonte: Adaptado de Lima (2008) e Costa e Teuber (2001).

Comparativamente, as bacias de fator de forma maior têm maiores chances de sofrer inundações do que bacias de fator de forma menor. O escoamento direto de uma dada chuva na bacia (A) não se concentra tão rapidamente como em (B), além do fato de que bacias longas e estreitas como a (A) são mais dificilmente atingidas integralmente por chuvas intensas (SCHWAB et al., 1966 apud LIMA, 2008).

2.3.2.4 Índice de circularidade

Para o índice de circularidade (I_c), tem-se a classificação proposta por Schumm em 1956, que descreve que valores maiores que 0,51 mostram que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (picos de cheias). Os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada e assim, contribui para o processo de escoamento (TRAJANO et al., 2012).

Alves e Castro (2003) descrevem que os valores de maior expressão que podem ser descobertos chegam a 1,0 sendo que quanto mais próximo desse valor, mais circular é a bacia, tendendo a ocorrência de cheias.

Assim, simultaneamente ao coeficiente de compacidade, tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada.

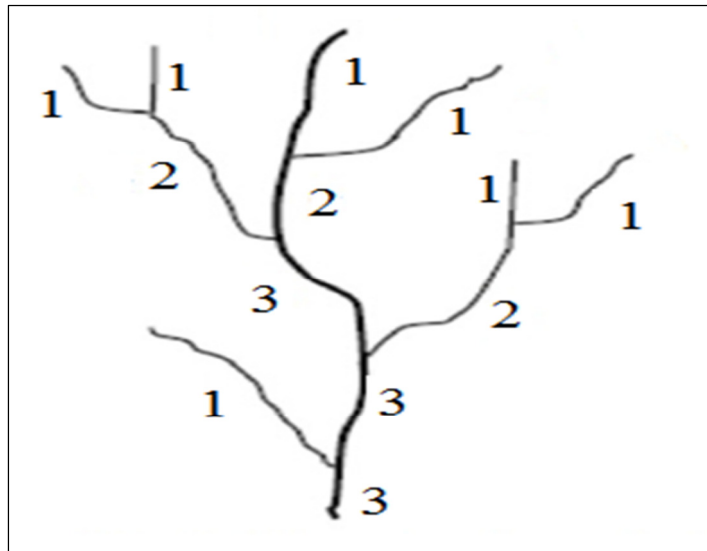
2.3.2.5 Ordem dos cursos d'água

Segundo Christofletti (1969) a hierarquia fluvial consiste no processo de classificação de curso d'água no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Sua finalidade é facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos das bacias hidrográficas.

Quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois os mesmos indicam maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos (VILELA FILHO; VITTE, 2005).

De acordo com a metodologia de Strahler (1974), um curso de água de primeira ordem é um tributário sem ramificações; um curso de água de 2ª ordem é um tributário formado por dois ou mais cursos de água de 1ª ordem; um de 3ª ordem é formado por dois ou mais cursos de 2ª ordem; e, genericamente, um curso de água de ordem n é um tributário formado por dois ou mais cursos de água de ordem $(n - 1)$ e outros de ordens inferiores (STUDART, 2015). Na Figura 8, observa-se um exemplo de classificação de ordem dos rios.

Figura 8 - Classificação de ordem das redes de drenagens



Fonte: Strahler (1974).

2.3.2.6 Densidade de drenagem

Horton (1945) definiu a densidade de drenagem (D_d) como a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia hidrográfica, estabelecendo um importante índice morfométrico para o estudo dos diversos controles atuantes sobre a drenagem.

A densidade de drenagem é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica, representa o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressa a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Silva et al. (2010) consideraram que a densidade de drenagem pode ser influenciada pelo embasamento litológico no qual o canal se desenvolve, podendo indicar o grau de permeabilidade do solo.

Em locais de rochas impermeáveis, a densidade pode indicar valores mais elevados (LANA et al., 2001), em áreas com predominância de rochas sedimentares há uma maior probabilidade de altas taxas de infiltração do que o escoamento superficial (CHRISTOFOLETTI, 1969).

A densidade de drenagem estima a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo assim, o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem (CARDOSO et al., 2006).

Villela e Mattos (1975) afirmaram que esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre e 3,5 km/km² ou mais, em bacias bem drenadas. Os valores baixos estão, na maioria das vezes, associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação. Os valores altos ocorrem em rochas mais impermeáveis, onde as condições para o escoamento superficial possibilitam a formação de canais e, assim, aumentam a densidade de drenagem.

Para Vilela Filho e Vitte (2005), a densidade de drenagem relaciona-se com o escoamento superficial e gera condições que refletem a relação entre a intensidade de fluxo de superfície e subsuperfície, com a infiltração. Ressaltaram também que em um mesmo ambiente climático, o comportamento das rochas repercute na densidade de drenagem.

Christofoletti (1981) destacou os principais fatores que influenciam sobre as diferenças na densidade de drenagem, como a declividade das vertentes, a cobertura vegetal, o tipo de substrato geológico e o fator mais importante que é a precipitação.

2.3.2.7 Densidade hidrográfica

O índice de densidade hidrográfica (Dh) foi primeiramente definido por Horton (1945), com a denominação de frequência de rios e, posteriormente, foi empregada por Freitas (1952) como sendo a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1969).

De acordo com Christofoletti (1974), a densidade hidrográfica representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, que é a capacidade de gerar novos cursos d'água. Tem como objetivo comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão, ou seja, por exemplo, o quilômetro quadrado.

2.3.2.8 Coeficiente de manutenção

O coeficiente de manutenção (Cm), proposto por Schumm (1956), é um índice que visa calcular a área mínima que a bacia precisa para a manutenção de um metro de canal fluvial (MORAIS; ALMEIDA, 2010).

O coeficiente de manutenção representa uma medida de textura do solo, utilizando-se do índice de densidade de drenagem, e serve basicamente para determinar a área mínima necessária para a manutenção de 1 m de canal de escoamento permanente (TRAJANO et al, 2012).

Para Christofolletti (1969) esse índice tem uma ligação com os canais de primeira ordem, que são os fornecedores da água que mantém o canal principal. Os valores desse índice normalmente são inversos ao índice da densidade de drenagem.

2.3.2.9 Gradiente de canais

Gradiente de canais (G_c) vem a ser a diferença máxima de altitude entre a nascente e a foz com a extensão do respectivo curso d'água.

O parâmetro tem a finalidade de encontrar a declividade média do canal e pode ser expressa em porcentagem ou em grau, onde 100% correspondem a 45° de inclinação (CHRISTOFOLETTI, 1969).

2.3.2.10 Declividade média

Para Barbosa (2014), a declividade exerce influência na maior ou menor infiltração de água da chuva e na velocidade do escoamento superficial. Se o terreno estiver desprotegido de cobertura vegetal ocorre o aumento da velocidade do escoamento superficial que contribui para o aumento dos processos erosivos, elevando as cargas de sedimentos e de diversas matérias nos cursos hídricos.

A declividade média do terreno é um parâmetro fundamental para estudar os picos de enchentes e de infiltração de água no solo, determinando o escoamento de água das chuvas e, quanto maior a declividade, maior será o escoamento da água pela superfície e o risco de erosão (MOTA, 1981).

A declividade média de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e possui importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. A ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e

resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo (TONELLO et al., 2006).

A declividade consiste na inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte. Na representação em curvas de nível percebe-se que quanto maior for a inclinação tanto mais próximas se encontram as curvas de nível e, elas serão tanto mais afastadas quanto mais suave for o declive (GUERRA; GUERRA, 2009).

Para isso, tem-se a elaboração do mapa de declividade que serve como base para avaliar as diversas restrições pertinentes. Cassol (1996), destacou que o mapa de declividade quando analisado de forma independente oferece resultados aceitáveis, pois existe uma legislação relativa às áreas urbanas e rurais, cujos intervalos de classes de declividade foram testados nos diferentes campos do conhecimento.

Para Viera e Rovani (2009), o mapeamento da declividade é fundamental no levantamento de uso da terra sendo um elemento importante no condicionamento de sua potencialidade de ocupação; tem influência sobre a aptidão agrícola de determinada área, influenciando diretamente no escoamento superficial, facilitando ou dificultando a erosão dos solos.

A carta clinográfica mostra a transformação de curvas de nível em porcentagens de inclinação. Lemos e Santos (1996) apud Silva, Schulz e Camargo (2003) citam a caracterização do relevo atribuindo um nome para a classe conforme o intervalo de porcentagem de inclinação.

Segundo Lepsch (1983), “a topografia do terreno, especialmente a declividade representada nos mapas clinográficos, se constitui em um dos principais condicionadores da capacidade de uso da terra”.

Com relação à declividade, ou grau de inclinação do terreno, sua configuração influencia consideravelmente a concentração, a dispersão e a velocidade do escoamento superficial, agindo diretamente sobre o transporte das partículas do solo (LEPSCH, 2002) e, quanto maior a declividade do terreno, mais suscetível à erosão hídrica fica sujeito este solo, o que gera uma escala crescente de restrições quanto ao uso da terra para atividades humanas (FONSECA; MATIAS, 2014).

2.3.2.11 Coeficiente de rugosidade

Segundo Mello Filho (1992), os conflitos de uso da terra podem acontecer em duas situações, quando o tipo de uso da terra contraria a destinação recomendada a partir do coeficiente de rugosidade (RN), ou quando o uso da terra, mesmo que coincida com o indicado pelo coeficiente de rugosidade, subestime o potencial da terra, com baixa produtividade, por técnicas inadequadas, ineficientes ou condenáveis. O coeficiente de rugosidade direciona a atividade de agricultura, pecuária ou florestamento ou, ainda, preservação florestal, de acordo com o uso potencial da terra.

Pereira Filho (1986) apud Baracuh et al. (2003) afirmou que a capacidade de uso da terra e RN se equivale em 99,9% dos casos e, assim, propôs que se substitua a capacidade de uso da terra pelo RN, que é um método mais rápido e sem necessidade de coleta de amostras no campo, facilitando principalmente, o aspecto econômico.

Para Rocha e Kurtz (2001), coeficiente de rugosidade é um valor obtido pelo produto do índice de densidade de drenagem pela declividade média da unidade de estudo, que em geral é a microbacia.

Nardini (2013) realizou o levantamento da degradação ambiental da bacia do ribeirão Água - Fria, Bofete (SP), baseando-se no parâmetro ambiental coeficiente de rugosidade. Para o autor, quanto maior o valor do coeficiente de rugosidade, maiores serão as probabilidades de ocorrer erosões e, além disso, o RN, comparado com o uso da terra, pode ser utilizado para determinar as áreas de conflitos nas microbacias.

2.3.2.12 Razão de relevo e de textura

A razão de relevo (Rr) é a relação existente entre o relevo total de uma bacia (diferença de altitude entre o ponto mais alto e o mais baixo da bacia hidrográfica) e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente à principal linha de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Para Carvalho (1981) apud Pollo et al. (2012) a razão de relevo demonstra que, quanto maiores os valores, mais acidentado será o relevo na região e quanto maior

a razão de relevo, maior será a declividade geral da bacia, portanto maior será a velocidade da água a escoar no sentido de seu maior comprimento.

A razão de textura é a relação do número de segmentos de rios e o perímetro da bacia, onde à medida que o relevo passa de suave ondulado para ondulado, os valores médios da razão de textura (T) aumentam refletindo num mesmo ambiente climático, condição em que a infiltração da água encontra maior dificuldade. O escoamento superficial é mais intenso e provoca maior dissecação hídrica do terreno, aspecto similar ao de ravinas (CAMPANHARO, 2010).

2.4 Legislação ambiental brasileira

Como forma de controlar a degradação desenfreada, no Brasil, foi elaborado um conjunto de leis, conhecido como Legislação Ambiental, que baseadas em princípios ecológicos, procuram manter a infraestrutura mínima dos recursos naturais e dos serviços ambientais, necessários para garantir produtividade razoável das atividades humanas, com qualidade de vida, de forma sustentável e procurando prevenir a degradação irreversível do ambiente habitável (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2003).

Para Garcia (2011), a legislação ambiental brasileira está entre as mais completas e avançadas do mundo e seu desenvolvimento está de acordo com que a importância da preservação do meio ambiente vem ganhando uma vez que a questão ambiental é uma das mais discutidas na atualidade por exercer impacto direto na qualidade de vida dos seres vivos.

Em 1605 surgiu a primeira lei de cunho ambiental no país voltado à proteção das florestas, denominado de Regimento do Pau Brasil (GARCIA, 2014). Em 1934, foi aprovado o Código das Águas (Decreto nº 24.643) que constituiu uma das primeiras legislações voltadas para a gestão a favor da conservação dos recursos hídricos e até hoje norteia as leis atuais. Neste mesmo ano, em 23 de janeiro de 1934, no governo de Getúlio Vargas foi aprovado o primeiro Código Florestal (Decreto nº 23.793).

Em 1964, a conservação dos recursos naturais foi definida como uma das funções sociais da propriedade, condicionando assim, as ações vinculadas aos direitos e obrigações no uso da terra a essa prerrogativa, este dispositivo foi instituído por meio da Lei nº 4.504 conhecida como Estatuto da Terra (SILVA, 2011).

Em 15 de setembro de 1965 teve-se a criação da Lei Federal nº 4.771, conhecida como, na época, novo Código Florestal Brasileiro. De acordo com Garcia (2011), este se preocupou com a preservação dos recursos hídricos e as áreas de risco (encostas íngremes e dunas) passando assim de Florestas Protetoras para Áreas de Preservação Permanente.

Em 1988, na Constituição Federal é abordado de forma abrangente os assuntos ambientais e reserva à União, Estados, Distrito Federal e municípios a tarefa de proteger o meio ambiente. Segundo Ribeiro (2012) esta Constituição refletiu a modernização do debate ambiental no Brasil, afirmando que a conservação do meio ambiente está diretamente ligada ao processo de desenvolvimento e fundamentou legalmente a gestão da água, determinando o regime jurídico dos cursos de água e as competências legislativas e administrativas das unidades da federação.

Vale citar algumas leis, como:

- a) Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964, “Dispõe sobre o Estatuto da Terra”;
- b) Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967, “Dispõe sobre a proteção à fauna”;
- c) Decreto nº 77.775, de 8 de junho de 1976, “Dispõe sobre discriminação, pelo Ministério da Agricultura, de regiões para execução obrigatória de planos de proteção ao solo e de combate à erosão, e dá outras providências”;
- d) Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, “Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências”;
- e) Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, “Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências”;
- f) Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, “Política Nacional do Meio Ambiente”;
- g) Decreto nº 94.076, de 5 de março de 1987, “Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas”;
- h) Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, “Lei dos Agrotóxicos”;
- i) Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, “Dispõe sobre a Política Agrícola”;
- j) Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, “Política Nacional de Recursos Hídricos”;
- k) Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, “Lei de Crimes Ambientais”;
- l) Decreto nº 2.612, de 03 de junho de 1998, “Conselho Nacional de Recursos Hídricos”;

- m) Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, “Política Nacional de Educação Ambiental”;
- n) Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, “Criação da Agência Nacional de Águas (ANA)”;
- o) Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, “Sistema Nacional das Unidades de Conservação (SNUC)”;
- p) Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, “Lei da Mata Atlântica”;
- q) Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, “Estatuto da Cidade”;
- r) Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, “Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil (ZEE)”;
- s) Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, “Lei do Saneamento Básico”;
- t) Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, “Política Nacional de Resíduos Sólidos”;
- u) Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012, “Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa” e é conhecida como Lei Florestal;
- v) Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, “Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural”;
- w) Decreto nº 59.261, de 5 de junho de 2013, “Institui o Sistema de Cadastro Ambiental Rural do Estado de São Paulo”.

De acordo com Gonçalves (2016) encontra-se em desenvolvimento propostas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) que visam à recuperação e a preservação de áreas de degradação, certificar a qualidade dos recursos hídricos e o beneficiamento da sua proteção. Segundo a autora, são dois projetos de lei que estão em tramites no âmbito federal sobre PSA, o PL nº 792/97 e seus 10 projetos de lei apensados que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e o PL nº 3.134/2008, que trata do Programa de Recuperação e Conservação da Cobertura Vegetal.

Além dessas leis, tem-se as de âmbito municipal. É o caso da Lei Orgânica que age como uma constituição municipal, porém, esta lei não pode violar as leis federais e estaduais. Segundo Tornero (2000), esta lei deve fixar os princípios norteadores da Política Municipal de Meio Ambiente que tem como objetivo basear-se em ampla análise das potencialidades dos recursos locais e considerar a situação

da administração pública, os problemas do município, entre outros. Assim, esta política é específica de cada município e definida a partir da realidade local.

Alguns instrumentos legais podem subsidiar a implantação da Política Municipal de Meio Ambiente, a exemplo, temos a Lei do Plano Diretor (obrigatória para municípios com mais de 20.000 habitantes), Lei de Uso e Ocupação do Solo e a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (ANGELIS NETO; ANGELIS, 1999).

Dentre todas as leis ambientais, no âmbito federal, citadas anteriormente, enfatiza-se que o recorte do presente estudo é a Lei Florestal, Lei nº 12.651, com as modificações da Lei nº 12.727, ambas de 2012.

2.4.1 Lei florestal com enfoque nas Áreas de Preservação Permanente

Quando nos referimos ao Código Florestal (1934 e 1965) esses, eram tratados como código e agora, o de 2012 deve ser tratado como lei florestal.

Zakia (2013) define código quando este trata e esgota aquele assunto. A Lei, depende de outros instrumentos para sua interpretação, caso da Lei nº 12.727 onde é necessário o conhecimento de outras leis.

De acordo com Criado e Piroli (2012), as leis e resoluções referentes à proteção e conservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) são justificadas pela importância ambiental que apresentam. E, alguns dos principais problemas que degradam o meio ambiente estão relacionados às alterações das mesmas, tais como a intensificação dos processos de erosão, deposição de sedimentos e assoreamento dos corpos d'água e das nascentes.

Desta forma, a Lei Florestal nº 12.727 estabelece em seu Artigo 3º que Área de Preservação Permanente é:

A 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 (BRASIL, 2012b).

Sobre o exposto, Machado (2013) ressalta que é uma área e não mais uma floresta (no Código Florestal de 1965, com a redação original, tratava-se de Floresta de Preservação Permanente) e que pode ser coberta por vegetação exótica.

Corroborando, Zakia e Pinto (2013), enfatizaram que faltou a definição de florestas na lei atual vigente e esclarecem que floresta é:

Uma área mínima de terra de 0,05-1,0 hectare com cobertura de copa das árvores (ou nível equivalente de estoque), com mais de 10-30% de árvores com potencial para atingir uma altura mínima de 2-5 metros na maturidade in situ. Uma floresta pode consistir de formações florestais fechadas, em que árvores de vários estratos e sub-bosques cobrem uma grande proporção do solo, ou de floresta aberta [...] (ZAKIA; PINTO, 2013).

Os detalhes sobre as funções ambientais das Áreas de Preservação Permanente estão expostas no Quadro 2.

Quadro 2 - Função ambiental das Áreas de Preservação Permanente

Função Ambiental de	Descrição
Preservar os recursos hídricos	As Áreas de Preservação Permanente com sua cobertura vegetal protegida exercem um efeito tampão reduzindo a drenagem e carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água.
Preservar a paisagem	A proteção das APPs garante harmonia e equilíbrio à paisagem, permitindo a formação de corredores de vegetação entre remanescentes de vegetação nativa a exemplo das Reservas Legais e Unidades de Conservação ou outras áreas protegidas, públicas ou privadas (Lei Federal nº 9.985/2000). A manutenção dessas áreas garante também a preservação e a integridade dos processos ecológicos nestes espaços territoriais especialmente protegidos e mantém os serviços ambientais essenciais à saúde, à segurança, ao bem-estar e à melhoria da qualidade de vida das populações rurais e urbanas.
Preservar a estabilidade geológica	Uma das atribuições mais importantes das Áreas de Preservação Permanente de encostas com declividade superior a 45º e topos de morro, montes, montanhas e serras. Importantes para a biodiversidade e para manutenção e recarga de aquíferos que vão abastecer as nascentes, são em geral áreas frágeis e sujeitas a desbarrancamentos e deslizamentos de solo ou rochas, principalmente quando estão desmatadas e degradadas.

Função Ambiental de	Descrição
Preservar a biodiversidade	A biodiversidade forma a base dos bens e serviços proporcionados pelos ecossistemas, essenciais à sobrevivência e ao bem-estar da humanidade. Os bens e serviços têm valor econômico significativo, mesmo quando alguns destes bens e a maioria dos serviços não são comercializados pelo mercado.
Preservar o fluxo gênico de fauna e flora	As APPs, principalmente aquelas das margens dos cursos d'água, são "corredores ecológicos" por excelência, pois, os rios em geral percorrem médias ou grandes distâncias antes de desembocarem em lagos ou no mar. Ao se manter preservada a vegetação nativa das faixas marginais dos rios está objetivamente possibilitando a interligação destas com outros espaços territoriais especialmente protegidos. Corredores ecológicos são porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando áreas remanescentes de vegetação nativa entre si ou com unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas.
Proteger o solo	As APPs de margens de cursos d'água, conhecidas como matas ciliares, com a vegetação preservada, servem como filtro, evitando que impurezas cheguem aos corpos d'água e, ao mesmo tempo, protegem as margens contra a erosão, evita o assoreamento dos rios e o agravamento das enchentes. Nas encostas e topos de morro a manutenção da vegetação nativa evita que em períodos de chuvas torrenciais as camadas superficiais do solo sejam carreadas e levadas para o leito dos rios e nascentes, o que afeta negativamente a fertilidade dos solos e também provoca o assoreamento dos cursos d'água.
Assegurar o bem-estar das populações humanas	Uma das atribuições fundamentais e até vital das APPs é a de assegurar o bem-estar das populações humanas, algo que só é possível se estas áreas não estiverem ocupadas com edificações ou atividades agropecuárias, e ao mesmo tempo, estiverem com a vegetação nativa devidamente preservada e protegida.

Fonte: Adaptado de Schäffer et al. (2011).

As características das APPs, para Machado (2013), aponta que não é uma área qualquer, mas uma área protegida, proibindo-se qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção (Art. 225, § 1º, III, da Constituição) e que a área é protegida de forma permanente, isto é, não é uma proteção descontínua, temporária ou com interrupções.

A Lei nº 12.727, em seu Art. 4º considera-se Áreas de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas e estabelece para os efeitos desta Lei (BRASIL, 2012a):

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, 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 (BRASIL, 2012a).

Leito regular de um rio é uma expressão destacável, pois consiste no início da delimitação das APPs. Porém, ao determinar que o limite da Área de Preservação Permanente deve ser considerado desde o seu nível regular, o texto não leva em consideração os fatores de variabilidade climática (GARCIA, 2014).

Para Christofolletti (1994) é fato que na maior parte do ano, o rio apresenta uma configuração designada tecnicamente como leito menor esse leito corresponde à seção de escoamento em regime de estiagem, ou de níveis médios. Porém, em épocas de altos índices pluviométricos, os cursos d' água ampliam naturalmente sua faixa de domínio sendo denominada de leito maior, planície de inundação ou mesmo de várzea.

Também são de proteção permanente, ainda no artigo 4º do Código Florestal:

- II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
 - a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
 - b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

- III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
- X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
- XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (BRASIL, 2012a, 2012b).

Quanto a essas Áreas de Preservação Permanente, segundo Zakia (2013) podem ser classificadas em quatro tipos, no qual compreendem: hídrica natural (nascente; cursos d' água intermitentes e os perenes; lagoas e lagos naturais e veredas), reservatório (reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento e represamento de cursos d'água naturais), relevo (encostas, bordas dos tabuleiros, chapadas, topo de morros, montes, montanhas e serras) e associada à área costeira (restingas e manguezais).

Apesar da legislação brasileira ser considerada avançada e repressiva e da importância das APPs, a lacuna na fiscalização e a impunidade constituem-se em um incentivo negativo à conservação das APPs, somando-se a este cenário as investidas contra a legislação ambiental, tornando-a adequada ao agronegócio e incapaz de cumprir sua função de preservação do meio ambiente (ALTMANN, 2009 apud CRIADO; PIROLI, 2012).

Segundo o art. 6º da Lei Florestal consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do poder público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinada:

- I - conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;
- II - proteger as restingas ou veredas;
- III - proteger várzeas;
- IV - abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;
- V - proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;
- VI - formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- VII - assegurar condições de bem-estar público;
- VIII - auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares;
- IX - proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional;
- X - proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional (BRASIL, 2012a).

Desta forma, enquanto o art. 4º tem relação com a situação das áreas e da vegetação, o art. 6º é relacionado com a finalidade das mesmas.

Nesta mesma lei aborda-se quanto ao uso de áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente. Esse uso, são autorizado, exclusivamente, para a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo, turismo rural e infraestrutura associada (barracão, rancho, casa de máquina) em áreas consolidadas até 22 de julho de 2008 sendo, a obrigatoriedade de uma recomposição mínima, de acordo com o tamanho do imóvel rural na referida data. O proprietário ou possuidor fica também responsável pela conservação do solo e da água, por meio de adoção de boas práticas agronômicas (BRASIL, 2012a apud GARCIA, 2014).

Destaca-se também o Cadastro Ambiental Rural (CAR) que é obrigatório para todos os produtores rurais, para que tenham acesso a benefícios do governo e a contratos de financiamento e o Programa de Regularização Ambiental (PRA) no qual deverão ser assinados por todos os produtores rurais que tenham desmatado áreas sem autorização legal (BRASIL, 2012a). Desta forma, o decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, veio regulamentar artigos desta Lei Florestal, especialmente o CAR e o PRA (BRASIL, 2012b).

2.5 Geotecnologia como ferramenta de análise ambiental

Historicamente, a observação e representação da superfície terrestre apresentam-se relevante na organização e desenvolvimento da sociedade. Desde os remotos tempos até a atualidade, as informações e dados espaciais foram

descritos de forma gráfica pelos antigos cartógrafos e utilizados por navegadores e demais profissionais (BOLFE, 2006).

As geotecnologias podem ser definidas como sendo um conjunto de tecnologias cujo fundamento principal é a coleta, processamento, análise e visualizações de informações com referência geográfica, possuindo em seu arcabouço técnico-metodológico premissas de processamento digital de imagens de satélites, elaboração de bancos de dados georreferenciados, quantificação de fenômenos da natureza, que proporcione uma visão mais abrangente do ambiente numa perspectiva geossistêmica (GUERRA; MARÇAL, 2006).

As áreas de conhecimento que envolvem as geotecnologias experimentaram significativo crescimento técnico-científico sendo assim, divulgadas e aceitas pelos órgãos governamentais e por empresas como fonte para tomada de decisão e planejamento estratégico (BOLFE, 2006).

As geotecnologias apresentam muitas finalidades e contribuem em diversos aspectos relacionados ao meio ambiente, como por exemplo:

- Mapeamento de propriedades rurais;
- Mapeamento de culturas, solo e relevo das áreas agrícolas;
- Certificação de imóveis rurais por meio do georreferenciamento usando-se sistemas de posicionamento global por satélite;
- Localização e a quantificação das áreas de preservação permanente e reserva legal dentro da propriedade;
- Adequação ambiental da propriedade frente ao código florestal brasileiro;
- Apoio aos processos de financiamentos rurais por meio de zoneamentos de riscos climáticos;
- Gestão da propriedade com a agricultura de precisão.
- Análises da dinâmica de uso da terra;
- Ocupação do território vinculado à atividade rural;
- Apoio ao desenvolvimento de política públicas por meio da compreensão de processos como expansão, retração, transição e intensificação da agricultura;
- Monitoramento espaço temporal das alterações;
- Uso e na cobertura das terras (TÔSTO et al., 2014).

Essa pluralidade de aplicações das geotecnologias em projetos envolvendo a questão ambiental tem refletido também na elevada qualidade das informações geradas. Por outro lado, é crescente a preocupação em relação às bases de dados utilizadas, principalmente, no que tange a fatores como escala, temporalidade, fonte, metodologias de processamento e procedimentos de análises adotados (BOLFE, 2006).

Ainda, segundo o autor, o grande desafio é a necessidade de se formar bases de dados geográficos que contribuam para organizar e disponibilizar as informações geradas pelas geotecnologias.

Para Castanho (2006), o entorno das geotecnologias é mais amplo do que se estabelece, não somente como mero instrumental para mapeamentos, localizações pontuais e outros, mas sim um conjunto de fatores que levam a resultados almejados por diferentes profissionais.

Contudo, para Rocha (2000) é necessário não apenas conhecer, mas também utilizar de maneira integrada todas as ferramentas, processos e entidades pertencentes às geotecnologias disponíveis desenvolvendo metodologias de aplicabilidade das mesmas no sentido de diagnosticar e prognosticar riscos e potencialidades ambientais em relação ao desenvolvimento das sociedades.

A aplicação das geotecnologias tanto no espaço urbano quanto rural, passa a ser um meio de controle, conhecimento e coerência em relação ao uso e ocupação da terra, tendo em vista a necessidade de planejamento (CASTANHO; TEODORO, 2010).

O geoprocessamento é um conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, considerado como um termo genérico refere-se a todas as técnicas de correlação entre informações espaciais e cartografia digital (LEITE; ROSA, 2006).

Para Pereira e Silva (2001), o geoprocessamento é um conjunto de tecnologias, métodos e processos para o processamento digital de dados e informações geográficas.

Mendes e Cirilo (2001) definiram o geoprocessamento como uma parte de um conjunto de tecnologias que, trabalhando integradamente, ajuda a representar, simular, planejar e gerenciar o mundo real.

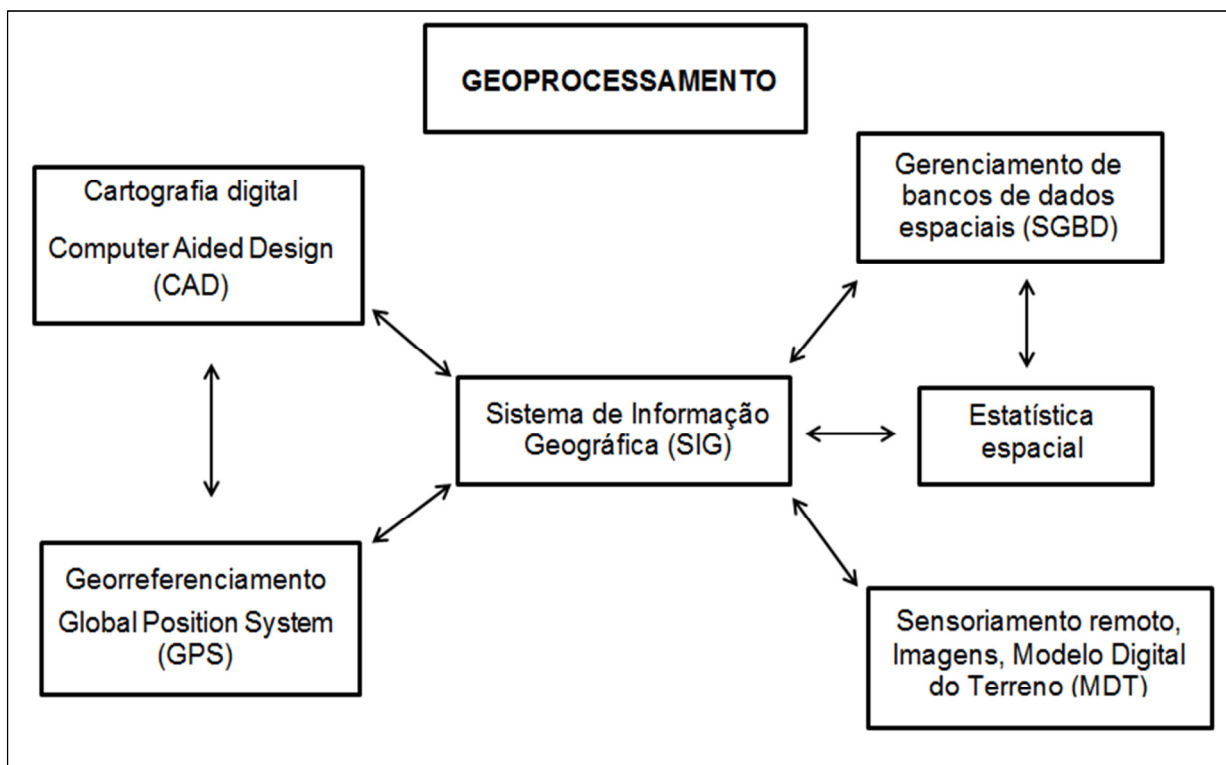
Para Dias et al. (2004), as técnicas de geoprocessamento, são muito utilizadas em estudos de análise ambiental, possibilitando a detecção de alterações provenientes da intervenção humana em ecossistemas naturais ou em agroecossistemas.

Geoprocessamento é definido como um ambiente tecnológico e abrangente, sendo o conjunto de técnicas relacionadas com coleta, armazenamento e tratamento de definições espaciais e georreferenciadas que podem ser utilizadas em sistemas

específicos a cada aplicação que, de alguma forma, utiliza-se do espaço físico geográfico (CÂMARA, 1996).

Não se pode confundir geoprocessamento com Sistema de Informação Geográfica e por isso, Pina e Santos (2000) mencionaram que o SIG é umas das ferramentas do geoprocessamento, a mais ampla delas, uma vez que pode englobar todas as demais, mas nem todo o geoprocessamento é um SIG, Figura 9.

Figura 9 - Conjunto de ferramentas do geoprocessamento



Fonte: Adaptado de Brasil (2007).

O geoprocessamento vinculado a um SIG busca a realização de levantamentos, análises e cruzamentos de informações georreferenciadas almejando a realização do planejamento, manejo e/ou gerenciamento de um espaço específico (FITZ, 2000).

Tagliarini (2017), utilizou-se de técnicas de geoprocessamento para realizar a estimativa das perdas de solo por erosão com o objetivo de avaliar o grau de degradação existente na bacia hidrográfica do Córrego Anhumas.

Essas técnicas de geoprocessamento são importantes dentro do planejamento ambiental, entre tantas aplicabilidades, destaca-se a geração de estimativas para possíveis perdas de solos por erosão, a classificação das terras segundo as suas

subclasses de capacidade de uso, a simulação da degradação de áreas através de múltiplos cenários e diversos tipos de análises espaciais (TAGLIARINI, 2017).

2.5.1 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é uma técnica utilizada a algum tempo, por meio da fotografia. A partir da Segunda Guerra mundial foi utilizado o processo de fotografias aéreas, conhecido como aerofotogrametria (LEITE; ROSA, 2006).

Quanto ao surgimento do sensoriamento remoto, Florenzano (2002), afirmou que tem uma relação direta com o surgimento da fotografia aérea e sua história é dividida em dois períodos, um de 1860 a 1960 baseados no uso de fotografias aéreas e o outro, a partir de 1960 caracterizado por uma variedade de tipos de fotografias e imagens.

Para Leite e Rosa (2006), na década de 70, o primeiro satélite para captação de imagens, Landsat, foi colocado na órbita terrestre pelos Estados Unidos, desde então passou por um intenso processo de desenvolvimento, o que tem proporcionado um reconhecimento minucioso do planeta Terra.

E é fruto de um esforço multidisciplinar que integra os avanços da matemática, física, química e biologia e das ciências da terra e da computação (FLORENZANO, 2002).

Segundo Novo (2010), a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados e de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou plataformas tem o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície.

Com o sensoriamento remoto é possível coletar informação sobre um objeto ou uma área geográfica a partir de uma grande distância utilizando instrumentos especializados (sensores), colocados a bordo de aeronaves ou satélites. Mediante condições controladas, esses sensores podem fornecer informações sobre localização geográfica, altitude, propriedades da vegetação, tipo de uso da terra, temperatura da superfície, umidade do solo, profundidade do oceano, entre outras (JENSEN, 2000 apud FIDALGO et al., 2013).

Os sensores imageadores utilizados nos satélites geram imagens de um alvo, que pode ser melhorada, através da correção de distorções que resultará em uma

melhor discriminação dos objetos em estudo, a esse processo dá-se o nome de Processamento Digital de Imagem (LEITE; ROSA, 2006).

Moreira (2005) enfatizou que a escolha das bandas espectrais é outro fator muito importante para o sucesso de uma interpretação de imagem de satélite, seja de produtos analógicos (fotográficos) ou de produtos digitais. Sendo que a seleção das bandas depende dos objetivos de interesse.

Florenzano (2008) ressaltou que as imagens obtidas por sensoriamento remoto são interpretadas com base nos elementos de interpretação: tonalidade, cor, textura (impressão de rugosidade), tamanho, forma, sombra, altura, padrão (arranjo espacial dos objetos), localização e contexto.

Por isso, quanto maior o conhecimento sobre a área de estudo, maior é a quantidade de informação que podemos obter a partir da interpretação de imagens de determinada área.

Para Florenzano (2002), as imagens de sensores remotos como fonte de dados da superfície terrestre estão sendo utilizadas para a elaboração de diferentes tipos de mapas, onde os dados contidos numa imagem são interpretados, transformados em informação e apresentados em forma de mapas.

As imagens podem ser oriundas de sensores ativos ou passivos. Os sensores ativos têm a propriedade de emitir a própria radiação e de captar o sinal de retorno, a exemplo dos radares, e operam sob todas as condições meteorológicas e no escuro. Os sensores passivos coletam a radiação refletida ou emitida na superfície da Terra pelo Sol, por meio de satélites (BRASIL, 2007).

De acordo com Machado e Quintanilha (2008), o sensoriamento remoto utiliza a quantidade de radiação refletida (radiância) e a compara com a quantidade incidente (irradiância) sobre o alvo. Isto fornece a medida de reflectância captada por sensores, denominados radiômetros ou espectro radiômetros.

As imagens captadas pelos sensores remotos apresentam diversos tipos de resolução. Segundo Brasil (2007), a resolução é a medida da habilidade que um sistema sensor possui para discriminar respostas próximas espacialmente ou semelhantes espectralmente.

Existem quatro tipos de resolução, conforme Quadro 3, com suas devidas características.

Quadro 3 - Resoluções e suas características

RESOLUÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Espectral	Relacionada à capacidade do sensor de registrar a radiação em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Quanto melhor a resolução espectral, maior o número de bandas espectrais que podem ser adquiridas sobre os objetos da superfície.
Espacial	Relacionada com a capacidade de o sensor distinguir os objetos na superfície da Terra.
Temporal	Relacionado à frequência com que determinada área da Terra é imageada. Quanto menor o tempo entre uma imagem e outra, maior a resolução temporal, e mais atual a imagem reproduzida;
Radiométrica	Relacionada à percepção do sensor para captar as diferenças do objeto, armazenando em número de níveis de cinza. Essa qualidade é conferida pela capacidade de armazenar determinado número binário, traduzido em número de <i>bites</i> ; então quanto maior a resolução radiométrica, maior o número de <i>bites</i> da imagem. Uma imagem de 8 <i>bites</i> possui 256 níveis de cinza.

Fonte: Brasil (2007).

O que se denomina de comportamento espectral de alvos ou assinatura espectral é quando algumas feições - solo, água (rios, oceanos), vegetação (florestas, pastagens, lavouras), estradas, áreas urbanas - apresentam uma resposta diferente à radiação eletromagnética nela incidente, seja essa radiação oriunda do sol ou gerada por radares (MACHADO; QUINTANILHA, 2008).

Segundo Sant'Anna (2007), com sensoriamento remoto, é possível identificar características de diferentes materiais superficiais já que estes possuem comportamentos diversos nos vários comprimentos de onda do espectro eletromagnético. A distribuição da radiação eletromagnética (gerada por ondas produzidas pela oscilação ou aceleração de uma carga elétrica) se estende desde a onda de frequência extremamente alta (comprimento de onda curto) até as ondas de frequência extremamente baixa (comprimento de onda longo).

Uma das vantagens de se utilizar o sensoriamento remoto para interpretação do uso da terra é que as informações podem ser atualizadas devido à característica de repetitividade de aquisição das imagens de forma global, confiável, rápida, sendo estes dados importantes para o levantamento, mapeamento e utilização das

informações de uso e ocupação do solo de uma dada região (SHIMABUKURO et al., 1993).

2.5.1.1 Imagens de satélite e o Sentinel-2A

De acordo com Florenzano (2011), as imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multi-temporal (de dinâmica) de extensas áreas da superfície terrestre, mostram os ambientes e sua transformação e, destacam os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação do homem com o uso e a ocupação do espaço.

Essas imagens são interpretadas com base nos elementos de interpretação: tonalidade, cor, textura (impressão de rugosidade), tamanho, forma, sombra, altura, padrão (arranjo espacial dos objetos), localização e contexto (FLORENZANO, 2008).

A primeira instituição brasileira, que começou a trabalhar com a tecnologia de sensoriamento remoto foi o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio do uso das imagens do satélite Landsat, do qual dispõe de uma estação de recepção de imagens em Cuiabá, centro geográfico da América do Sul (GARCIA, 2014).

O satélite Sentinel-2A é uma das missões que fazem parte do programa Copérnicus que lidera a Comissão Europeia na colaboração com a Agência Espacial Europeia (ESA).

Essa missão tem como objetivo apoiar uma gestão eficiente do meio ambiente e também quanto ao monitoramento da mudança climática global (PLAVETZ, 2015). A missão Sentinel-2A é essencialmente dedicada aos:

- Serviços de monitorização do meio terrestre, na criação de mapas de ocupação e uso do solo, caracterização de alterações e mapas de variáveis biogeofísicas (e.g. percentagem de coberto vegetal, índice de clorofila, índice de área foliar);
- Serviços de suporte à gestão de emergências, nomeadamente através do mapeamento de áreas urbanas localizadas em zonas de risco de ocorrência de desastres naturais;
- Serviços relativos a segurança, nomeadamente vigilância marítima e de fronteiras, atividades de apoio à ação externa da UE e;
- Serviços de monitorização de alterações climáticas (DGT, 2016).

Segundo Caetano (2011), esse satélite garantiu a continuidade de satélites como o SPOT e o Landsat, mas teve algumas vantagens, nomeadamente a maior

resolução espectral e temporal e o fato de fornecer dados radiométricos com pouca perturbação atmosférica.

Os instrumentos do Sentinel-2A são sensíveis a um maior número de espectros de luz, permitindo o discernimento de mais informações sobre a superfície e cobre uma faixa de 290 km (PRATES, 2015).

A missão Sentinel-2A tem uma órbita quase-polar e dispõe de um sensor *Multi Spectral Instrument* (MSI) com 13 bandas espectrais e resolução espacial de 10m, 20m ou 60m, dependendo da banda, e uma resolução temporal de 10 dias com um satélite e de 5 dias apenas com os dois satélites operacionais (DGT, 2016), Quadro 4.

Quadro 4 - Informações referentes ao Sentinel - 2A

Resolução	Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda (nanômetro)	Combinações de Bandas
10 m	B02	<i>Blue</i> (Azul)	490	Cor Verdadeira RGB 04/03/02 Falsa Cor 1 e 2 RGB 08/04/03 e 04/08/03
	B03	<i>Green</i> (Verde)	560	
	B04	<i>Red</i> (Vermelho)	665	
	B08	<i>NIR</i> (Infravermelho Próximo)	842	
20 m	B05	<i>Red Edge 1</i>	705	<i>SWIR</i> 1 RGB 12/11/8A
	B06	<i>Red Edge 2</i>	740	
	B07	<i>Red Edge 3</i>	783	
	B08A	<i>Red Edge 4</i>	865	
	B11	<i>SWIR 1</i>	1610	
	B12	<i>SWIR 2</i>	2190	
60 m	B01	<i>Aerossol</i>	443	-
	B09	<i>Water Vapor</i>	940	
	B10	<i>Cirrus</i>	1375	

Fonte: Santos (2016).

2.5.2 Sistema de Informação Geográfica

O primeiro Sistema de Informações Geográficas foi desenvolvido no Canadá (Canadian Geographical Information System) pelo pesquisador Dr. Roger Tomlinson. Esse desenvolvimento se deu como parte de um programa do governo para desenvolver um inventário de recursos naturais.

No Brasil, a estruturação do primeiro SIG foi em 1982 com a presença no Brasil e participação direta do Dr. Roger Tomlinson. Após essa visita alguns grupos de pesquisas foram estruturados com o objetivo de desenvolver SIGs (MOREIRA, 2001 apud GARCIA, 2014).

Molin (2010) apud Rocha (2011) definiu Sistema de Informação Geográfica como um sistema complexo ou a ciência que toma conta da grande quantidade de informações espaciais. Sistema de Informação implica que todas as informações estão contidas em um banco de dados e que o usuário pode acessar para analisar, modelar ou editar os fenômenos espaciais ou objetos nelas contidos. O geográfica, pressupõe que a informação está geograficamente localizada, portanto, é georreferenciada.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento (MEDEIROS; CÂMARA, 2001) e, para isso, existe a possibilidade de representar a natureza por meio de um SIG.

Segundo Ferreira (2007), o recente crescimento do número de usuários de Sistemas de Informação Geográfica é um indicador da consolidação da ideia de que avançamos em direção a uma sociedade informacional. Um dos mais notáveis paradigmas da faceta informacional desta sociedade é a gestão e o domínio da informação territorial.

Para Rosot et al. (2008), o SIG vêm sendo muito utilizado em trabalhos que necessitam da articulação de uma grande quantidade de informações passíveis de espacialização, sendo capazes de envolver os seus componentes de forma integrada.

Ainda, para Rosot et al. (2008), o SIG pode incorporar bases de dados que incluem diversas informações cartográficas, espectrais (obtidas por sensores

remotos), observações de campo e resultados de entrevistas ou censos, além de informações de origem histórica, suas atualizações e simulações de futuro.

Calijuri e Röhm (1994) definiram o SIG como uma coleção organizada de *hardware*, de *software*, de dados geográficos e de pessoal envolvido no trabalho projetado para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as formas de informações referenciadas geograficamente.

Já, para Nogueira, Silveira e Pereira (1997), é um sistema assistido por computador para a entrada, o armazenamento, a recuperação, a análise e exposição de dados geográficos interpretados. A base de dados é composta por um vasto número de representações espaciais, tipo mapas, chamados *layers*, com valores de atributos e coordenadas conhecidas.

Vale ressaltar que não existe um programa de Sistema de Informação Geográfica pronto e completo. Os programas são um conjunto de funções que permitem a implementação dos sistemas de acordo com as necessidades de cada usuário, ou seja, ao se adquirir um programa está se adquirindo um ambiente de desenvolvimento de SIG (PINA; SANTOS, 2000). Desta forma, é fundamental saber quais os objetivos do projeto, para que a escolha seja adequada.

Rocha (2011), afirmou que o SIG não é entendido como um sistema computacional, mas como um sistema que tem elementos computacionais.

Nos Sistemas de Informações Geográficas os dados geográficos são estruturados em várias camadas de informação, também denominadas de planos ou *layers*, cada um desses representa um tema diferente, que podem ser sobrepostos (*overlay*) em diferentes sequências, conforme o objetivo de cada trabalho (PIMENTA et al., 2012).

Sobre o SIG, Venturim (2011) ressaltou que é uma opção aos métodos tradicionais de gerenciamento e é uma ferramenta que integra dados espaciais e seus atributos, possibilitando a simulação, o modelamento e a visualização de informações associadas aos mapas de áreas de cultivo e fornecendo subsídios ao processo de tomada de decisões.

De acordo com Beltrame (1994), nas análises de bacias hidrográficas pode-se fazer uso de Sistemas de Informações Geográficas, de modo a aprimorar os processos decisórios que exigem informações de cunho espacial e, portanto, são representadas as entidades reais do espaço geográfico (estradas, hidrografia, cobertura vegetal e os demais tipos de uso e ocupação).

Segundo Panquestor et al. (2002), a obtenção dos parâmetros fisiográficos de uma bacia hidrográfica pelo emprego de técnicas de processamento digital de imagens e do SIG compõe um instrumento adequado para a análise ambiental.

Martinelli (2003) salientou que são dispositivos automatizados, para aquisição, gerenciamento, análise e apresentação dos dados georreferenciados que interessam ao espaço objeto de estudo geográfico, monitorados no tempo, além de propiciar simulações de eventos e situações complexas da realidade.

O georreferenciamento refere-se a localização de uma imagem ou arquivo vetorial no espaço, definida por um sistema referencial de coordenadas conhecido. Com imagens *raster*, uma forma comum de georreferência é indicar o sistema de referência (latitude/longitude) dos quatro cantos da imagem (EASTMAN, 1995).

Em continuação, quando se refere a dados, aborda-se sobre o seu armazenamento em ambiente SIG e, assim, existem dois tipos de arquivos que são divididos em vetorial (*vector*) ou matricial (*raster*).

Vetorial são os dados representados por pontos, linhas ou polígonos, conforme o tipo de informação representada: feições pontuais, lineares (estradas e rios) ou áreas fechadas (lagoas e áreas urbanas). O formato dos arquivos também varia de acordo com o tipo de informação armazenada. Arquivos com extensões *SHP* (*Shapefiles*), *DXF* (*Drawing Exchange Format*), *DGN* (*Design*) e *KML* (*Keyhole Markup Language*) são exemplos de mapas digitais em formato vetorial (PIMENTA et al., 2012).

No sistema matricial ou raster, a área geográfica é representada por uma matriz subdividida em linhas e colunas, os *pixels* ou células regulares. Os arquivos digitais apresentam algumas das seguintes extensões: *GeoTIFF* (*Geocoded Tagged Image File Format*), *IMG* (*Image Raster Dataset*) e *JPEG* (*Joint Photographic Experts Group*) (PIMENTA et al., 2012).

Sobre o SIG, existe a possibilidade de diversos tipos de análise espacial a exemplo de medições de áreas e perímetros, busca, classificação, modelagem cartográfica, *overlay*, redes, *buffer* (operações lógicas), distâncias (custo, difusão, proximidade), autocorrelação espacial (*kriging*), modelagem numérica de terreno, interpolação/extrapolação, padrão/dispersão (BURROUGH, 1986 apud CÂMARA; MEDEIROS, 1996).

Como o SIG trabalha com informações associadas à sua localização na superfície da Terra, é necessário determinar o *datum* e a projeção com a qual se

está trabalhando. O *datum* representa a forma da Terra sendo este formato (geóide) bastante complexo e por isso, adota-se, então, o formato da Terra como sendo um elipsóide (CRAVEIRO et al., 2012). Para caracterizar um *datum*, utiliza-se uma superfície de referência e uma superfície de nível.

A superfície de referência chama-se *datum* horizontal e é composta por latitude e longitude de um ponto inicial, o azimute de uma linha que parte desse ponto e duas constantes necessárias para definir o elipsóide de referência. Com isso, tem-se a base para o cálculo dos levantamentos de controle horizontal no qual se considera a curvatura da Terra (CARVALHO; ARAÚJO, 2008).

Para o Brasil, adotava-se o *Datum* Córrego Alegre (MG) até 1979. Após esta data, o *Datum* SAD 69 (*Datum* Sul Americano de 1969) e atualmente, o SIRGAS 2000. Sobre isso, IBGE (2016) ressaltou que:

Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Entre 25 de fevereiro de 2005 e 25 de fevereiro de 2015, admitia-se o uso, além do SIRGAS2000, dos referenciais SAD 69 (South American Datum 1969) e Córrego Alegre. O emprego de outros sistemas que não possuam respaldo em lei pode provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados georreferenciadas (IBGE, 2016).

Quanto a superfície de nível, esta, chama-se *datum* altimétrico que é a superfície formada pelo nível médio do mar, definido através de um marégrafo estável, a partir de longos períodos de observação para estabelecer a altitude zero. As altitudes são calculadas partindo-se do *datum* altimétrico (CARVALHO; ARAÚJO, 2008).

No Brasil, o *datum* altimétrico oficial é o Imbituba, Santa Catarina. A exceção do estado do Amapá que tem o próprio *datum* altimétrico, Porto de Santana, já que sua rede altimétrica não está conectada ao restante do país (IBGE, 2016).

Ainda, tem-se a projeção que consiste na função matemática que transforma o formato da Terra em uma superfície plana e toda projeção tem distorção (seja de forma, de área ou de ângulos) e sua escolha depende da finalidade do projeto. A projeção mais utilizada é a *Universal Transverse Mercator* (UTM), uma projeção conforme que preserva os ângulos e que deforma as áreas no máximo em 0,5% (CRAVEIRO et al., 2012).

Nos anos 80, o surgimento e a evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados contribuíram para a difusão do uso de SIG. Nos anos 90, as empresas se consolidaram, comercializando os seus *softwares* com destaque para a ESRI com o ArcGIS. O ERDAS, AutoCAD, MicroStation, MapInfo, ENVI e IDRISI são exemplos de *softwares* comerciais. Quanto aos *softwares* livres disponíveis tem-se o SPRING, Quantum GIS, ILWIS, GvSIG, GRASS, SAGA (RISTOW, 2014).

2.5.2.1 SIG - ArcGIS

O ArcGIS é um conjunto integrado de *softwares* de SIG produzido pela empresa *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) que fornece ferramentas baseadas em padrões para realização de análise espacial, armazenamento, processamento de dados geográficos e mapeamento (SILVA; MACHADO, 2010).

Pegoraro, Bonetti e Germano (2014) complementaram que a base do ArcGIS é um sofisticado conjunto de ferramentas que servem para o processamento, criação, edição, manipulação, gerenciamento, análise, exibição de dados geográfico e saída das informações geográfica.

Segundo Santos (2010), o ArcGIS disponibiliza em um ambiente SIG uma variedade de ferramentas de forma integrada e de fácil utilização.

A lista de ferramentas de análise superficiais inclui a sobreposição topológica de dados, geração de áreas de influência (*buffer*), análise de proximidade, busca lógica e espacial, análise de superfície, modelagem de rede, modelagem de dados matriciais (imagens) e sofisticadas análises tabulares (PEGORARO; BONETTI; GERMANO, 2014).

Para Pessoa e Silva (2014), o ArcGIS é um SIG que tem por objetivo criar, utilizar e disponibilizar dados geográficos e seus atributos, através de uma gama de aplicativos, como ArcGIS Desktop, ArcGIS Explorer, Web Mapping Application, ArcGIS Mobile, Open APIs, ArcGIS Server.

O ArcGIS está organizado de forma intuitiva para tirar melhor partido de todas as suas potencialidades. Sua aplicação está dividida em três aplicativos que são o ArcMap, o ArcCatalog e o ArcToolbox (TROCADO, 2012).

O ArcMap é um *software* de interface gráfica que permite a sobreposição de planos de informação vetoriais e matriciais, além de objetos gráficos, fontes e

figuras, com a finalidade de mapeamento temático e permite pesquisas e análises espaciais, criação e edição de dados, padronização e impressão de mapas (SANTOS, 2010).

Trocado (2012), resume que no ArcMap trabalha-se com informação geográfica por meio de mapas interativos sendo possível visualizar, explorar, questionar e analisar toda a informação geográfica. Ainda, o ArcMap é na prática um conjunto de *layers* (representa um conjunto homogêneo de entidades geográficas existente numa determinada fonte) ao qual é possível executar um conjunto de funcionalidades (SANTOS, 2014).

Segundo Santos (2010), o ArcCatalog, disponibiliza ferramentas para a exploração, armazenamento, pesquisa e gerenciamento de dados, criação e preenchimento de metadados. O ArcToolBox agiliza a busca das ferramentas de geoprocessamento (*geoprocessing*) e rotinas (*scripts*) fornecendo num único ambiente a busca e a execução de comandos.

A aplicação ArcToolbox disponibiliza acesso a todas as funcionalidades de geoprocessamento para coberturas ArcInfo. Existem mais de 100 ferramentas deste tipo de utilização simplificada (TROCADO, 2012). Além desses, é importante ressaltar o ArcReader que é um aplicativo que permite a visualização e exploração dos arquivos desenvolvidos no ArcMap e, o ArcScene, que permite a elaboração de dados geográficos em 3D, além de criar vídeos e animações.

O armazenamento dos dados geográficos no ArcGIS se dá preferencialmente no formato geodatabase, que armazena dados vetoriais, matriciais e tabelas independentes, dentro de uma única estrutura. Ainda, sendo possível trabalhar com arquivos vetoriais em formato *shapefile*, *coverage*, *CAD (Computer Aided Design)*, e matriciais nos formatos *GRID*, *DEM*, *ERDAS IMAGINE*, *TIFF*, *JPEG*, *BMP*, *GIF* (PESSOA; SILVA, 2014).

Sobre esses formatos, Sátiro (2013) mencionou que o *shapefile* é o formato de armazenamento de dados vetoriais baseados em arquivos que armazena elementos geográficos e seus atributos sem considerar as relações topológicas. Já o *coverage* armazena elementos geográficos e seus atributos com topologia e, o *geodatabase* suporta um modelo de integração topológica (base de dados relacionais) organizada em uma hierarquia de objetos armazenados como: *features datasets*, *feature class* e tabelas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Caracterização da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras (Figura 10) está localizada entre 22°20' e 22°26' de latitude S e 48°44' e 48°56' de longitude W Gr., abrangendo áreas pertencentes aos municípios de Agudos e Pederneiras, com uma área de aproximadamente 14918,28 hectares. Esses municípios estão distantes cerca de 320 km da capital do estado de São Paulo.

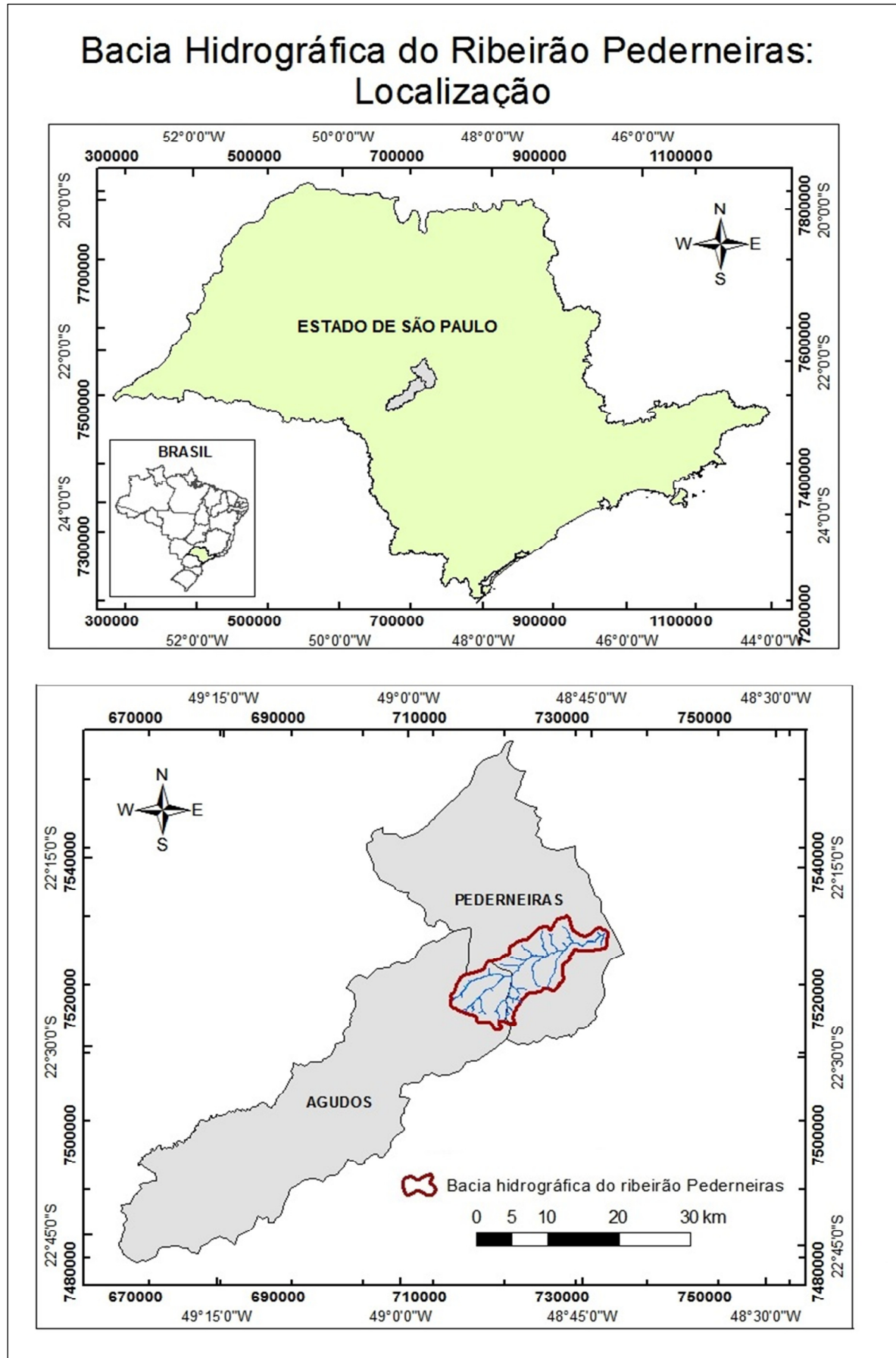
O município de Pederneiras faz divisa com Arealva, Bariri, Boracéia, Itapuí, Bariri, Jaú, Lençóis Paulista, Macatuba, Agudos e Bauru. Já o município de Agudos, faz divisa com os municípios de Pederneiras, Lençóis Paulista, Borebi, Paulistânia, Cabrália Paulista, Piratininga e Bauru.

O clima da região é classificado, conforme Köppen, como do tipo Aw sendo definido como clima tropical, com inverno seco e frio e predominância de chuvas no verão. A temperatura média anual é de 22,5°C e a precipitação média anual de 1322,39 mm.

Pelo Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo, está inserida na bacia hidrográfica do Tietê - Jacaré que pertence a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI - 13).

Além disso, compreende a área drenada pelo ribeirão Pederneiras (afluente da margem esquerda do rio Tietê) e seus afluentes: os córregos da Estiva, Areia Branca, Anta, Curtume, da Paciência, do Macuco, da Cachoeirinha e Águas do Monjolo.

Figura 10 - Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



3.1.2 Material cartográfico

A escolha do material cartográfico utilizado se deve pela obtenção de dados espaciais (imagens de satélite, mapeamentos temáticos, cartas topográficas) a partir de órgãos que disponibilizam gratuitamente esse material e, também, atentou-se a escolha da escala e do formato dos dados sendo que estes devem corresponder aos objetivos da pesquisa e do programa de computador utilizado para a manipulação dos mesmos.

Dados utilizados:

- a) Cartas planialtimétricas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em formato digital, na escala 1:50.000, com equidistância das curvas de nível de 20 metros, referente às folhas de Agudos (SF-22-Z-B-II-3) e de Jaú (SF-22-Z-B-II-4) (IBGE, 1973).
- b) Imagem do satélite Sentinel-2, sensor Multi Spectral Instrument (MSI), de janeiro de 2017, com resolução espacial de 10 metros (referente as bandas 2, 3 e 4) que foi obtida gratuitamente através do catálogo de imagens do Departamento do Interior dos EUA/ Pesquisa Geológica dos EUA.
- c) Carta do levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo, referente a quadrícula de Jaú (SF.22 - Z - B - II), na escala 1:100.000 de 1982. Este levantamento foi organizado por meio do convênio EMBRAPA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, Instituto Agrônomo - Divisão de Solos - Seção de Pedologia (ALMEIDA; OLIVEIRA; PRADO, 1982). Também foi utilizado o mapa de solos do Estado de São Paulo confeccionado em escala 1:500.000 pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (1999)
- d) Banco de dados do mapa geomorfológico do estado de São Paulo, elaborado por Ross e Moroz (1997), na escala 1:500.000.

- e) Plano diretor de restauração florestal visando a produção de água e a preservação da biodiversidade da UGRHI - Tietê/Jacaré (INSTITUTO PRÓ TERRA, 2010).
- f) Relatório final do plano de bacias do Comitê de Bacia Hidrográfica/Tietê-Jacaré - Relatório Zero: O relatório ofereceu um panorama da situação da UGRHI 13, unidade em que está localizada a bacia hidrográfica do Ribeirão Pederneiras, os dados que compõem o relatório foram adquiridos através de levantamentos junto a prefeituras e órgãos afins (CBH - TJ, 2014). Neste, encontra-se o mapa geológico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT).
- g) Banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), GEOBANK, escala 1:1.000.000; banco de dados do projeto DataGEO (Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do estado de São Paulo); projeto SOS Mata Atlântica; banco de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental (SiCAR) e dados hidrológicos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).
- h) Relatório “Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015” (CETESB, 2016).
- i) Mapa de uso da terra de 1997 de Bortolozzi (1998).

3.1.3 Programas de computador

Utilizou-se dois programas de computador da Microsoft Office 2010, o Word e o Excel. O primeiro, Microsoft Office Word, é um *software* processador de texto que permite criar e compartilhar documentos combinando um conjunto de ferramentas de redação, edição e revisão de textos. O segundo, Microsoft Office Excel, é um editor de planilhas que permite a criação e exibição de tabelas, ferramentas de fórmulas, construção de gráficos, entre outros.

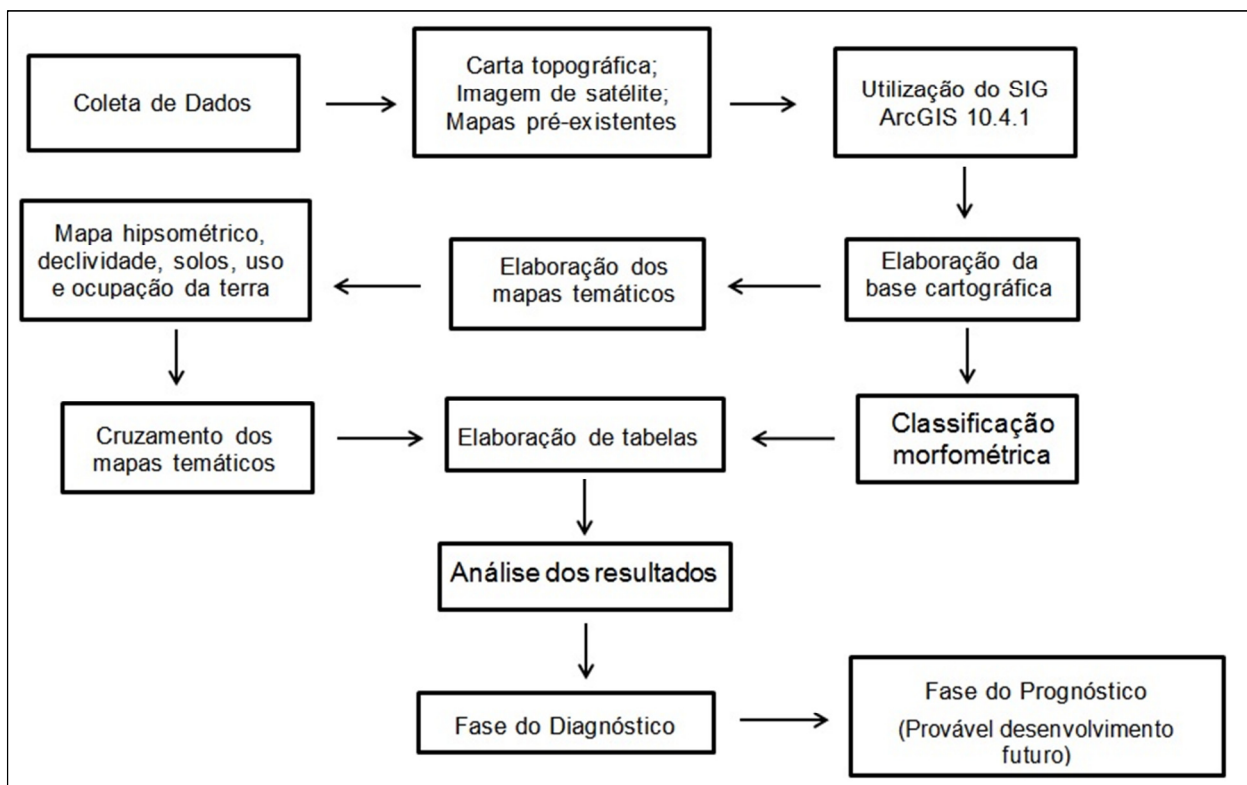
Quanto ao Sistema de Informação Geográfica, utilizou-se o ArcGis 10.4.1. O aplicativo Google Earth 7.1.5 - por apresentar imagens disponíveis de alta resolução

- foi útil para auxiliar na interpretação visual de algumas áreas. Segundo Brown (2006), o Google Earth é um aplicativo cliente-servidor para *desktop* que possibilita a visualização de imagens de sensores acoplados em satélites em um ambiente dinâmico, permitindo visualizações em duas e três dimensões, tornando possível a interatividade do usuário.

3.2 Métodos

Na Figura 11 apresenta-se um fluxograma das principais etapas dos métodos desta pesquisa.

Figura 11 - Fluxograma das etapas dos procedimentos metodológicos



3.2.1 Elaboração da base cartográfica

Primeiramente, fez-se necessário montar a base cartográfica. A mesma é o ponto inicial e norteia os trabalhos de campo preliminares além da organização dos documentos cartográficos.

Os dados que integram a base cartográfica são provenientes de diversos formatos sendo necessário apenas que estejam digitalizados e compatíveis com o formato do Sistema de Informação Geográfica.

Para isso, no ArcGIS/ArcCatalog foi criado um *geodatabase* (banco de dados geográficos que utiliza a estrutura de um banco de dados desktop) e que tem como objetivo principal o de organizar. Dentro deste, criou-se um conjunto de dados de feições por meio da *Feature Data Set* que é o agrupamento das camadas dentro do *geodatabase* e que mantém os dados organizados e padronizados.

Dentro do conjunto *Feature Data Set* criou-se uma *Feature Class* (classe de feições com o mesmo tipo de geometria) e para isso, denominou-se rios e curvas de nível para a geometria de linhas, limite para polígono e nascente como pontos. Configurou-se os campos que serão atribuídos a cada *shape* na tabela de atributos.

Todas as etapas deste trabalho foram realizadas no SIG ArcGis10.4.1.

3.2.2 Georreferenciamento da carta planialtimétrica e vetorização dos elementos

A primeira etapa deste processo consistiu no georreferenciamento das cartas planialtimétricas, digitais, do IBGE referente as folhas de Agudos e de Jaú. Essas cartas estão georreferenciadas e encontram-se em um sistema de georreferência de linhas e colunas e o processo que se realiza em um ambiente SIG é para relacionar estes valores as coordenadas conhecidas, latitude e longitude.

Sobre isso, Eastman (1995) explica que a georreferência refere-se a localização de uma imagem ou arquivo vetorial no espaço, definida por um sistema referencial de coordenadas conhecidas. Uma forma comum de georreferência é indicar o sistema de referência dos cantos superiores e inferiores, esquerdo e direito da imagem.

Com a carta planialtimétrica em tela teve início o processo de georreferenciamento através da opção *Georeferencing* localizada na barra de ferramentas. Realizou-se a captura de coordenadas, no caso, pontos de controle, e na sequência a interseção das linhas e, através da opção *Input X and Y* inseriu-se o valor corresponde conforme apresentado na carta.

Para este georreferenciamento definiu-se 8 pontos sendo 4 nas laterais da imagem e o restante no centro. Atentou-se também para que o Erro Médio

Quadrático (*Root Mean Square - RMS*), que representa o desvio dos valores calculados automaticamente pelo *software* com base nos valores coletados, fosse o menor possível. Após a coleta dos pontos na carta planialtimétrica atualizou-se o georreferenciamento em *Update Georeferencing*.

Por meio da opção *Editor* localizada na barra de ferramentas e *Start Editing* delimitou-se a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras tendo como referência as curvas de nível de maiores altitudes dessa área. Na sequência, vetorizou-se a rede de drenagem obedecendo o sentido nascente à foz e posteriormente, as curvas de nível - sendo que neste último plano de informação, utilizou-se a opção *Atributtes* onde foi possível preencher os valores das cotas das curvas de nível.

A rede de drenagem - extraída da carta planialtimétrica do IBGE do ano de 1973 - foi atualizada com base na imagem de satélite Sentinel-2A de 2017. Neste caso, acrescentou-se alguns rios que não foi possível visualizar na carta planialtimétrica devido a escala ou a desatualização da mesma.

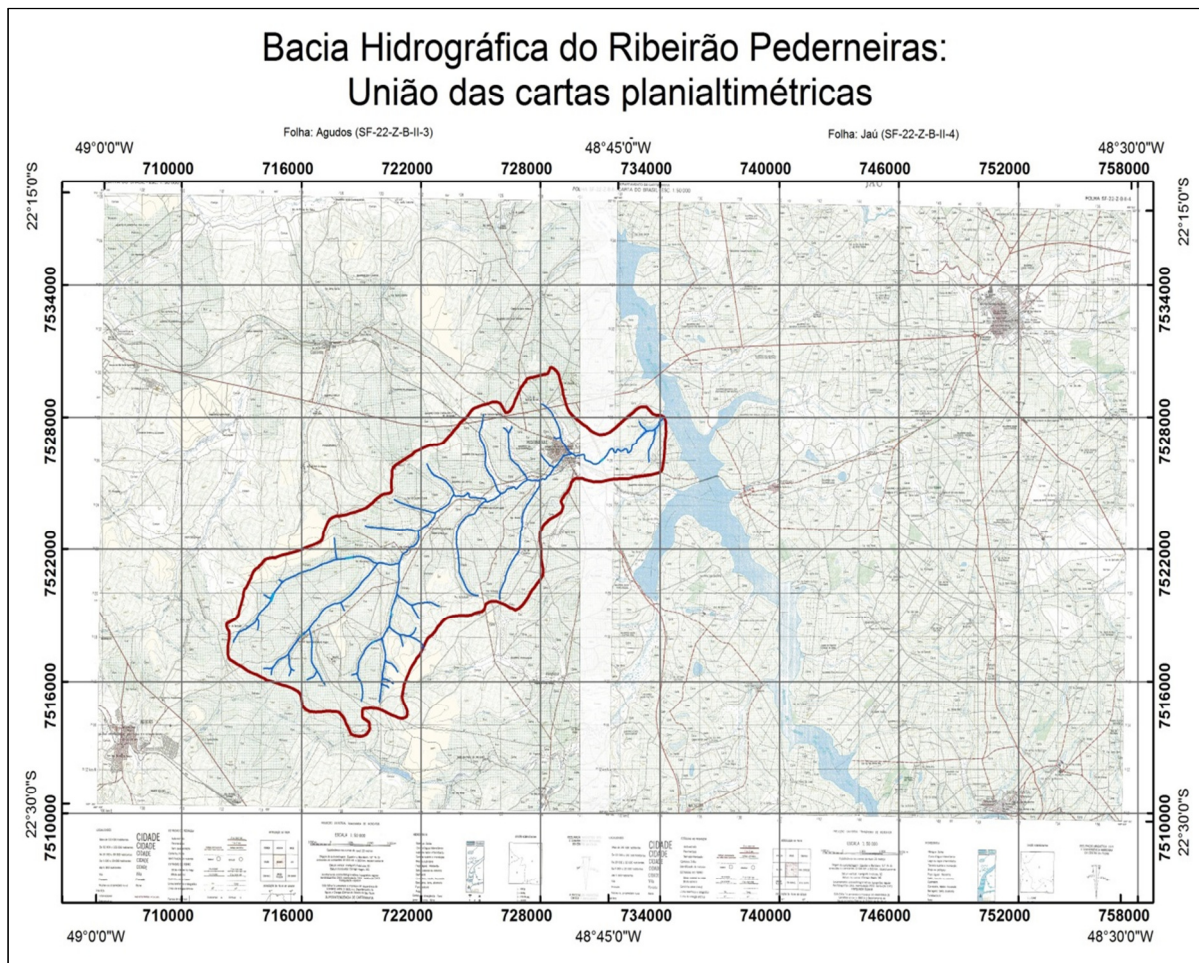
Na Figura 12, tem-se a união das cartas planialtimétricas - referente as folhas de Agudos e Jaú - bem como o limite da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras e suas drenagens.

A delimitação das estradas e ferrovia da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras foi realizada utilizando como base cartográfica as cartas planialtimétricas editadas pelo IBGE e também fez-se uso da imagem de satélite Sentinel-2A. Criou-se uma *Feature Class* denominada sistema viário e delimitou os elementos como linhas.

Posteriormente, foram delimitadas as microbacias da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras devido ao fato de que alguns parâmetros morfométricos são calculados individualmente e também, por apresentarem melhores resultados nas análises.

As cartas do IBGE que recobrem a área estudada estão referenciadas no *datum* geodésico Córrego Alegre. Desde 2015, o sistema geodésico de referência oficial para todo o território brasileiro é o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS 2000), portanto, fez-se necessário a transformação de *datum* de todos os mapas produzidos.

Figura 12 - União das cartas planialtimétricas e destaque para a área de estudo



3.2.3 Mapa geológico

As informações para o mapa geológico foram extraídas do banco de dados do CPRM (2004) no qual recortou-se em ambiente SIG os dados (em formato *shapefile*) referentes a área de estudo.

Utilizou-se também o mapa geológico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT) realizado em parceria com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré e do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) na escala 1:250.000, do ano de 2000 para verificação.

3.2.4 Climograma

Os dados climatológicos apresentados referem-se a estação meteorológica mais próxima da área de estudo.

Para isso, os dados de temperatura da Estação Meteorológica Automática IPMet (IPMet, 2016), localizada em Bauru/SP, (latitude 22° 21' S e longitude 49° 01' W Gr) e os dados de precipitação do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2016) com estação pluviométrica localizada no município de Pederneiras (latitude 22° 18' S e longitude 48° 53' W Gr), a mais próxima da bacia hidrográfica, foram utilizados.

3.2.5 Mapa geomorfológico

Por meio do banco de dados do mapa geomorfológico do estado de São Paulo, elaborado por Ross e Moroz (1997), na escala 1:500.000, fez-se o recorte da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

3.2.6 Geração do TIN e seus produtos

Para esta etapa foi criado o *Triangulated Irregular Network* (TIN) por meio da ferramenta *3D Analyst*. A ferramenta *Triangular Irregular Network* é uma estrutura de grade triangular do tipo vetorial, com topologia do tipo nó-arco que possibilita a representação de uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas (COELHO, 2007).

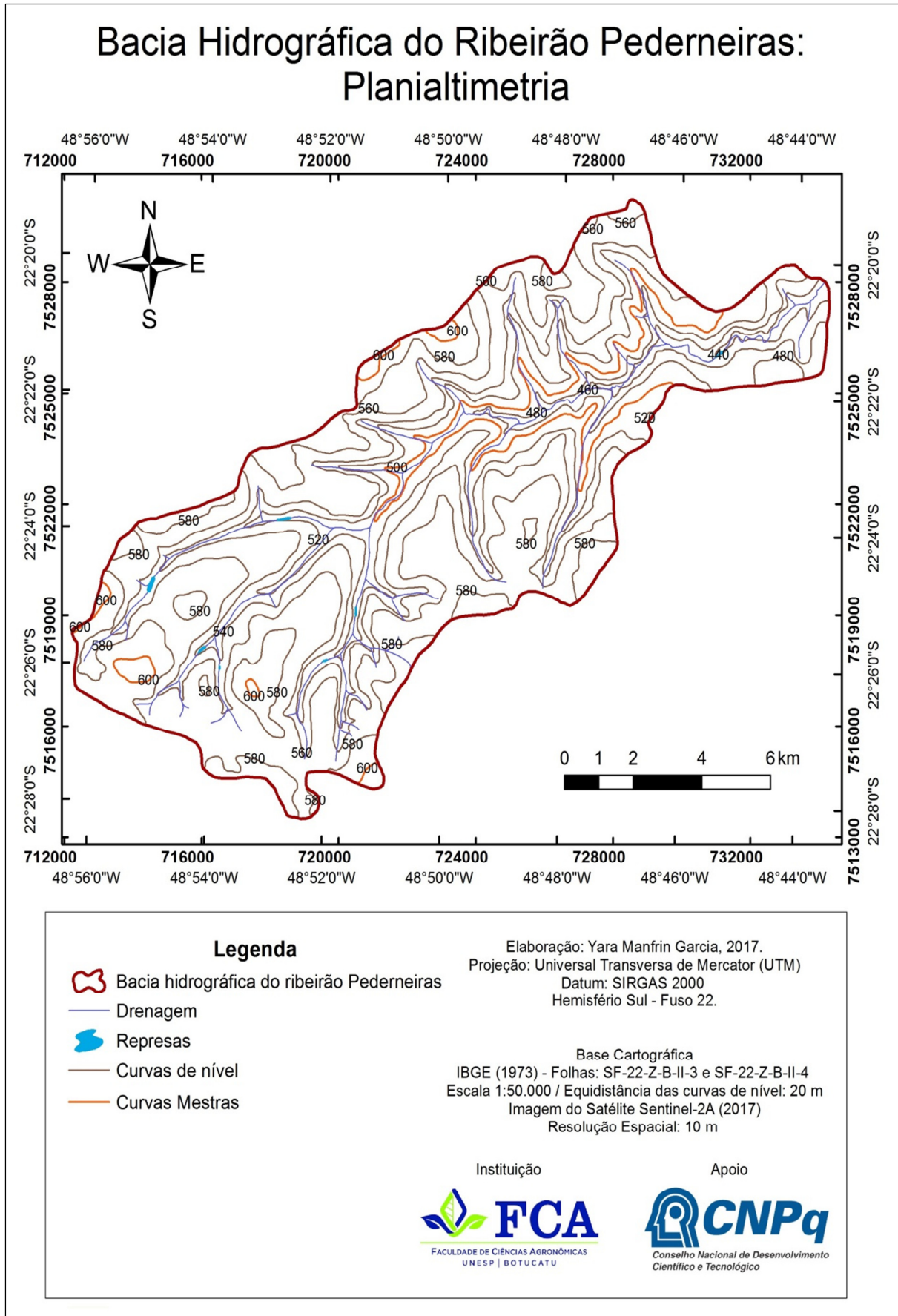
Para a geração do TIN utilizou-se os arquivos referente as curvas de nível e drenagem.

Na Figura 13 observa-se a planialtimetria da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, que juntamente com a rede de drenagem foram as informações e arquivos base para a geração dos mapas de hipsometria e de declividade.

Para a elaboração do mapa hipsométrico foram estabelecidas seis classes temáticas de altitude distribuídas no intervalo de 440 a 620 metros, com 30 metros cada classe.

O Modelo Digital do Terreno (MDT) foi armazenado em um arquivo TIN e a partir deste arquivo foi possível extrair os dados da hipsometria.

Figura 13 - Planialtimetria da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



O mapa de declividade é utilizado para representar a inclinação do terreno em relação ao plano e, pode ser representada em graus ou porcentagem - neste caso, optou-se pelos dados em porcentagem. Para a realização deste mapa, utilizou-se o arquivo TIN e a classificação de valores da declividade foi realizado de acordo com Embrapa (2013) que descreve o relevo em seis classes, como é verificado no Quadro 5.

Quadro 5 - Intervalo de valores para classificação do relevo

Classe de declividade (%)	Classe de relevo	Descrição
0 - 3	Plano	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
3 - 8	Suave Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m, respectivamente), com declives suaves.
8 - 20	Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados.
20 - 45	Forte Ondulado	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes.
45 - 75	Montanhoso	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes.
> 75	Escarpado	Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes.

Fonte: Embrapa (2013).

3.2.7 Mapa pedológico

O mapa pedológico foi obtido por meio da carta do levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo referente à quadrícula de Jaú (SF.22 - Z - B - II), na escala 1:100.000 de 1982.

Esta etapa consistiu-se no georreferenciamento da carta (conforme a metodologia descrita anteriormente para o georreferenciamento das cartas planialtimétricas), na sequência, criou-se uma *Feature Class* denominada solos e utilizando a geometria de polígonos teve início a delimitação dos tipos de solos da bacia hidrográfica em questão.

O mapa de solos do estado de São Paulo confeccionado em escala 1:500.000 pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (1999) foi utilizado apenas para conferir o tipo de solo corresponde a área urbana de Pederneiras e assim fez-se sua atualização no mapa final.

Para a finalização do mapa, a nomenclatura dos solos e a classe das cores foi atualizada conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos da EMBRAPA (2013).

3.2.8 Mapa aquíferos

O mapa dos aquíferos teve por base o banco de dados do CPRM (2004) no qual fez-se o *download* do arquivo (em formato *shapefile*). No SIG recortou-se os dados referentes a área de estudo.

Utilizou-se também o mapa em formato *pdf* da CETESB (2016) apenas para conferência das informações.

3.2.9 Mapa biomas

Para a realização desta etapa utilizou-se os dados do site DataGeo pertencente ao governo do estado de São Paulo. Fez-se o *download* do arquivo (em formato *shapefile*) referente aos biomas do estado de São Paulo.

Por fim, no SIG fez-se o recorte dos dados referente a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

3.2.10 Mapa de uso e ocupação da terra (1997)

O mapa de uso da terra de 1997 utilizado foi de Bortolozzi (1998) no qual foi feito com base em fotografias aéreas, imagem de satélite, trabalhos de campo e sobrevôos da área.

Esta etapa consistiu-se no georreferenciamento do mapa de 1997 que estava em formato *jpeg* e na sequência, criou-se uma *Feature Class* denominada usos da terra e utilizando a geometria de polígonos delimitou-se os elementos presente na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

3.2.11 Mapa de uso e ocupação da terra (2017)

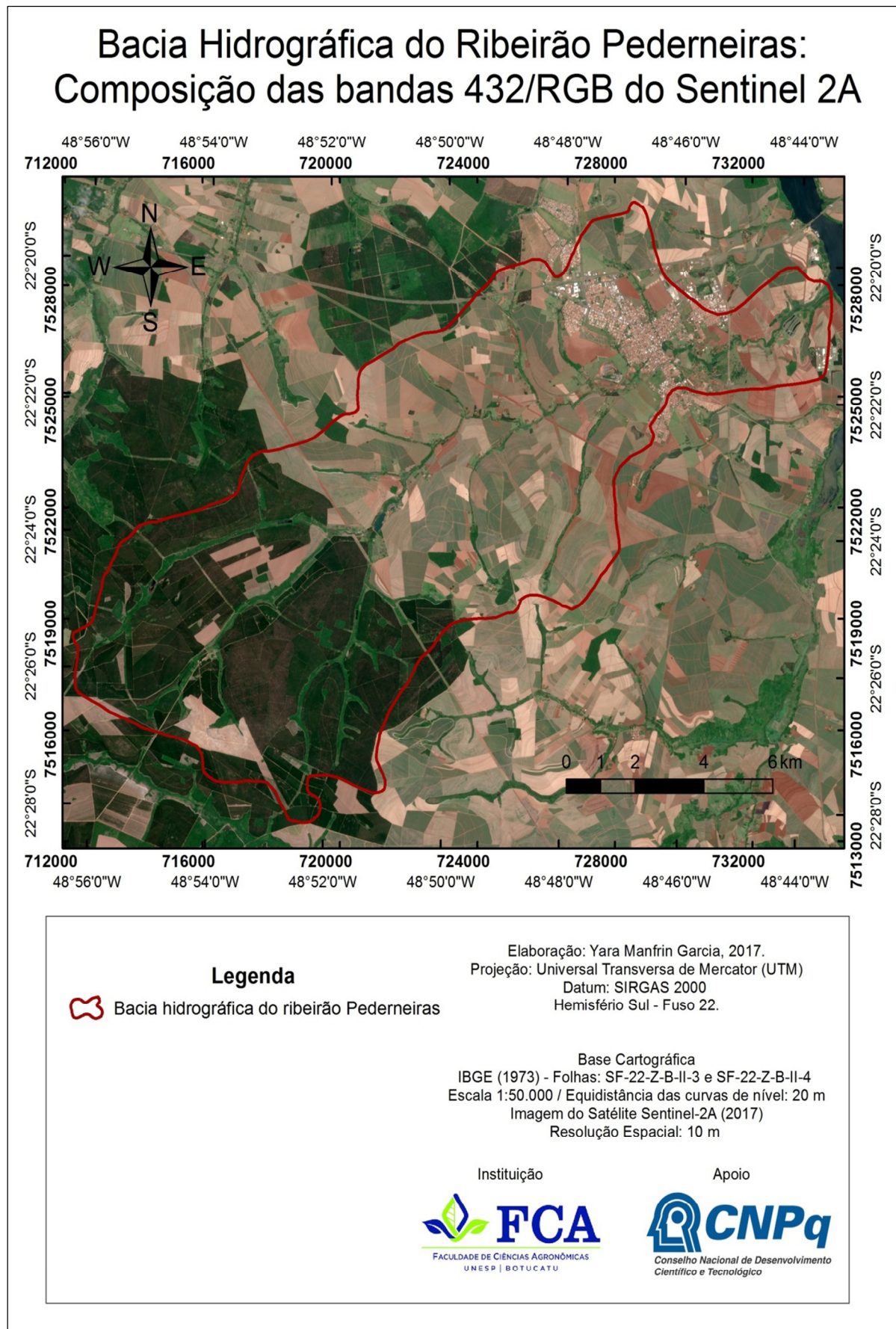
Para este processo, fez-se o *download* das bandas (georreferenciadas) 2, 3 e 4 do satélite Sentinel -2 e adicionou-se ao SIG ArcGis/ArcMap.

Na sequência, por meio da ferramenta *Composite Bands* realizou-se o processo de composição colorida em RGB (*Red, Green, Blue*) com as bandas 4, 3, 2 respectivamente.

De acordo com Figueiredo (2005), a composição é fundamental para uma boa identificação e discriminação dos alvos terrestres já que o olho humano é capaz de discriminar mais facilmente matizes de cores do que tons de cinza. A composição colorida trata-se de um dos artifícios de maior utilidade na interpretação das informações do sensoriamento remoto.

O resultado deste processo pode ser visualizado na Figura 14.

Figura 14 - Imagem do satélite Sentinel-2A



Na sequência, criou-se uma *Feature Class* denominada uso do solo e delimitou-se os elementos referente ao uso e ocupação. Este processo é conhecido como classificação em tela. A classificação é o processo de extração de informações em imagens para identificar objetos homogêneos.

As categorias de uso e ocupação em que as classes identificadas foram inseridas tiveram como base as definidas pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013). Porém, as alterações como a criação de classes mais específicas foram adotadas em função das características predominantes da área para poder realizar um melhor detalhamento dos elementos da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

As visitas técnicas foram importantes para o reconhecimento e a validação das diversas classes de uso e ocupação da terra identificadas na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

O aplicativo Google Earth® 2016 foi também uma ferramenta de apoio para esse mapeamento.

3.2.12 Mapa da simulação das Áreas de Preservação Permanente

Antes de gerar os *buffers* das Áreas de Preservação Permanente extraiu-se as nascentes dos cursos d'água criando e nomeando uma *Feature Class* com o mesmo nome.

Na sequência criou-se o *shape* das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Para esta etapa foi utilizada a ferramenta de análise de proximidade *buffer*.

Assim, gerou-se o *buffer* das nascentes na qual corresponde a 50 metros de raio, o *buffer* da rede de drenagem correspondente a 30 metros para cada margem do rio a partir do leito regular fundamentado pela Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 - visto que a largura dos cursos d'água não ultrapassaram 10 metros - e por fim, fez-se a união dos dois *buffers* através da ferramenta *Merge*.

3.2.13 Mapa de uso e ocupação da terra e conflito em APPs

O mapa foi produzido a partir da sobreposição entre o mapa de uso e ocupação da terra de 2017 e o mapa das Áreas de Preservação Permanente por meio da ferramenta *Overlay*.

3.2.14 Mapa do Cadastro Ambiental Rural e das áreas consolidadas

As informações quanto ao Cadastro Ambiental Rural dos municípios de Agudos e Pederneiras foram extraídas, em *shapefile*, do banco de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental (SiCAR) disponibilizado pelo governo federal.

No SIG fez-se o recorte dos dados referente a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras e entre os disponibilizados, optou-se pelas informações dos cadastros dos imóveis rurais e das áreas consolidadas.

3.2.15 Mapa das áreas prioritárias para restauração florestal

O mapa das áreas prioritárias para restauração florestal foi compilado do “Plano Diretor de Restauração Florestal visando a produção de água e a preservação da biodiversidade da UGRHI - Tietê-Jacaré” na escala 1:10.000 (INSTITUTO PRÓ TERRA, 2010). Para isso, realizou-se o georreferenciamento do mapa digital e, posteriormente, a área da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras foi recortada e os elementos vetorizados para ficarem padronizados na edição final dos mapas.

3.2.16 Mapa de hierarquia fluvial

O mapa apresenta a hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras que foi elaborada com base na rede de drenagem extraída das cartas topográficas do IBGE e atualizada por meio da imagem de satélite Sentinel-2A.

A classificação utilizada foi de Strahler (1952) na qual um curso de água de primeira ordem é um tributário sem ramificações; um curso de água de 2ª ordem é um tributário formado por dois ou mais cursos de água de 1ª ordem e assim sucessivamente. Para a classificação atribuiu-se cores para cada ordem dos rios.

3.2.17 Análise morfométrica

As características físicas de uma sub-bacia são o que a diferencia ou aproxima de outras, e dessa forma possibilita a definição de padrões de comportamentos de drenagem, que poderão ser utilizados para a gestão de sua área (ROCHA, 1997).

Desta forma e para uma melhor estruturação do presente trabalho, as características que foram avaliadas estão classificadas em: características dimensionais e características quanto à forma, relevo e drenagem da bacia hidrográfica.

Para realização da análise morfométrica compreendendo a área e o perímetro da bacia, o comprimento dos rios e das curvas de nível foi utilizado o SIG ArcGIS. A partir dessas informações foram realizados cálculos para obtenção dos demais parâmetros analisados.

3.2.17.1 Parâmetros morfométricos relacionados à dimensão da bacia hidrográfica

As variáveis e parâmetros morfométricos relacionados à dimensão da bacia hidrográfica estão expostos no Quadro 6, e foram calculados à partir do modo automático do ArcGis na função *Calculate Geometry*.

Quadro 6 - **Características dimensionais**

Parâmetro	Unidade	Descrição
Área (A)	km ² ou ha	Corresponde a superfície total da bacia hidrográfica.
Perímetro (P)	km ou m	Corresponde a linha do divisor topográfico, que circunda e delimita a área da bacia.
Maior comprimento	km ou m	Representa a linha que une a foz até o ponto extremo da bacia, sobre a linha do divisor topográfico, seguindo o vale principal.
Maior largura	km ou m	Corta transversalmente o vale principal.
Comprimento do rio principal	km ou m	Comprimento do rio principal, desde sua nascente até a foz.
Comprimento da rede de drenagem	km ou m	Comprimento total de todos os rios da bacia hidrográfica
Comprimento das cotas	km ou m	Corresponde ao comprimento total de todas as curvas de nível da bacia hidrográfica.

Organização: Yara M. Garcia (2017).

3.2.17.2 Parâmetros morfométricos relacionados à forma, relevo e drenagem da bacia hidrográfica

3.2.17.2.1 Fator de forma

O fator de forma corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia.

O comprimento axial da bacia hidrográfica, L, é igual ao comprimento do curso d'água principal mais a distância da sua nascente ao divisor topográfico.

O Kf é determinado pela Equação 1:

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Onde Kf é o índice de forma (adimensional), A é a área da microbacia (ha ou km²) e L é o comprimento axial da bacia (metros ou km).

3.2.17.2.2 Índice de circularidade

O índice de circularidade correlaciona a razão entre a área da microbacia pelo perímetro ao quadrado.

Segundo Miller (1953) apud Christofolletti (1969) é calculado por meio da Equação 2.

$$Ic = \frac{12,57 \cdot A}{P^2} \quad (2)$$

Onde Ic é o índice de circularidade (adimensional), A é a área da bacia (km²) e P é o perímetro (km).

Este índice tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a bacia tende a forma alongada.

No Quadro 7 apresenta-se os valores para interpretação dos resultados de fator de forma (Ff) e índice de circularidade (Ic).

Quadro 7 - Intervalo de valores para interpretação

Kf	Ic	Formato	Interpretação ambiental
1,00 a 0,75	1,00 a 0,80	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,75 a 0,50	0,80 a 0,60	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
0,50 a 0,30	0,60 a 0,40	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
<0,30	<0,40	Comprida	Tendência à conservação

Fonte: Adaptado de Villela e Mattos (1975).

3.2.17.2.3 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem é o indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008).

A densidade de drenagem foi calculada pela razão entre o comprimento de drenagem com a área da microbacia, Equação 3, por França (1968).

$$Dd = \frac{Cr}{A} \quad (3)$$

Onde Dd é a densidade de drenagem (km/km²), Cr é o comprimento total da rede de drenagem (km) e A é a área das bacias hidrográficas (km²).

França (1968) classificou a densidade de drenagem da seguinte forma, conforme o Quadro 8.

Quadro 8 - Intervalo de valores para densidade de drenagem

Densidade de drenagem (Dd) em km/km²	Classificação	Interpretação ambiental da bacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,5 a 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial
2,5 - 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas
> 3,0	Super alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão

Fonte: França (1968).

3.2.17.2.4 Densidade hidrográfica ou frequência de rios

Densidade hidrográfica (Dh), proposto por Horton (1945), relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia.

Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1969), pode ser calculado pela Equação 4.

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Onde Dh é a densidade hidrográfica, N é o número total de rios ou cursos de água de primeira ordem e A é a área da bacia hidrográfica (km²).

Christofoletti (1969) sugere a utilização de N como o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1952), com o argumento de que isso conduz a resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia já que todo rio surge em uma nascente.

No Quadro 9 apresenta-se os valores para interpretação dos resultados da densidade hidrográfica.

Quadro 9 - Classificação da densidade hidrográfica de bacias

Dh (*N1/km²)	Classificação
< 3	Baixa
3 - 7	Média
7 - 15	Alta
> 15	Muito alta

*N1 = Comprimento dos rios de primeira ordem conforme Strahler (1952).

Fonte: Lollo (1995) apud Santos et al. (2012).

3.2.17.2.5 Extensão do percurso superficial

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada (Eps), representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente e é determinada pela Equação 5, segundo Horton (1945).

$$Eps = \frac{1}{2 \cdot Dd} \quad (5)$$

Onde Eps é a extensão de percurso superficial (m) e Dd é a densidade de drenagem (km/km²).

3.2.17.2.6 Coeficiente de manutenção dos canais

O coeficiente de manutenção dos canais (Cm) consiste no inverso da densidade de drenagem (Dd), expresso pela Equação 6, proposta por Schumm (1956).

$$Cm = \left(\frac{1}{Dd} \right) \cdot 1000 \quad (6)$$

Onde C_m é o coeficiente de manutenção (km/km^2) e D_d é a densidade de drenagem (km/km^2).

3.2.17.2.7 Gradiente de canais

O gradiente de canais (G_c) consiste na razão entre a maior altitude pelo comprimento do canal principal, Equação 7, conforme Horton (1945) e Strahler (1952).

$$G_c = \frac{H_{\text{máx}}}{L} \quad (7)$$

Onde G_c é o gradiente de canais (%), $H_{\text{máx}}$ é a altitude máxima (km) e L é o comprimento do canal principal (km).

3.2.17.2.8 Declividade média

A declividade média ($D\%$) de uma microbacia é a relação entre a somatória do comprimento das curvas de nível (C_n) multiplicada pela equidistância entre as cotas (ΔH) e dividida pela área (A) da microbacia, Equação 8, proposta por Horton (1945).

$$H = 100 \cdot \frac{D \cdot L}{A} \quad (8)$$

Onde H é a declividade média da bacia em %, D é a equidistância vertical das curvas de nível em km, L é o comprimento total das curvas de nível da bacia em km e A é a área total da bacia em km^2 .

3.2.17.2.9 Amplitude altimétrica

Amplitude altimétrica é a diferença entre a maior altitude e a menor altitude da microbacia (STRAHLER, 1952) e pode ser calculada pela Equação 9.

$$H = H_{\text{max}} - H_{\text{min}} \quad (9)$$

Onde H é a amplitude altimétrica, Hmax é a maior altitude e Hmin é a menor altitude.

3.2.17.2.10 Altitude média

Altitude média da microbacia obtida por meio da média aritmética entre os valores de maior altitude observada na cabeceira e a menor altitude na foz ou desembocadura e foi calculada pela Equação 10.

$$H_m = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (10)$$

Onde Hm é a altitude média, Hmax é a maior altitude e Hmin é a menor altitude.

3.2.17.2.11 Coeficiente de rugosidade

O coeficiente de rugosidade (Rn) é determinado pelo produto entre a densidade de drenagem (Dd) e a declividade média (D%) e foi calculado pela Equação 11, proposto por Rocha (1997).

$$RN = Dd \cdot H \quad (11)$$

Onde RN é o coeficiente de rugosidade (adimensional), Dd é a densidade de drenagem (km/km²), H é a declividade média (%).

De acordo com Rocha e Kurtz (2001), o coeficiente de rugosidade é um parâmetro que direciona as terras rurais para um uso potencial e assim, pode-se dividir a bacia em quatro classes de uso da terra:

- A - Solos com aptidão para agricultura (menor valor de RN);
- B - Solos com aptidão para pastagem;
- C - Solos com aptidão para pastagem/florestamento;
- D - Solos com aptidão para florestamento (maior valor de RN).

As classes “A”, “B”, “C” e “D”, para caracterização do uso potencial da terra de cada microbacia, foram obtidas através do cálculo da amplitude, que é a diferença entre o maior e o menor valor de RN encontrado para as microbacias, e o intervalo de domínio, que é a relação entre a amplitude dividida por quatro (NARDINI, 2013).

Para definição dos intervalos de domínios (largura dos intervalos das classes de RN's), inicia-se com a classe inferior, a fim de incluir o menor valor de RN, após isso, acrescentou-se o valor do intervalo de classe, definindo-se deste modo o limite superior do intervalo.

3.2.17.2.12 Razão de relevo

A razão de relevo (Rr) foi obtida através da relação entre a amplitude altimétrica (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas e, calculada conforme a Equação 4, proposto por Schumm (1956).

O índice mede a declividade geral da bacia de drenagem sendo um indicador da intensidade de erosão (STRAHLER, 1974) e é definido pela Equação 12.

$$Rr = \frac{H}{C} \quad (12)$$

Onde Rr é a razão do relevo (km/km), H é a amplitude altimétrica (m) e C é o maior comprimento (km).

No Quadro 10, tem-se os valores para quantificar a razão de relevo.

Quadro 10 - Intervalo de valores para classificação da razão do relevo

Intervalo	Razão do Relevo
0,0 a 0,10	Baixa
0,11 a 0,30	Média
0,31 a 0,60	Alta

Fonte: Piedade (1980) apud Pollo et al. (2012).

3.2.17.2.13 Razão de textura

A razão de textura (T), segundo Smith (1950) apud Tagliarini et al. (2015), é a razão entre o número de canais de primeira ordem (Nw1) com o perímetro do divisor topográfico (P), obtida pela Equação 13.

$$T = \frac{Nt}{P} \quad (13)$$

Onde T é a razão de textura, Nt é o número de segmentos de rios (km²) e P é o perímetro da bacia.

Segundo França (1968), a razão de textura pode ser classificada em grosseira, média e fina, conforme Quadro 11.

Quadro 11 - Intervalo de valores para classificação de razão de textura

Valores	Classificação
Menor que 2,5	Grosseira
2,5 e 6,2	Média
Acima de 6,2	Fina

Fonte: França (1968).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Os municípios de Agudos e Pederneiras

Os municípios de Agudos e Pederneiras - que integram a região administrativa de Bauru - tiveram seu desenvolvimento relacionado ao cultivo de café e a expansão da ferrovia para escoamento dessa produção.

Segundo IBGE Cidades (2016), em 2015, a população estimada do município de Pederneiras era de 45.314 habitantes com área da unidade territorial de 728.735 km² e a de Agudos era de 36.704 habitantes com área da unidade territorial de 966.708 km².

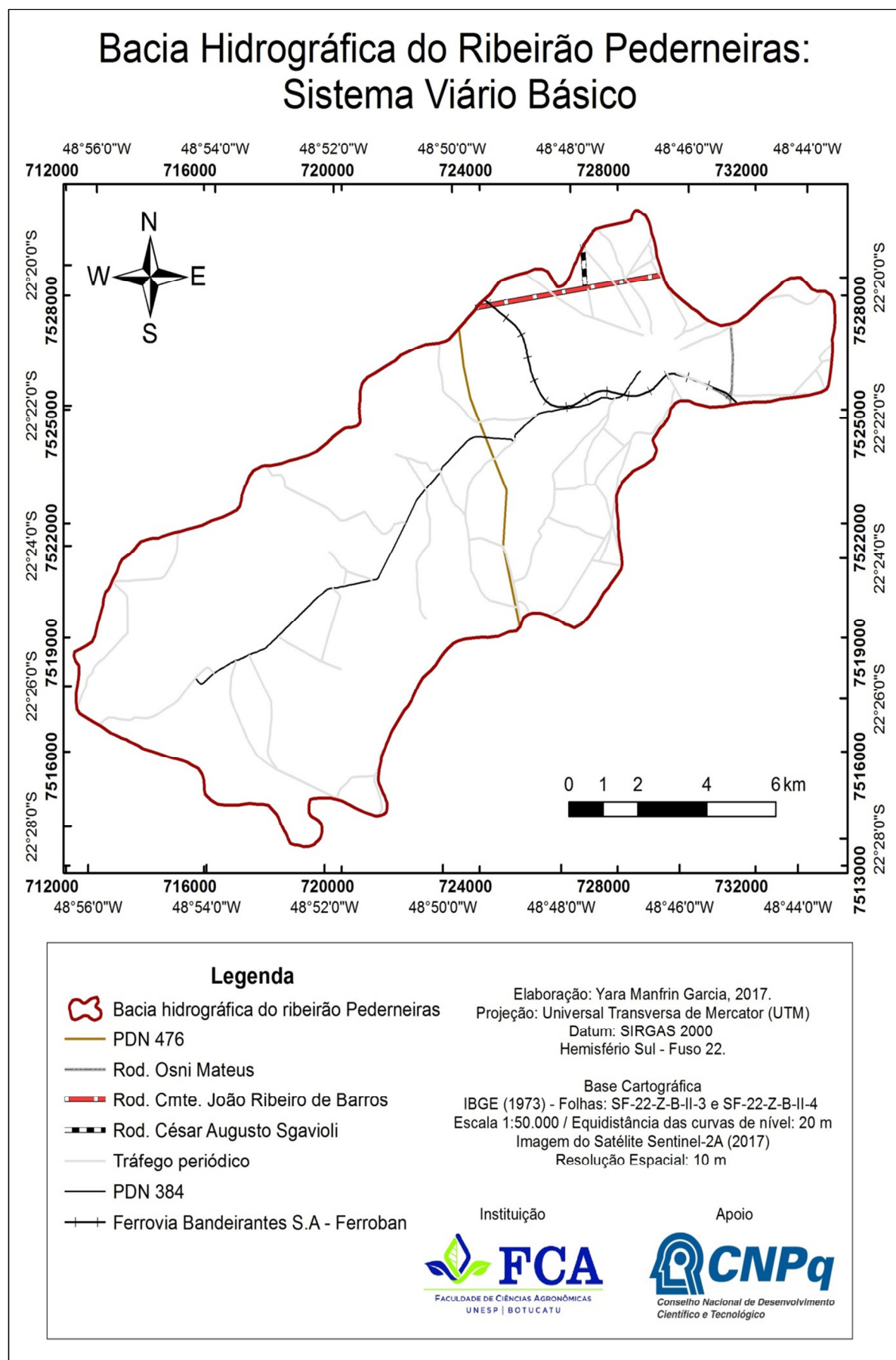
A infra-estrutura viária, Figura 15, existente viabiliza a ligação regional com vários municípios facilitando o desenvolvimento da região.

Em Pederneiras, os principais acessos são feito pela rodovia João Ribeiro de Barros, rodovia César Augusto Sgavioli, Osni Mateus e vicinais. Em Agudos, destaca-se a rodovia Marechal Rondon, porém, esta não corta a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

A economia de Pederneiras gira em torno de estabelecimentos industriais, distribuídos entre os ramos de mecânica, química, minerais não metálicos, beneficiamento de produtos agrícolas, artefatos de madeira, confecções e outros. Na agricultura tem o predomínio da cultura de cana-de-açúcar, seguida das culturas de café e citros e a pecuária com gado de corte e leite.

Em Agudos, a economia vem de micro e pequenas empresas existentes na cidade. Duas grandes empresas são as maiores empregadoras, a AMBEV que atua no ramo de cervejas, e a Duratex uma das maiores indústrias madeireiras do país. Na agricultura, o município se destaca no cultivo de cana-de-açúcar, milho e mandioca.

Figura 15 - Sistema viário da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



4.2 Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

4.2.1 Geologia

Conforme Santos (2004), a geologia é contemplada nos estudos ambientais por apresentar as informações mais antigas sobre a formação, evolução e estabilidade terrestre, além de auxiliar na construção de cenários passados e atuais.

A bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras geologicamente faz parte da unidade geotectônica denominada Bacia do Paraná que, segundo Almeida e Melo (1981), refere-se a uma vasta superfície formada num grande geossinclinal pela deposição de sedimentos e derrames de lavas basálticas.

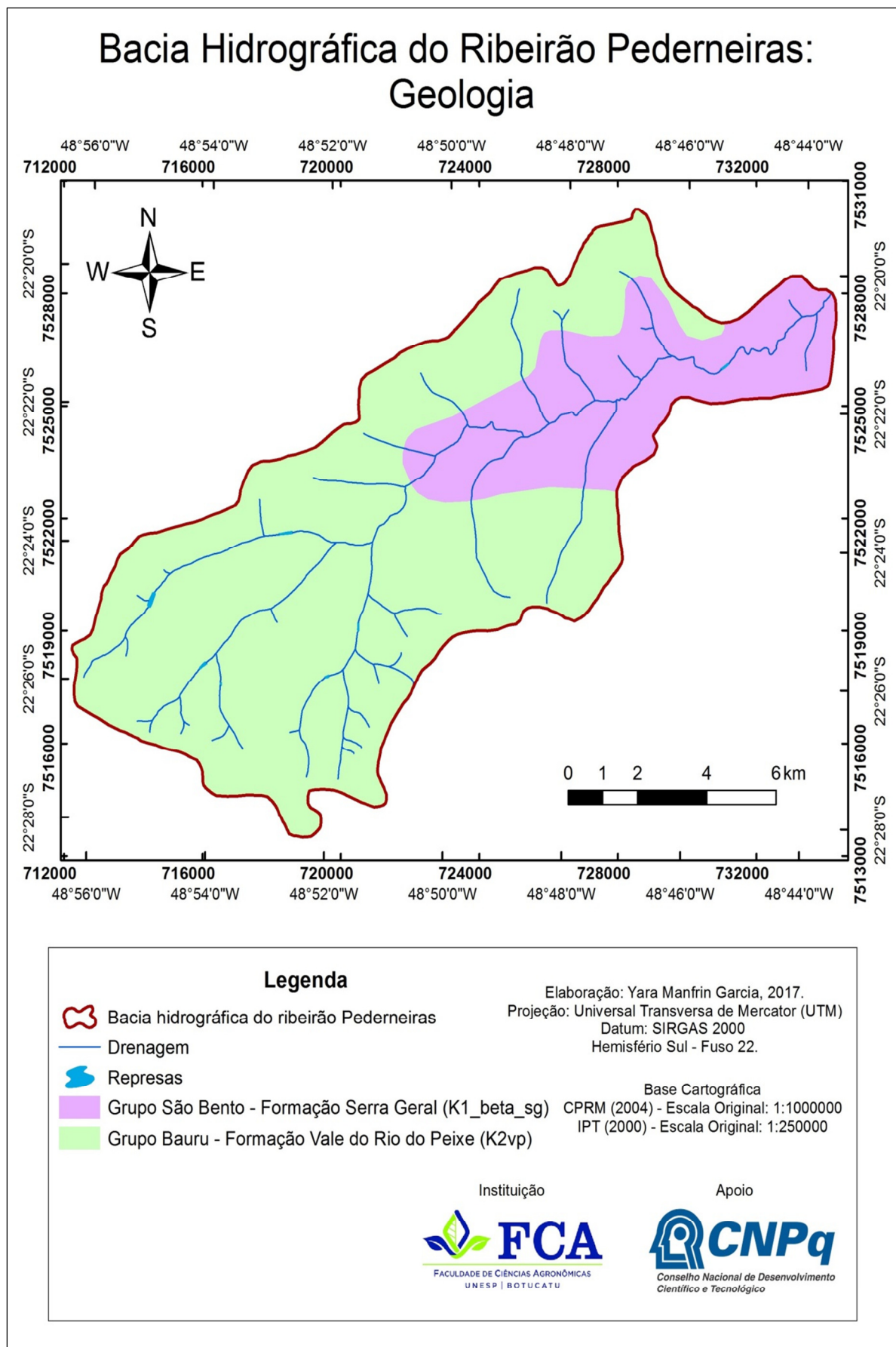
As unidades geológicas que afloram na área, Figura 16, correspondem as rochas ígneas basálticas do Grupo São Bento e as rochas sedimentares do Grupo Bauru, que é constituído por diversas formações predominantemente areníticas (CPRM, 2004).

O Grupo São Bento, de idade Mesozóica (período Jurássico), é composto pelas formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral e as unidades de rochas sedimentares que ocorrem como cobertura das lavas basálticas. Na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, com 3687,04 ha, tem-se a Formação Serra Geral com rochas eruptivas (ou ígneas) que constituem um conjunto de derrames de basaltos toleíticos de espessura individual bastante variável (CPTI, 2008).

O Grupo Bauru é de idade Mesozóica (período do Cretáceo) e é composto pelas formações Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, Uberaba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília (CBH - TJ, 2014).

Na área de estudo, com 11231,24 ha, tem-se a Formação Vale do Rio do Peixe que corresponde, nessa localidade, aos sedimentos da Formação Adamantina (ALMEIDA; MELO, 1981). A litologia desta área corresponde aos arenitos e argilito arenoso (CPRM, 2004). A Formação Vale do Rio do Peixe assenta-se diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral.

Figura 16 - Mapa geológico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

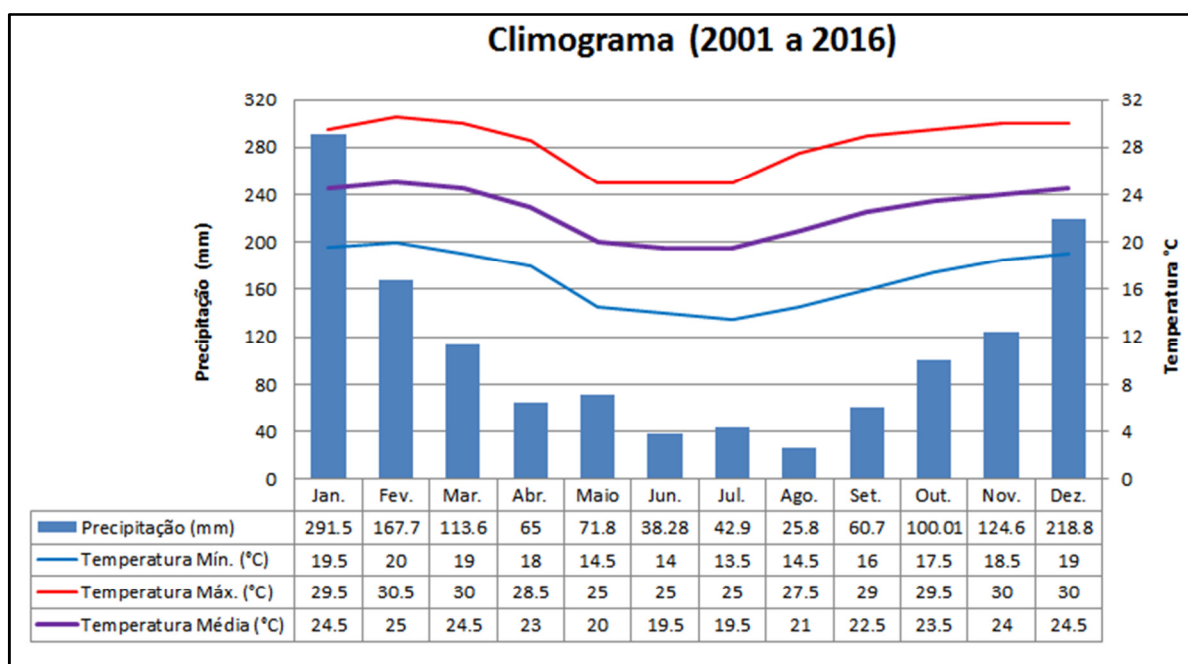


4.2.2 Clima

Para Dibieso (2013), a compreensão do clima é importante para o planejamento do uso da terra visto que é possível analisar os meses mais propícios para a intervenção do meio natural como exemplo, meses mais secos para movimentação de terras e meses mais chuvosos para realização de reflorestamentos.

Na Figura 17, apresenta-se o climograma no qual compreende as médias pluviométrica e de temperatura no período compreendido entre 2001 a 2016, de uma estação pluviométrica localizada próxima a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

Figura 17 - Climograma referente a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



Fonte: DAEE (2016) - Elaboração: Yara Manfrin Garcia (2017).

Com os dados climáticos dos últimos 15 anos foi possível identificar um padrão das chuvas e temperaturas predominantes. Conforme a Figura 17, a estação chuvosa ocorre no trimestre de verão, meses de dezembro a fevereiro, geralmente com máximas de precipitação no mês de janeiro. O período de seca, com precipitações médias de 24,3 a 45,2mm, ocorre nos meses de junho a agosto.

Em relação à temperatura a distribuição sazonal demonstra a ocorrência de duas estações bem definidas. Uma mais quente de outubro a março, em que as

médias mensais oscilam entre 23,5°C e 25°C, e outra mais amena de abril a setembro, quando as temperaturas variam entre 19,5°C e 23°C, atingindo a temperatura mais fria (19,5°C) nos meses de junho e julho.

Os meses com menor quantidade de precipitação são de abril a setembro (outono e inverno) e esses, também apresentam as menores temperaturas. Entre outubro a março (primavera e verão) tem-se o oposto da precipitação e temperatura.

A distribuição do índice de pluviosidade ao longo do ano é importante já que assim apresenta um poder erosivo muito menor do que uma precipitação mais intensa em um determinado período do ano.

Fato este que aconteceu em 12 de janeiro de 2016 que de acordo com os dados da Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada (CATI) de Pederneiras, das 19h às 23h59, choveu o equivalente a 178mm. Segundo dados do IPMet Bauru, esta quantidade era a média esperada para todo o mês de janeiro, ou seja, em 5 horas choveu o que era para ter chovido em 30 dias. Conforme divulgado pela CATI, do dia 9 até o dia 12 de janeiro de 2016 foram 300 mm de chuva acumulada (PEDERNEIRAS, 2016).

4.2.3 Geomorfologia

Para Ross e Moroz (1997), os processos tectônicos e climáticos são os responsáveis pela gênese das unidades morfoesculturais e por isso, consideram também as unidades morfoestruturais, que na área corresponde a Bacia Sedimentar do Paraná.

Assim, a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras está localizada na Bacia Sedimentar do Paraná (morfoestrutura) e no Planalto Ocidental Paulista (morfoescultura), mais precisamente no Planalto Centro Ocidental.

O relevo do Planalto Centro Ocidental tem na área, predomínio de colinas amplas e baixas. Neste sistema de relevo predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados, e vertentes com perfis retilíneos a convexos. Geralmente a drenagem é de baixa densidade e apresenta padrão subdendrítico. Os vales são abertos com presença de planícies aluviais interiores restritas (CPTI, 2008).

4.2.4 Hipsometria

O mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras revela as faixas de elevação da área. A altitude varia de 440m a 620m, sendo a parte mais alta da bacia hidrográfica onde localizam-se as nascentes e a parte de menor altitude refere-se ao médio curso do ribeirão Pederneiras até sua foz.

Desta forma, pode-se afirmar que as informações referente a altimetria indicam uma bacia sem grandes variações altimétricas e que os pontos de maior altitude se encontram justamente no alinhamento dos divisores de água e que delimitam a área da bacia hidrográfica.

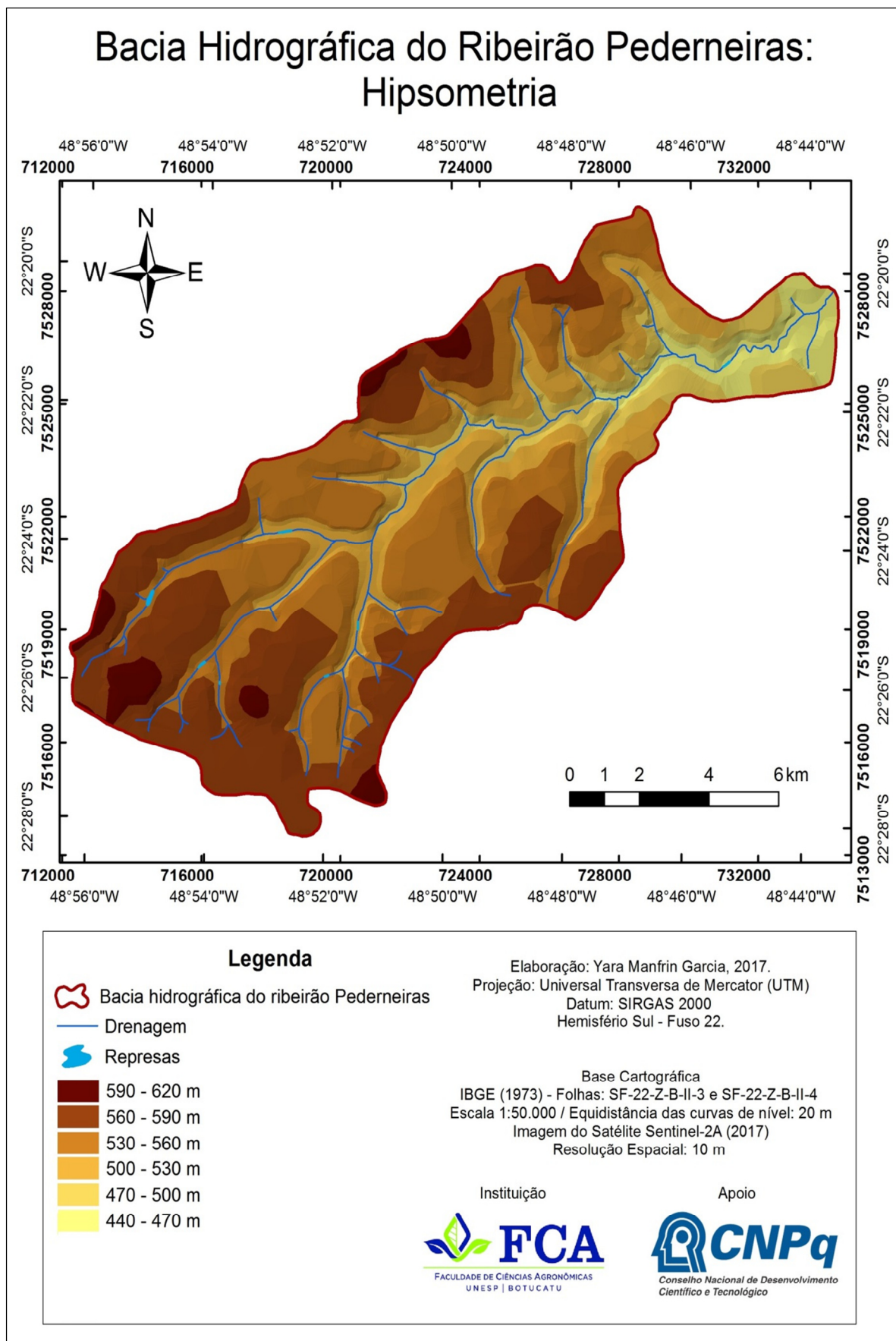
Na Tabela 1 e Figura 18 visualiza-se as classes de altitude e o quanto representam na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

Com base na tabela, a classe de altitude correspondente a 530 - 560m predomina na área de estudo, representando 34,34%. Na sequência, a classe de 560 - 590m que representa 32,70% da área total de estudo.

Tabela 1 - Caracterização das classes de altitude da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

Classe de Altitude (m)	Área	
	ha	%
440 - 470	829,88	5,56
470 - 500	1747,19	11,71
500 - 530	1811,55	12,14
530 - 560	5122,73	34,34
560 - 590	4878,09	32,70
590 - 620	528,84	3,55
Total	14918,28	100

Figura 18 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



4.2.5 Declividade

O mapa de declividade foi obtido em função da equidistância vertical e do espaçamento horizontal entre as curvas de nível. As faixas de declividades encontradas na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras estão distribuídas conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização das classes de declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

Classe de Declividade	Característica do Terreno	Área	
		ha	%
0 - 3%	Plano	6207,92	41,61
3 - 8%	Suave ondulado	7034,25	47,15
8 - 20%	Ondulado	1676,11	11,24
Total	-	14918,28	100

Conforme a tabela anterior, a classe de declividade predominante na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras refere-se ao relevo suave ondulado que corresponde 7034,25 ha (47,15%) da área total e depois, a de relevo plano, com 6207,92 ha (41,61%).

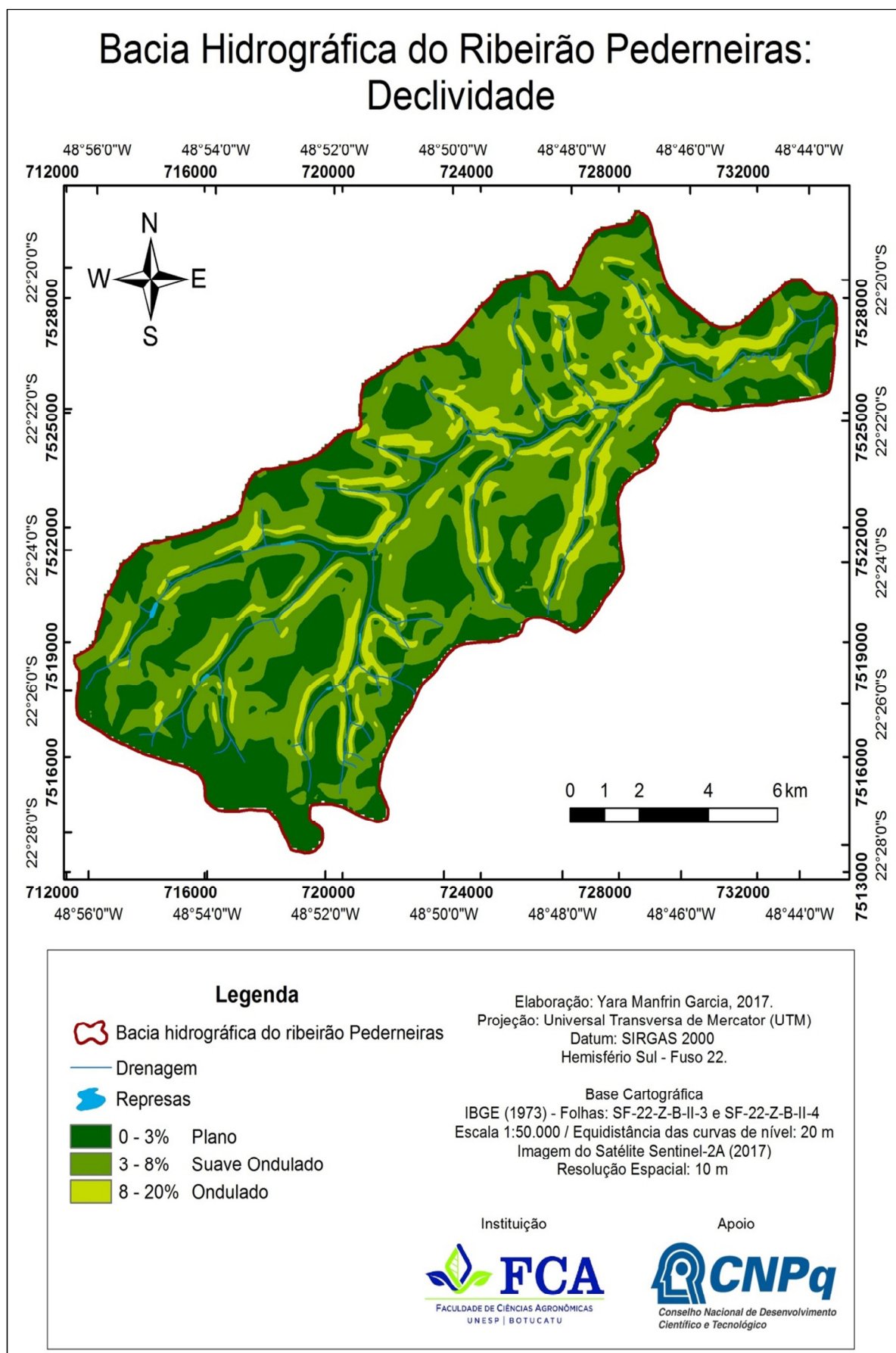
Na Figura 19 visualiza-se a declividade da área e percebe-se que o relevo ondulado com 1676,11 ha (11,24%) esta presente ao entorno da rede de drenagem.

Por meio dessas classes de declividade, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras é uma área propícia para a agricultura.

A declividade é um fator preponderante na questão de mecanização de áreas agrícolas, portanto há influência da mesma na determinação do uso de máquinas agrícolas para o desenvolvimento das culturas sendo que a declividade máxima deve estar em torno de 12%, pois acima deste limite torna-se inviável o processo da mecanização (AGROBYTE, 2009).

Para Silva (2016), o fator mecanização é de suma importância para a produção agrícola atual, pois as colheitadeiras disponíveis no mercado são adaptadas para declividade de até 12% e nas últimas décadas, a mecanização da cana-de-açúcar é aplicada à colheita e ao plantio.

Figura 19 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



Em São Paulo, o Decreto Estadual nº 47.700, de 11 de março de 2003 regulamentou a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar. A legislação determinou duas classes na grade de declividade que são as áreas mecanizáveis e áreas não mecanizáveis.

As áreas mecanizáveis possuem declividade igual ou inferior a 12%, em solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana. As não mecanizáveis apresentam declividade superior a 12%, em demais áreas com estrutura de solo que inviabilizem a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana (SÃO PAULO, 2003).

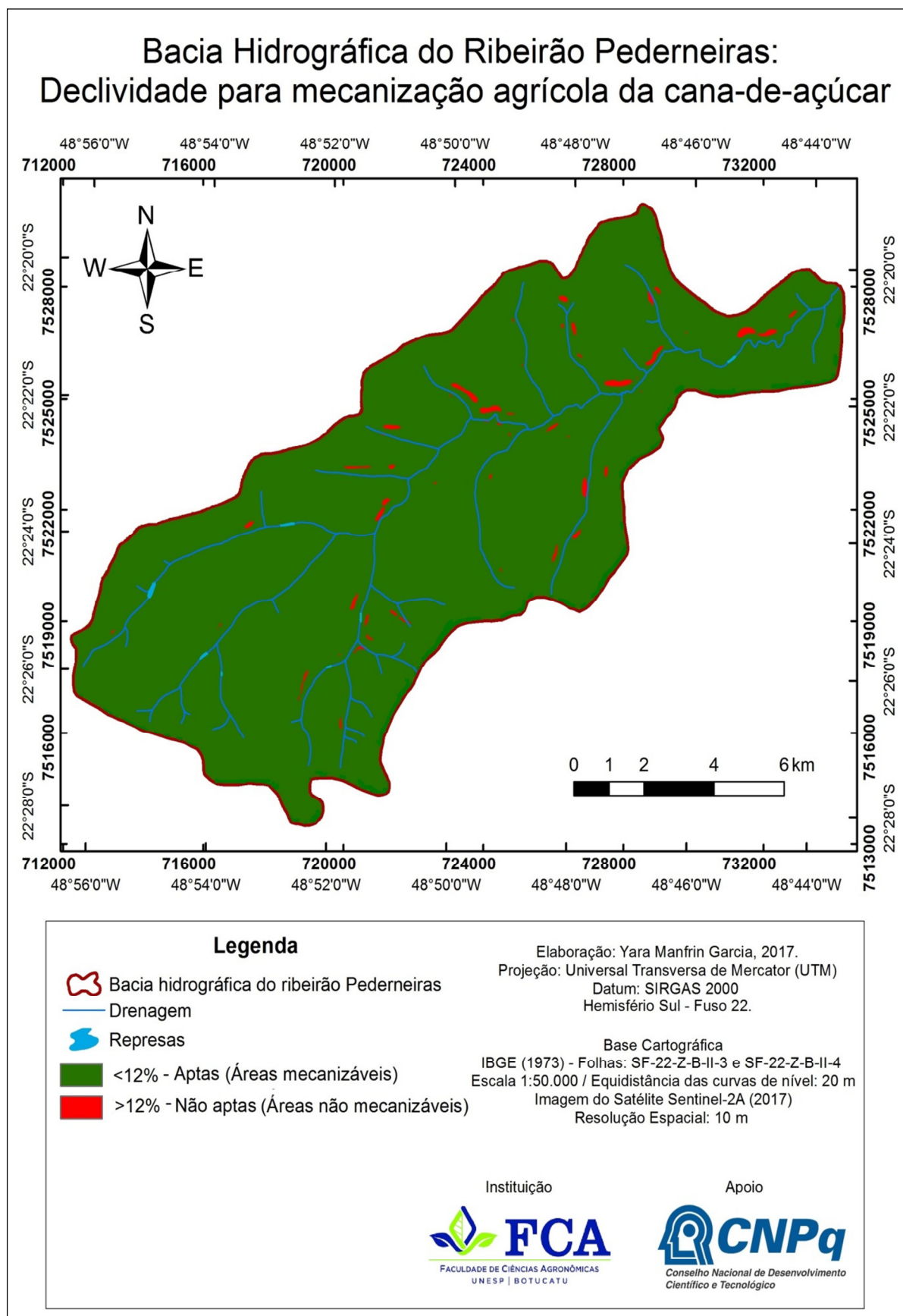
A mecanização do sistema de produção agrícola cresceu consideravelmente no país devido a algumas regulamentações, a exemplo do artigo 40 da Lei Florestal determinando a instituição de uma política nacional para a colheita por meio da queima; a antecipação da proibição dessa prática pelo estado de São Paulo, com planos diferenciados para áreas mecanizáveis de forma gradual, a Norma Regulamentadora NR-31 que estabelece critérios mais rigorosos em relação a mão-de-obra e a redução de custo no setor sucroalcooleiro (SILVA, 2016).

Para Milan (2004), a adequação aos sistemas mecanizados busca além da produtividade e do baixo custo, qualidade nas operações agrícolas, segurança e saúde dos funcionários, preservação do ambiente e alinhamento estratégico sendo que esta descrição relaciona-se ao desenvolvimento sustentável no qual abrange o ambiental, econômico e social.

Outra legislação importante é o Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009, que aprovou o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e tem como objetivo fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas visando a expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro. Para o desenvolvimento deste zoneamento, foram excluídas as terras com declividade superior a 12%, observando-se a premissa da colheita mecânica e sem queima para as áreas de expansão. Isso reforça ainda mais a importância dessas classes de declividade para a mecanização.

Com isso, mapear a declividade dessas áreas é de fundamental importância para dinamizar os processos referentes à mecanização agrícola. Assim, conclui-se que a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras enquadra-se em áreas aptas à mecanização com pequenas restrições, Figura 20.

Figura 20 - Mapa de declividade para mecanização agrícola na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



Com base na figura anterior, nessas áreas aptas a mecanização tem-se a predominância dos LATOSSOLOS (que visualiza-se também na Figura 21). Segundo Sousa e Lobato (2005), os LATOSSOLOS são passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento e normalmente estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização.

4.2.6 Pedologia

Segundo Garcia (2011), as informações pedológicas contribuem para as atividades e os usos na bacia hidrográfica, de modo a compreender a dinâmica e as transformações ao longo dos anos, bem como suas fragilidades e potencialidades.

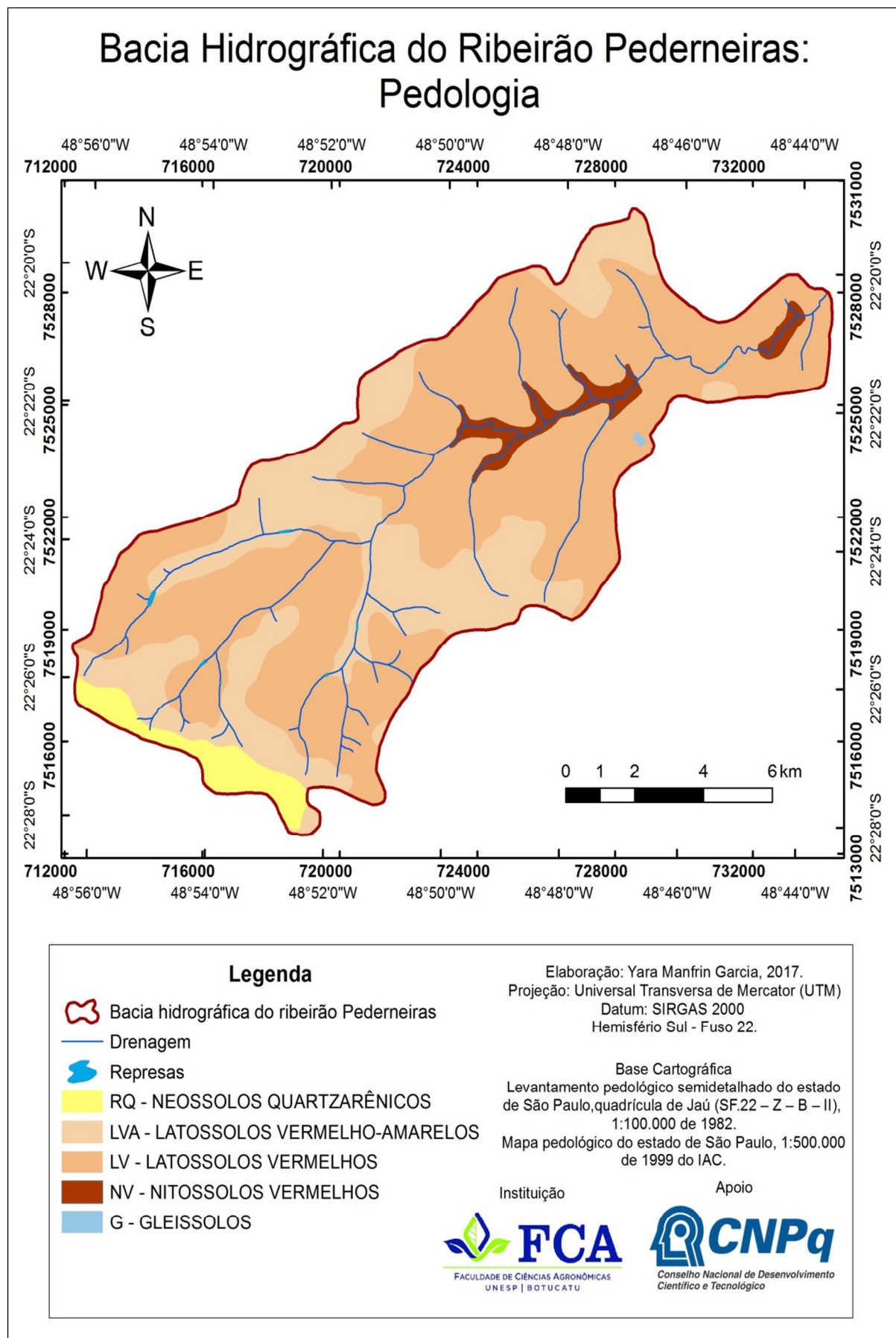
Quanto aos solos presentes na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras tem-se a ocorrência das seguintes unidades: NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, LATOSSOLOS VERMELHOS, NITOSSOLOS VERMELHOS e GLEISSOLOS.

Na Tabela 3 e Figura 21, verifica-se a distribuição desses solos na bacia hidrográfica.

Tabela 3 - Classes de solos da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

Classe de Solos	Área	
	ha	%
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS	573,75	3,85
LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS	4455,9	29,87
LATOSSOLOS VERMELHOS	9386,56	62,92
NITOSSOLOS VERMELHOS	493,98	3,31
GLEISSOLOS	8,09	0,05
Total	14918,28	100

Figura 21 - Mapa pedológico da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS ocorrem no extremo sudoeste da bacia, nas cabeceiras do ribeirão Pederneiras e dos córregos da Estiva, Água Branca e da Limeira. São solos muito arenosos, pobres e com pequenos desenvolvimentos pedogenéticos.

Esses solos são encontrados em 573,75 ha da área total da bacia hidrográfica, o que corresponde a apenas 3,85%.

De acordo com IAC (2015), os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS originalmente são associados a vegetação de cerrado ou floresta estacional. Estes solos ocorrem em relevos suavizados, porém por apresentarem muito baixa coesão, sua susceptibilidade à erosão é elevada. Esta condição, em associação com sua elevada permeabilidade e muito baixa retenção de água e de nutrientes, confere elevada fragilidade a esses solos que tem restrições para utilização agrícolas sendo assim indispensável práticas conservacionistas específicas para manter a produtividade.

Os LATOSSOLOS são solos minerais, homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes ou camadas, reconhecido facilmente pela cor quase homogênea do solo com a profundidade (IAC, 2015). Profundos, bem drenados, com textura argilosa ou muito argilosa, solos pobres em nutrientes e ricos em alumínio tóxico. Apresentam-se sob relevo suave ondulado ou plano, livres de pedras e com boa a forte drenagem interna (BORTOLOZZI, 1988).

Na sequência, tem-se uma descrição dos LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e dos LATOSSOLOS VERMELHOS que são encontrados na área de estudo, a principal diferença entre eles refere-se pela sua constituição granulométrica.

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, de textura média, são característicos das regiões do Planalto Ocidental, da Depressão Periférica e das Cuestas Basálticas do estado de São Paulo. Tem cores vermelho-amareladas e são profundos e com boa drenagem.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS estão presentes em 4455,9 ha, representando 29,87% da área total.

Desenvolvidos de arenitos, localizando-se em posições com relevo suavizado (declividades de 0 a 20%) e originalmente, vegetado por florestas com caráter semidecíduo ou por cerrados, são solos com elevada permeabilidade, baixa retenção de água e baixa coesão, o que os torna sensíveis à degradação sob

manejo agrícola. Podem ter maior estresse hídrico nos períodos de estiagem e maior susceptibilidade à erosão nos períodos chuvosos (IAC, 2015). Essa mesma definição pode ser aplicada aos LATOSSOLOS VERMELHOS de textura média.

Os LATOSSOLOS VERMELHOS, de textura argilosa ou muito argilosa, são desenvolvidos de rochas básicas (basaltos e diabásios). Esses solos estão presentes na área de estudo com 9386,56 ha (62,92%).

Por apresentarem moderada reserva de macro e micronutrientes e serem estáveis mecanicamente têm alta resiliência. Sua capacidade produtiva é estável ao longo de anos de cultivo quando aplicadas adubação de manutenção e técnicas simples de conservação do solo. Possuem favorável fertilidade química e propriedades físicas, além de ocorrer em relevos suavizados, sua vegetação original de floresta (Mata Atlântica) foi substituída por intensa atividade agrícola (IAC, 2015).

São importantíssimos pelo seu elevado potencial agrícola, sendo responsáveis por grande parcela da produção agrícola nacional, podendo-se destacar a produção de cana-de-açúcar em São Paulo (IBGE, 2015).

Os NITOSSOLOS mais importantes no estado de São Paulo, por sua extensão e propriedades intrínsecas, são os NITOSSOLOS VERMELHOS desenvolvidos de rochas básicas (basaltos e diabásios), anteriormente conhecidos como Terras Roxas Estruturadas. Na área de estudo, este tipo de solo ocorre no vale do médio e baixo curso do ribeirão Pederneiras ocupando 493,98 ha (3,31%).

Esses são solos minerais homogêneos, isto é, tem pequena ou nenhuma diferenciação de cor com a profundidade. São argilosos, com estrutura que favorece a retenção de água, mas que mantêm boa drenagem, propriedades físicas extremamente desejáveis em condições de sazonalidade climática e estação seca prolongada (IAC, 2015). Estes solos apresentam moderada a elevada fertilidade com um bom potencial para aproveitamento agrícola.

Os GLEISSOLOS são solos minerais formados em condições de saturação com água, presentes principalmente em planícies ou várzeas inundáveis. De acordo com Bortolozzi (1998), a principal limitação para a agricultura é a presença do lençol freático a pequena profundidade, o que restringe o crescimento do sistema radicular das plantas e as atividades mecanizadas (BORTOLOZZI, 1988).

Esses solos são pouco representativos na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras e estão localizados ao sul da cidade de Pederneiras com 8,09 ha (0,05%).

4.2.7 Águas subterrâneas

Na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras tem-se a presença de dois aquíferos aflorantes, o aquífero Bauru e o aquífero Serra Geral.

No município de Agudos e parte do município de Pederneiras as rochas sedimentares compõem o aquífero Bauru. No restante da bacia hidrográfica tem-se o aquífero Serra Geral que recobre o aquífero Guarani.

Segundo CPRM (2004), na área estudada, o aquífero Bauru, de natureza granular tem porosidade considerada alta (>30%). É composto por rochas sedimentares arenosas, areno-argilosas e siltosas, depositadas em ambiente desértico e fluvial (IRITANI; EZAKI, 2012).

O aquífero Bauru é aflorante em toda sua superfície e este motivo leva a uma maior facilidade para perfuração de poços e extração de água tendo maior risco de poluição.

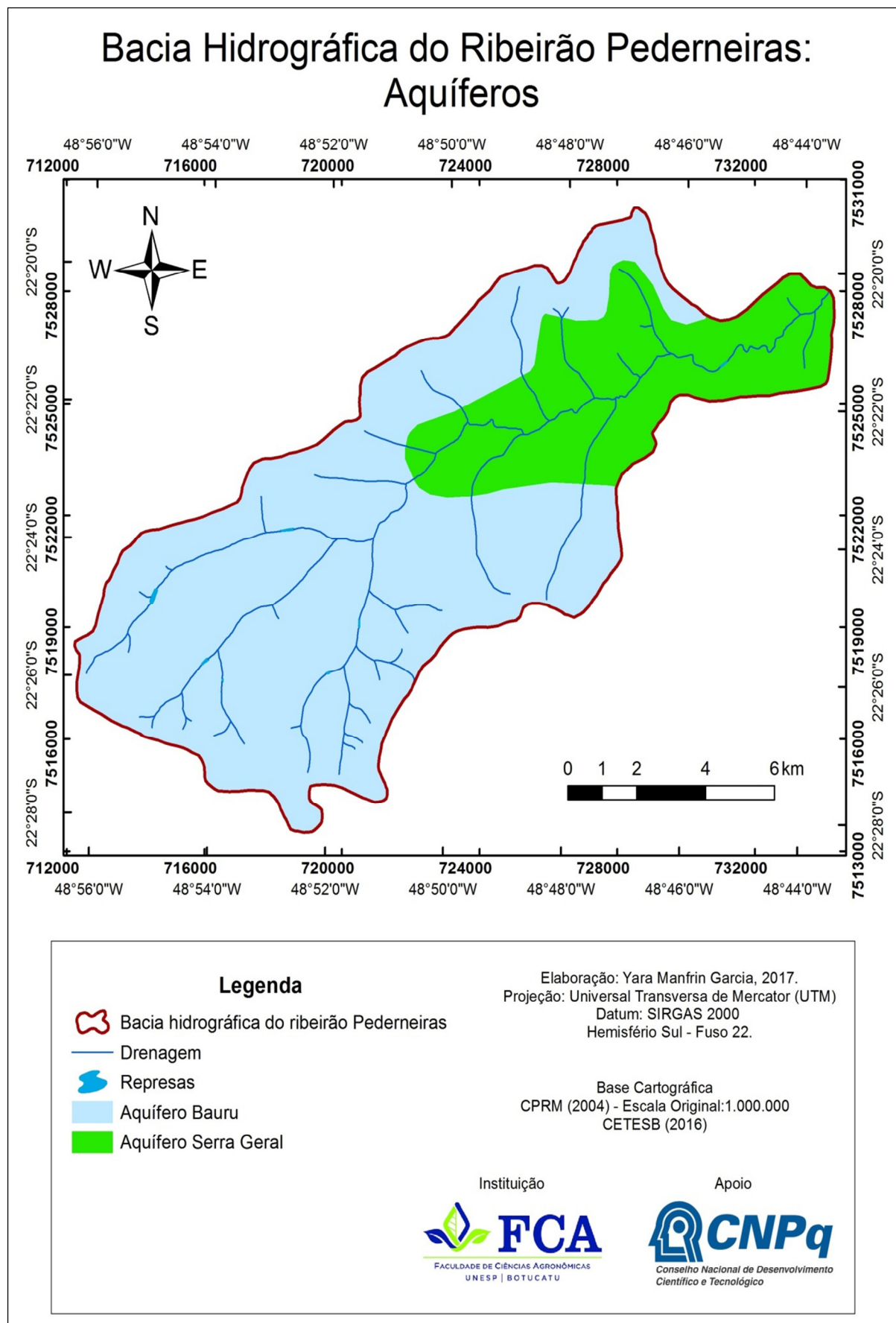
O aquífero Serra Geral é de natureza fissural (ou fraturados) com porosidade baixa (0 a 15%) e ocorre em rochas ígneas e solos argilosos. A capacidade destas rochas em acumular água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação (CPRM, 2004).

O aquífero Serra Geral, segundo Iritani e Ezaki (2012) é constituído por uma sequência de derrames de lava vulcânica que originaram as rochas basálticas. Os basaltos são rochas compactas, duras, de coloração escura que, quando alteradas ou intemperizadas pela ação da água e do calor, resultam em um solo argiloso, bastante fértil, popularmente denominado de “terra roxa”.

Apesar de ocorrer um grande intercâmbio de água com o aquífero Bauru sobrejacente e também com o aquífero Guarani sotoposto, as principais saídas de drenagem do aquífero basalto são os rios (CETESB, 2016).

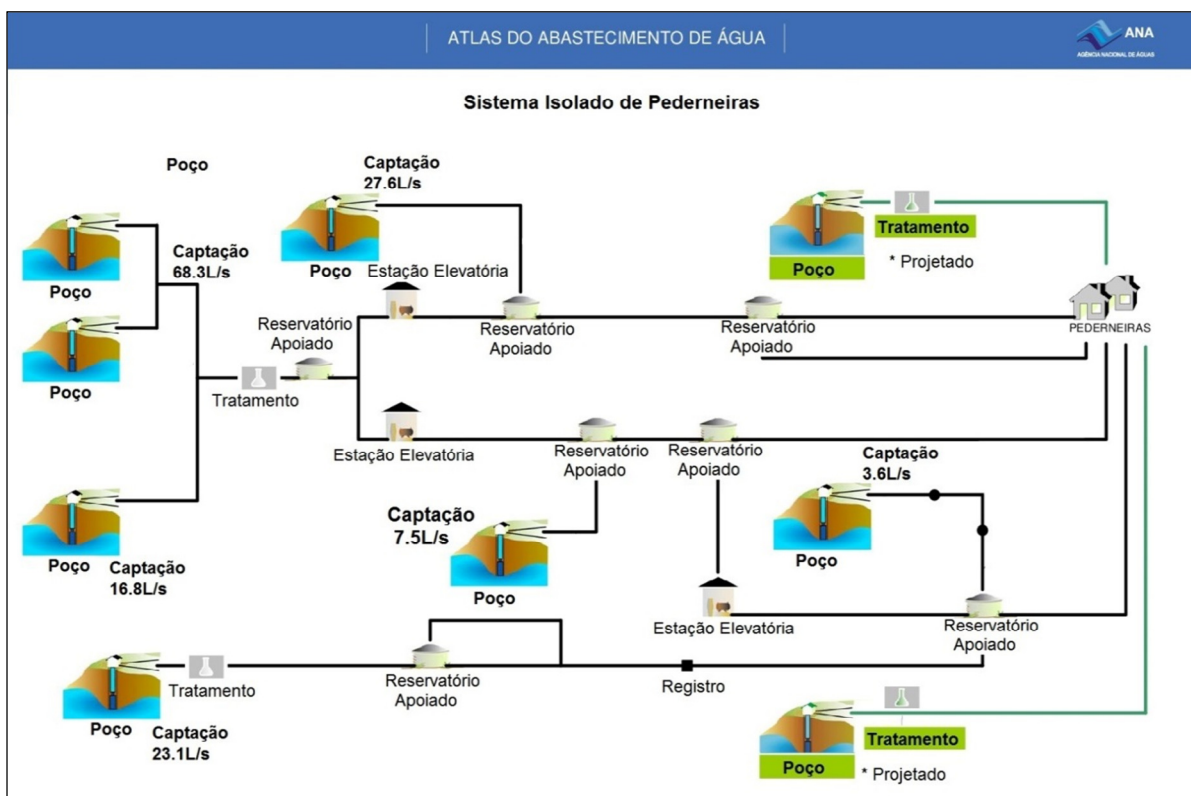
Na Figura 22 visualiza-se a distribuição desses dois aquíferos.

Figura 22 - Mapa de aquíferos da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



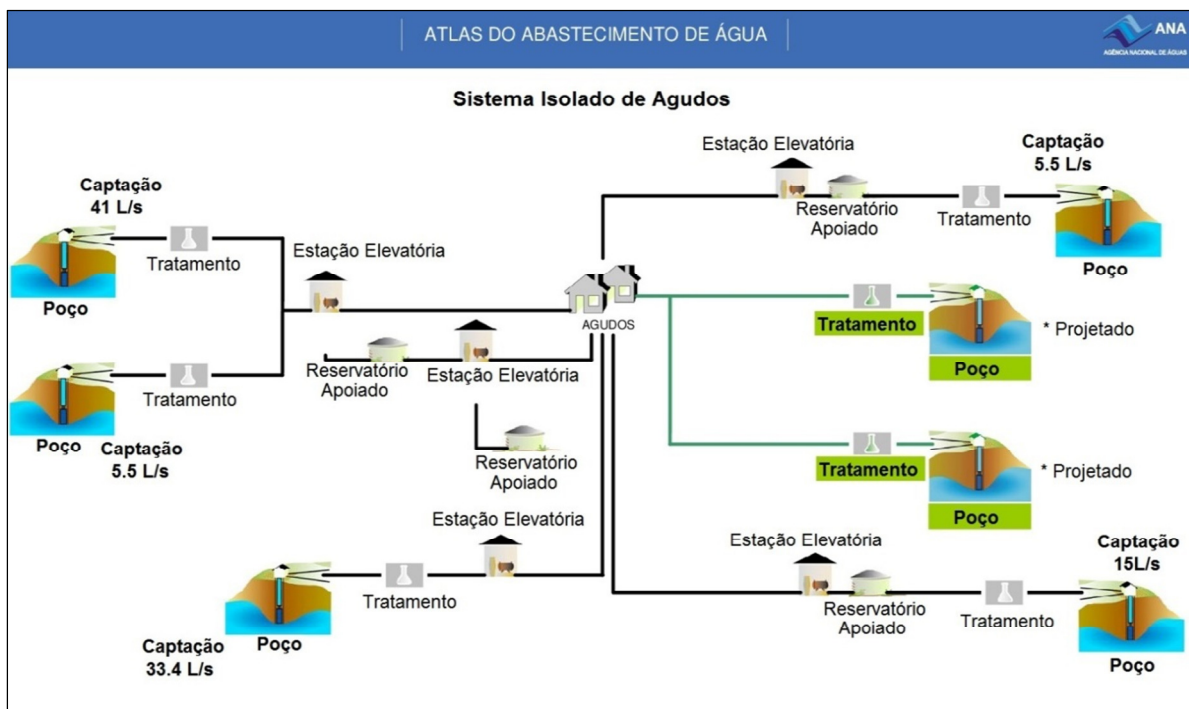
Segundo informações da Agência Nacional de Águas (ANA, 2015), a demanda urbana do município de Pederneiras (cenário 2015) é de 138 L/s e requer ampliação do sistema de captação de 7 poços para 9 poços no total, devido à taxa de crescimento da população urbana. A ampliação já possui croqui do sistema proposto desde maio de 2010, o qual pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 - Sistema atual e proposto para captação de água em Pederneiras



Fonte: Adaptado de ANA (2015)

Ainda, de acordo com ANA (2015), a demanda urbana do município de Agudos (cenário 2015) é de 105 L/s e requer ampliação do sistema de captação, de 5 poços para 7, Figura 24.

Figura 24 - Sistema atual e proposto para captação de água em Agudos

Fonte: Adaptado de ANA (2015)

4.2.8 Hidrografia

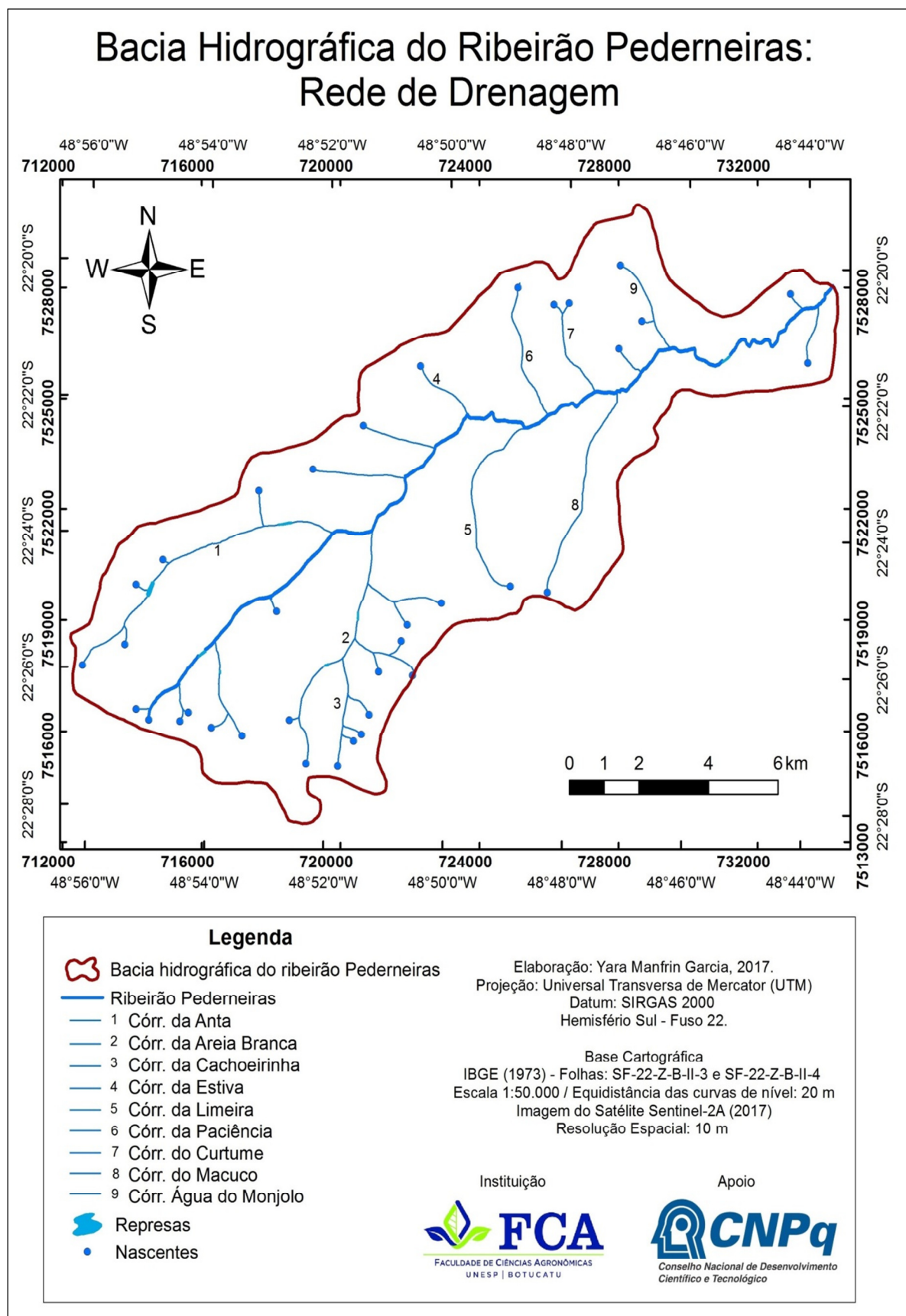
Para o gerenciamento dos recursos hídricos é fundamental conhecer as principais características da rede de drenagem da bacia hidrográfica.

Na Figura 25 pode-se analisar a rede de drenagem, suas nascentes e o tipo de drenagem. Para Santos (2004), o tipo de drenagem refere-se à configuração e disposição da ramificação de drenagem e dos ângulos formados entre os tributários, permitindo inferências sobre a rocha e o solo.

Os cursos d'água da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras apresentam o padrão de drenagem do tipo dendrítica. Esse padrão de drenagem é típico de terrenos onde o substrato rochoso é uniforme, como os de rochas sedimentares com acamamento horizontal ou de rochas ígneas ou metamórficas maciças (PRESS et al., 2006).

O córrego do Monjolo é um dos principais rios que corta a cidade de Pederneiras e sofre frequentemente com as fortes chuvas que ocorrem no município. Alguns trechos desse córrego são canalizados.

Figura 25 - Mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



Como instrumento de planejamento de recursos hídricos tem-se o enquadramento de corpos d'água que é o de atender, diante de um nível de qualidade a ser alcançado ou mantido, às necessidades de uso antrópico para o corpo d'água em questão.

As classes são definidas diante do estabelecimento de prioridades de uso decorrentes das necessidades sociais. O enquadramento serve como base de referência para os outros instrumentos de gestão dos recursos hídricos (outorga e cobrança), assim como para instrumentos de gestão ambiental, como o licenciamento e o monitoramento (ANA, 2007 apud SÃO PAULO, 2016).

Para isso, tem-se o Decreto Estadual nº 8.468/76 (regulamentado pelo Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977) que identifica o enquadramento dos corpos d'água no estado de São Paulo além de apresentar sua classificação segundo os usos preponderantes e estabelecer padrões de qualidade desses corpos d'água.

De acordo com a Lei Estadual 7.663, de 30 de dezembro de 1991, o enquadramento ou reenquadramento dos corpos d'água é um ato de responsabilidade do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, mediante propostas dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Já, na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Segundo o Decreto Estadual nº 10.755/77 e atualizações propostas por CETESB (2016), o ribeirão Pederneiras desde a confluência com o córrego Paciência até a confluência com o rio Tietê apresenta classe 4. O restante apresenta classificação 2.

A classe 2 é destinada ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional); proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário - irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins. Já a classe 4 é destinada para navegação e harmonia paisagística.

4.2.9 Morfometria da bacia hidrográfica

Na Tabela 4 são apresentados os resultados encontrados para as variáveis e parâmetros morfométricos relacionados à dimensão, ao relevo, à forma e drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

Tabela 4 - Características morfométricas da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

Parâmetros morfométricos	Unidade	Resultados
Relacionados à dimensão		
Área (A)	km ²	149,18
Perímetro (P)	km	67,46
Comprimento axial (C)	km	24,32
Maior largura (L)	km	9,85
Comprimento da drenagem (Cr)	km	91,42
Comprimento das cotas (Cn)		424,29
Relacionados ao relevo		
Declividade media (D)	%	5,69
Menor altitude (am)	m	440
Maior altitude (AM)	m	600
Altitude media (Hm)	m	520
Amplitude altimétrica (H)	m	160
Razão de relevo (Rr)	-	0,007
Relacionados à forma		
Fator de forma (Ff)	-	0,25
Índice de circularidade (Ic)	-	0,41
Relacionados à drenagem		
Ordem da microbacia (w)	-	4 ^a
Densidade hidrográfica (Dh)	-	0,23
Razão de textura (T)	-	0,52
Densidade drenagem (Dd)	km/km ²	0,61
Coeficiente de manutenção (Cm)	km ² /km	1,63
Extensão do percurso superficial (Eps)	m	815,92
Gradiente de canais (Gc)	%	2,28

A bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras possui uma área de 149,18 km², seu perímetro (P) é de 67,46 km, comprimento de drenagem (Cr) de 91,42 km e o comprimento das curvas de nível de 424,29 km.

A amplitude altimétrica (H) na bacia hidrográfica foi de 160 m. A maior altitude foi de 600 m e a menor altitude de 440 m e, conseqüentemente, a altitude média é de 520 m.

Com declividade média de 5,69%, segundo a classificação de solos da Embrapa (2013) para classes de declive, o relevo da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras é considerado como suave ondulado.

A razão de relevo é de 0,007 considerado baixo e isso indica uma menor velocidade de escoamento superficial gerando assim uma melhor infiltração de água no solo.

Quanto a drenagem, foi classificada, segundo Strahler, como uma bacia de 4ª ordem. A densidade hidrográfica (Dh) é de 0,23 e a razão de textura (T) de 0,52 sendo classificada como grosseira, segundo classificação de França (1968).

A densidade de drenagem (Dd) encontrada foi de 0,61 km/km² e de acordo com França (1968), classificada como baixa - baixo escoamento superficial e maior infiltração -, o que possibilita afirmar que o solo é permeável.

O coeficiente de manutenção (Cm) demonstrou que é preciso 1,63 km/km² de área para manter ativo um quilômetro de canal fluvial.

Para a extensão do percurso superficial (Eps) o valor encontrado foi de 815,92m e esse valor determina a distância percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente.

O resultado para o gradiente de canais (Gc) foi 2,28%, sua finalidade é indicar a declividade dos cursos d'água, o valor mostra que os canais tendem a possuir mediana a baixa declividade (HORTON, 1945).

As variáveis relacionadas a forma apresentaram fator de forma (Ff) de 0,25 e índice de circularidade de 0,41, permitindo classificar a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras com formato oblonga com baixa tendência a enchentes, porém, em alguns pontos é comum picos de enchentes.

4.2.10 Hierarquia fluvial

O processo de hierarquização fluvial é importante para os estudos morfométricos tendo em vista que este parâmetro é usado para calcular outros parâmetros, entender melhor a bacia hidrográfica em análise e nortear ações efetivas para o manejo da bacia hidrográfica.

Assim, por meio da Figura 26 foi possível estabelecer a hierarquia fluvial da bacia hidrográfica obtendo o número de canais de cada ordem conforme metodologia proposta por Strahler (1952).

A bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras classifica-se, de acordo com Strahler (1952), como de 4ª ordem, indicando ser pouco ramificada, com um total de 57 canais fluviais distribuídos ao longo dos 91,42 km de comprimento.

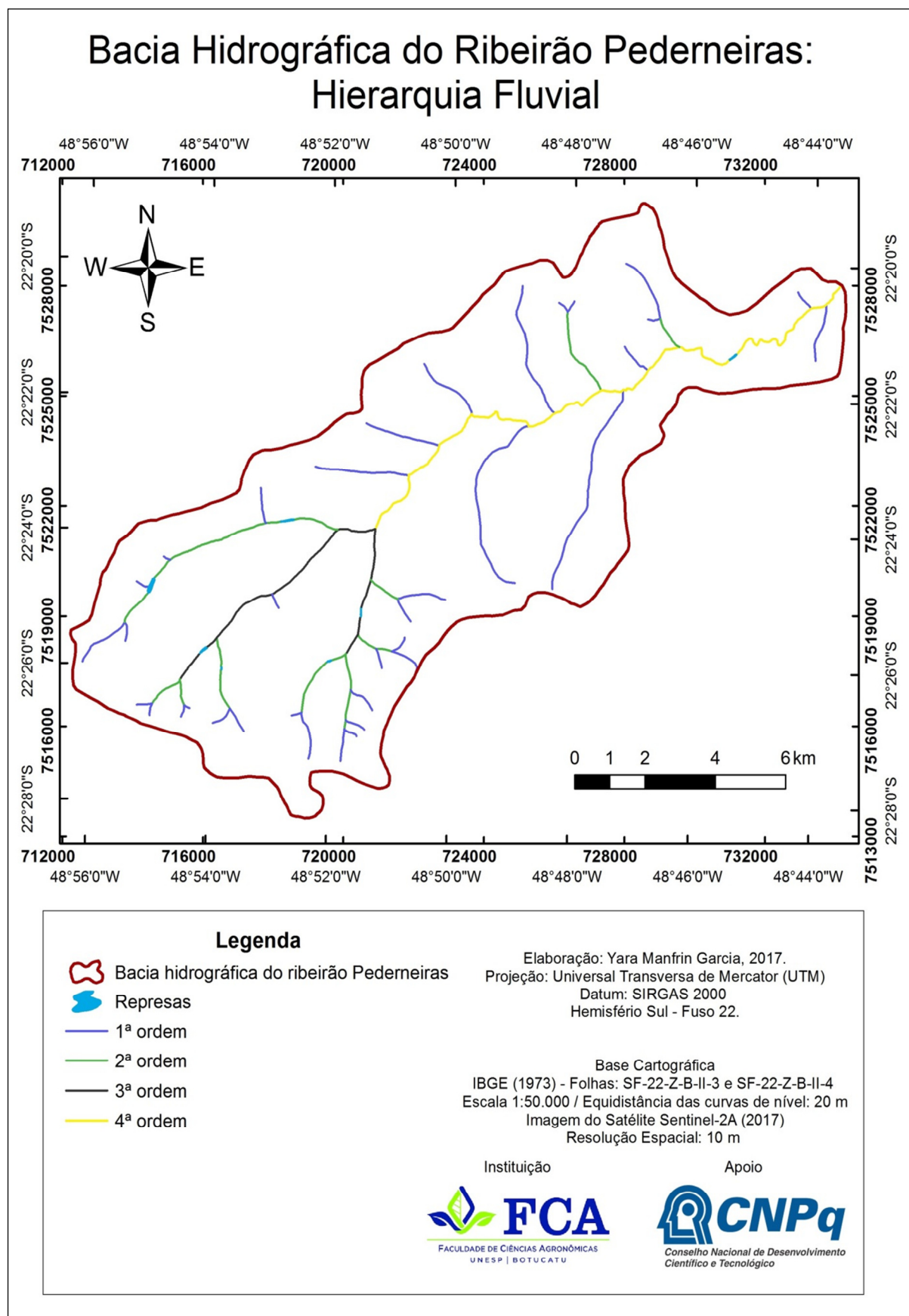
Desses 91,42 km, 43,61 km de cursos d'água são de 1ª ordem, maioria na bacia hidrográfica, sendo aqueles segmentos de nascentes e alguns afluentes, 19,67 km de 2ª ordem; 10,36 km de 3ª ordem; e 17,78 km de 4ª ordem. Na Tabela 5 tem-se os resultados da análise.

O canal fluvial principal, ribeirão Pederneiras, possui 26,30 km de comprimento.

Tabela 5 - Hierarquia fluvial da bacia do ribeirão Pederneiras

Cursos d'água de acordo com a hierarquia fluvial	Quantidade de Canais	Comprimento Total (km)
Canais de 1ª ordem	35	43,61
Canais de 2ª ordem	14	19,67
Canais de 3ª ordem	7	10,36
Canais de 4ª ordem	1	17,78
Total	57	91,42

Figura 26 - Mapa da hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



4.2.11 Mapa biomas

O bioma é uma área do espaço geográfico, com grandes dimensões e um macroclima definido de uma determinada fitofisionomia, organismos vivos associados, condições ambientais, altitude, solo, alagamentos, fogo, a salinidade, entre outros (COUTINHO, 2006). Considerando as diferentes regiões do Brasil, pode-se dizer que o país abriga seis grandes biomas ou domínios que são Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal.

No estado de São Paulo, ocorrem os biomas Cerrado e Mata Atlântica, ambos incluídos na lista de *hotspots* (regiões biologicamente mais ricas e ameaçadas do planeta) organizada pela ONG *Conservation International* (SÃO PAULO, 2011b).

De acordo com IBGE (2004) apud Miranda e Fonseca (2013), Pederneiras está localizado com 51910,85 ha (71,21%) de domínio Cerrado e 20989,19 ha (28,79%) de Mata Atlântica. Já o município de Agudos está totalmente inserido no bioma Cerrado, 96616,01 ha.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras também encontra-se esses dois domínios que são a Mata Atlântica do Interior e o Cerrado, com suas formações fisionômicas distintas, Figura 26.

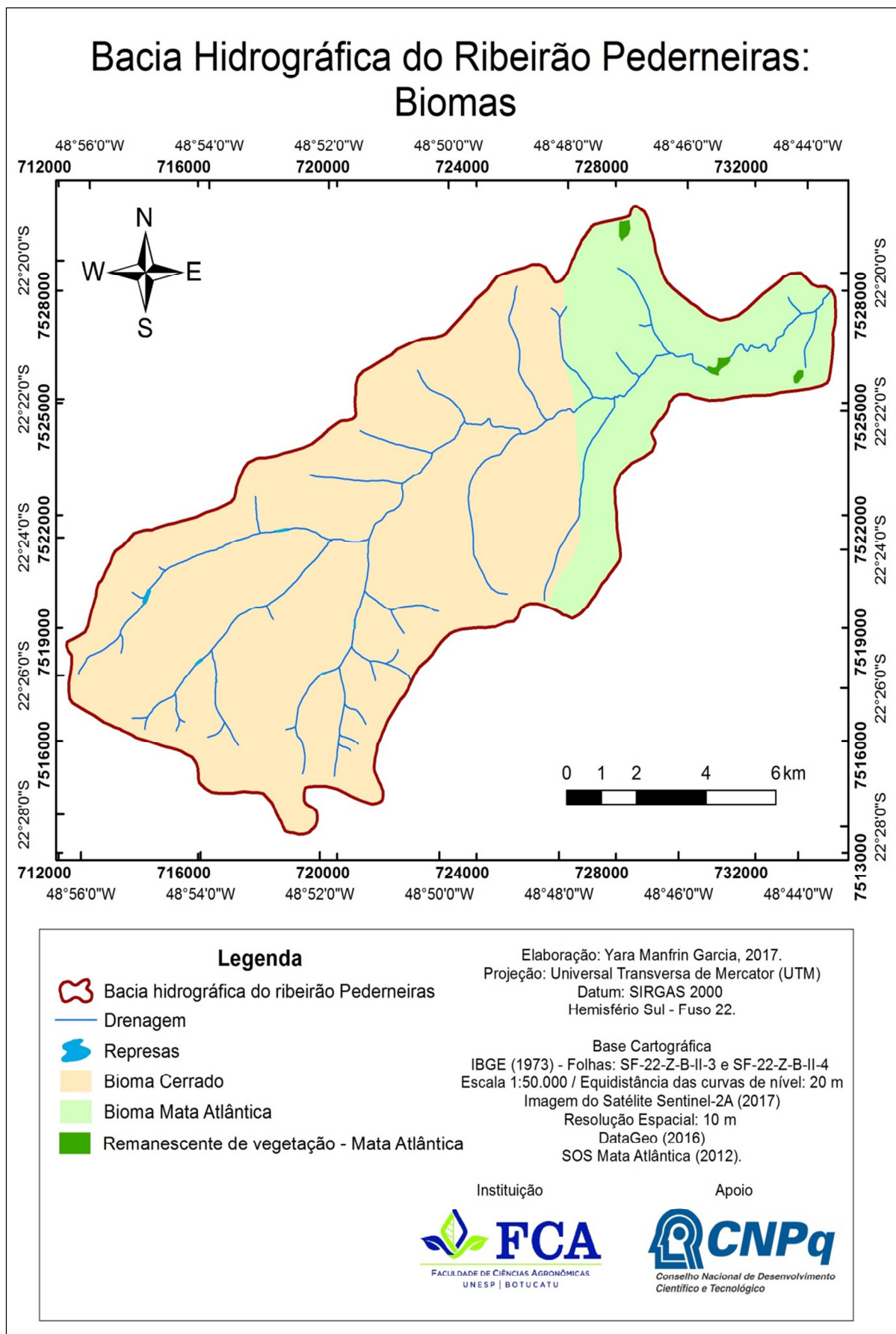
Na Figura 27 também se visualiza alguns fragmentos florestais do bioma Mata Atlântica, que mais precisamente são as fitofisionomias de Floresta Estadual Semidecidual.

Segundo Souza (2014), no período chuvoso as árvores apresentam uma folhagem verde e na época seca as árvores apresentam folhagem parcialmente secas e queda das mesmas ou com coloração amarelada e ocorrem frequentemente em solos do tipo LATOSSOLO, ARGISSOLO e NITOSSOLO VERMELHO.

Quanto ao bioma Cerrado, segundo maior bioma do Brasil, este é um dos que mais sofreu com a ocupação humana, sendo superado apenas pela Mata Atlântica. A pressão crescente para o desmatamento de novas áreas para expansão agropecuária está levando à exaustão progressiva dos recursos naturais da região (MEDEIROS, 2011).

Os solos do Cerrado são geralmente profundos, de cor vermelha ou vermelha amarelada, porosos, permeáveis, bem drenados e, conseqüentemente, intensamente lixiviados (SOUZA, 2014).

Figura 27 - Mapa dos biomas da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



4.2.12 Mapeamento do uso e ocupação da terra

Para compreender o atual uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, este remete ao histórico do município que teve na agricultura um grande incentivo para seu desenvolvimento que, segundo São Paulo (2007), destacou-se a cultura do café, seguida pelas culturas de arroz, laranja, milho, cana-de-açúcar e pecuária de corte, e em proporções inferiores plantações de abacaxi, mamona, algodão, feijão e amendoim.

A partir da década de 70, a cana-de-açúcar tornou-se a principal cultura do município e predomina até hoje, seguida pela pecuária de corte, reflorestamento (eucaliptos e pinus), café, citrus, algodão e olerícolas. Desta forma, pode-se observar na Tabela 6 a evolução destas principais culturas (GARCIA, 2014).

Tabela 6 - Evolução de algumas culturas no município de Pederneiras

CULTURAS	Década 50	Década 70	1985	2005
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Algodão	-	-	576	222
Banana	95	-	-	-
Café	4.754	1.732	1.931	463
Cana-de-açúcar	429	7.258	24.762	37.300
Citrus	79	98	42	3.528
Eucalipto	-	-	-	5.433
Milho	1.888	1.977	295	610
Olerícolas	-	-	-	64
Pínus	-	-	-	787

Fonte: São Paulo (2007)

Com base no mapa de uso e ocupação da terra de 1997, elaborado por Bortolozzi (1998), constatou-se que a cultura da cana-de-açúcar ocupava 7137,7 ha (48,20%) da área da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

Na parte sudoeste da área de estudo tinha o predomínio de reflorestamento com 6068,9 ha (41%). Na sequência, as pastagens com 868,9 ha (5,90%) que ficavam dispersas na bacia hidrográfica, conforme Figura 28 e Tabela 7.

Figura 28 - Mapa do uso e ocupação da terra em 1997 da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

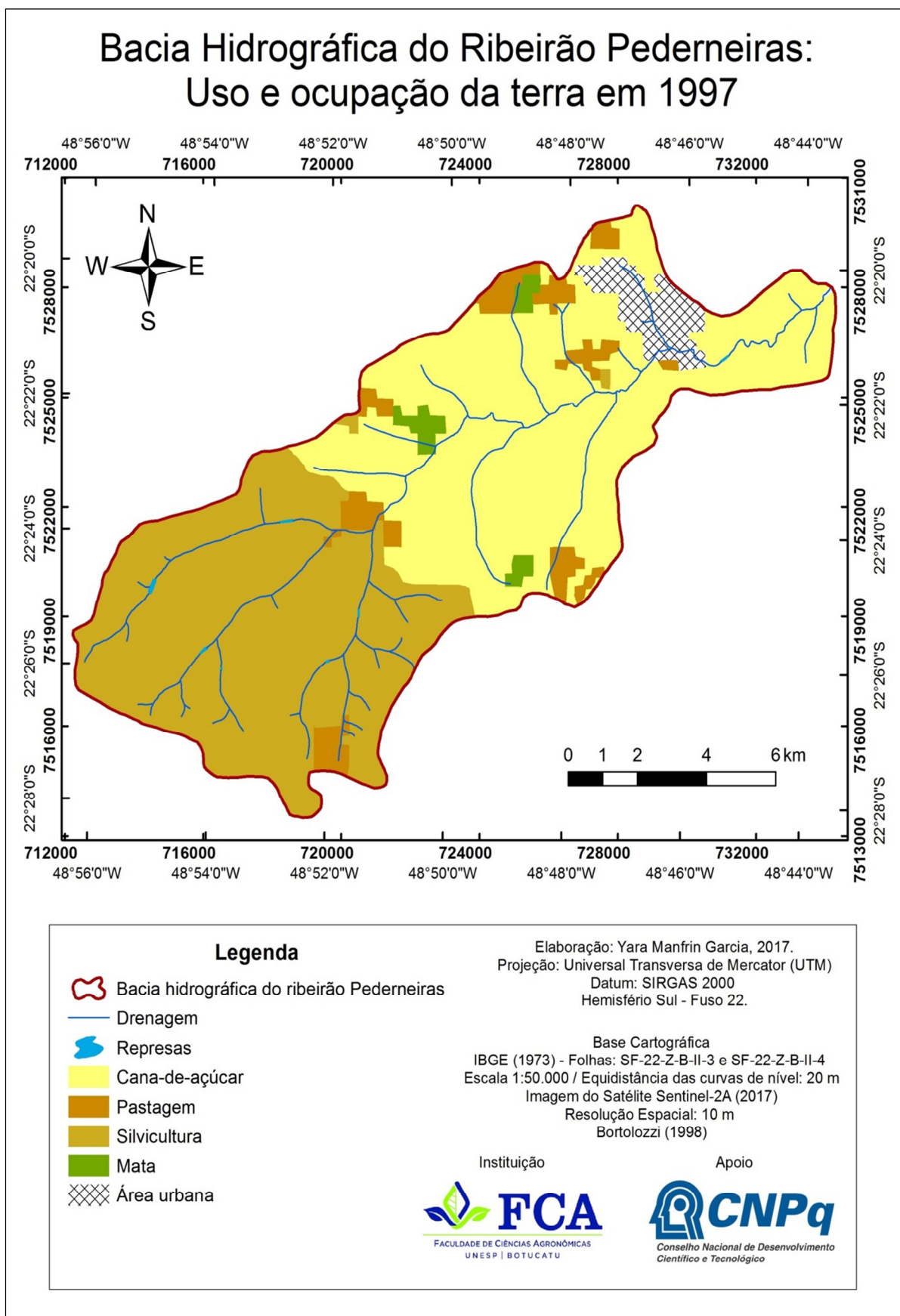


Tabela 7 - Uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras em 1997

Uso e cobertura da Terra	Área	
	ha	%
Cana-de-açúcar	7137,7	48,20
Pastagem	868,9	5,90
Silvicultura	6068,9	41,00
Área Urbana	550	3,70
Vegetação Natural	194	1,20
Total	14819,5	100,00

Fonte: Bortolozzi (1998) - **Organização:** Yara Manfrin Garcia (2017).

Em comparação com outros mapas e tabelas, percebeu-se na tabela de uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras de 1997 (Tabela 7) uma diferença quanto ao valor total da área. Isso é justificado pelo ponto de vista de diversos autores em delimitar uma determinada área, no caso, a bacia hidrográfica. Desta forma, não alterou-se os valores (hectares e porcentagens) dos usos conforme proposto por Bortolozzi (1998), apenas fez uma adequação quanto ao limite atual para que todos os mapas ficassem padronizados.

Por meio do mapa de uso e ocupação atual da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras de 2017, identificou-se doze (12) classes de uso que são: área urbana, mineração, mata ciliar, mata, reflorestamento, pastagem, cana-de-açúcar, represas, Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), moradias e barracões, Floresta Estadual de Pederneiras e área alagada.

Comparando as informações de 1997 com as de 2017 é possível descrever que a cultura da cana-de-açúcar e o reflorestamento continuam como usos predominantes.

Houve também um aumento na área urbana de Pederneiras. Com essa evolução e sem uma política urbana organizada resultou em uma cidade com vários problemas socioambientais, como será apresentado posteriormente.

A pastagem teve um decréscimo de área e isso se justifica pelo fato dessas áreas com o passar dos anos terem sido substituídas pela cultura da cana-de-açúcar.

Quanto a vegetação natural pode-se constatar que também teve sua área reduzida e mais uma vez, a cana-de-açúcar ocupou essas áreas que já eram pequenas. Com isso, pode-se afirmar que o lado econômico foi mais priorizado do que o ambiental e que a longo prazo, teve-se prejuízos sociais devido a essa falta de preservação do meio ambiente.

Desta forma, percebe-se que durante esses 20 anos (1997 - 2017) houve a falta de planejamento na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras ao permitir que áreas de vegetação natural fossem ocupadas pela cultura da cana-de-açúcar e pastagens, e também que moradias e empreendimentos fossem instalados em lugares que deveriam ser preservados, como as Áreas de Preservação Permanente que desde 1945 já apresentavam uma legislação específica.

Na Figura 29 visualiza-se o mapa de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras de 2017 e na Tabela 8, os valores obtidos de cada uso.

Figura 29 - Mapa do uso e ocupação da terra em 2017 da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

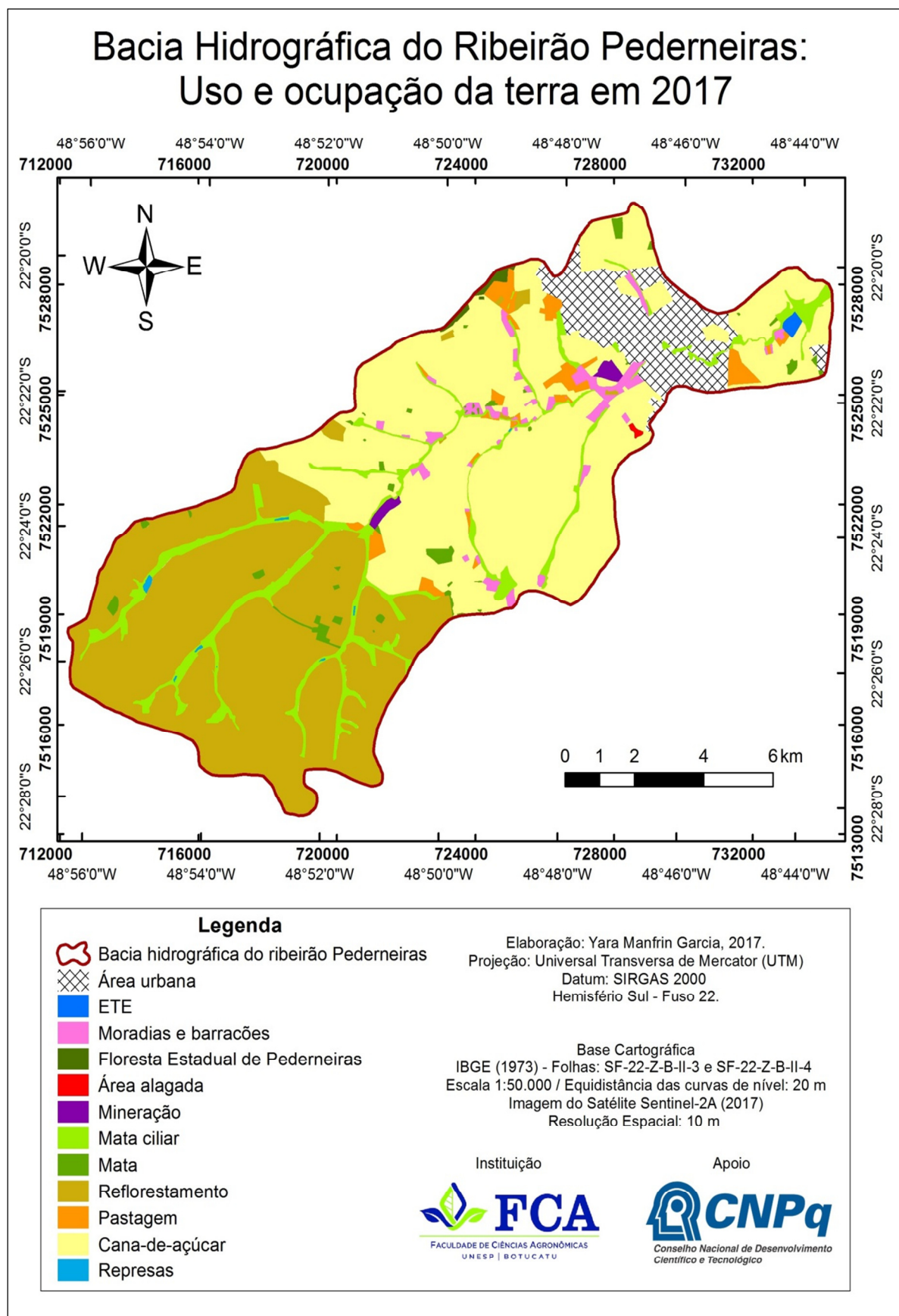


Tabela 8 - Uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras em 2017

Uso e cobertura da Terra	Área	
	ha	%
Área Urbana	1117,67	7,49
Mineração	57,21	0,39
Mata ciliar	1030,27	6,90
Mata	162,29	1,09
Reflorestamento	5605,56	37,57
Pastagem	301,17	2,02
Cana-de-açúcar	6286,22	42,14
Represas	15,22	0,1
ETE	22,47	0,15
Moradias e barracões	267,56	1,8
Floresta Estadual de Pederneiras	45,02	0,3
Área alagada	7,62	0,05
Total	14918,28	100

A cultura de cana-de-açúcar com 6286,22 ha é a classe que representa o maior uso da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras. Essa cultura tem sua exploração com alto nível tecnológico e a produção é designada para indústrias da região.

A área de reflorestamento é de 5605,56 ha. Deste valor, 5539 ha estão localizados na porção sudoeste da área de estudo (município de Agudos) e ocupam uma área pertencente à Fazenda Monte Alegre, propriedade da empresa Duratex S/A.

Segundo Galharim (2005), a fazenda Monte Alegre tem sua maior área no município de Agudos/SP e parte no município de Pederneiras/SP e trata-se de unidade de produção florestal cuja ocupação principal é o reflorestamento para o aproveitamento da madeira na produção de *Medium Density Fiberboard* (MDF) e outros derivados.

O restante do reflorestamento (66,56 ha) está distribuído ao longo da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras.

Quanto a categoria "mata" (162,29 ha) foram considerados fragmentos de vegetação nativa em proporções pequenas e dispersos. Já "mata ciliar" refere-se as áreas ao entorno dos cursos d'água e nascentes, sendo que esta categoria corresponde a 1030,27 ha, apenas 6,90% da área de estudo.

Ao analisar, percebe-se que na área de estudo existe bastante vegetação ciliar, porém, pode-se afirmar que as mesmas estão mal distribuídas na bacia hidrográfica sendo que a maior parte esta concentrada na parte alta da mesma. Para uma melhor função da mata ciliar seria necessário que estivessem distribuídas ao longo do curso d' água.

A categoria "moradias e barracões" com 267,56 ha engloba as mais variadas construções na área rural, sejam elas, casas, barracões de equipamentos, galpões para frango de corte e demais construções tendo seu entorno arbóreo ou limpo.

Com 301,17 ha tem-se as pastagem que compreendem as áreas cobertas por gramíneas, arbustos e árvores dispersas. A atividade mais frequentemente associada a esta forma de uso e ocupação da terra é a criação extensiva de gado.

A Floresta Estadual de Pederneiras, mais conhecida como Horto Florestal de Pederneiras possui na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras uma área de 45,02 ha. Segundo IF (2017), a vegetação nessa área é variada, sendo representada por plantio de pinus e eucalipto e também fragmentos de Cerrado e floresta estacional semidecidual (Mata Atlântica).

A área urbana de Pederneiras, localizada nesta bacia hidrográfica, representa 1117,67 ha (7,49%) e nesta área estão localizadas grandes indústrias do município.

Quanto a área de mineração na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, existem duas pedreiras que juntas ocupam 57,21 ha (0,39%). A localizada mais próxima da área urbana é a pedreira "Nova Fortaleza Ltda" e a outra, localizada na área rural, pertence ao grupo Votorantim Cimentos Brasil S/A. Nelas, a extração é do basalto para diversos produtos de pedreira como exemplo, a brita ou pedra britada.

Com 22,47 ha, tem-se a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Pederneiras, tendo como responsável pelo seu funcionamento a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

Em Pederneiras, tem-se 97% do esgoto coletado e deste, 100% é tratado. Segundo a legislação, o percentual mínimo de eficiência no tratamento é de 80% e neste município esse valor é de 81,28% sendo considerado bom. O corpo receptor de esgoto é o ribeirão Pederneiras (SABESP, 2016).

Na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras existem várias represas que juntas, ocupam 15,22 ha (0,1%). Algumas dessas represas estão localizadas em áreas da empresa Duratex e outras, em pequenas propriedades.

A área alagada com 7,62 ha (0,05%) corresponde a uma área que poderia ser denominada de várzea, porém, para isso, seria necessário ser margeada por um rio e neste caso não acontece. Esta área pode ser associada a sua informação pedológica que neste local encontra-se o GLEISSOLOS, solo formado em condições de saturação com água.

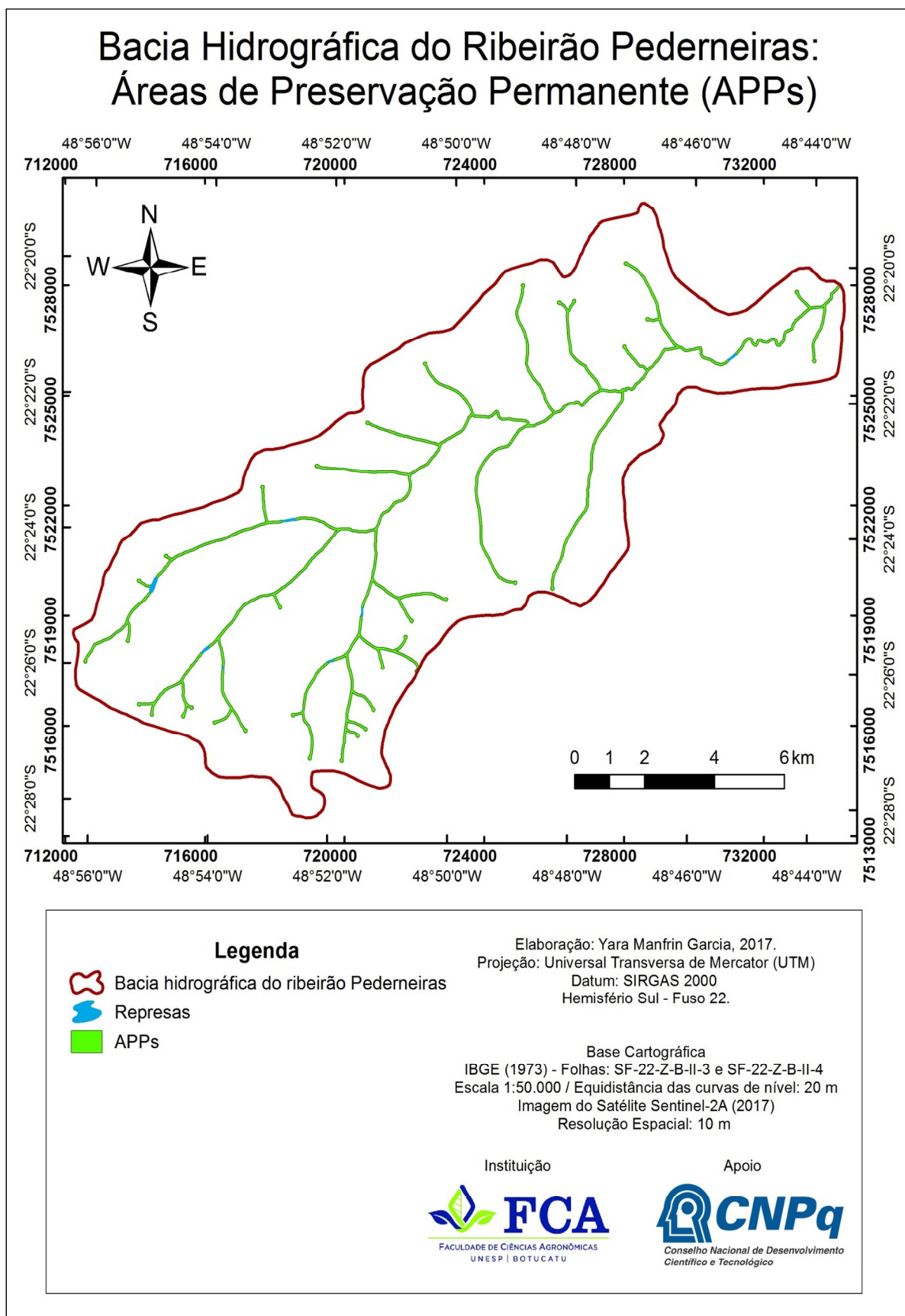
4.2.13 Simulação das Áreas de Preservação Permanentes

As APPs foram simuladas tendo como base a Lei Florestal nº 12.727, para isso, considerou-se nas nascentes um raio de 50 metros e para os cursos d'água, 30 metros de cada lado, esta última metragem, decorrente de que os rios inseridos na bacia hidrográfica não ultrapassam 10 metros de largura.

A microbacia deveria apresentar uma área total de preservação permanente relativa à 571,69 ha (Figura 30), das quais 28,08 ha (4,91%) compostas por áreas de nascentes e 543,61 ha (95,09%) áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água.

Consequentemente, nessas áreas de preservação permanente, a vegetação deveria estar presentes para assim, garantir as funções ecológicas destas áreas.

Figura 30 - Mapa das Áreas de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



4.2.14 Mapa de usos e de conflitos de usos da terra em APPs

O cruzamento de informações do mapa de uso e ocupação da terra de 2017 e da simulação das Áreas de Preservação Permanente indicou as áreas de uso e ocupação em APPs.

As matas ciliares vêm sendo alvo das atividades antrópicas, diante dos interesses conflitantes de uso e ocupação, ocasionando a sua supressão ao longo dos cursos d'água.

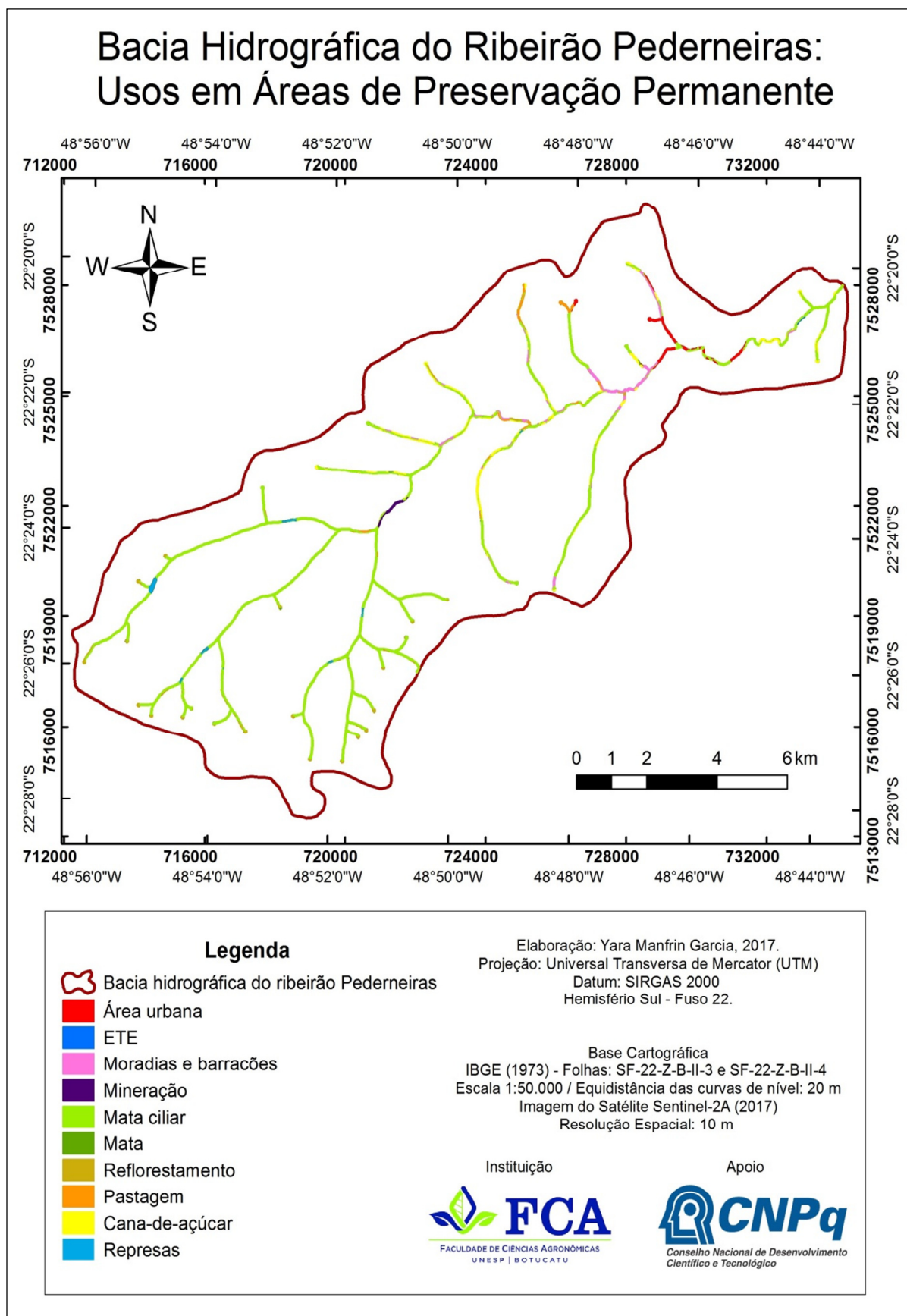
Do total das Áreas de Preservação Permanentes que são 571,69 ha, 99,52 ha (17,41%) estão sendo utilizadas da maneira incorreta (conforme a legislação vigente), ou seja, não estão preservadas.

Na Tabela 9 tem-se a quantificação dos usos em Áreas de Preservação Permanente e dos usos conflitantes nessas áreas. Na Figura 31 visualiza-se o resultado deste mapeamento.

Tabela 9 - Quantificação dos usos e dos usos conflitantes em APPs

Uso e cobertura da Terra	Usos em APPs		Conflitos	
	ha	%	ha	%
Área Urbana	18,5	3,23	18,5	18,59
Mineração	4,93	0,86	4,93	4,95
Mata ciliar	459,11	80,31	-	-
Mata	1,1	0,20	-	-
Reflorestamento	11,70	2,05	11,70	11,76
Pastagem	13,32	2,33	13,32	13,38
Cana-de-açúcar	24,88	4,35	24,88	25
Represas	11,96	2,09	-	-
ETE	0,23	0,04	0,23	0,23
Moradias e barracões	25,96	4,53	25,96	26,09
Total	571,69	100	99,52	100

Figura 31 - Mapa de usos em Áreas de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



Na figura anterior, visualiza-se que na parte alta da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras as APPs estão mais preservadas do que na parte baixa da bacia que apresenta usos conflitantes. A parte alta situa-se em área particular de uma empresa, e devido a isso, pode acontecer uma fiscalização maior ou também pelo fato de empresas terem que atingir alguns parâmetros de sustentabilidade.

De acordo com a legislação florestal vigente não é exigida a mata ciliar em Áreas de Preservação Permanente ao entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais. Já nos que há o barramento e represamento de água, a faixa de delimitação dessas áreas depende da medida estabelecida no licenciamento ambiental do empreendimento.

No que se refere ao uso irregular das APPs, há o predomínio de moradias e barracões com 25,96 ha o que representa 26,09% do total de conflitos em APPs, seguido da cana-de-açúcar com 24,88 ha (25%), área urbana com 18,5 ha (18,59%), pastagem com 13,32 ha (13,38%), reflorestamento com 11,70 ha (11,76%), mineração com 4,93 ha (4,95%) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com 0,23 ha (0,23%).

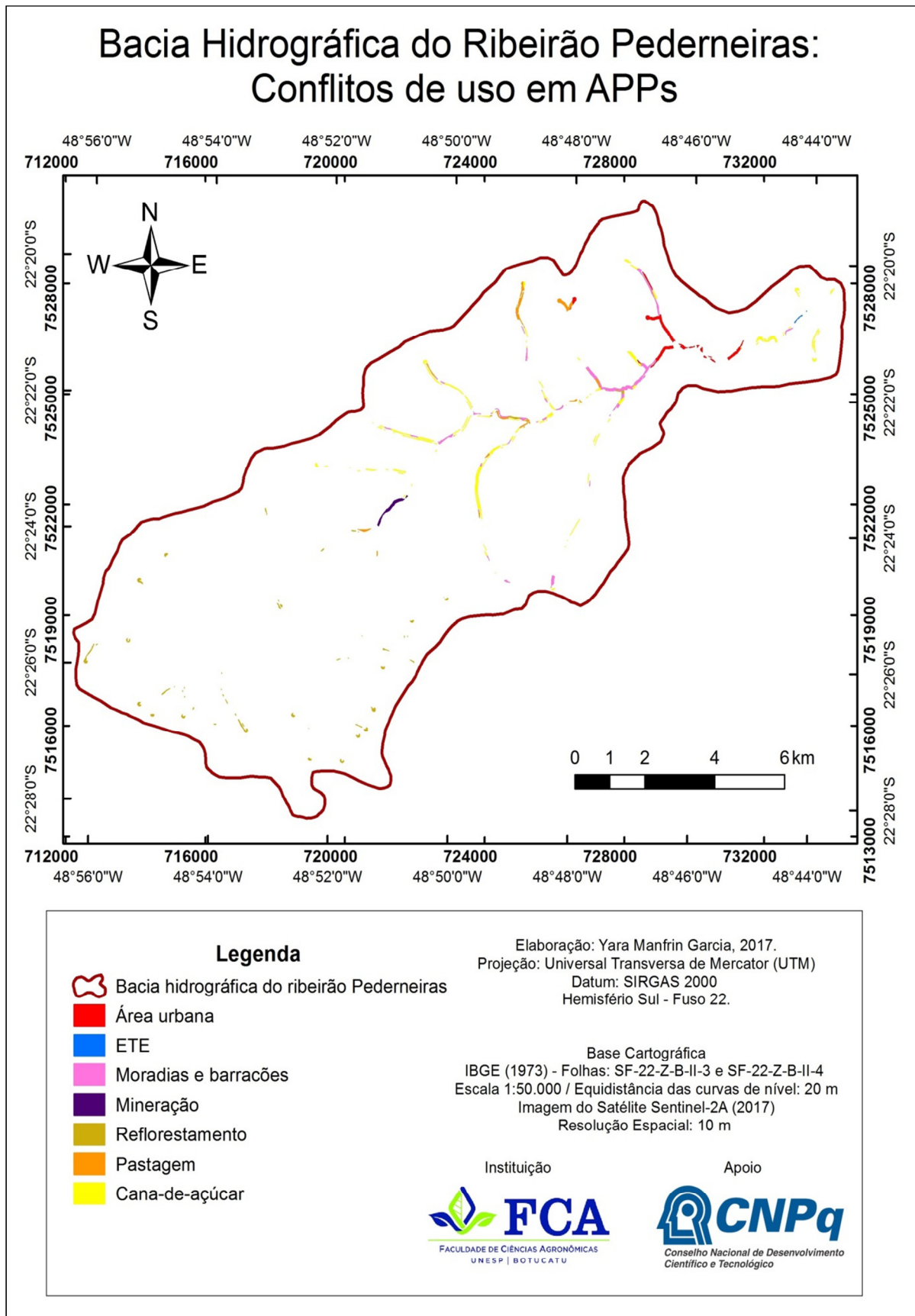
A invasão nas Áreas de Preservação Permanente por sistema agrícola, no caso a cana-de-açúcar, é uma das principais causas da perda dos serviços ambientais prestados por este ecossistema causando o assoreamento dos rios e interferindo na qualidade e quantidade de água disponível.

Sobre esses conflitos de uso, Pussinini (2011), salienta que o crescimento urbano depreda e inibe a expansão das APPs e, mesmo protegidas por lei, muitas vezes, existem brechas legislativas que beneficiam aquele que se apropriou da área. Concluindo, o sistema tende a privilegiar sempre o depredador já que o interesse dos grupos econômicos prevalece e influencia a ação do Estado e da implantação de políticas públicas mais justas relacionadas a temática ambiental.

Apesar de referir as áreas urbanas, o parágrafo anterior coincide também com a realidade da área rural.

Na Figura 32 tem-se apenas os usos conflitantes em Áreas de Preservação Permanente.

Figura 32 - Mapa de conflito de uso em APPs da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



4.2.15 Mapeamento das propriedades rurais

Na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras foram cadastradas 234 propriedades rurais (até novembro de 2016) sendo a maioria localizada no município de Pederneiras, exceto uma que está localizada no município de Agudos.

É importante evidenciar que das 234 propriedades rurais cadastradas, 42 estão inseridas também em outras bacias hidrográficas. Porém, o objetivo é representar as propriedades rurais inseridas nessa área e frisar a importância tanto de estudos no âmbito da bacia hidrográfica quanto da propriedade rural, Tabela 10.

Por meio da Instrução Especial/INCRA/nº 20, de 28 de maio de 1980, foi estabelecido o Módulo Fiscal de cada município, previsto no Decreto nº 84.685 de 06 de maio de 1980. Os valores do módulo fiscal variam de 5 a 110 hectares, como exemplo, no município de Pederneiras, equivale a 14 hectares e no município de Agudos equivale a 12 hectares (INCRA, 1980).

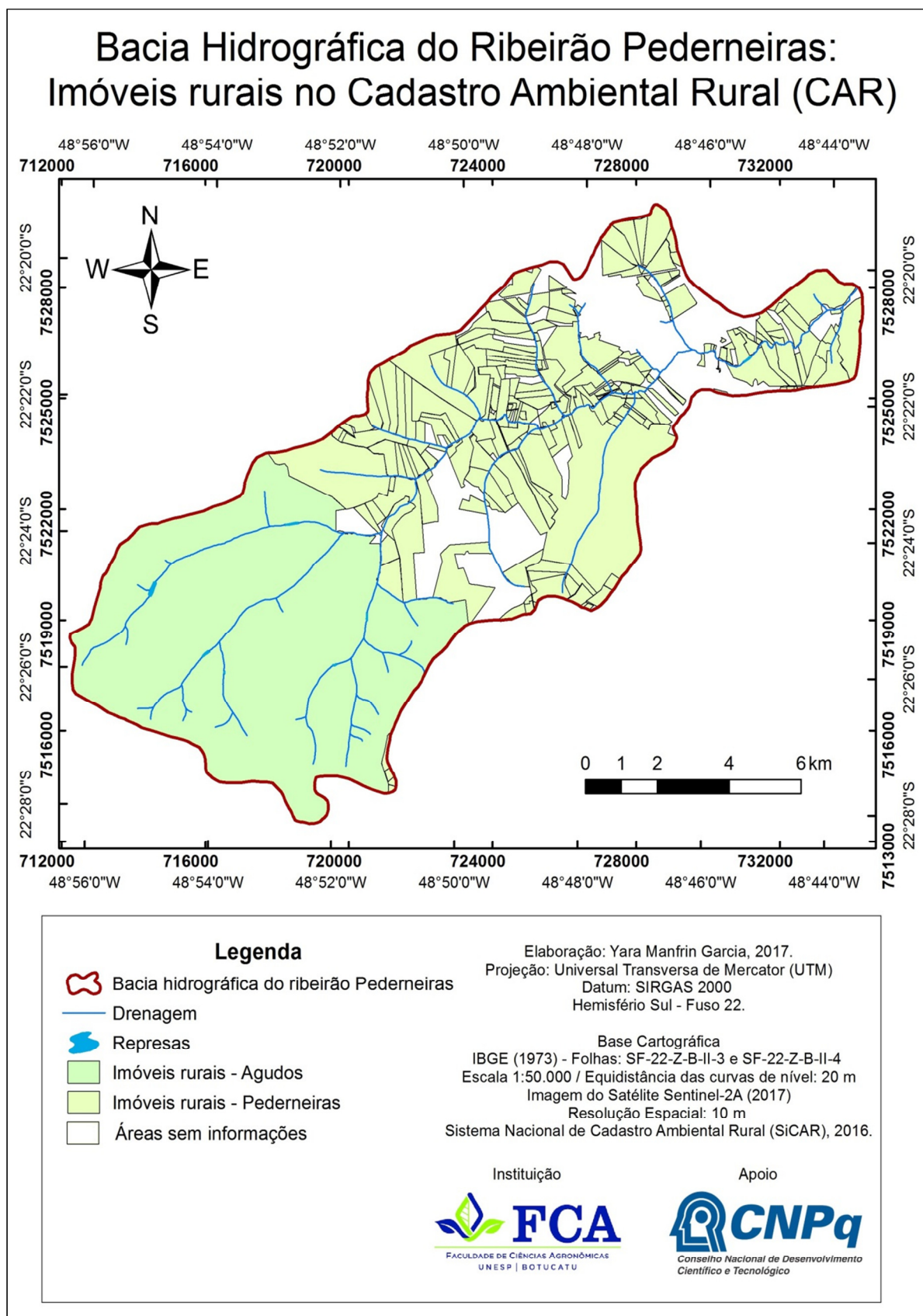
Tabela 10 - Propriedades rurais na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras

Propriedade em Módulo Fiscal (MF)	Quantidade de propriedades	Propriedades parcialmente inseridas
Até 1 MF (14 ha)	109	7
1 a 2 MF (14 - 28 ha)	56	5
2 a 4 MF (28 - 56 ha)	46	13
4 a 10 MF (56 - 140 ha)	13	9
> 10 MF (>140 ha)	10	8
Total	234	42

Fonte: SiCAR (2016) - **Organização:** Yara Manfrin Garcia (2017).

Na Figura 33 apresenta-se os imóveis rurais que realizaram o Cadastro Ambiental Rural (CAR) até novembro de 2016.

Figura 33 - Mapa dos imóveis rurais no Cadastro Ambiental Rural da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



Para que uma propriedade rural cumpra com sua função social é necessário que a mesma se torne produtiva sem agredir ao meio ambiente. E por isso, ela tem que estar em equilíbrio com a parte econômica, social e ambiental.

Art. 186 - A função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos:

- I - aproveitamento racional e adequado;
- II - utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente;
- III - observância das disposições que regulam as relações de trabalho;
- IV - exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores (BRASIL, 1988).

4.2.16 Mapeamento das áreas consolidadas

De acordo com a Lei Florestal nº 12.727 entende-se por área rural consolidada, a área do imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida neste último caso, a adoção do regime de pousio.

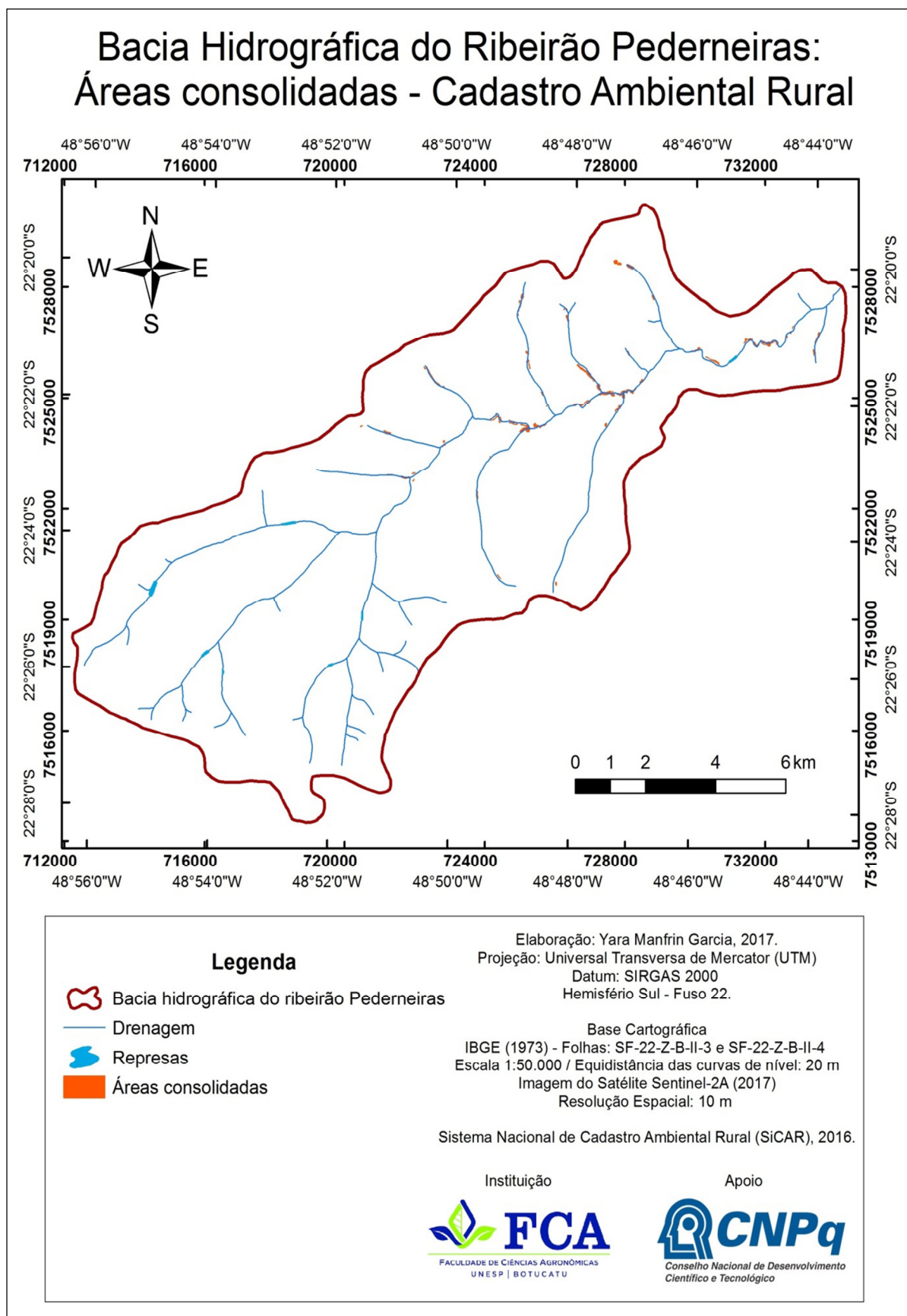
A metragem para recomposição varia de acordo com o módulo fiscal das propriedades. Denominado de regra da 'escadinha', quanto maior a propriedade, maiores serão as obrigações de recomposição de vegetação nativa.

Em propriedades de até 1 módulo fiscal, a recomposição será de 5 metros; de 1 a 2 módulos fiscais, de 8 metros; de 2 a 4 módulos fiscais, 15 metros e acima de 4 módulos fiscais, a recomposição será conforme o Programa de Regularização Ambiental, observando o mínimo de 20 e o máximo de 100 metros do leito regular do rio. Ao entorno das nascentes a recomposição obrigatório é do raio mínimo de 15 (quinze) metros.

De acordo com os dados disponibilizados no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural foi possível verificar as áreas consolidadas em APPs, conforme Figura 34.

No total são 26,87 ha de áreas consideradas consolidadas e com isso, sua recomposição será feita de acordo com o tamanho do módulo fiscal da propriedade. Caso não existisse essa recomposição na lei vigente, os proprietários teriam que deixar 30 metros para cada margem do curso d'água e um raio de 50 metros nas nascentes.

Figura 34 - Mapa das áreas consolidadas da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



O governo do estado de São Paulo regulamentou o Programa de Regularização Ambiental para as propriedades rurais do estado, por meio do decreto nº 61.792, de 11 de janeiro de 2016, que faz parte dos instrumentos previstos na Lei Florestal.

Segundo São Paulo (2016a), para aderir ao PRA o proprietário ou possuidor do imóvel rural deve fazer a inscrição no CAR e requerer a inclusão no PRA com um Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA). O PRADA é o instrumento em que o proprietário ou possuidor de imóvel rural mostra o que vai fazer para adequar seu imóvel a Lei Florestal vigente

4.2.17 Mapa das áreas prioritárias para restauração florestal

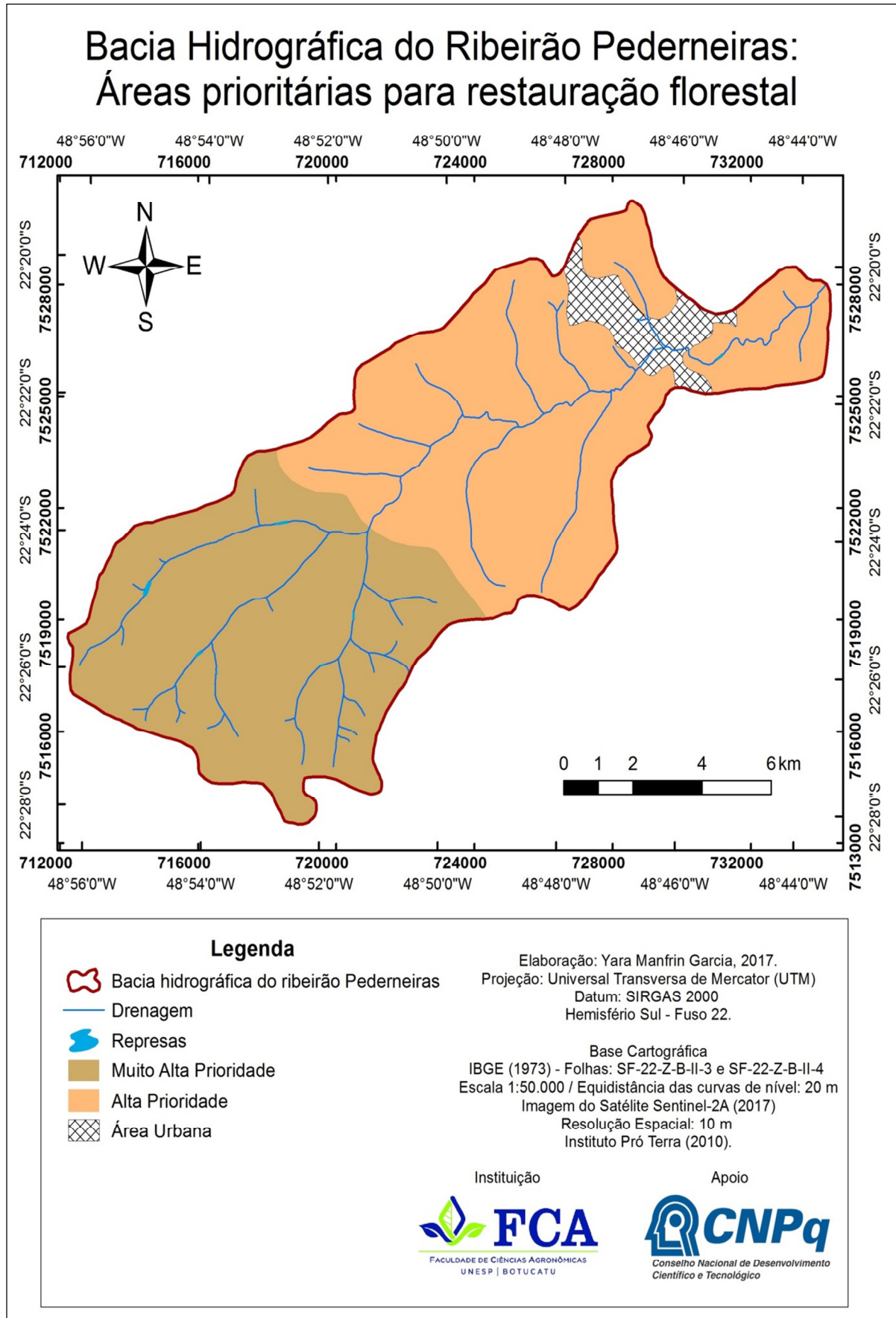
O mapa das áreas prioritárias para restauração florestal - elaborado pelo Instituto Pró-Terra - levou em consideração diversos fatores ambientais relevantes para a escolha dessas.

Os fatores utilizados foram quanto a proteção de nascentes; o tipo de solo (identificação das áreas com menor potencial agrícola); geologia (possibilitar a recarga dos aquíferos e do fluxo de base); declividade (proteção de encostas e áreas menos propícias à mecanização agrícola); susceptibilidade à erosão (conservação do solo e da água); vegetação remanescente; unidades de conservação; áreas prioritária para conservação de biodiversidade (conectividade); redução da rede de drenagem (degradação dos rios, nascentes e da microbacia) e; áreas de mananciais para abastecimento público (ATTANASIO, 2014).

Cada um desses critérios recebeu um peso, de acordo com sua importância relativa com a restauração das matas ciliares e na sequência realizou-se uma análise multicriterial.

As microbacias com alta ou muito alta prioridade apresentaram características sociais e ambientais fundamentais para sua restauração e preservação. No caso da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, Figura 35, os critérios que as classificaram estão associados a ter alta susceptibilidade à erosão, estado avançado de degradação da vegetação ciliar, baixo índice de vegetação remanescente, entre outros.

Figura 35 - Mapa das áreas prioritárias para restauração florestal



4.3 Problemas ambientais

Os problemas ambientais urbanos são consequência de uma administração e planejamento deficiente, ausência de políticas públicas urbanas que não planejaram o processo de urbanização, em longo prazo, e não encontram medidas eficientes para minimizar a situação.

Segundo Monteiro (1976, p.95) o clima urbano é o “[...] sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização [...]”, sendo o clima urbano, a maior expressão do poder de decisão do homem sobre a atmosfera e a ecologia de um determinado local. Ao transformar a paisagem natural do local em que se encontra, a cidade provoca também uma derivação do clima regional, denominado clima urbano. Os desequilíbrios resultantes desse processo são as formações de ilhas de calor, poluição do ar, precipitações intensas, inundações, inversão térmica, entre outros.

Assim, além do fator clima, as atividades antrópicas na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras têm causado impactos ao meio natural, por exemplo, distúrbios no escoamento das águas, assoreamento, enchentes, ausência de mata ciliar, impermeabilização do solo, poluição do rio, lixo em local inadequado, desmatamento, ocupação das margens dos rios, avanço de empreendimentos e residências.

Na Figura 36, verifica-se a falta de preservação nas APPs, vegetação mínima que causa a desestabilidade de árvores e com isso tende a tombar, e também é possível visualizar uma nascente sem preservação. Tais fatos demonstram, portanto, a necessidade de recuperação e certamente, do uso e ocupação adequado da terra.

Figura 36 - Falta de preservação no córrego



Fonte: Maciel (2016).

Na Figura 37, visualiza-se lixo em Áreas de Preservação Permanente e nos gabiões. Como forma de retirar os lixos encontrados nesses gabiões, por parte da administração, foram retirados os mesmos que haviam sido colocados no local como barreiras de contenção ou estabilização de taludes.

Figura 37 - Lixo em Áreas de Preservação Permanente



Fonte: Maciel (2016).

Na Figura 38, observa-se a situação do canal de drenagem em que loteamentos próximos estão impermeabilizando o solo e a água coletada por estes é lançada aos corpos d'água, carregando terras e sedimentos de construção e, conseqüentemente, tem-se o assoreamento do córrego. A figura ilustra três momentos do córrego do Monjolo, sendo a figura (a) de abril de 2013, a (b) de novembro de 2013 e (c) de janeiro de 2014.

Figura 38 - Córrego Monjolo - Pederneiras/SP



Fonte: Maciel (2016).

Outro problema de alguns pontos da cidade de Pederneiras é o fato de alguns loteamentos urbanos não apresentam Estudos de Impacto Ambiental (EIA). Segundo a Lei Complementar nº 2.523/06 do Plano Diretor do município de Pederneiras, em seu Anexo 5, sobre o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) define que é:

O estudo técnico que deve ser executado de forma a analisar os efeitos positivos e negativos de um empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, devendo observar no mínimo as questões de adensamento populacional, equipamentos urbanos e comunitários, uso e ocupação do solo, valorização imobiliária, geração de tráfego e demanda por transporte público, ventilação, iluminação, paisagem urbana e patrimônio natural e cultural (PEDERNEIRAS, 2016).

Na Figura 39, Maciel (2016) apresentou-se alguns loteamentos já consolidados que não possuem estudos de impacto ambiental e impacto de vizinhança, sendo que

tais estudos são indispensáveis para garantir uma melhor qualidade de vida a toda comunidade.

Figura 39 - Pontos de alagamentos e loteamentos sem EIA



Fonte: Maciel (2016).

Na Figura 40, visualiza-se o ponto 5 que foi apresentado na figura anterior. Nesta figura tem-se o ribeirão Pederneras, em 2014, e neste trecho tem-se a ausência das Áreas de Preservação Permanente e de vegetação ciliar, resíduos jogados em lugar inadequado e sedimentos assoreando o ribeirão.

Figura 40 - Sedimentos no ribeirão Pederneras



Fonte: Maciel (2016).

Em janeiro de 2014, uma forte chuva foi registrada. Segundo o coordenador da Defesa Civil, Silvio Bueno, a chuva foi muito forte, de 108 milímetros em 35 minutos onde 42 imóveis foram invadidos pelas águas, cinco veículos ficaram submersos e alguns foram arrastados nas margens do córrego, não havendo vítimas e sim prejuízos materiais. A última chuva desse montante em Pederneiras foi em 1997 (TEM NOTÍCIAS, 2014).

Na imagem (a) da Figura 41, tem-se o ribeirão Pederneiras um dia após a enchente que ocorreu em janeiro de 2014, já a imagem (b) é de fevereiro do mesmo ano e pode-se visualizar o ribeirão Pederneiras e no seu entorno uma área mais limpa devido a execução de serviços realizados pela prefeitura do município.

Figura 41 - Antes e após enchentes



Fonte: Maciel (2016).

Após 4 dias da inauguração oficial da ponte do córrego do Monjolo, em 2015, uma forte chuva com duração de 22 minutos fez o mesmo transbordar, Figura 42.

Figura 42 - Dias após a inauguração da ponte



Fonte: Maciel (2016).

Algumas medidas que são compatíveis com a preservação e conservação do meio ambiente são salientadas, na qual um morador do município e representante das causas a favor da preservação do córrego Monjolo, após diversas tentativas de medidas preventivas por parte da prefeitura decidiu recompor algumas áreas com plantas frutíferas, mesmo as Áreas de Preservação Permanente tendo como objetivo a proteção sem nenhum uso (diferente do conceito de Reserva Legal) a atitude é favorável visto a situação que encontra-se as margens do córrego.

Além disso, o mesmo acionou o Ministério Público para que providências sejam tomadas quanto a capacidade de vazão do córrego Monjolo e do ribeirão Pederneiras que em épocas de cheias tem ocasionado os problemas apresentados.

Ações de mobilização social que integram a sociedade são atitudes que demonstram a luta por um ambiente adequado, além de ser uma forma de cobrar das autoridades e acompanhar fiscalizando se medidas estão sendo tomadas.

Ainda, sobre os problemas da área de estudos, outro entrave é quanto as represas. Para exemplificar, tem-se a chuva que aconteceu no dia 12 de janeiro de 2016 e que durante 5 horas choveu o equivalente a 178 mm, alagou cerca de 150 imóveis e deixou aproximadamente 400 desabrigados e uma vítima fatal.

O Ministério Público apura se a enchente histórica que atingiu a cidade foi provocada ou agravada pelo rompimento de represas localizadas em propriedades

rurais e uma delas, está localizada em área da empresa Duratex, tinha aproximadamente 17.575 metros quadrados, Figura 43.

Figura 43 - Represa que rompeu em área da Duratex



Fonte: JCNet (2016)

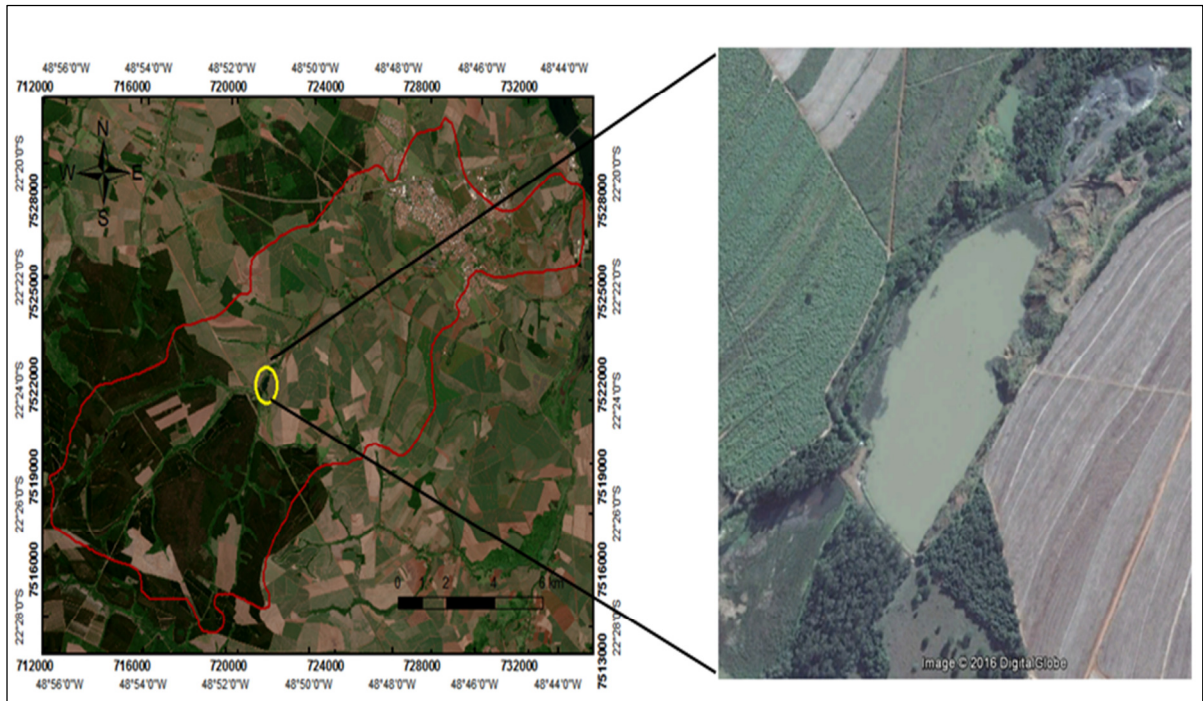
Ao JCNet (2016), a assessoria de comunicação da Duratex informou que “a empresa vistoriou os açudes da Fazenda Monte Alegre e constatou que o volume de água no local não foi suficiente para ultrapassar a zona rural no entorno da fazenda e salientou que a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras é composta por diversos afluentes distribuídos pela região”.

É importante frisar que no caso da Duratex existe um plano de manejo e toda a certificação necessária, deixando um alerta para o município, uma vez que este não tem controle das represas localizadas em pequenas propriedades.

Com esse rompimento, a tragédia poderia ter sido maior. Segundo informações relatadas por JCNet (2016), uma pedreira localizada no bairro rural de Itatinguy, em Pederneiras, com aproximadamente 150 metros de largura por 300 metros de comprimento e profundidade que varia entre 25 e 40 metros, ajudou a represar parte da água que seguiria para o ribeirão Pederneiras, no volume aproximado de 1,5 milhão de metros cúbicos.

Na Figura 44, é possível visualizar a localização da pedreira e a situação da mesma em dezembro de 2016.

Figura 44 - Localização da pedreira



Fonte: Adaptado de Google Earth (2016).

Na Figura 45 e Figura 46 tem-se imagens da pedreira em 2014 e em 2016 (dias após o represamento das águas), realizadas por meio de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT).

Figura 45 - Pedreira em 2014



Fonte: Vechetti (2014).

Figura 46 - Pedreira em 2016

Fonte: Vechetti (2016)

Em 3 de janeiro de 2017, a Prefeitura de Pederneiras iniciou novamente um trabalho de limpeza preventiva no córrego Monjolo, Figura 47. Além de lama e pedras foi retirado lixo e entulho em grande quantidade. A quantidade total de sedimentos foi estimada em 80 metros cúbicos de sedimentos (PEDERNEIRAS, 2017).

Figura 47 - Medidas de prevenção

Fonte: (a,b) RecordPaulista (2017); (c,d) Pederneiras (2017).

No dia de 14 de janeiro de 2017, a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros, ambos de Pederneiras, realizaram um trabalho que teve como objetivo a inspeção e o reconhecimento de áreas inundáveis no Ribeirão Pederneiras e no córrego do Monjolo, em todo o trecho urbano.

O trecho urbano do Ribeirão Pederneiras até a Foz, no rio Tietê, tem cerca de 7 quilômetros de extensão e o córrego do Monjolo, aproximadamente 900 metros e todas as pontes foram vistoriadas.

Segundo Pederneiras (2007), foram levantadas todas as represas em situação de risco, pontes em processo erosivo, área com risco de alagamento, áreas invadidas irregularmente, entre outras situações de vulnerabilidade e risco.

A ação do governo teve coletar informações para elaborar um plano com todas as demandas para posteriormente, buscar verbas para solucionar tais problemas. Porém, a retirada de 100 famílias que moram em áreas de riscos, em curto prazo está fora dos planos (TEM NOTÍCIAS, 2017).


Desta forma, por meio de pesquisas em sites e jornais, verificou-se que esses processos de limpeza do ribeirão Pederneiras e do córrego do Monjolo já foram realizados em anos anteriores e por diversas gestões municipais.

Na Figura 48 visualiza-se um ofício encaminhado por um vereador à Câmara Municipal de Pederneiras no qual o mesmo sugere uma lei para reflorestar o ribeirão Pederneiras.

Como justificativa o vereador afirmou conhecer o ribeirão Pederneiras há mais de 50 anos e observou-se que suas águas tem diminuído em virtude do desmatamento na área.

O ofício é datado em 13 de maio de 1985 o que evidencia ainda mais que os problemas relacionados ao ribeirão Pederneiras já duram mais de 30 anos.

Figura 48 - Ofício de pedido de reflorestamento do ribeirão Pederneiras



CÂMARA MUNICIPAL DE PEDERNEIRAS - S.P.

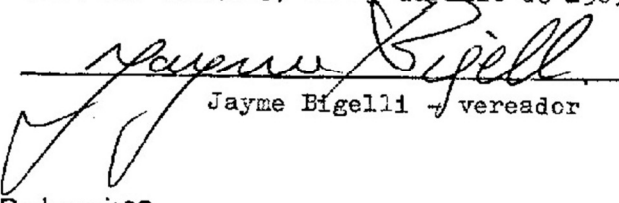
REQUERIMENTO Nº 011/85

Requeiro à Mesa, ouvido o Plenário, que esta Casa de Leis, tome medidas destinadas a salvar o Ribeirão Pederneiras de possível extinção, devido à lixiviação e assoreamento que vem sofrendo ao longo dos anos.

JUSTIFICATIVA: Este vereador que conhece o Ribeirão Pederneiras há mais de 50 anos, tem observado que suas águas, tem diminuído em mais de 80% neste período; isto devido ao desmatamento indiscriminado ao longo de seu curso e principalmente nas cabeceiras.

Sugiro à Casa, elaborar uma lei para o reflorestamento com as mesmas espécies nativas de outrora, em todas as cabeceiras de seus mananciais e ao longo de seu curso, para que se reverta o processo de extinção deste rio, tão necessário para a vida de nosso município para as gerações futuras.

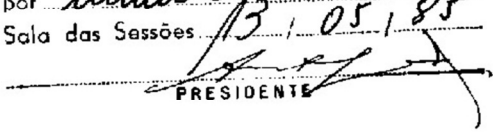
Sala das sessões, em 13 de maio de 1985.


 Jayme Bigelli - vereador

Câmara Municipal de Pederneiras

APPROVADO, nos expressos termos do regimento interno, como dispõe, por Munim dos Reis

Sala das Sessões 13/05/85


 PRESIDENTE

Rua Siqueira Campos, S-54

CEP 17280

Fone (0142) 521355

Fonte: Pederneiras (2017).

Ainda, entre os diversos ofícios solicitando medidas de limpeza e de conservação no ribeirão Pederneiras e córrego do Monjolo, na Figura 49 visualiza-se

um ofício do ano de 1999 onde se solicita a limpeza por meio da dragagem e capinação desses rios.


Figura 49 - Ofício de pedido de limpeza no ribeirão Pederneiras

<p>CÂMARA MUN. DE PEDERNEIRAS PROTOCOLO N.º <u>169/99</u> PEDERNEIRAS, <u>20</u> / <u>04</u> / <u>99</u></p> <p>ORIPES MACIEL Assessor da Câmara Municipal</p>	<p>PREFEITURA MUN. DE PEDERNEIRAS PROTOCOLO N.º <u>2024</u> PEDERNEIRAS, <u>28</u> / <u>04</u> / <u>99</u></p> <p>VISTO</p> <p>CÂMARA MUNICIPAL DE PEDERNEIRAS</p> <p>INDICAÇÃO N.º <u>053 / 19899</u></p>
---	---

Senhor Prefeito Municipal.

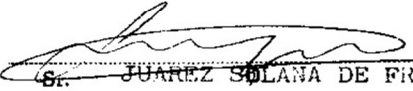
O Vereador que esta subscreve, nos termos regimentais, faz a Vossa Excelência a seguinte Indicação: Estudar a possibilidade junto ao Setor Competente para fazer a limpeza do Córrego Água do Monjolo e do Ribeirão Pederneiras, através de dragagem e com a devida capinação:

JUSTIFICATIVA Já faz muito tempo que não se faz este tipo de serviço nos rios de nossa cidade, que já se encontram com suas margens totalmente tomadas pelo mato, lixos e resíduos trazidos pelas águas das chuvas.

ENCAMINHE-SE AO EXECUTIVO,
 NOS TERMOS REGIMENTAIS
28 / 04 / 99

 PRESIDENTE

MARIA ELENA DE PONTES PARIZ
 PRESIDENTE

Sala das Sessões, 26 / abril / 1989


 Sr. JUAREZ SOLANA DE FREITAS
 Vereador

TRAVESSA ANCHIETA N.º S-51 - FONE (0142) * 52-1355 - CEP 17.280 - PEDERNEIRAS - S. P.

Via Branca: Sr. Prefeito - Amarela: Sr. Vereador - Verde: Arquivo

Fonte: Pederneiras (2017).

Em abril de 2013, a prefeitura investiu 8 mil reais para a limpeza do córrego do Monjolo sendo esta uma das medidas tomadas para evitar o transbordo do córrego em épocas de chuva torrencial.

A cidade está crescendo com novos loteamentos, novas ruas e avenidas e muita construção e isso aumenta o volume de água que o córrego recebe, por isso, a limpeza é uma forma de precaver para aumentar a capacidade de escoamento de água do Monjolo (CAMARGO, 2013 apud PEDERNEIRAS, 2013a).

Ainda em 2013, representantes da defesa civil do estado de São Paulo fizeram vistoria em pontes do córrego Monjolo. Segundo Bueno (2013) apud Pederneiras (2013b), as pontes são antigas e não estão dando vazão ao grande volume de água que desce pelo córrego em dias de chuva, sendo esse problema agravado devido a abertura de novas vias públicas e construção de novos bairros e loteamentos.

Em janeiro de 2014, uma nova limpeza foi realizada no córrego do Monjolo e nesse mesmo ano, um grupo que se mobilizou por redes sociais foi recebido pelo prefeito da época para tratar de assuntos pertinentes às melhorias necessárias para esse córrego. Nesta ocasião foi anunciado que o município recebeu 243 mil reais para realizar o Plano Municipal de Drenagem (Plano Diretor Hídrico Municipal).

No final de 2014, a secretaria do meio ambiente utilizou draga para retirar 100 toneladas de sedimento do córrego do Monjolo. Segundo Pederneiras (2014), a dragagem do rio, tecnicamente, torna a calha pluvial mais profunda, aumentando a capacidade de escoar a água e evitando que ela retorne e transborde na parte urbana do córrego.

Porém, para um melhor resultado seria preciso que a prefeitura investisse em medidas em diversos pontos ao longo do ribeirão Pederneiras e do córrego Monjolo.

O trabalho de dragagem do rio foi realizado em parceria com o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo e a prefeitura de Pederneiras com autorização e licenciamento pela CETESB (órgão que regulamenta trabalhos de impacto ambiental).

Em novembro de 2015, mais uma limpeza foi realizada no córrego, isso decorre que com o passar do tempo, o leito acaba recebendo muitos sedimentos. Segundo Brambila (2015) apud Pederneiras (2015), “parte desses sedimentos vem carregado pelas chuvas e parte, infelizmente, é fruto da falta de cidadania de uma pequena parcela da população”.

Ainda, Brambila (2015) apud Pederneiras (2015) ressalta que desde o início da limpeza foi encontrado dezenas de garrafas pet e sacos plásticos, latas de refrigerantes, fraldas e até um cano de PVC de mais de 8 metros sendo o normal, encontrar apenas sedimentos como pedra, terra e mato.

Este problema, também se estende de décadas. Em 2010, foi encaminhado mais um ofício a Câmara Municipal de Pederneiras no qual o vereador pede medidas urgentes de forma que a população deixe de jogar lixo no ribeirão Pederneiras, Figura 50.

Figura 50 - Ofício de pedido de medidas para conscientização da população

PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDERNEIRAS 28-04/2010 15:06:00

 **CÂMARA MUNICIPAL DE PEDERNEIRAS**

CÂMARA MUN. DE PEDERNEIRAS
PROTOCOLADO N.º 222/10
21-04-2010

INDICAÇÃO N.º 043 /2010

ORIPES MACIEL
Diretor Geral de Administração

Senhora Prefeita Municipal,

O Vereador que esta subscreve, nos termos regimentais, faz a Vossa Excelência a seguinte indicação: Estudar a possibilidade, juntamente com o Departamento Competente, medidas urgentes, de forma que a população da cidade deixe de jogar lixo, entulho ou qualquer paca velha ou que esteja em desuso, no Ribeirão Pederneiras, bem como no Córrego do Monjolo.

JUSTIFICATIVA:

Muitas pessoas ainda não perceberam o mal que isso traz para os rios, impedindo o escoamento natural de suas águas, além de produzir mau cheiro onde isso vem acontecendo.

Sala "Dr. Alberto Clementino Moreira", 22 de abril de 2010.

ENCAMINHA-SE AO EXECUTIVO,
NOS TERMOS REGIMENTAIS
23-04-10


Juarez Solana de Freitas
Presidente


JOÃO CARLOS MILAROSKI
Vereador

Fonte: Pederneiras (2017).

Conforme o exposto na figura anterior e de informações expostas aqui, destaca-se que é importante a conscientização por parte da população senão, o trabalho realizado por meio da prefeitura acaba ficando incompleto e com sua eficácia reduzida.

Em março de 2016, mais uma limpeza foi efetuada no córrego do Monjolo e no ribeirão Pederneiras, Figura 51, e muitos dos dejetos retirados foram decorrentes da enchente que aconteceu no dia 12 de janeiro de 2016.

Figura 51 - Limpeza do córrego do Monjolo e ribeirão Pederneiras



Fonte: Pederneiras (2016a)

Em junho de 2016, obras foram concentradas no ribeirão Pederneiras para acertar os taludes das margens, desassorear o leito e ainda remover resíduos de pequeno e grande porte depositados no ribeirão (PEDERNEIRAS, 2016b).

Frente ao que foi apresentado, percebeu-se que algumas atitudes estão sendo tomadas por parte da administração pública, porém, é importante enfatizar que faltam muitas outras medidas de prevenção e controle desses impactos ambientais, por exemplo, uma legislação municipal mais eficiente tanto no quesito mudança quanto na aplicabilidade da mesma.

Se, antes de tudo, um planejamento anterior tivesse sido realizado, esses problemas não estariam acontecendo nessas proporções.

A falta de planejamento é o principal motivo que leva ao avanço da degradação do meio ambiente em zonas urbanas e rurais. Grande parte das nossas cidades que começaram a ser erguidas no final do século XIX e início do século XX não foram devidamente planejadas para a vida dos seus futuros moradores. O desenvolvimento

tecnológico e econômico fez que essas cidades rapidamente se expandissem, mas sem o planejamento ideal (FOLHARINI; ARRUDA, 2010).

Na Constituição do Brasil de 1988 (artigo 30, VIII) é exposto ser de competência dos municípios o “planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”. Com isso, pode-se afirmar que junto ao processo e evolução urbana faltou-se o acompanhamento dos órgãos públicos municipais conforme previsto em lei.

Nesta mesma legislação, em seu Art. 182, é mencionado que “a política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”, corrobora com isso, o Art. 225 ao afirmar que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Ainda, no Art. 182, “a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor”. E no Art. 186, “a função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos: I - aproveitamento racional e adequado; II - utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente”. Desta forma, fica bem claro que nem o urbano e nem rural estão de acordo com a legislação e conseqüentemente, não estão preocupadas com o que pode acontecer futuramente, apesar de que os acontecimentos da atualidade já demonstram como pode ficar o futuro se medidas não forem tomadas com urgência.

Para complementar, tem-se o Estatuto da Cidade e em seu Art. 1 menciona como uma das diretrizes para a política urbana o “planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente” (BRASIL, 2001).

Nessa diretriz, fica evidente a preocupação com o crescimento urbano desordenado que tem provocado a degradação do meio ambiente. E ainda, segundo

o Estatuto, devem ser utilizados instrumentos como o “estudo prévio de impacto ambiental e estudo prévio de impacto de vizinhança” que constituem-se instrumento mediador entre os interesses privados e o direito à qualidade urbana daqueles que estão próximos as áreas que serão objeto de grandes empreendimentos.

Tudo que foi exposto anteriormente evidenciou conflitos entre sociedade e natureza. E nesta perspectiva analítica, Spósito (2005), faz referência a análise da dimensão temporal, implicada no social e no ambiental, cujas dimensões de avanço e aprimoramento se dão de maneira diferente.

Cada vez que o social avança sobre o natural, apropriando e explorando-a, a escala temporal natural se vê corrompida pela escala da sociedade, que tem um avanço técnico, científico bem mais acelerado que os processos e dinâmicas naturais, e isso faz com que essa intervenção no natural aconteça de maneira mais rápida e intensa (PUSSININI, 2011).

Spósito (2005) resume que os problemas urbanos são na essência problemas decorrentes do descompasso entre o tempo da natureza - o das eras geológicas - e do tempo da sociedade - o dos anos, dias e horas.

4.4 Microbacias hidrográficas do ribeirão Pederneiras

A bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras foi dividida em 11 microbacias. Para realizar a análise morfométrica foram escolhidas 6 microbacias em função da sua área e do comprimento da rede de drenagem. Na sequência, apresenta-se os nomes das microbacias escolhidas e durante a discussão dos resultados elas serão identificadas como microbacias de I a VI.

Microbacia I - Microbacia hidrográfica do córrego da Paciência.

Microbacia II - Microbacia hidrográfica do córrego do Curtume.

Microbacia III - Microbacia hidrográfica do córrego da Areia Branca.

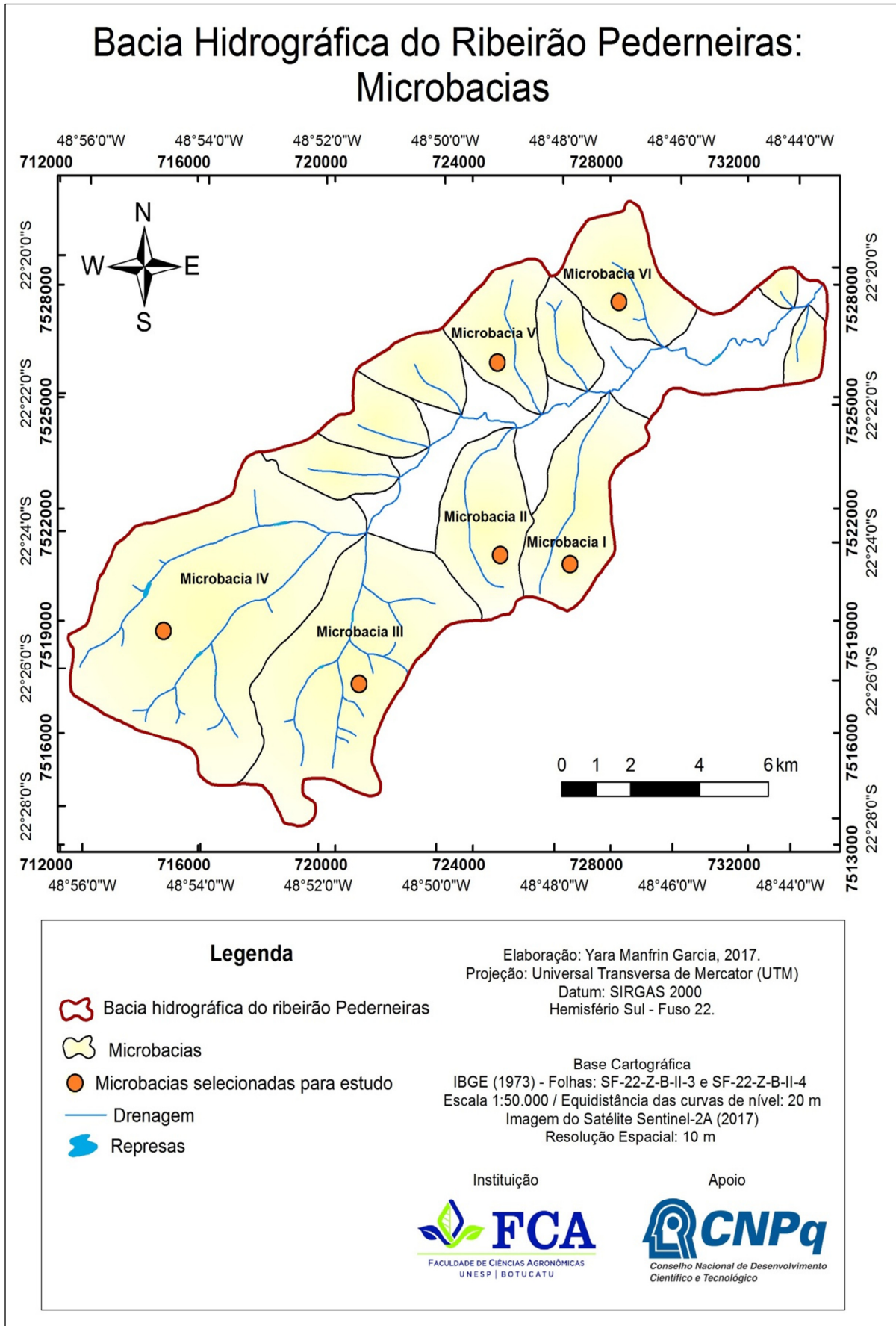
Microbacia IV - Microbacia hidrográfica de cabeceira do ribeirão Pederneiras.

Microbacia V - Microbacia hidrográfica do córrego do Macuco.

Microbacia VI - Microbacia hidrográfica do córrego Água do Monjolo.

Na Figura 52, tem-se as microbacias do ribeirão Pederneiras e as selecionadas para estudo.

Figura 52 - Mapa das microbacias da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras



4.4.1 Dados das microbacias hidrográficas

A área da bacia hidrográfica corresponde a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial inclusa entre seus divisores topográficos e é o elemento básico para o cálculo de outras várias características físicas. O perímetro é a soma de todos os corresponde ao comprimento dos limites estabelecidos pelos seus divisores de água.

Na Tabela 11 tem-se os dados referente as seis microbacias selecionadas da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras. Os dados contidos são a área das microbacias, perímetro, maior comprimento, maior largura e maior e menor altitude.

Tabela 11 - Dados das microbacias hidrográficas

Microbacias	Área (km²)	Perímetro (km)	Maior comprimento (km)	Maior largura (km)	Maior altitude	Menor altitude (m)
I	11,49	15,63	5,89	2,67	580	460
II	10,03	13,28	5,19	2,77	580	480
III	26,25	25,54	7,97	4,87	600	520
IV	41,20	28,24	9,60	6,57	600	520
V	7,73	11,79	4,07	2,72	600	480
VI	8,69	12,28	3,93	3,04	580	480

4.4.2 Parâmetros morfométricos relacionados à forma

Para os parâmetros morfométricos quanto a forma, analisou-se o índice de forma (If) e índice de circularidade (Ic).

O índice de forma indica maior ou menor tendência a enchentes. As microbacias I, II, III, IV, V apresentam valores que variam de 0,33 a 0,47 e por isso apresentam baixa tendência a enchentes. Na microbacia VI o valor de índice de forma é de 0,56 e, portanto, apresenta uma tendência mediana a enchentes.

Quanto ao índice de circularidade, a microbacia I apresentou índice de 0,59 a microbacia III, de 0,51 sendo considerado como de baixa tendência a enchentes. As microbacias II, IV, V e VI apresentam valores que variam de 0,65 a 0,72, o que

indica que essas bacias tendem a apresentarem uma forma mais ovalada e uma tendência mediana a enchentes, Tabela 12.

Tabela 12 - Índices quanto a forma da bacia

Microbacias	Índice de forma (If)	Índice de circularidade (Ic)	Formato da bacia	Tendência a enchentes
I	0,33	0,59	Oblonga	Baixa
II	0,37	0,71	Oblonga/Ovalada	Baixa/Média
III	0,41	0,51	Oblonga	Baixa
IV	0,45	0,65	Oblonga/Ovalada	Baixa/Média
V	0,47	0,70	Oblonga/Ovalada	Baixa/Média
VI	0,56	0,72	Ovalada	Média

4.4.3 Parâmetros morfométricos relacionados à drenagem

Os parâmetros relacionados à drenagem foram densidade de drenagem (Dd) e densidade hidrográfica (Dh), razão de textura (T), coeficiente de manutenção (Cm), extensão do percurso superficial (Eps), gradiente de canais (Gc) e ordem dos rios.

A microbacia IV é a que possui maior extensão de canais de drenagem, seu valor corresponde a 23,95 km de extensão, enquanto que a microbacia VI possui a menor extensão, 3,20 km. Percebe-se que quanto maior for o comprimento da drenagem maior é a área drenada e maior será o número de afluentes, em áreas planas.

A densidade de drenagem está relacionada com o escoamento superficial e todas as microbacias estudadas apresentaram resultados que variam de 0,37 (microbacia VI) a 0,69 (microbacia III) sendo esses valores considerados baixos conforme França (1968), ou seja, apresentam uma drenagem pobre.

A densidade hidrográfica é uma variável de grande importância por representar o comportamento hidrológico de uma determinada área em um dos seus aspectos fundamentais, que é a capacidade de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1974) e as microbacias I, II, V e VI apresentaram valores entre 0,09 km² (microbacia I) e 0,34 km² (microbacia VI). Já a microbacia IV apresentou valor de 0,55 km² e a microbacia III de 0,72 km².

A razão de textura tem como objetivo expressar o espaçamento entre os canais de drenagem. Com base na classificação de França (1968), todas as microbacias estudadas foram enquadradas como tipologia grosseira. Os resultados variaram entre 0,09 rios/km, microbacia I, até 0,43 rios/km, microbacia III.

Esses resultados eram esperados para as áreas, pois em microbacias pequenas, a razão de textura tende a ser menor, ampliando-se com o aumento do ordenamento hidrográfico e da área de drenagem (FRANÇA, 1968).

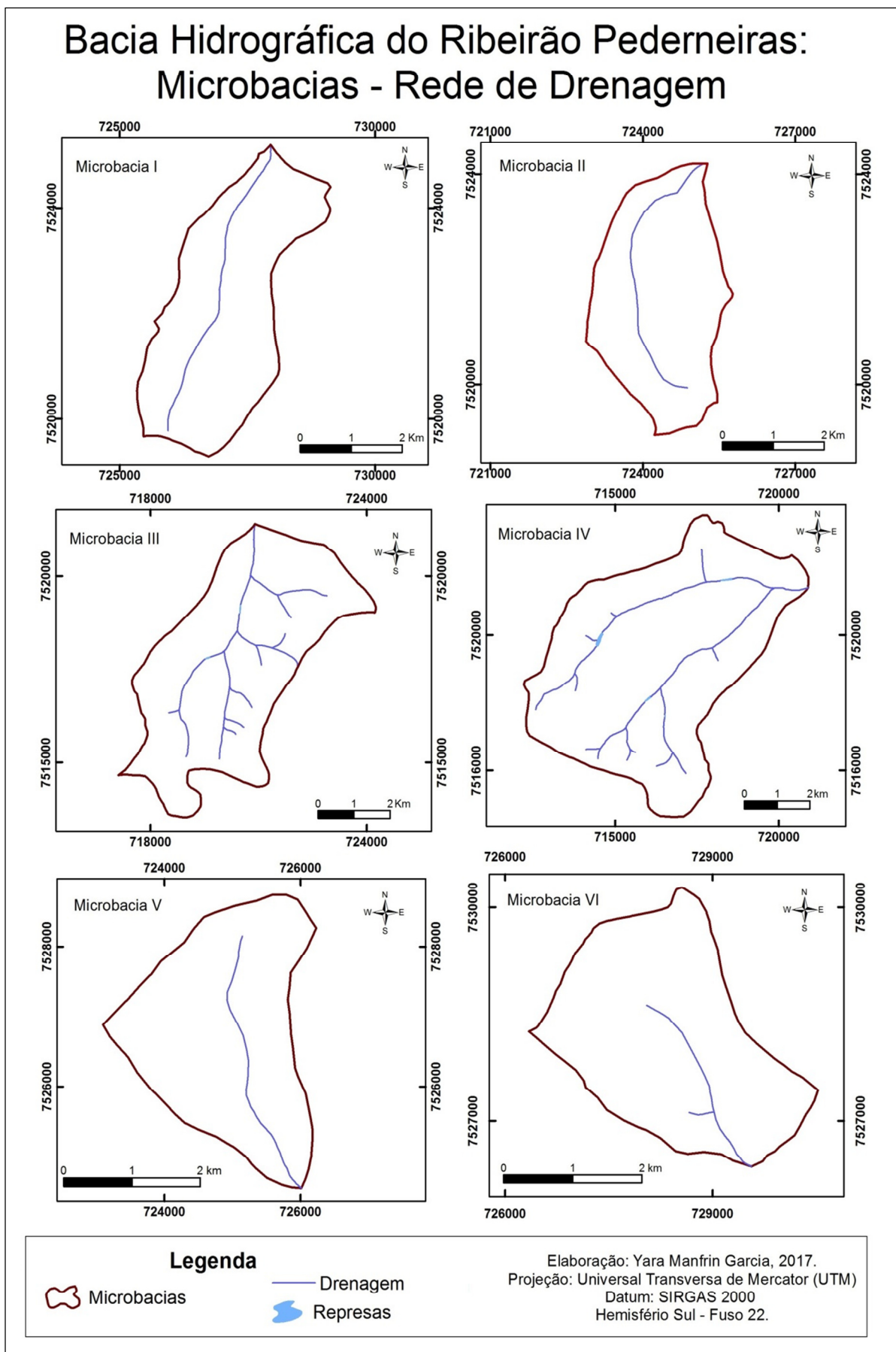
E esses valores baixos de razão de textura indicam que a sub-superfície é permeável e facilita a infiltração. A presença de vegetação reduz o valor de T e tende a aumentar a percolação das águas subterrâneas, dependendo, ainda, das características pedológicas e geológicas (DIPAK et al., 2015 apud SOARES et al., 2016), Tabela 13.

Tabela 13 - Parâmetros monométricos relacionados a drenagem

Microbacias	Área (km²)	Extensão dos canais de drenagem (km)	Densidade de drenagem (km/km²)	Densidade hidrográfica (km²)	Razão de textura (rios/km²)
I	11,49	6,00	0,52	0,09	0,06
II	10,03	5,45	0,54	0,1	0,08
III	26,25	18,09	0,69	0,72	0,43
IV	41,20	23,95	0,58	0,55	0,42
V	7,73	3,94	0,51	0,12	0,08
VI	8,69	3,20	0,37	0,34	0,16

Na Figura 53, visualiza-se a rede de drenagens das microbacias hidrográficas.

Figura 53 - Mapas da rede de drenagem das microbacias hidrográficas



O coeficiente de manutenção representa a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal (BORSATO; MARTONI, 2004), indicando uma estimativa da área mínima que é exigida para que o canal de drenagem possa se implementar e desenvolver.

Este coeficiente varia entre 1,45 km²/km, na microbacia III, a 2,71 km²/km na microbacia VI. Assim pode-se afirmar, que na microbacia III é necessário 1,45 km² para manter ativo um quilômetro (km) de canal fluvial.

Lana et al. (2001) constataram que quanto menor for o resultado obtido para o coeficiente de manutenção, de uma maneira geral, maior é a riqueza da microbacia em cursos d'água.

O valor de extensão do percurso superficial é semelhante, na forma de interpretar, ao coeficiente da manutenção. O que difere é que o coeficiente de manutenção tem o resultado expresso em área mínima necessária para a existência de um canal. A extensão do percurso superficial indica o comprimento do caminho percorrido pelas águas pluviais antes de se estabilizarem ao longo de um canal. Os valores das microbacias variaram de 725,44 m, microbacia III, a 1356,47 m na microbacia VI. Esses dados são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Extensão do percurso superficial das microbacias

Microbacias	Coeficiente de manutenção (km²/km)	Extensão do percurso superficial (m)	Gradiente de canais (%)
I	1,92	958,16	9,67
II	1,84	920,99	10,65
III	1,45	725,44	8,58
IV	1,72	860,07	7,02
V	1,96	981,62	15,23
VI	2,71	1356,47	20,42

Os valores médios da extensão do escoamento superficial e do coeficiente de manutenção, ao contrário das demais características, diminuem à medida que o relevo se torna mais movimentado, visto que terrenos muito dissecados com alta densidade de rios faz com que a extensão do percurso superficial seja reduzida condicionando menores áreas de contribuição ou manutenção (CHRISTOFOLETTI, 1980 apud PISSARA; POLITANO; FERRAUDO, 2004).

Os valores encontrados de gradiente de canais nas microbacias variam de 7,02%, microbacia IV, a 20,42%, microbacia VI. Segundo Horton (1945), a finalidade desse índice é indicar a declividade dos cursos d'água, o valor encontrado mostra que os canais tendem a possuir mediana a baixa declividade.

Para Horton (1945) a ordem da microbacia é uma classificação da rede de drenagem, com a identificação e quantificação de todos os canais. Quanto maior for à ordem do rio principal, maior será a quantidade de rios existentes e maior será também sua extensão.

As microbacias I, II e V foram identificadas como de 1ª ordem, a microbacia VI de 2ª ordem e as microbacias III e IV são consideradas de 3ª ordem.

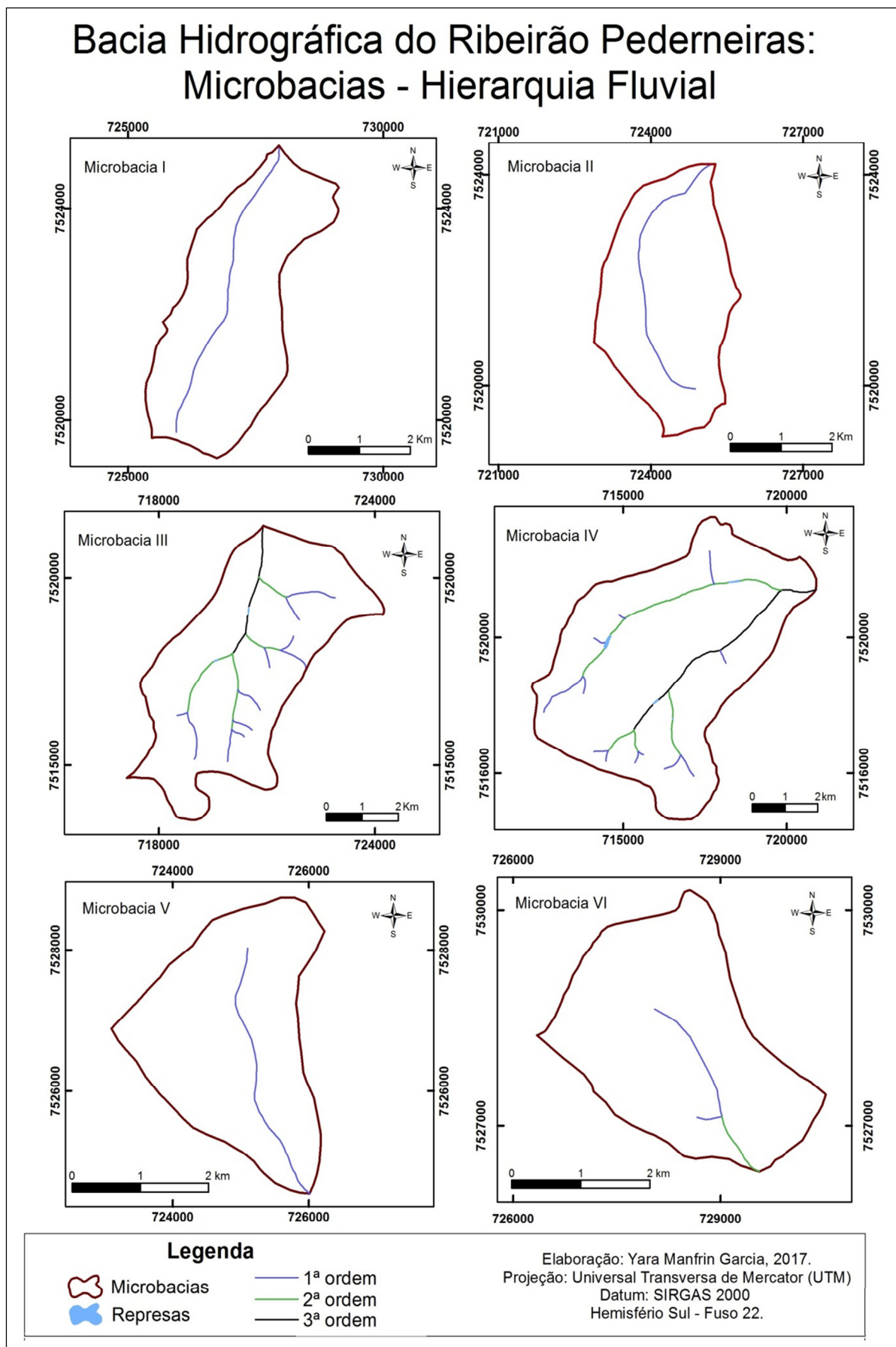
A microbacia IV possui a maior quantidade de canais, 23, com um comprimento total da rede de drenagem de 23,95 km de extensão. A microbacia III possui a segunda maior quantidade de canais, 19, com um comprimento total da rede de drenagem de 18,09 km de extensão, Tabela 15.

Tabela 15 - Ordem das microbacias

Microbacia	Ordem (W)	Nº de rios	Total de rios	Comprimento (km)	Cr (km)
I	1ª	1	1	6,00	6,00
II	1ª	1	1	5,45	5,45
	1ª	11		8,59	
III	2ª	5	19	6,17	18,09
	3ª	3		3,33	
	1ª	12		6,89	
IV	2ª	7	23	9,99	23,95
	3ª	4		7,07	
V	1ª	1	1	3,94	3,94
VI	1ª	2	3	2,23	3,20
	2ª	1		0,97	

Na Figura 54, é possível visualizar a ordem dos rios das microbacias hidrográficas.

Figura 54 - Mapas da hierarquia fluvial das microbacias hidrográficas



4.4.4 Parâmetros morfométricos relacionados ao relevo

Os parâmetros morfométricos relacionados ao relevo foram analisados a maior e menor altitude (AM e am, respectivamente), altitude média (Hm), amplitude altimétrica (H), declividade média (D), coeficiente de rugosidade (Rn) e razão de relevo (Rr).

A magnitude dos picos de enchente e infiltração de água, trazendo, como consequência, maior ou menor grau de erosão, depende da declividade média da microbacia (que determina maior ou menor velocidade de escoamento da água superficial), associada à cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra (ROCHA; KURTZ, 2001).

A microbacia IV apresenta declividade média de 4,77% e a maior declividade corresponde a 6,06% para a microbacia I. Desta forma, todas as microbacias são classificadas como relevo suave ondulado.

A razão de relevo permite comparar a altimetria das regiões e determinar a maior ou menor velocidade de água a escoar na bacia hidrográfica.

Todas as microbacias apresentaram valores considerados baixos, que variam entre 0,02 a 0,030, indicando uma menor velocidade de escoamento superficial o que possibilita uma melhor infiltração da água no solo e evita processos erosivos, Tabela 16.

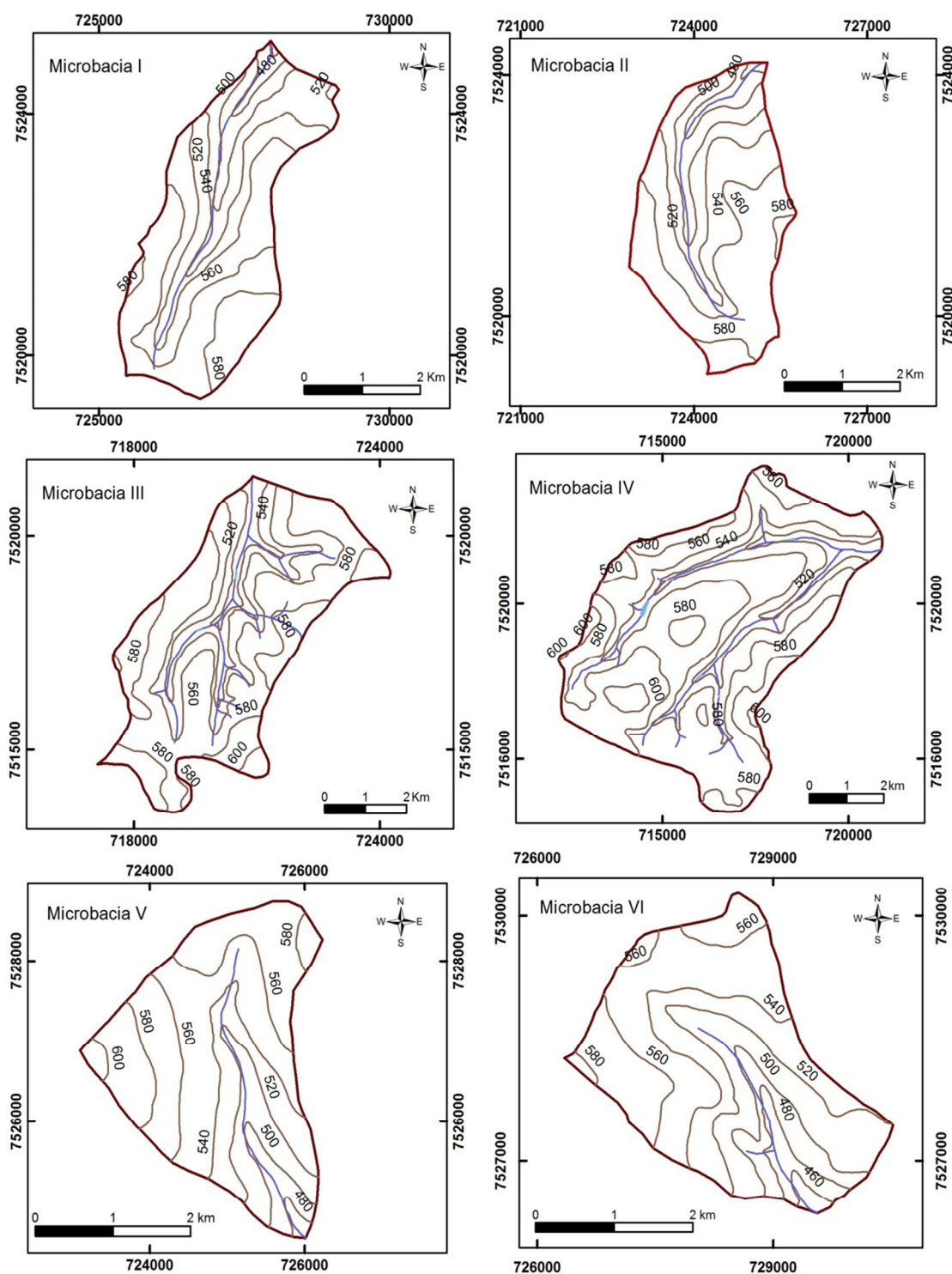
Tabela 16 - Comprimento das curvas de nível, declividade média e razão de relevo das microbacias

Microbacias	Comprimento das curvas de nível (km)	Declividade média (D%)	Razão de relevo
I	34,82	6,06	0,02
II	27,50	5,48	0,019
III	66,82	5,09	0,010
IV	98,25	4,77	0,008
V	21,90	5,66	0,030
VI	25,83	5,94	0,025

Na Figura 55, é possível visualizar as curvas de nível das microbacias hidrográficas.

Figura 55 - Mapas da planialtimetria das microbacias hidrográficas

Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pederneiras: Microbacias - Planialtimetria



Legenda

- Microbacias
- Drenagem
- Curvas de nível
- Represas

Elaboração: Yara Manfrin Garcia, 2017.
 Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Datum: SIRGAS 2000
 Hemisfério Sul - Fuso 22.

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo coeficiente de rugosidade, obtido do produto entre a densidade de drenagem e a declividade média da microbacia.

As microbacias I, II, III e IV por apresentarem maiores valores de coeficiente de rugosidade, tem maiores chances de sofrer efeitos da erosão, Tabela 17.

Tabela 17 - Coeficiente de rugosidade das microbacias

Microbacias	Coeficiente de rugosidade
I	3,16
II	2,98
III	3,51
IV	2,77
V	2,88
VI	2,19

A partir do coeficiente de rugosidade foi possível estabelecer as classes para uso potencial da terra, por meio do cálculo da amplitude dos valores dos coeficientes encontrados nas microbacias, Tabela 18.

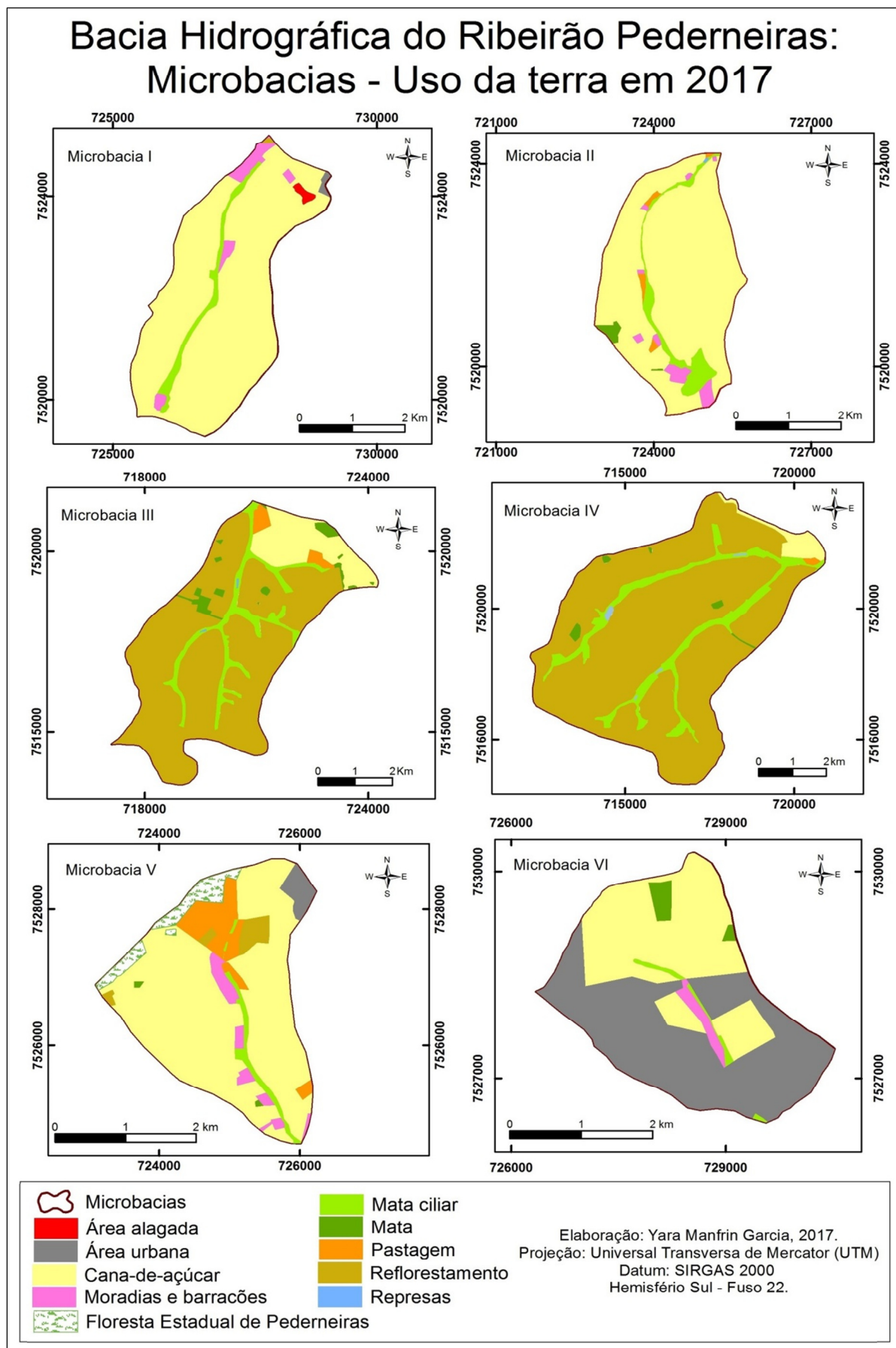
Tabela 18 - Classes de uso da terra a partir do coeficiente de rugosidade

CR	Classe	Microbacia
2,19 - 2,52	A - Solos com aptidão para agricultura	VI
2,53 - 2,85	B - Solos com aptidão para pastagem	IV
2,86 - 3,19	C - Solos com aptidão para pastagem/florestamento	I, II, V
3,20 - 3,53	D - Solos com aptidão para florestamento	III

4.4.4.1 Usos da terra

Por meio dos mapas de uso e ocupação atual da terra das microbacias hidrográficas, Figura 56, obtido pela interpretação da imagem de satélite foi possível identificar dez (10) classes de uso que são: mata, mata ciliar, reflorestamento, cana-de-açúcar, pastagem, Floresta Estadual de Pederneiras, represas, área urbana, moradias e barracões e área alagada.

Figura 56 - Mapas de uso e ocupação das terras das microbacias hidrográficas



Nas microbacia I e II, o uso predominante refere-se a cana-de-açúcar que ocupa 1042,96 ha e corresponde a 90,77% da área total na microbacia I e 878,96 ha (87,63%) na microbacia II. Na sequência tem-se as mata ciliares que ocupam 51,36 ha (4,47%) e 68,09 ha (6,79%), respectivamente.

Nas microbacias III e IV, o reflorestamento é o uso predominante, representando 1964,7 ha (74,83%) e 3574,23 ha (86,73%), respectivamente. O segundo maior uso na microbacia III é a cana-de-açúcar com 326,32 ha (12,43%) e na microbacia IV, tem a predominância de mata ciliar com 393,32 ha (9,55%).

A cana-de-açúcar predomina na microbacia V, com 567,21 ha (73,34%) e pastagem com 65,86 ha (8,51%). Na microbacia VI, 469,62 ha corresponde a área urbana (54,03%) e 353 ha (40,62%) são ocupados pela cana-de-açúcar. Na Tabela 19 cada classe de uso e suas quantificações são apresentadas.

Tabela 19 - Quantificação de cada uso da terra nas microbacias

Microbacias	I		II		III		IV		V		VI	
Classes de Uso	Área		Área		Área		Área		Área		Área	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Mata	-	-	11,27	1,12	64,82	2,47	27,76	0,67	1,8	0,23	18,03	2,07
Mata ciliar	51,36	4,47	68,09	6,79	220,38	8,40	393,32	9,55	21,4	2,77	11,10	1,28
Reflorestamento	1,89	0,16	-	-	1964,7	74,83	3574,23	86,73	23,5	3,04	-	-
Cana-de-açúcar	1042,96	90,77	878,96	87,63	326,32	12,43	105	2,55	567,21	73,34	353	40,62
Pastagem	-	-	11,42	1,12	46,93	1,79	8,21	0,20	65,86	8,51	-	-
Floresta Estadual	-	-	-	-	-	-	-	-	43,42	5,61	-	-
Represas	-	-	0,61	0,06	2,14	0,08	12,46	0,30	-	-	-	-
Área Urbana	5,17	0,45	-	-	-	-	-	-	21,27	2,75	469,62	54,03
Moradias e barracões	40,02	3,48	32,77	3,28	-	-	-	-	28,98	3,75	17,42	2,00
Área alagada	7,63	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1149,03	100,00	1003,12	100,00	2625,29	100,00	4120,98	100,00	773,44	100,00	869,17	100,00

4.4.4.1.1 Conflitos de uso com base no coeficiente de rugosidade

Pela classificação anterior, coeficiente de rugosidade, a microbacia I apresentou-se conflito de uso das terras, pois seu uso predominante é a cultura da cana-de-açúcar 1042,96 ha (90,77%) e foi classificada como apta para pastagem e florestamento.

Na microbacia II, que também foi considerada de solos com aptidão para pastagem/florestamento, o conflito também referiu-se a cultura da cana-de-açúcar com 878,96 há (87,63%). Apenas 11,42 ha (1,12%) são utilizados em pastagem.

A microbacia III é classificada como “D” (solos com aptidão para florestamento) e não está em conflito já que 1964,7 ha (74,83%) refere-se a classe de reflorestamento porém, 326,32 ha (12,43%) refere-se a cana-de-açúcar.

Na microbacia IV, sua classificação é solos com aptidão a pastagem e esta classe representa apenas 8,21 ha (0,20%). O uso predominante é para reflorestamento com 3574,23 ha (86,73%).

Na microbacia V, destinada a solos com aptidão para pastagens/florestamento, tem-se apenas 65,86 ha (8,51%) com pastagem e 23,5 ha (3,04%) de reflorestamento.

Por fim, a microbacia VI classificada como solos com aptidão para agricultura, apresenta em sua área 353 ha (40,62%) de cana-de-açúcar. Nesta microbacia, o uso predominante é urbano com 469,62 ha (54,03%).

Na Tabela 20 visualiza-se as microbacias de acordo com a classe de aptidão de uso da terra e o quanto este uso representa na mesma.

Tabela 20 - Classes e quantificação de usos da terra das microbacias

Microbacias	Classes	Quantificação do uso na microbacia	
		ha	%
I	C - Solos com aptidão para pastagem/florestamento	1,89	0,16
II	C - Solos com aptidão para pastagem/florestamento	11,42	1,12
III	D - Solos com aptidão para florestamento	1964,7	74,83
IV	B - Solos com aptidão para pastagem	8,21	0,20
V	C - Solos com aptidão para pastagem/florestamento	89,36	11,55
VI	A - Solos com aptidão para agricultura	353	40,62

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto, a bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras apresenta particularidades que evidenciam a importância de um planejamento ambiental já que este tem por finalidade antever algum problema e tomar as medidas cabíveis e uma melhor gestão dos recursos hídricos.

Este estudo tornou-se uma ferramenta importante para entender a dinâmica em relação ao uso e ocupação da terra, além de reconhecer as inter-relações existentes entre os diversos elementos e processos que atuam no seu limite e caracterizar os seus problemas ambientais.

Nesta área, medidas preventivas seriam atitudes coerentes pensando em um desenvolvimento sustentável (dimensão econômica, ambiental e social).

Por isso, diante do que foi analisado, percebeu-se a necessidade de práticas agrícolas que constituem um conjunto de procedimentos e recomendações para garantir a melhor qualidade dos recursos naturais e conseqüentemente, do produto agrícola decorrente deste uso.

Elaboração de um Plano de Controle de Erosão em atividades agrícolas que incluem o planejamento conservacionista da propriedade considerando a aptidão agrícola do solo, plantio em nível, terraceamento, rotação de culturas, caixas de contenção, principalmente, em estradas rurais para evitar danos a produção e problemas com enchentes dos rios, entre outras. Neste plano, poderia realizar-se também o cadastramento de erosão e danos ambientais já existentes para facilitar seu monitoramento.

Também atentou-se a necessidade de elaboração de um Plano de Saneamento Básico e avanços na atualização do Plano Diretor do município.

Além da participação em programas ambientais do governo do estado de São Paulo, a exemplo do Programa Município Verde Azul. Neste programa, os municípios que cumprem metas relacionadas ao desenvolvimento sustentável recebem um selo e com isso, conseguem recursos para os mesmos.

Para a elaboração destes planos, citados anteriormente, é importante a criação de um acervo digital com todas essas informações. Assim, torna-se fundamente a criação de um banco de dados digital para que possa armazenar todos os mapas e levantamentos realizados. Desta forma, facilitaria a localização e análise dos mesmos e a possibilita que o mesmo material seja utilizado para diversas

finalidades, a exemplo da elaboração de novos mapas a partir da sobreposição dos já existentes.

As áreas de nascentes e ao longo dos cursos d' água carecem de recuperação e preservação de sua vegetação. A vegetação auxilia na diminuição da carga de sedimentos que é carregado para o leito do rio, as raízes das árvores preservam o solo e margens dos rios evitando o assoreamento e conseqüentemente melhora a qualidade da água, além de facilitar o abastecimento do lençol freático.

Os fragmentos florestais também precisam ser preservados. Com o avanço do agronegócio e a falta de fiscalização a tendência é diminuir com o tempo. Para isso, deve-se atentar as técnicas usadas para preservação e recomposição que dependem das características ambientais da área. Nessas áreas, deveriam também pensar em medidas para formação de corredores ecológicos.

Outra alternativa interessante para a proteção e a recuperação da vegetação na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras seria a implantação de programas de Pagamento por Serviços Ambientais.

Verificou-se a necessidade de fazer planejamento com perspectiva de presente e previsão de cenários futuros com mapeamentos mais detalhados e específicos de acordo com as necessidades além de estudo de zoneamento ambiental para garantir o disciplinamento do solo.

Necessidade de legislações municipais específicas e atualizadas e, principalmente, a intensificação da fiscalização dessas.

Planejamentos não apenas em escala local, mas também em escala regional sendo que a bacia hidrográfica não pode ser tratada de forma isolada e deve sempre apresentar interação com as bacias hidrográficas vizinhas na qual, objetiva no final atingir uma de maior escala.

Incentivar projetos de manejo de microbacias hidrográficas urbanas e rurais e Programas de Educação Ambiental, em todas as faixas etárias, e que com esses programas, a comunidade possa conhecer de perto a realidade do meio em que vive e desempenhar seu papel de cidadão. Em lugares que já tem essa participação, deve-se estimular ainda mais a população no processo de gestão participativa do município.

Contudo, destaca-se a necessidade da participação da sociedade civil juntamente com a administração pública no quesito direcionar projetos e suas ações bem como sua aplicação e fiscalização.

6 CONCLUSÕES

As características morfométricas da área de estudo indicam ser uma bacia hidrográfica de baixa declividade com predominância do relevo suave ondulado com 7034,25 ha (47,15% da área total da bacia) e o relevo plano que corresponde a 6207,82 ha (41,61%), baixa densidade de drenagem. A altitude média (Hm) é de 520 m e a amplitude altimétrica (H) de 160 m.

Os solos da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras são NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, LATOSSOLOS VERMELHOS, NITOSSOLOS VERMELHOS e GLEISSOLOS. Os LATOSSOLOS VERMELHOS apresentam-se em 9386,56 ha e correspondem a 62,92% da área de estudo.

O comprimento total da rede de drenagem é de 91,42km, sendo classificada como uma bacia de quarta ordem e com formato oblonga que indica baixa tendência a enchentes, porém, em alguns pontos dessa área, é comum picos de enchentes.

Esses picos de enchentes ocorrem na área urbana devido a ação antrópica, impermeabilidade do solo, falta de vegetação e falta de planejamento.

Com a espacialização e quantificação do uso e ocupação da terra, do ano de 1997 e 2017, foi possível notar que no período avaliado, houve significativas mudanças na área da bacia hidrográfica, porém, a cultura da cana-de-açúcar, reflorestamento e área urbana continuaram sendo predominante nesses dois cenários.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras foram mapeadas 12 classes de uso e ocupação da terra que dentre essas destacam-se com 6286,22 ha a cultura de cana-de-açúcar, 5605,56 ha de reflorestamento e 1117,67 ha de área urbana.

Desta forma, pode-se afirmar que na área de estudo tem a predominância de áreas agrossilvipastoris uma vez que apresenta combinações de agricultura, silvicultura e pecuária.

Quanto a vegetação em Áreas de Preservação Permanente estas merecem atenção por apresentarem inúmeros benefícios para a natureza e consequentemente, para a sociedade. Do total das APP (571,69 ha), 99,52 ha (17,41%) estão sendo utilizadas de maneira incorreta. Dentre esses usos conflitos tem-se a cana-de-açúcar com 24,88 ha, pastagem com 13,32 ha e reflorestamento ocupando 11,70 ha.

REFERÊNCIAS

- AGROBYTE. **Cana-de-açúcar (Saccharum híbridas)**. 2009. Disponível em: <www.agrobyte.com.br/cana.htm>. Acesso em: 12 maio 2017.
- ALBUQUERQUE, A. R. C. Bacia hidrográfica: Unidade de planejamento ambiental. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.4, n.4, p. 201-209, 2012.
- ALCANTARA, E. H.; AMORIM, A. J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 7, p. 70-77, 2005.
- ALMEIDA, F. G. O ordenamento territorial e a Geografia Física no processo de gestão ambiental. In: SANTOS, M. et al. **Território, Territórios: ensaios sobre o ordenamento territorial**. Rio de Janeiro: Lamparina, p. 332-352, 2007.
- ALMEIDA, F. F. M.; MELO, M. S. A bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In: SÃO PAULO (Estado). In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, v.1, p.46-81, 1981.
- ALMEIDA, C. L. F.; OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Jaú**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1982.
- ALVAREZ, A. G; GARCEZ, N. L. **Hidrologia**: Edgar Blucher, 2002.
- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.
- ALVES, H. M. R. et al. Avaliação de terras e sua importância para o planejamento racional do uso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 82-93, 2003.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. **Atlas Brasil - Abastecimento Urbano de Água**. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. **Comitê de bacia hidrográfica: o que é e o que faz?** Agência Nacional de Águas, Brasília: SAG, 2011. 80 p.
- ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B. L. D. Utilização de instrumentos de gestão para o controle ambiental em áreas urbanas. Encontros Nacionais da ANPUR. **Anais...** 1999. Porto Alegre, 1999.
- AQUAFLUX. Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos. **Você sabe qual a diferença entre alagamento e inundação?** Rio de Janeiro, 2016.

AQUINO, A. **Chuvas, deslizamentos e enchentes urbanas**. 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/labcaa/2010/01/05/chuvas-deslizamentos-e-enchentes-urbanas/>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

ARAUJO, P. R.; PINESE, J. P. P. Planejamento ambiental em microbacias hidrográficas: aplicação de uma matriz de impacto ambiental na microbacia hidrográfica do ribeirão Lindóia, zona norte de Londrina-PR. IV Seminário Latinoamericano de Geografia Física. **Seminário...**Maringá, 2006.

ARAÚJO, E. P.; TELES, M. G. L.; LAGO, W. J. S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal. **Anais...**Natal: 2009. p.4631- 4638.

ATTANASIO, C. M. et al. **Guia de Restauração de Matas para a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (UGRHI nº13)**. Jaú, Instituto Pró-Terra, 2014. 40p.

AZEVEDO, F. Z. et al. Política de Recursos Hídricos e a Gestão das Águas Subterrâneas: Experiência dos Comitês do Estado de São Paulo. 2007. XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste. **Anais...**São Paulo, 2007.

BARACUHY, J. G. V. et al. Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.7, n.1, p.159-164, 2003.

BARBOSA JUNIOR, A. R. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. 2015. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/index.php?menu=3&disc=101>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

BARBOSA, E. H. B. **Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico físico-conservacionista da Bacia Transfronteiriça do rio APA**. 2014. 119f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Área de Concentração Análise Geoambiental e Produção do Território. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2014.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.11, n. 128. p. 55-69, 1985.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994. 112 p.

BERGAMO, E. P.; ALMEIDA, J. A. P. A importância da geomorfologia para o planejamento ambiental: um estudo do município de Fartura/SP. In: IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais...** 2006. Brasil, Goiânia, 2006.

BOIN, M. N. **Chuva e erosão do oeste de São Paulo**. 2000. 274f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Estadual Paulista - IGCE. Rio Claro, 2000.

BOLFE, E. L. Geotecnologias Aplicadas à Gestão de Recursos Naturais. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (3: 2006), Aracaju, Sergipe. III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 2006, Aracaju, Brasil. **Anais...** Palestra. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da Fisiografia das Bacias Hidrográficas Urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**. v.26, n.2, p. 273-285, 2004.

BORTOLOZZI, A. M. P. **Análise do uso das terras da bacia do ribeirão Pederneiras-SP através de técnicas automatizadas**. Bauru, 1998. 122p. Dissertação (Mestrado em Planejamento urbano e Regional - Assentamentos Humanos) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, 1998.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 out. 2012. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera 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; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 out. 2012. 2012a.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. 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 Leis 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. 2012b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007. 148 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde - Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde).

BRASIL. Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 julho de 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 2003.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. Congresso Nacional. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BROWN, M. C. **Hacking Google Maps and Google Earth**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2006.

BITRAGO, O. **Gestão dos recursos hídricos em duas áreas metropolitanas da América do Sul**: Cali - Colômbia e Campinas - Brasil. 2012, 335f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2012.

BUOL, S. et al. **Soil genesis and classification**. Ames: The Iowa State University Press, 1973.

CAETANO, M. O Sistema de Monitorização Global do Ambiente e Segurança (GMES): ponto de situação, desafios e oportunidades. **Actas da Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia**, 2011. Porto, 5 e 6 de maio, 2011.

CALIJURI, M. L.; RÖHM, S. A. **Sistemas de Informações Geográficas**. CCET/DEC - Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária. Viçosa, MG. 1994. 34 p.

CÂMARA, G. **Anatomia de sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação/UNICAMP, 1996. 197 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. INPE. São José dos Campos, 1996. 147 p.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnóstico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES**. 2010. 66 f. Monografia (Graduação) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

CAMPANHARO, W. A.; HOLLANDA, M. P.; CECÍLIO, R. A. Zoneamento: ferramenta multidisciplinar. In: MARTINS, L. D. et al. **Atualidades em desenvolvimento sustentável**. Manhuaçu: FACIG, v. 1, p. 67-76, 2012.

CARDOSO, M. R. D. **Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Sub-bacias do Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://murilocardoso.com/2012/01/23/mapas-regioes-hidrograficas-bacias-hidrograficas-e-sub-bacias-do-brasil/>>. Acesso em: 03 fev. 2016.

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p. 241-248, 2006.

CARMO, J. P. A.; SILVA, P. D. D. A bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. **Anais...**2010. Porto Alegre - RS, 2010.

CARPI JUNIOR, S. **Processos erosivos, riscos ambientais e recursos hídricos na Bacia do Rio Mogi-Guaçu**. 2001. 188 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001.

CARVALHO, E. A.; ARAÚJO, P. C. Forma e dimensões da Terra. **Leituras Cartográficas e Interpretações Estatísticas I: Geografia**. Natal: EDUFRN, 2008, 248 p.

CARVALHO; D. F.; SILVA, L. D. B. Capítulo 3 - Bacia Hidrográfica. **Apostila de Hidrologia**. 2006. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>>. Acesso em: 9 fev. 2016.

CASSOL, R. **Zoneamento Ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente, geradas por técnicas cartográficas**. 1996. 292f. Tese (Doutorado em Geografia Humana). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CASTANHO, R. B. **Uso do geoprocessamento no estudo da produção agropecuária da microrregião de Carazinho - RS**. 2006. 237f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

CASTANHO, R. B.; TEODORO, M. A. O uso de geotecnologias no estudo da produção agropecuária. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, v. 1, p.136-153, 2010.

CATELANI, C. S. et al. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE / SELPER. **Anais...** Belo Horizonte, 2003.

CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; MOREIRA, M. C. A importância do setor agropecuário para a proteção e conservação dos recursos hídricos. In: JESUS JUNIOR, W. C. et al. **Novas tecnologias em Ciências Agrárias**. Alegre: Suprema Gráfica e Editora, 2007.

CHEREM, L. F. S. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas, MG**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel, p. 415-441, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicação da abordagem dos sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**, São Paulo, v. 52, n. 02, p. 21-33, 1990.

CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, v. 21, n. 42, p. 3-22, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: EDUSP, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG)**. Tese (Livre-Docência). Rio Claro: FFCL. 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 9, n.18, p. 35-64, 1969.

COELHO, A. L. N. Aplicações de Geoprocessamento em Bacias de Médio e Grande Porte. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 2437-2445. 2007. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.17.41/doc/2437-2445.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ JACARÉ. CBH - TJ. 2014. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2015**. UGRHI 13 - Bacia Hidrográfica Tietê - Jacaré. Ano Base: 2014. São Paulo: 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ JACARÉ. CBH - TJ. **Revista Cobrança da Água** - Informativo do Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Junho/2014.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. **Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015**. São Paulo: CETESB, 2016. (Série Relatórios).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. **Relatório técnico e Mapa temático**. Base hidrográfica do estado de São Paulo - enquadramento dos corpos d'água conforme Decreto Estadual nº.755/77. 2016. Setor de Programas e Ações Institucionais - EQPP, 2016. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/enquadramento-dos-corpos-hidricos-mapas-tematicos/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **GEOBANK** - Sistema de Informações Geológicas da CPRM, 2004.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. CNRH. **Resolução nº 32**, de 15 de outubro de 2003. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

COOPERATIVA DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS. CPTI. Elaboração da Revisão do Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Tietê/Jacaré (UGRHI 13). **Relatório técnico** - Nº 402/08. São Paulo, 2008.

CORSEUIL, C. W. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios na adequação de uso das terras**. 2006. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

COSTA, H.; TEUBER, W. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro** – Uma abordagem geral. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Bot. Bras.** [online], v. 20, n.1, p.13-23, 2006.

CRAVEIRO, M. V. et al. Ferramentas Computacionais para Geoprocessamento em Projetos de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. COBENGE: UFPA - Belém, 2012. **Anais...2012**.

CRiado, R. C.; PIROLI, E. L. Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p.1010-1021, 2012.

CRONEMBERGER, F. M. **Diagnóstico físico-conservacionista da bacia hidrográfica do Rio Santana**: geotecnologias aplicadas ao planejamento ambiental. 2009, 137f. Mestrado (Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

CRUZ, R. C.; TAVARES, I. S. Bacia hidrográfica: aspectos conceituais e práticos. In: RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A.; BOER, N. **Água e educação**: princípios e estratégias de uso e conservação. Santa Maria: Centro Universitário Franciscano, 2009.

CUNHA, P. D.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Vulnerabilidade ambiental e áreas de infiltração máxima de água. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas e Revista Monografias Ambientais - REMOA**, Santa Maria, v.13, n. 5, p. 3761-3776, 2014.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. DAEE. **Banco de Dados Hidrológicos**. 2016. Disponível em: <<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

DALMOLIN, R. S. D.; CATEN, A. T. Uso da terra dos biomas brasileiros e o impacto sobre a qualidade do solo. **Entre-Lugar**, Dourados, v.3, n.6, p. 181-193, 2012.

DANTAS, V. Por que Bauru sofre tanto com as enchentes? WebRevista. 2017. **Repórter UNESP**. Disponível em: <<http://www.reporterunesp.jor.br/por-que-bauru-sofre-tanto-com-enchentes/>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

DATAGEO. **Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo**. 2016. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

DE CHRISTO, S. S. M. **Um novo método para elaborar diagnóstico físico-conservacionista de sub-bacias hidrográficas**. Santa Maria-RS, UFSM, 1989. 60p. Monografia (Especialização em interpretação de imagens orbitais e suborbitais). Universidade Federal de Santa Maria, 1989.

DÉSTRO, G. F. G. Diagnóstico físico-conservacionista no estudo dos conflitos de uso da terra em microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.5, n.4, p.525-534, out./dez., 2010.

DGT. Direção-Geral do Território. **Breve descrição dos Satélites Sentinel**. 2016. Disponível em: <http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/detecao_remota/copernicus/componente_espaco/breve_descricao_dos_satelites_sentinel/>. Acesso em: 10 dez. 2016.

DIAS, J. E. et al. Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: o caso do município de Volta Redonda - RJ. In: XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. (Org.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368 p.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio/SP**. 2013, 283 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2013.

EASTMAN, J. R. **IDRISI: Exercícios tutoriais**. In: HASENACK, H. Editor da versão em português. Porto Alegre, UFRGS - Centro de Ecologia, 1995. 109 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

FERREIRA, M. C. Considerações teórica-metodológicas sobre as origens e a inserção do Sistema de Informação Geográfica na Geografia. In: VITTE, A. C. (org.) **Contribuições à história e à epistemologia da geografia**. RJ: Bertrand Brasil, 2007.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais**. 2003. 258f. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

FIDALGO, E. C. C. et al. **Uso de imagens de satélite para o estudo do uso da terra e sua dinâmica**. Embrapa Solos. Separatas, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/974179/uso-de-imagens-de-satelite-para-o-estudo-do-uso-da-terra-e-sua-dinamica>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF. 2005. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf. Acesso em: 10 fev. 2017.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. Canoas: La Salle, 2000. 171 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Texto, 2011. 128 p.

FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 320 p.

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

FOLHARINI, S. O.; ARRUDA, E. M. Diagnóstico ambiental da microbacia do Córrego Monte Alegre, município de São José do Rio Pardo-SP. 2010. In: **FEUC Artigos**. Faculdade Euclides da Cunha. São José do Rio Pardo, SP, 2010.

FONSECA, M. F.; MATIAS, L. F. Análise do uso da terra e do componente clinográfico por meio de geoprocessamento: o entorno do reservatório de Salto Grande - SP. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 48-60, set.-dez., 2014.

FRANÇA, G. V. **Interpretação Fotográfica de Bacias e de Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba**. 1968. 151f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1968.

FREITAS, G. M. A. **Caracterização geomorfológica e morfométrica da Folha Alhandra (1:25.000)**. 2012. 125f. Dissertação (Mestrado) - Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. FAPEMIG. **Meio Ambiente: Licenciamento Ambiental, Recursos Hídricos, Direitos e Deveres do Produtor Rural**. Belo Horizonte, 2005. 63 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. FEEMA. **Vocabulário básico de meio ambiente**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1990.

GALHARIM, R. **Diagnóstico do sistema de prevenção e combate a incêndios florestais na fazenda Monte Alegre em Agudos**. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

GARCIA, Y. M. **Conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental**. 2014. 126f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

GARCIA, Y. M. **Aplicação do Código Florestal como Subsídio para o Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego do Palmitalzinho - Regente Feijó - São Paulo**. 2011, 145 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Presidente Prudente, 2011.

GONÇALVES, A. K. **Análise Ambiental e Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Santo Antônio - São Francisco Xavier (SP)**. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

GUARIZ, H. R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES**. 2008. 275 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192 p.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 149 - 209, 2001.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Editora Bertrand Brasil, 5. ed. Rio de Janeiro, 2004. 372 p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Degradação Ambiental**. 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, A.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 648 p.

HOLLANDA, M. P.; CAMPANHARO, W. A.; CECÍLIO, R. A. Manejo de Bacias Hidrográficas e a Gestão Sustentável dos Recursos Naturais. In: MARTINS, L. D. et al. (Org.). **Atualidades em desenvolvimento sustentável**. Manhuaçu: FACIG, v. 1, p. 57-66, 2012.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, 1945.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. IAC. **Solos do estado de São Paulo**. 2015. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosspp/>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. IAC. 1999. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. Campinas, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades. **Informações dos municípios**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3500709>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Sistema geodésico brasileiro - rede altimétrica**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/altimetica.shtm>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2015, 430p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro. 2013. 171p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Carta topográfica**: folha de Agudos (SF-22-Z-B-II-3) e folha de Jaú (SF-22-Z-B-II-4). Serviço gráfico do IBGE, 1973. Escala 1:50.000.

INSTITUTO FLORESTAL. IF. **Pederneiras**. 2017. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/areas-protegidas/florestas-estaduais/pederneiras/>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. INCRA. **Instrução Especial nº 20, de 28 de maio de 1980**. Estabelece o Módulo Fiscal de cada Município, previsto no Decreto nº84.685 de 06 de maio de 1980. Brasília. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/institucional/legislacao-/atos-internos/instrucoes/file/129-instrucao-especial-n-20-28051980>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

INSTITUTO PRÓ TERRA. **Plano Diretor de Restauração Florestal visando a produção de água e a preservação da biodiversidade da UGRHI - Tietê-Jacaré**. FEHIDRO, 2010.

IPMET. Centro de Meteorologia de Bauru. **Dados da Estação Meteorológica Automática IPMet**. 2016. Disponível em:<https://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&abre=ipmet_html/estacao/historico.php>. Acesso em: 20 jan. 2017.

IRITANI, M., A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2012. 104p.

JCNet. Rompimento de represas pode ter causado enchente em Pederneiras. 2016. **Jornal da Cidade**. Disponível em:<<http://www.jcnet.com.br/Regional/2016/01/rompimento-de-represas-pode-ter-causado-enchente-em-pederneiras.html>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171 p.

LANA, C. E.; ALVES, J.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tanque, Minas Gerais, Brasil. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p.121-126, 2001.

LEAL, A. C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca-Campinas, SP**. Rio Claro, 1995, 145 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio ambiente) - IGCE Campus de Rio Claro, 1995.

LEITE, M. E.; ROSA, R. Geografia e Geotecnologias no Estudo Urbano. **Caminhos de Geografia**, v.7, n.17, p.180-186, 2006.

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

LEPSCH, I. F. (Org.) **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1983. 175 p.

LIMA, W. P. Manejo de Bacias Hidrográficas - Análise Física da Bacia Hidrográfica (Capítulo II). **Apostila**. Universidade de São Paulo - Esalq, 2008.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **As florestas plantadas e a água**: implementando o conceito de microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos, SP: RiMa, 2006. 218 p.

LINDNER, E.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, M. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3405-3412.

LOUGON, M. S. et al. Diagnóstico ambiental da sub-bacia hidrográfica do Córrego Amarelo, abordando o uso e ocupação do solo e a qualidade da água. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 350-367, set /dez 2009.

MACHADO, P. A. L. Inovações na Legislação Ambiental Brasileira: A Proteção das Florestas. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.10, n.19, p.11-21, 2013.

MACHADO, P. J. O. **Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial - instrumentos para a gestão da bacia de contribuição da represa de Chapéu D'Uvas/MG**. 2012. 243 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. 2012.

MACHADO, C. A. S.; QUINTANILHA, J. A. **Módulo de Treinamento**. Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Geoposicionamento: Uma Aplicação Urbana. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2008.

MACIEL, J. **Córrego do Monjolo - Pederneiras/SP**. 2016. Rede social. Disponível em: <<https://www.facebook.com/corregodomonjolo/>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

MARTINELLI, M. **Mapas de geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003. 112 p.

MEDEIROS, J. D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Brasília: MMA/SBF, 2011. 532 p.

MEDEIROS, J. S.; CÂMARA, G. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. INPE: São José dos Campos, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.15.08/doc/cap10-aplicacoesambientais.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

MELLO FILHO, J. A. **Direcionamento da ocupação racional da terra, pelo diagnóstico físico-conservacionista, das sub-bacias hidrográficas dos rios Alambari e Sesmaria, em Resende, RJ**. 1992. 50 f. Monografia (Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1992.

MENDES, C. A.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: Princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001, 536p.

MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **RA'EGA - O espaço geográfico em análise**. Paraná, n.3. Ano III, 1999.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas**. 2004. 100 f. Tese (Livre - Docência em Mecânica e Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MIRANDA, E. E.; FONSECA, M. F. Considerações fitogeográficas e históricas sobre o bioma cerrado no Estado de São Paulo. **Nota Técnica**. Campinas, SP, 2013.

MONTEBELO, L. A. et al. Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005.

MONTEIRO, R. C. **Estimativa do espaço temporal da superfície potenciométrica do sistema aquífero Guarani na cidade de Ribeirão Preto (SP), Brasil**. 2003. 212 f. Tese (Doutorado em Geociências / Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série teses e Monografias, 25).

MORA, V. B. **Morfometria da bacia hidrográfica do rio Bobo no Estado de Nariño, Colômbia**. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

MORAIS, S. M. J. **Diagnóstico quantitativo mínimo de ambiência para o manejo integrado da sub-bacia do Arroio Cadena do município de Santa Maria-RS**. 1997. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

MORAIS, F.; ALMEIDA, L. M. Geomorfologia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jaú, Palmas, estado do Tocantins. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 331-351, jul./dez. 2010.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed., Viçosa-MG:Ed. UFV, 2005.

MORENO, J. A. Uso da terra, vegetação original e atual do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. p. 45-51. jan./dez. 1972.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições Universidade Federal do Ceará (UFC), 1981. 242 p.

MOURA, C. A. Avaliação de Tendência a Enchentes das Bacias Hidrográficas do Município de Caraguatatuba (SP). **Revista de Geografia** (Recife), v.30, n.2, 2013.

NARDINI, R. C. **Diagnóstico socioambiental da bacia do Ribeirão Água-Fria, Município de Bofete - SP**. 2013. 135f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

NOGUEIRA, R. N.; SILVEIRA, R. J. C. da; PEREIRA, R. S. Georreferenciamento de Mapas Temáticos e Imagens de Satélite no Aplicativo Idrisi. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.3, n.3, p.99-106, set./dez., 1997.

NOVO, E. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo, Blucher, 2010. 387p.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, p. 365-394, 2001.

PANQUESTOR, E. K. et al. Associação do processamento digital de imagens ao uso de parâmetros morfométricos na definição de unidades de paisagem da bacia do rio Corrente - BA. **Espaço & Geografia**, v.5, n.1, p.87-99, 2002.

PEDERNEIRAS. Câmara Municipal de Pederneiras. **Ofícios**. 2017. Disponível em: <<http://consulta.siscam.com.br/camarapederneiras/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

PEDERNEIRAS. Prefeitura Municipal de Pederneiras. **Prefeitura inicia novo trabalho de desassoreamento do ribeirão Pederneiras**. 2016b. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/?p=26777>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

PEDERNEIRAS. Prefeitura Municipal de Pederneiras. **Prefeitura realiza mutirão de limpeza nos córregos Monjolo e ribeirão Pederneiras**. 2016a. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/?p=24161>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

PEDERNEIRAS. Prefeitura Municipal de Pederneiras. **Prefeito de Pederneiras assina decreto de calamidade pública**. 2016. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/?p=23758>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

PEDERNEIRAS. Prefeitura Municipal de Pederneiras. **No centro de Pederneiras, córrego do Monjolo passa por limpeza.** 2015. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/?p=22596>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

PEDERNEIRAS. Prefeitura Municipal de Pederneiras. **Secretaria do meio ambiente utiliza draga para retirar 100 toneladas de sedimento do Monjolo.** 2014. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/?p=17004>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

PEDERNEIRAS. Prefeitura Municipal de Pederneiras. **Prefeitura de Pederneiras inicia limpeza do córrego Monjolo.** 2013a. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/?p=1199>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

PEDERNEIRAS. Prefeitura Municipal de Pederneiras. **Representantes da defesa civil do estado de São Paulo fazem vistoria em pontes do córrego Monjolo.** 2013b. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/?p=5456>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

PEDERNEIRAS. **Lei Complementar nº 2.523/06 do Plano Diretor do Município de Pederneiras.** 2006. Disponível em: <<http://www.pederneiras.sp.gov.br/noticias/planodiretor/minuta.html>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

PEGORARO, A.; BONETTI, T. P.; GERMANO, R. de M. Arquitetura de Banco de Dados Geográfico. In: XIV Semana de Informática de Paranavaí. SEINPAR: Paranavaí, 2014. **Anais...2014.**

PEREIRA, G. C.; SILVA, B. C. N. Geoprocessamento e urbanismo. In: GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. (Org.). **Teoria, técnica, espaço e atividades.** Temas de geografia contemporânea. Rio Claro: UNESP; AGTEO, p. 97-137, 2001.

PESSOA, M. L.; SILVA, L. L. **Curso básico de ArcGIS.** Laboratório de Geoprocessamento - Centro de Ecologia. UFRGS, Porto Alegre, 2014.

PIMENTA, F. M. et al. **Servidores de mapas:** programação para disponibilizar dados geográficos multidisciplinares utilizando tecnologias livres. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 216 p.

PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e cartografia aplicados à saúde.** Brasília: OPAS, 2000. 121 p.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje.** São Paulo, v.19, n.110, p. 40-45, 1995.

PISSARRA T. C. T, POLITANO W.; FERRAUDO A. S. Avaliação de características morfológicas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.297-305, 2004.

PLAVETZ, I. **Indra e o novo satélite Sentinel-2B**. Tecnodefesa. 2015. Disponível em: <<http://tecnodefesa.com.br/indra-e-o-novo-satelite-sentinel-2b/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

POLETTE, M. et al. Gerenciamento costeiro integrado e gerenciamento de recursos hídricos: como compatibilizar tal desafio. In: MUÑOZ, H. R. **Interfaces da gestão de recursos hídricos**: desafios da lei de águas de 1997. Brasília, Secretaria de Recursos Hídricos, p.221-239, 2000.

POLLO, R. A. et al. Caracterização morfométrica da microbacia do ribeirão Água da Lucia, Botucatu-SP. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.5, n.1 jan/abr., 2012.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p. 43-60, 2008.

PRATES, I. Dados do satélite Sentinel 2A disponíveis para download gratuito. In: **MundoGeo**. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2015/12/17/dados-do-satelite-sentinel-2a-disponiveis-para-download-gratuito/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Editora ARTMED, 2006. 646 p.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. **Fundamentos ecológicos para o manejo efetivo do ambiente rural nos trópicos**: educação ambiental, produtividade com qualidade. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 84 p.

PUSSININI, N. A gestão urbana e ocupação em áreas de preservação permanente na cidade de Guarapuava (PR): o caso do arroio do Carro Quebrado. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v.7, n.1, p.133-153, jan./abr., 2011.

RAUBER, A. C. C. **Diagnóstico ambiental urbano do meio físico de Santa Maria - RS**. 2008, 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

RECORD TV PAULISTA. **Pederneiras desenvolve ações para evitar novas enchentes**. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=8DEkJpgBPB4&app=desktop>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

REZENDE, J. H. A gestão das águas e o Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré completa 15 anos. 2010. In: **São Carlos Oficial**. Disponível em: <http://www.sao-carlosocial.com.br/noticias/?n=A%2Bgestao%2Bdas%2Baguas%2Be%2Bo%2BComite%2Bda%2BBacia%2BHidrografica%2BTiete-Jacare%2Bcompleta%2B15%2Banos_HRJSM1YSSF>. Acesso em: 03 fev. 2016.

RIBEIRO, C. R. **Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D' Uvas - Zona da Mata e Campo das Vertentes/MG**. 2012. 525f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2012.

- RIBEIRO, L. F. B. Processos exógenos na elaboração do relevo. In: HACKSPACHER, P. C. **Dinâmica do relevo**: quantificação de processos formadores. São Paulo: Editora Unesp, p.53-85, 2011,
- RISTOW, S. F. P. Uso de geotecnologias livres para apoio à gestão de bacias hidrográficas: prática com Quantum Gis (QGIS) - Versão 2.2.0. Universidade Federal de Santa Catarina. 2014, 75 p. **Apostila**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis - Santa Catarina, 2014.
- ROCHA, R. M. C. Geoprocessamento aplicado à certificação ambiental: estudo de caso em Palma Sola (SC). **Revista Geografia** (Londrina), v. 20, n.3, p.143- 154, set./dez. 2011.
- ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000. 220p.
- ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423 p.
- ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Edições UFSM, 2001. 302 p.
- RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental em bacias hidrográficas. In: SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. A. **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas**. Fortaleza: Edições UFC, p.29-48, 2011.
- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 2ªed.: Uberlândia. Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 1992. 264 p.
- ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C.; OLIVEIRA, Y. M. M. Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como subsídio para a elaboração de planos de manejo em fazendas experimentais. **Comunicado técnico - 216**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 6, p.17-29, 1992.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Laboratório de Geomorfologia. São Paulo: Departamento de Geografia - FFLCH - USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP (Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 1997.
- SANT'ANNA, C. B. C. **Mapeamento da alteração de cobertura vegetal no distrito agropecuário da SUFRAMA (DAS) utilizando séries temporais de sensores remotos**. 2007, 75f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2007.
- SANTOS, J. QGIS: Composição Colorida RGB para imagens Sentinel-2. 2016. **Processamento Digital**. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/>>

2016/09/04/qgis-composicao-colorida-rgb-para-imagens-sentinel-2/>. Acesso em: 10 dez. 2016.

SANTOS, A. R. et al. **Sensoriamento remoto no ArcGIS 10.2.2 passo a passo: processamento de imagens orbitais**. Alegre: CAUFES, 2014, 107 p.

SANTOS, R. P. Introdução ao ArcGis: Conceitos e Comandos. **Apostila**. 2010.

SANTOS, A. M. et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v.7, n.3, p.195-211, 2012.

SANTOS, C. R. **Diagnóstico ambiental e uma proposta de uso da bacia hidrográfica do córrego Bebedouro - Uberlândia/MG**. 2008. 117f. Dissertação (Mestrado Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

SANTOS, E. R. **Estudos das relações climato-hidrológicas e dos impactos causados pela irrigação na microbacia hidrográfica do córrego do amanhe - Araguari - MG**. Dissertação (Mestrado). 2005. 188f. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia. Uberlândia, 2005.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SÃO PAULO. (Estado). **São Paulo normatiza Programa de Regularização Ambiental**. 2016. Sistema Ambiental Paulista. São Paulo, 2016a. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/2016/01/12/sao-paulo-regulamenta-programa-de-regularizacao-ambiental/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

SÃO PAULO (Estado). **Relatório: Elaboração do Plano de Bacias da UGRHI 13. Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO)**. Comitê das Bacias Hidrográficas do Tietê/Jacaré (CBH-TJ). 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos: Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: SSRH/CRHi, 2011. 208 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente - Coordenadoria de Educação Ambiental. **Matas Ciliares e o Meio Ambiente Rural: uma proposta de trabalho para educadores**. São Paulo: SMA/CEA, 2011b.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas - Plano de Microbacia Hidrográfica**. CATI: São Paulo, 2007.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº. 47.700, de 11 de março de 2003. Regulamenta a Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 11 de março de 2003.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto no 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 1977.

SÁTIRO, T. P. de O. **Comparação entre dois Sistemas de Informação Geográfica (ArcGIS e GvSIG) na elaboração de um mapa de potencialidade para a silvicultura baseado em elementos do meio físico - a bacia do Paraíba do Sul (Porção Paulista)**. 2013. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2013.

SCHÄFFER, W. B. et al. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de conservação e áreas de risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? In: **Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro**. Série Biodiversidade. Brasília: MMA, 2011. 96 p.

SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v.7, n.1, p.56-285, jan-abr/2011.

SHIMABUKURO, M. T. et al. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para o estudo de microbacias. O caso do córrego Gouveia, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1993.

SICAR. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. **Banco de dados**. Brasília, 2016.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. SIGRH. **CBH-TJ Apresentação**. 2016. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/apresentacao>>. Acesso em: 09 maio 2016.

SILVA, C. O. **Geoprocessamento aplicado ao zoneamento agrícola para cana-de-açúcar irrigada do estado do Piauí**. 2016, 72f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016.

SILVA, I. F. **Preservação e conservação da reserva legal**: Novos Debates. Monografia (Bacharel em Direito) - Universidade Presidente Antônio Carlos - Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais de Barbacena. Barbacena, 2011.

SILVA, A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia**. Departamento de Engenharia - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1995.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. de S. Sistema de Informações Geográfica. **Apostila**. Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2010.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos**: Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília - DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2000. 659 p.

SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. **Planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos**. Curso de uso racional dos recursos naturais e seus reflexos no meio ambiente (Módulo 10). Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV/DEA, 2001. 89 p.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003. 138 p.

SILVA, L. et al. Caracterização geomorfométrica e mapeamento dos conflitos de Uso na bacia de drenagem do Açude Soledade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.112-122, 2010.

SOARES, L. S. et al. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v.31, p.82-100, 2016.

SOS Mata Atlântica. **Atlas dos remanescentes florestais**. 2012. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

SOUZA, K. I. S. **Seminário de Condicionantes Ambientais e Capacidade de Suporte como base de informações para a elaboração do Plano Diretor**. Ministério do Meio Ambiente - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Florianópolis, 2016.

SOUZA, A. M. **Guia de identificação da vegetação natural da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré**. Jaú: Instituto Pró-Terra, 2014. 40 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Latossolos**. 2005. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 12 maio 2017.

SPOSITO, M. E. B. O embate entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: **Dilemas Urbanos**: novas abordagens sobre a cidade. In: CARLOS, A. F. A. et al. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2005. p. 295-298.

STRAHLER, A. N. **Geografia física**. Barcelona: Omega, 1974, 352 p.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p.1117-1142, 1952.

STUDART, T. M. C. **Hidrologia**. 2015. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.deha.ufc.br/ticianaposgraduacao.html>>. Acesso em: 03 fev. 2016.

TAGLIARINI, F. S. N. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas na quantificação de perdas de solo em bacia hidrográfica**. 2017. 121 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017.

TAGLIARINI, F. S. N. et al. Avaliação morfométrica da microbacia do córrego do Bebedouro, Planalto - SP. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v.30, n.4, p. 402-410, out./dez., 2015.

TEM Notícias. **Volume de água de chuva não era registrado desde 1997 em Pederneiras**. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/tem-noticias-1edicao/videos/t/edicoes/v/volume-de-agua-de-chuva-nao-era-registrado-desde-1997-em-pederneiras/3102297/>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

TEM Notícias. **Mapeamento de áreas de risco é feito em Pederneiras**. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/tem-noticias-1edicao/videos/t/edicoes/v/mapeamento-de-areas-de-risco-e-feito-em-pederneiras/5577460/>>. Acesso em: 2 fev. 2017

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TORNERO, M. T. **Análise ambiental através de Sistema de Informações Geográficas (SIG), como subsídio ao planejamento no município de Maringá - PR**. 2000. 184f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

TÔSTO, S. G. et al. **Geotecnologias e Geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas) Brasília, DF: Embrapa, 2014. 248 p.

TRAJANO, S. R. R. et al. Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Gestão Territorial. Campinas, 2012. 33 p.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E.S. Metodologia para mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: XI Congresso Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005. p.3606-3615.

TROCADO, P. Formação em Sistemas de Informação Geográfica. **Apostila**. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Editora da Universidade/ABRH/ UFRGS, Porto Alegre, 1995.

VECHETTI, J. **Pedreira Itatingui**. 2014. Vechetti Fotos e Filmagens Aéreas. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=viYWI9DGkKI#t=2.130949>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

VECHETTI, J. **Pedreira Alagada**. 2016. Vechetti Fotos e Filmagens Aéreas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PJJ4_YNJ8Qg>. Acesso em: 14 fev. 2017.

VENTURIM, G. H. **Diagnóstico físico-conservacionista da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jerusalém, Alegre, ES**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

VIERA, E. G.; ROVANI, F. F. M. O uso da terra em Silveira Martins: uma nova perspectiva ou possibilidade por meio das geotecnologias. In: Encontro de Geógrafos de América Latina. Montevideo: Uruguai. 2009. **Anais...2009**. Disponível em: <<http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Nuevastecnologias/Cartografiaautomatizada/20.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2016.

VILELA FILHO, L. R.; VITTE, A. C. A utilização de técnicas morfométricas do relevo aplicadas na determinação da fragilidade ambiental: O caso da bacia do córrego Proença, município de Campinas (SP). In: X Encontro de Geógrafos da América Latina. 2005. Universidade de São Paulo, São Paulo. **Anais...** 2005.

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

ZACHARIAS, A. A.; FREITAS, M. I. C. Representação gráfica e zoneamento ambiental: (re)pensando as categorias de análise da cartografia para o mapeamento e síntese da paisagem. In: GERARDI, L. H. O.; FERREIRA, E. R. **Saberes e fazeres geográficos**. Rio Claro: UNESP/IGCE: AGETEO, p.121-140, 2008.

ZAKIA, M. J. B. Atualização Florestal - a Nova Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. In: **Curso realizado pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ)**. Nazaré Paulista, 2013.

ZAKIA, M. J.; PINTO, F. G. **Guia para aplicação da nova lei em propriedades rurais**. Piracicaba: Imaflora, 2013. 32 p.

ZAVATINI, J. A. **Variações do ritmo pluvial no oeste de São Paulo e norte do Paraná (Eixo Araçatuba - Presidente Prudente-Londrina)**. 1983. 225f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.