



EDSON ANTONIO MENGATTO JUNIOR

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ALTA BACIA
DO RIO JAGUARI, MG, A PARTIR DA HIERARQUIA FLUVIAL E DA ESTIMATIVA
DA LARGURA DE CANAIS.**

CAMPINAS

2013

NÚMERO: 209/2013



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

EDSON ANTONIO MENGATTO JUNIOR

“Mapeamento de áreas de preservação permanente na alta bacia do rio Jaguari, MG, a partir da hierarquia fluvial e da estimativa da largura de canais”

ORIENTADOR: PROF DR. MARCOS CESAR FERREIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DA UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA NA
ÀREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL.**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO EDSON ANTONIO MENGATTO JUNIOR
E ORIENTADO PELO PROF DR. MARCOS CÉSAR FERREIRA.**

CAMPINAS

2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

M524m Mengatto Junior, Edson Antonio, 1985-
Mapeamento de áreas de preservação permanente na alta bacia do rio
Jaguari, MG, a partir da hierarquia fluvial e da estimativa da largura de canais /
Edson Antonio Mengatto Junior. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Marcos Cesar Ferreira.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências.

1. Bacias hidrográficas - Jaguari, Rio (MG). 2. Proteção ambiental. 3. Sistema
de informação geográfica. I. Ferreira, Marcos Cesar, 1957-. II. Universidade
Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Mapping areas of permanent preservation in high river basin Jaguari,
MG, from the hierarchy river and the estimated width of channels

Palavras-chave em inglês:

Watersheds - Jaguari, River (MG)

Environmental protection

Geographic information system

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestre em Geografia

Banca examinadora:

Marcos Cesar Ferreira [Orientador]

Regina Célia de Oliveira

Andreia Medinilha Pancher

Data de defesa: 20-08-2013

Programa de Pós-Graduação: Geografia



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTOR: Edson Antonio Mengatto Junior

"MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ALTA BACIA DO
RIO JAGUARI, MG, A PARTIR DA HIERARQUIA FLUVIAL E DA ESTIMATIVA DA
LARGURA DE CANAIS"

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcos César Ferreira

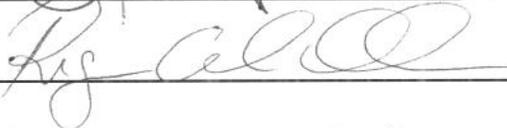
Aprovado em: 20 / 08 / 2013

EXAMINADORES:

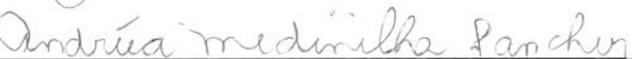
Prof. Dr. Marcos César Ferreira


_____ - Presidente

Profa. Dra. Regina Célia de Oliveira



Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher



Campinas, 20 de agosto de 2013.

Dedico este trabalho aos
meus criadores e grandes incentivadores:
muito obrigado!

Agradecimentos

Ao professor e orientador, prof. Dr. Marcos Cesar Ferreira, pelas inúmeras ideias apresentadas e sugeridas, o apoio, a motivação, além da grande sabedoria e aprendizado adquiridos.

As professoras Dra Regina Célia de Oliveira e Dra Andreia Medinilha, pelas correções e sugestões elaboradas.

Agradeço ainda aos companheiros de trabalho do laboratório de análise espacial (Daniel, Danilo, Cassiano, entre outros), pois sem vocês tenho certeza de que boas ideias não teriam sido incorporadas ao trabalho final.

Agradeço também aos amigos de faculdade e da República Subako de Kobra, aos quais não nomearei a todos, já que dessa forma poderia me esquecer de alguém.

Aos meus irmãos (Marcelo, Leandro e Juliana), que mesmo à distância servem sempre como fonte de inspiração e de força para superar todos os meus percalços e imprevistos. E também por me propiciarem, até o momento, as meninas mais lindas presentes em minha vida. Lívia e Helena e suas respectivas mães, obrigado pelos finais de semana divertidos. Lembro ainda que essa família já tem previsão de aumento e novos integrantes apareceram. Bem vindos ao mundo.

Agradeço também a minha companheira de alguns anos, Juliana Canela, a qual sempre me orientou, me ajudou e me apoiou em todas as minhas decisões mesmo que às vezes tomadas de forma precipitada. A você, meu bem, muito obrigado.

A todos os funcionários e professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

À coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro estabelecido através da bolsa de mestrado concedida.

Agradeço por fim aos meus pais, Edson e Sueli, sem os quais tenho certeza de que hoje não estaria aqui. Vocês são exemplos em minha vida, por toda a dedicação, paciência, carinho, afeto e outras tantas qualidades as quais não conseguiria enumera-las.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA ALTA BACIA DO RIO JAGUARI, MG, A PARTIR DA HIERARQUIA FLUVIAL E DA ESTIMATIVA DA LARGURA DE CANAIS.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Edson Antonio Mengatto Junior

As recentes pressões e atuações antrópicas sobre os recursos naturais estão entre as principais causas de impactos provocados pela crescente atuação do homem junto ao meio ambiente. As quedas na disponibilidade de água de boa qualidade, aliadas ao fato de que, a cada dia esta se torna mais escassa e preciosa, mostra a urgência na adoção de medidas que visem garantir o abastecimento, regularizando assim a vazão dos cursos d'água. Este quadro mostra que são necessárias informações confiáveis sobre a qualidade e quantidade de água em cada bacia hidrográfica, fatores extremamente importante para o gerenciamento e planejamento ambientais adequados. Sendo assim, a bacia hidrográfica constitui-se objeto de análise e planejamento por ser um importante sistema de interrelações entre elementos antrópicos e físicos, devido à rede de drenagem, feições topográficas e cobertura vegetal; quaisquer alterações no comportamento desses elementos podem ser diagnosticadas e mapeadas através de técnicas modernas aplicadas em Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O presente trabalho teve como objetivo geral mapear áreas de proteção permanente da alta bacia do rio Jaguari, no sul de Minas Gerais, a partir da relação existente entre as ordens hierárquicas de e as médias de suas respectivas larguras, medidas a partir das ordens hierárquicas. Foram utilizadas imagens do Google Earth para a aferição das médias das larguras e estas foram comparadas as medidas tomadas em trabalho de campo. A partir da análise dos códigos florestais de 1965 e de 2012, foram propostos métodos de progressão das faixas de proteção permanente, denominadas de proposta aritmética e proposta geométrica. Estas propostas tornam mais flexíveis às áreas definidas por áreas de proteção permanente, levando em consideração suas características físicas peculiares. Os métodos propostos foram apresentados em formas de mapas. Estes mapas demonstram que são necessários planejamentos ambientais adequados, a partir de uma análise minuciosa de suas características intrínsecas. O método utilizado mostrou-se eficiente. O trabalho de campo representa parte imprescindível para o trabalho proposto.

Palavras-chave: bacias hidrográficas, áreas de proteção permanente, sistemas de informações geográficas.



UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE
GEOGRAPHY POSTGRADUATION PROGRAMME
ENVIRONMENTAL ANALYSIS AND TERRITORIAL DYNAMICS

MAPPING AREAS OF PERMANENT PRESERVATION IN HIGH RIVER BASIN
JAGUARI, MG, FROM THE HIERARCHY RIVER AND THE ESTIMATED WIDTH OF
CHANNELS.

Dissertação de Mestrado

Edson Antonio Mengatto Junior
ABSTRACT

Recent pressure and anthropic activities are among the main causes of the impact from increasing human activity in the environment. The recent drop on good quality drinking water, allied to the fact that, each day, it becomes more rare and precious shows the urge in the adoption of measures that aim to guarantee the supply, maintaining the regular flow of the water courses. This picture shows that is necessary reliable information about the quality and quantity of water in each river basin, extremely important factors for the management and proper planning. The river basin is the object of this analysis and planning, once it is a highly important system of inter-relationship between the anthropic and physical elements, due to the draining network, topographic characteristics and the plant coverage of the area; any changes in these elements behavior can be diagnosed and mapped with modern techniques applied to Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS). The present study has as general objective map permanent protection areas of the high Jaguari river basin on south Minas Gerais, using the relation between the hierarchical draining order and the average of the respective river's width, measured with Google Earth's images and checked on site. From the analysis of the 1965 and 2012 forestry codes, methods of progression of permanent buffer strips have been proposed, called proposed arithmetic and geometric proposal. These proposals become more flexible to areas identified by permanent protection areas, taking into account their particular physical characteristics. The proposed methods were presented in form of maps. These maps show the need of an appropriate environmental planning, from a thorough analysis of its intrinsic characteristics. The method used was efficient. The field work represents an essential part of the proposed work.

Key-words: river basins, permanent protection areas, geographic information system.

Sumário

Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas.....	xxi
Lista de siglas e abreviaturas.....	xxiii
1. Introdução	1
Hipótese.....	5
Justificativa.....	5
Objetivo Geral	7
Objetivos Específicos	7
2. Pressupostos teóricos e bases metodológicas	9
2.1. Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas, Modelagem Numérica de Terreno e Análise Espacial	9
2.2. A cartografia e suas escalas de trabalho: o uso de geotecnologias para a elaboração de métodos.....	14
2.3. Planejamento Ambiental, os Geossistemas e o Código Florestal brasileiro: análise das áreas de preservação permanente	19
2.4. A bacia hidrográfica e as redes de drenagem: seus padrões e hierarquias.	24
3. Área de Estudo – Caracterização.	33
4. Material e procedimentos metodológicos	37
4.1. Elaboração da base cartográfica	37
4.2. Extração da rede de drenagem.....	38
4.3. Mapa de Geologia e de Uso e Ocupação do solo	42
4.4. Mapa de drenagem com as medidas amostradas	43
4.5. Áreas de Proteção Permanente	45
4.6. Trabalho de Campo	46

4.7. Proposição Metodológica	52
5. Resultados e Discussão	55
5.1. Trabalho de Campo	55
5.2. Unidades Geológicas	63
5.3. Mapeamento de Altimetria, Declividade e Litologia	73
5.4. Mapeamento de Áreas de Proteção Permanente em cursos fluviais	79
6. Considerações Finais	95
Referências Bibliográficas	97

Lista de Figuras

Figura 1 - Principais tipos de padrão de drenagem: (a) dendrítica; (b) treliça; (c) retangular; (d) paralela; (e) radial e (f) anelar. Fonte: CHRISTOFOLETTI, 1980.	28
Figura 2 - Hierarquia Fluvial: (a) HORTON (1945) e (b) STRAHLER (1952).	31
Figura 3 - Mapa de Localização da alta bacia do rio Jaguari, inserida na APA Fernão Dias, MG.	33
Figura 4 - Mapa litológico com lineamentos da bacia hidrográfica do Alto Jaguari, MG.	36
Figura 5 - Imagem ASTER com os limites da APA Fernão Dias e alta bacia do rio Jaguari, MG.	39
Figura 6 - Correção de erros do tipo "sink" por meio de execução da função "fill sink". Fonte: ALVES et al 2010.	40
Figura 7- Exemplo da execução da função "flow direction". Fonte: ALVES et. al. 2010.	40
Figura 8 - Exemplo de determinação de fluxo acumulado. Adaptado de TURCORTE et. al. 2001. Fonte: ALVES et. al., 2010.	41
Figura 9 - Imagem Google Earth contendo as amostras identificadas para a área de estudo.	45
Figura 10 - Imagem Google Earth com amostras coletadas em campo.	47
Figura 11 - Reta de Regressão Linear entre as medidas em Campo e na Imagem Google Earth.	52
Figura 12 - Mosaico de cartas topográficas 1:50.000 da APA Fernão Dias e recorte da alta bacia do rio Jaguari, MG.	56
Figura 13 - Detalhe do uso do mapa de amostras em campo.	57
Figura 14 - Localização de amostras a partir do uso de cartas topográficas (IBGE).	57
Figura 15- Carta topográfica com localização do ponto amostrado 1.1 e fotos correspondentes.	58

Figura 16 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 1.10 e 2.8 e fotos correspondentes.....	59
Figura 17- Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 2.8 e 2.10 e fotos correspondentes.....	59
Figura 18 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 3.4 e fotos correspondentes.	60
Figura 19 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 3.7 e foto correspondente. ...	60
Figura 20 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 4.4 e fotos correspondentes.	61
Figura 21 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 4.5 e 2.10 e fotos correspondentes.....	61
Figura 22 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 5.2 e fotos correspondentes.	62
Figura 23 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 6.6 e 5.10 e fotos correspondentes.....	62
Figura 24 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 6.6 e 6.8 e fotos correspondentes.....	63
Figura 25 - Mapa da rede de drenagem da alta bacia do rio Jaguari, MG.	64
Figura 26 - Mapa compilado das unidades geológicas da alta bacia do rio Jaguari, MG.	67
Figura 27 - Mapa do sistema viário existente contendo o trajeto percorrido em campo na alta bacia do rio Jaguari, MG.	68
Figura 28 - Mapa de uso e ocupação da terra na alta bacia do rio Jaguari, MG.	69
Figura 29 - Mapa de largura das hierarquias fluviais medidas sobre imagem Google Earth na alta bacia do rio Jaguari, MG.	71
Figura 30 - Mapa da rede de drenagem contendo as amostras medidas na imagem Google Earth na alta bacia do rio Jaguari, MG.	72
Figura 31 - Mapa da hierarquia fluvial contendo as amostras visitadas em campo.....	73

Figura 32 - Mapa de altimetria.....	75
Figura 33 - Mapa clinográfico.....	77
Figura 34 - Mapa de fragmentos florestais definidos a partir do uso e ocupação da terra, adaptado de MORETTI, 2011.	78
Figura 35 - Mapa da segmentação da alta bacia do rio Jaguari, MG	79
Figura 36 - Mosaico dos cenários previstos, granito Gonçalves na segmentação definida por alta bacia.	81
Figura 37 - Mosaico dos cenários, suíte Piracaia na segmentação definida por média bacia.	83
Figura 38 - Mosaico de cenários, complexo Varginha-Guaxupé na segmentação definida por baixa bacia.....	85
Figura 39 - Distribuição das duas classes definidas para os quatro cenários previstos.	91
Figura 40 - Distribuição agrupada das duas classes definidas para os quatro cenários previstos, demonstrando a porcentagem de cada classe.	92
Figura 41 - Distribuição das áreas contendo fragmentos florestais para os quatro cenários previstos.	93

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Taxa de crescimento populacional nos municípios inseridos na alta bacia hidrográfica do rio Jaguari, MG (1991, 2000 e 2010).	34
Tabela 2 - Valores de largura dos canais de ordem 1 medidos na imagem Google e em campo. 48	
Tabela 3 - Valores de largura dos canais de ordem 2 medidos na imagem Google e em campo. .49	
Tabela 4 - Valores de largura dos canais de ordem 3 medidos na imagem Google e em campo. .49	
Tabela 5 - Valores de largura dos canais de ordem 4 medidos na imagem Google e em campo. .50	
Tabela 6 - Valores de largura dos canais de ordem 5 medidos na imagem Google e em campo. .50	
Tabela 7 - Valores de largura dos canais de ordem 6 medidos na imagem Google e em campo. .51	
Tabela 8 - Valores e largura (em metros) estimada para canais de 1° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.	87
Tabela 9 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 2° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.	87
Tabela 10 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 3° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.	88
Tabela 11 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 4° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.	88
Tabela 12 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 5° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.	89
Tabela 13 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 6° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.	89
Tabela 14 - Tabela contendo a área das classes definidas para os quatro cenários previstos.	91

Lista de siglas e abreviaturas

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Proteção Permanente
ASTER GDEM	<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – Global Digital Elevation Model</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
GPS	<i>Global Position System</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
N	<i>North</i>
S	<i>South</i>
SAD	<i>South American Datum</i>
SIG	Sistemas de Informações Georreferenciadas
UTM	Universal Transversa de Mercator
W	<i>West</i>

1. Introdução

As crescentes atuações do homem junto ao meio ambiente têm provocado sérias alterações com consequentes impactos sobre estes ambientes. Estas pressões e atuações antrópicas recentes sobre os recursos naturais estão entre as principais causas destes impactos. A questão do desmatamento, um dos principais efeitos dessas atuações, permeia as discussões em todas as partes do mundo (ANGELSEN e KAIMOWITZ, 2001). Algumas pesquisas recentes sobre o assunto demonstram que o desmatamento das matas ciliares provoca grave crise na manutenção dos recursos hídricos (TERRA e SILVA 2012; SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2005).

Nas últimas décadas, segundo Garófalo (2010), o Brasil foi palco de intensa eliminação das matas ciliares e consequente fragmentação florestal, causando um aumento significativo dos processos de erosão dos solos e alterações na dinâmica hidrológica e geomorfológica dos sistemas ambientais. Estas modificações são mais perceptíveis quando se observa intensa redução da biodiversidade presente nos sistemas naturais, além da degradação de imensas áreas submetidas à atuação do homem junto ao meio ambiente.

Para Medinilha (1999 p. 25)

as matas ciliares são formações vegetais que margeiam os cursos d'água e possuem funções vitais para a manutenção dos recursos hídricos, tanto em quantidade como em qualidade. Contudo, esta vegetação tem sido destruída, refletindo diversas alterações desencadeadas pelas ações antrópicas, tais como: atividades agrícolas (pois com a escassez de terras férteis os produtores buscam cultivar em áreas próximas aos rios); extração de areia das margens; ocupação do solo por habitações urbanas, etc.

De acordo com Garófalo (2010), as funções atribuídas a estas formações vegetais estão associadas a refúgio e alimento para a fauna, manutenção do micro-clima e qualidade da água, contenção dos processos erosivos e a retenção das águas superficiais em épocas de cheias, contribuindo para o amortecimento das enchentes.

Além disso, as recentes quedas na disponibilidade de água de boa qualidade que, a cada dia, torna-se mais escassa e preciosa e ao mesmo tempo vital para as futuras gerações, mostra a urgência na adoção de medidas que visem garantir o abastecimento, regularizando assim, a vazão dos cursos d'água. A cobertura vegetal tende a minimizar efeitos erosivos, a lixiviação de nutrientes no solo e o assoreamento, atuando na proteção dos mananciais e preservando o seu papel ecológico. Este quadro mostra que são necessárias informações confiáveis sobre a qualidade e quantidade em cada bacia hidrográfica, fatores extremamente importantes para o gerenciamento e planejamento adequado. De acordo com Jesus (2009), a bacia hidrográfica constitui-se objeto de análise e planejamento por ser um importante sistema de interrelações entre elementos antrópicos e físicos, devido à rede de drenagem, feições topográficas e cobertura vegetal; quaisquer alterações no comportamento desses elementos podem ser diagnosticadas e mapeadas através de técnicas modernas aplicadas em Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para este mesmo autor, pressões recorrentes desequilibram estes ambientes, gerando a necessidade de diagnósticos e prognósticos que orientem um planejamento e minimize os impactos ambientais. No caso dos recursos hídricos, é imprescindível uma exploração racional, o que requer um planejamento consistente que priorize tanto a qualidade como a quantidade da água, visando atender as demandas de consumo humano, agrícola, industrial e de fornecimento de energia, entre outros.

Segundo Carvalho (2007), a ocupação de áreas, sem o conhecimento prévio de suas suscetibilidades e restrições de uso podem gerar desequilíbrios ao meio biofísico e sócio organizacional dos sistemas, acarretando muitas vezes, em prejuízos ambientais e sociais. Por essa razão é de fundamental importância a compreensão das relações existentes entre os componentes do sistema, não só para entender seu funcionamento, como também, promover o ordenamento, ocupação e gestão sustentável dos sistemas ambientais. Christofolletti (1987) destaca a fragilidade desses sistemas ambientais, ao afirmar que “ao romper o desequilíbrio do sistema natural, outros componentes do meio físico tendem a se modificar”.

Conforme Carpi Junior (2001), a bacia hidrográfica constitui uma unidade geográfica importante para esses estudos, fundamental para a conservação e manejo dos recursos naturais, como a água e o solo. Os problemas de uma bacia hidrográfica não podem ser tratados isoladamente, pois podem envolver sistemas fluviais em extensas áreas geográficas. As soluções

dos problemas locais devem ser tomadas em consonância com as alterações ambientais e econômicas de ocupação de toda a bacia.

Muitos estudos realizados no âmbito de bacias hidrográficas voltados para a questão ambiental indicam que fatores físicos como litologia, solos e cobertura vegetal exercem controle decisivo no potencial hidrológico e no comportamento morfogenético, definindo características espaciais específicas para uma dada área. O avanço da tecnologia do geoprocessamento nas últimas décadas promoveu alterações significativas na forma de obtenção e tratamento de dados espaciais, podendo ou não ser transformados em informação capaz de gerir espaços geográficos (JESUS, 2009).

Dada à extrema importância de sua função ambiental dentro de um sistema ecológico, como é o caso da bacia hidrográfica o monitoramento das áreas de preservação permanente (APP) ganha importância significativa como estratégia de conservação (SERIGATTO, 2006).

Portanto, para a manutenção da vegetação natural dessas áreas, o Código Florestal torna-se um instrumento significativo, pois induz a regulamentação de uso e proteção da flora e da fauna. De acordo com este código, as florestas e outras formações da vegetação são declaradas de interesse comum, definindo-se limites para o uso privativo desses recursos (BRASIL, 1965).

Hipótese

É possível realizar o mapeamento de faixas de proteção permanente ao longo de canais fluviais a partir da relação entre a hierarquia de drenagem obtida pelo método de Strahler (1952) e as respectivas larguras médias dos respectivos canais de drenagem.

Justificativa

A justificativa do presente trabalho se dá em razão das dificuldades de representação das áreas de proteção permanente ao longo dos canais fluviais utilizando-se imagens de satélites como as do sensor ASTER a partir de diferentes formas de uso da escala e suas possibilidades de ampliação de representação visual. Além disso, deve ser levado em consideração fatores como a acessibilidade dos pontos selecionados para visita em campo.

Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo geral mapear áreas de proteção permanente da Alta bacia do rio Jaguari, no sul de Minas Gerais, a partir da relação existente entre as ordens hierárquicas de drenagem, segundo a classificação de Strahler, (1952) e as médias de suas respectivas larguras medidas a partir das ordens hierárquicas com o auxílio de sistema de informação geográfica.

Objetivos Específicos

- Análise de correspondência espacial entre as áreas de proteção permanente e uso e ocupação da terra ao longo das APP;
- Definir as áreas críticas (necessárias de planejamento e monitoramento) e as áreas protegidas existentes, de acordo com o Código Florestal Brasileiro, versão antiga (1965) e a partir do Novo Código Florestal Brasileiro (2012).
- Analisar, de forma crítica, a legislação brasileira referente ao tema proposto, elaborando assim uma nova metodologia de proteção de áreas de preservação permanente a partir de uma proposta de progressão das larguras dos canais fluviais.

2. Pressupostos teóricos e bases metodológicas

2.1. Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas, Modelagem Numérica de Terreno e Análise Espacial

A elaboração de uma modelagem cartográfica eficiente que leve em consideração a realidade a qual se busca analisar deve considerar toda a complexidade que a envolve, sendo necessário abordá-la como um sistema, ou seja, uma entidade que contenha a expressão espacial a ser representada com a variabilidade taxonômica e de acordo com a dinâmica, e a distribuição territorial das classes de fenômenos nela identificados como relevantes. Entretanto, a modelagem se configura como uma síntese, uma visão de conjunto elucidativo do jogo integrado dos fatores físicos, bióticos e socioeconômicos, já que é praticamente impossível representar, ao mesmo tempo, e com a mesma intensidade, todos os aspectos da realidade (SILVA, 2007). À parte de tais informações, torna-se evidente que toda ação de ordenação ou monitoramento do espaço deve estar incluída no processo de análise que integre os diferentes componentes do sistema, incluindo-se aí o meio físico-biótico, a ocupação humana e seu relacionamento, com perspectivas para um possível planejamento e gestão do território (MORETTI, 2011).

Diante do exposto, destaca-se a disseminação do geoprocessamento como instrumental de análise articulada. Para Ferreira e Ferreira (2003), dentro da composição da técnica do geoprocessamento incluem-se outros sistemas, que permitem o armazenamento e a manipulação de dados georeferenciados, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Para Xavier (2000, apud Moretti, 2011) estes sistemas são importantes por reunirem aplicativos que permitem a coleta, o armazenamento, a integração e a visualização de dados espaciais e dados estatísticos ou textuais a eles relacionados a partir de uma base de dados georreferenciada, possibilitando a transformação de registros de ocorrência do mundo real (dados) em ganhos de conhecimento (informação).

Estes *softwares* de SIG se configuram como um conjunto de ferramentas computacionais que fazem parte do geoprocessamento. E quais as relações com a cartografia? Para D'alge (2001), “a razão principal da forte relação interdisciplinar entre a cartografia e o geoprocessamento é justamente o espaço geográfico”.

Isso porque a cartografia tem a preocupação de representar (a partir de modelos) os dados relacionados aos processos que ocorrem no espaço geográfico; o geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos SIGs, para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico (D'ALGE, 2001). Portanto, os SIGs, de acordo com Câmara e Medeiros (1998)

auxiliam na realização de análises complexas, ao permitirem a criação de um banco de dados georreferenciado e a integração de dados de diversas fontes, derivados de sensores remotos, por exemplo. Isso porque, recentemente, o desenvolvimento de tecnologias de geoprocessamento aproximou os usuários de dados de sensoriamento remoto do processo de desenvolvimento de suas aplicações, uma vez que fornecem ferramentas de análise espacial responsáveis por agregar valor às informações derivadas de sensores remotos.

O sensoriamento remoto é definido pela utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, que têm como objetivo estudar eventos, fenômenos e processos a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que os compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2008). Para a mesma autora, o sensoriamento remoto tem se mostrado como excelente ferramenta para controle e análise de recursos naturais, pois a periodicidade das imagens, associadas às metodologias propostas, permitem inferências e conclusões acerca da superfície terrestre e dos objetos observados.

Segundo Burrough (1998), os SIGs são compostos pela coleta, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais para um determinado propósito. Desta forma, é capaz de integrar, em uma mesma base de dados espaciais, os dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, redes e modelos numéricos de terreno e imagens de satélites, combinando os mapas a partir de algoritmos de processamento que geram novos mapas.

A propagação do uso do SIG é um fenômeno recente, datada do começo da década de 1960 no Canadá, sendo parte de um programa governamental que objetivava criar um inventário de recursos naturais. Na década de 1970, o que se nota é o desenvolvimento de novos e mais acessíveis recursos de *hardware*, fato este que possibilitou e tornou viável o uso por sistemas comerciais, tornando-se conceituada a expressão *Geographic Information System*.

Contudo, é somente na década de 1980 que a tecnologia do SIG passa por um período de acelerado crescimento, beneficiado, em grande parte, pela massificação resultante dos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto, tais como os centros de pesquisas que integram o NCGIA (*National Centre of Geographical Information and Analysis*), nos EUA, e que marcam o estabelecimento do geoprocessamento como disciplina científica independente. Portanto, é na década de 1980 que, motivada pela grande popularização dos microcomputadores, ocorre ampla difusão do uso de SIGs com a incorporação de muitas funções de análise espacial responsáveis pelo aumento das possibilidades de aplicações (CÂMARA *et. al.*, 2001).

Manuseadas e incorporadas aos ambientes criados através do uso dos SIGs, as imagens de satélites têm seu devido valor enquanto representação, pois mostram informações sobre diferentes aspectos do planeta, e assumem papel importante enquanto instrumental técnico na análise de formas e processos que demonstram a fisionomia da superfície da Terra. Estes constituem uma tecnologia de fundamental importância para mapeamentos e análises espaço-temporal de processos. Isto é possível porque se obtêm imagens em tempo cada vez mais curto e com resoluções espaciais que permitem também a análise em maior detalhe. No entanto, a interpretação de imagens necessita de um conhecimento aprofundado do objeto de análise (FERREIRA e FERREIRA, 2003).

Para Matias (2002), como um moderno sistema de informação na sociedade contemporânea, o SIG desempenha de forma concomitante as funções de um sistema para formação e de ação, devendo, portanto, ser visto além de um mecanismo técnico que reúne dados na forma gráfica e alfanumérica armazenados numa determinada estrutura e manuseados segundo determinados procedimentos analíticos. Significa uma genuína construção intelectual que visa dar conta de certa realidade, sua representação e compreensão, permitindo a formação de um arcabouço interpretativo que ajuda na tarefa de análise dos fenômenos geográficos.

De acordo com Ferreira e Ferreira (2003), novas tecnologias desenvolvidas e aperfeiçoadas principalmente após a II Guerra Mundial, dentre as quais as já apresentadas (como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, por exemplos), permitiram o mapeamento da superfície da terra, até então realizado através de mapas analógicos utilizando-se imagens totais ou parciais da superfície da Terra. Paralelamente, as geotecnologias permitem ainda representar o relevo através do uso de computadores e seus periféricos e de Modelos Digitais de Terreno.

Para Burrough (1986), o termo Modelo Digital de Terreno, derivado do inglês *Digital Elevation Model*, é preferencialmente utilizado para a representação digital de uma variação contínua do relevo sobre o espaço (elevação), sendo que o termo DTM (*Digital Terrain Model* ou “Modelo Digital de Terreno”, em português), implica, em função da palavra terreno, em outros atributos da paisagem que devem ser considerados e não somente a elevação. Para o presente trabalho, adotou-se o termo MDE, com o objetivo específico de se designar um valor de elevação do terreno.

De acordo com Jesus (2009) a construção de MDEs necessita de dados espaciais de elevação que podem ser extraídos de levantamentos topográficos, de levantamentos a partir de GPS (*Global Position Systems*), de restituição fotogramétrica adquirida por meio de mapas existentes ou por meio de pares estereoscópicos de imagens orbitais.

Para Ferreira (2006) o recente crescimento do número de usuários de sistemas de informação geográfica (SIG) e de mapas, tanto no Brasil como em significativa parte do mundo atual, é um indicador da consolidação da ideia de que avançamos progressivamente em direção a uma sociedade informacional. Um dos mais notáveis paradigmas da faceta informacional desta sociedade são a gestão e o domínio da informação territorial. No entanto, a postura geotecnológica exclusivista e tecnocrata do geoprocessamento ignorou o poder da análise espacial (esta, a razão máxima e condição primordial da existência de um SIG), entendendo-a apenas como sinônimo de “comandos” existentes nos SIG. Segundo o autor, um SIG só funciona porque foi desenhado com base em técnicas de análise espacial transformadas em funções por meio de linguagens de programação.

Já Druck *et al.* (2004) afirma que compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos distribuídos no espaço, constitui hoje um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento. A ênfase da análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer. A análise espacial é composta por um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno. Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral através de mapas. Estas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações

atípicas não só em relação aos vizinhos, e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Através desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações, de forma a selecionar o modelo inferencial melhor suportado pelos dados.

Além destes pressupostos, Ferreira (2006) argumenta ainda que as técnicas de manipulação de dados espaciais, amplamente influenciadas pela estatística, têm sido utilizadas como sinônimo de análise espacial. Define também que a velocidade e o crescimento da disponibilidade de dados geográficos, entretanto, não significa que o conhecimento em SIG terá igual desempenho, uma vez que este também decorre do uso esclarecido da análise espacial em determinado contexto teórico-metodológico que ultrapassa os limites de tutoriais e de estratégias comerciais, transformados oportunamente em análise espacial. A capacidade de um SIG em responder a questões de análise espacial depende da implementação de códigos. Tais códigos baseiam-se em alguns paradigmas, entre os quais citamos a codificação *vetor-raster*, a representação orientada a objetos, a estrutura em *layers* e a modelagem em campos contínuos.

Os estudos desenvolvidos por SACK na década de 1970 delimitaram o alcance e a essência de duas principais abordagens da ciência geográfica, responsáveis por oferecer a base da análise espacial produzida atualmente no SIG. Existe uma diferença entre as escolas corológicas e espaciais, responsáveis por concepções antagônicas, porém complementares, sobre a natureza das questões geográficas. A escola corológica enfatiza a natureza e as relações entre os lugares ou regiões específicas e, a espacial, o arranjo geométrico de padrões de fenômenos, o qual agrupa toda a porção da ciência geográfica praticada pela cartografia, através da análise espacial e pelos SIGs, sendo o mapa o elemento comum de interface (FERREIRA, 2003).

Para Ferreira (2006), os paradigmas da escola espacial da geografia são fundamentais para a inserção da cartografia temática, do sensoriamento e do SIG na geografia contemporânea. Define, portanto que, a escola espacial da geografia apresenta, dessa maneira, as bases teórico-metodológicas dos SIGs, considerados um estágio evolutivo atual da análise espacial que devem ser vinculados à área de planejamento, uma vez que se configuram como um sistema de apoio à tomada de decisão. Entretanto, na geografia o SIG tem enfrentado inúmeras barreiras epistemológicas e de método, que dificultam sua inserção em algumas categorias do conhecimento geográfico. Talvez isto seja fruto de uma visão equivocada que se tem deste tipo de sistema na ciência geográfica, que argumenta ser ele apenas um instrumental de informática

útil para simples consultas a banco de dados e não um sistema de suporte à decisão – este o seu principal elo com a geografia contemporânea.

Vale considerar que o SIG hoje já se torna uma ferramenta de ampla divulgação e elevado uso, em que especialistas de outras áreas do conhecimento se utilizam desta ferramenta sem ter o arcabouço teórico-metodológico necessário para melhor utilização de seus produtos. Assim, o que se nota é um uso massivo do SIG como uma simples ferramenta de auxílio dada por técnicos de diversificadas áreas do conhecimento científico. Entre estes casos, destacam-se trabalhos como o uso do SIG na área da medicina, em que se tem um mapeamento de áreas epidêmicas, como epidemias de dengue, de malária, de raiva, dentre outras. Outras áreas de destaque são as engenharias, as quais se utilizam das geotecnologias como no caso de engenharia de tráfego urbano em tempo real (amplamente utilizados em capitais, como a cidade de São Paulo, por exemplo), além das engenharias e outras possíveis áreas ambientais, as quais se apropriam da ferramenta SIG para auxílio no desenvolvimento de seus produtos.

Todas as áreas do conhecimento podem se utilizar das ferramentas geotecnológicas. No entanto, o uso destas ferramentas dadas por geógrafos podem aperfeiçoar os produtos gerados derivados destes usos devido ao conhecimento teórico-metodológico de seu desenvolvimento e de sua difusão para o uso na sociedade em geral.

2.2. A cartografia e suas escalas de trabalho: o uso de geotecnologias para a elaboração de métodos

O desenvolvimento da Cartografia e da produção dos mapas ocorre naturalmente paralelo ao desenvolvimento da humanidade ao longo dos tempos, desde os primórdios das grandes navegações até os mais recentes mapas disponíveis que se utilizam do recurso da internet ou através da utilização de satélites para sua navegação. O que seriam, portanto, os mapas? Para exemplificar o que definimos por mapas, Robinson *et al.* (1995) discorrem que, quando nos comunicamos com alguém tentando descrever uma relação espacial, queremos que nossa descrição possibilite a visualização de uma imagem semelhante ao que tentamos descrever para a pessoa a quem nos comunicamos. A melhor maneira de se ter certeza de que esta imagem descrita será bem entendida é por meio de uma representação visual. Esta representação gráfica da configuração geográfica do ambiente é o que denominamos *mapas*. A cartografia é a

elaboração e o estudo de mapas em todos os seus aspectos, já que é um importante ramo de representação gráfica, devido a sua forma extremamente eficiente de manipular, analisar e expressar ideias, formas e relações que ocorrem em duas ou três dimensões do espaço. Em um sentido mais amplo a cartografia inclui qualquer atividade em que a apresentação visual e a utilização de mapas tornam-se assunto de preocupação fundamental. Isso inclui, entre os objetivos da cartografia, o de ensinar as habilidades de uso de um mapa, estudar a história da cartografia e também, a coleta, separação e manipulação de dados, além do desenho e da elaboração de mapas, cartas, planos e atlas.

Dentre as características básicas utilizadas na elaboração de um mapa, Robinson *et.al.* (1995), destacam que em todas as elaborações dos mapas há preocupações com dois elementos da realidade: a localidade e os atributos. Além disso, todos os mapas geográficos são reduções da realidade ajustadas, ou seja, o mapa é definido por uma relação dimensional entre a realidade e o próprio mapa, definido como a escala de trabalho de um mapa. Os mapas também apresentam as transformações geométricas da Terra ajustadas para o mapa. Para isso, o mapa é construído a partir de uma projeção, contendo os modelos de abstração da realidade elaborados sobre um plano, o papel. Por fim, na confecção dos mapas são utilizados também sinais para que haja a compreensão dos elementos da realidade. Os significados destes sinais definem os simbolismos utilizados na elaboração do mapa final.

Ainda de acordo com Robinson *et. al.* (1995), os primeiros mapas elaborados eram figurativos e esquemáticos e tão misteriosos que eram guardados como tesouro e usados em rituais e cerimônias religiosas, pois poucos tinham uma utilização prática. Nogueira (2009) discorre que, ao olharmos os mapas antigos (os quais remetem aos tempos das grandes embarcações e grandes descobrimentos), logo verificamos qual era o mundo conhecido da sociedade daquela época e que representação cartográfica fora efetuada da maneira a qual a tecnologia manual permitia à época. Desde a civilização grega, que desenvolveu conceitos geométricos e os aplicara na medida da Terra e sua representação, os mapas tornaram-se instrumentos de análise espacial.

Lopes (2009) descreve que os mapas têm sido utilizados por séculos para visualizar informações espaciais, tendo como função auxiliar a compreensão das relações com o espaço, na medida em que permitem a obtenção de distâncias, direções e áreas que podem estar relacionadas a temas permitindo uma visualização geográfica do mundo real. Conforme descreve ainda

Robinson *et. al.* (1995), os mapas têm sido o foco central da ciência cartográfica. Isso porque possui duas importantes funções: meio de armazenamento de informações para as necessidades humanas e imagem do mundo, que nos ajuda a entender os padrões espaciais, suas relações e a complexidade do ambiente em que se vive. Dentre a história de desenvolvimento desta área de produção de mapas, o que se nota é que, a partir do século XVII, devido aos maiores interesses voltados ao estudo e desenvolvimento científico dos recursos naturais e ciências da Terra, a cartografia passa a se tornar mais especializada, principalmente pela evolução na produção de mapas específicos sobre determinados temas, os quais seriam denominados como os primeiros mapas temáticos. Para Martinelli (2003), os mapas temáticos podem ser construídos levando-se em conta vários métodos, cada um mais apropriado às características e à forma de manifestação (em pontos, em linhas, em áreas) dos fenômenos considerados em cada tema, seja na abordagem qualitativa, ordenada ou quantitativa.

No século XVIII, dá-se origem à grande maioria de uma coleção de “símbolos” mundialmente padronizados que foram adotados segundo algumas convenções com o objetivo de facilitar uma leitura e entendimento correto dos mapas. No entanto, é somente com o avanço da tecnologia, e conseqüentemente, do aparecimento dos microcomputadores em meados do século XX, que a cartografia sofrerá uma profunda revolução ao alterar os paradigmas envolvendo a representação, a comunicação e a produção de mapas. Com isso, o que se nota é que o conhecimento da distribuição espacial dos recursos naturais terrestres, da população e outras características ligadas a eles passam a exigir cada vez mais o desenvolvimento de métodos de levantamento para efetuar o inventário (observar, classificar, medir e registrar) bem como para o mapeamento dos dados. Os mapas evoluem, portanto, na era da informação digital para uma nova aplicação, que seria a visualização cartográfica através de displays eletrônicos. (NOGUEIRA, 2009).

Robinson *et al.* (1995) destacam que a cartografia está no centro de uma revolução tecnológica. Contudo, as revoluções tecnológicas não são novidades na história de mais de 2000 anos da escrita da cartografia. Tal revolução é causada por um uso generalizado de eletroeletrônica e, em particular, dos computadores. Além disso, esta revolução não está apenas influenciando o campo altamente técnico da cartografia, mas está afetando a relação entre o mapeamento e a sociedade em geral. No decorrer dos anos, os cartógrafos têm definido

elementos básicos para sua ciência. Cada vez mais, eles realizam a cartografia de forma mais precisa e tornam a informação resultante o mais amplamente disponível.

Segundo Di Maio (2007), para estudar o espaço geográfico, aprender e explicar a realidade, sua complexidade e dinamismo, as pesquisas realizadas no campo da geografia, com suas teorias e métodos, contam com instrumentos do meio técnico e científico como as tecnologias do sensoriamento remoto e da informática, e em particular, os sistemas de informações geográficas – SIG. No entanto, na educação mudanças tecnológicas não ocorrem de forma tão rápida quanto na tecnologia, o que gera um distanciamento a ser superado. É fato que a informática está cada vez mais presente na vida escolar pela Internet, multimídia, ou outros meios digitais.

O computador possibilita a aprendizagem de geografia na medida em que motiva os alunos a utilizar procedimentos de pesquisa de dados, permite experimentar diferentes variáveis para situações do mundo real, a partir de manipulação de parâmetros, oferecem recursos que favorecem a leitura e a construção de representações espaciais – comandos que auxiliam no estabelecimento de relações de proporção, distância, orientação, aspectos fundamentais para a compreensão e uso da linguagem gráfica (MEC, 1999).

O sensoriamento remoto, como uma tecnologia de aquisição de dados da superfície terrestre a distância, é uma importante ferramenta para a identificação, monitoramento e análise dos problemas ambientais; portanto, é relevante contemplar essa tecnologia na educação básica. Com o crescimento das transformações ambientais na superfície terrestre, melhores métodos de avaliação e planejamento surgem, produzindo benefícios no gerenciamento dos recursos naturais, como é o caso da integração sensoriamento remoto – com sistemas de informações geográficas e com a cartografia digital, que fornece meios para se obter, armazenar e manipular grandes quantidades de dados geocodificados, visualizá-los e analisá-los. Este trinômio de ações revela um forte potencial didático-pedagógico, pois permite interação com o usuário (DI MAIO, 2007).

Para tanto, em conformidade com Lopes e Nogueira (2011), o avanço na obtenção de dados geográficos alcançou utilidade prática para mapeamentos e planejamento da Terra, sendo que a possibilidade de se ter imagens de uma feição ou área mensurável permite que dados vetorizados a partir dessas imagens tornem-se mapas com fidelidade geométrica, permitindo assim a medição desses produtos em escala apropriada. A relação atual da sociedade com a cartografia se intensificou após o lançamento do *Google Earth*, um marco em relação à divulgação de imagens provenientes de sensores remotos acoplados a satélites. Este sistema disponibiliza para sociedade

uma ferramenta simples de manipulação de imagens de alta resolução, que possibilita, além do processo de simples visualização dessas imagens, a vetorização de pontos, linhas e polígonos, e ainda, a sobreposição de pontos gerados por outros processos de levantamento, como por exemplo, pontos resultantes de sistemas de posicionamento global por satélite.

A baixa disponibilidade de mapeamentos do território brasileiro, além de dificuldades de obtenção de dados consistentes com elevada acurácia e a falta de padronização, são fatores que ocasionam maior disseminação no uso do software *Google Earth*. Robinson *et. al.* (1995) destacam que uma das maiores mudanças sofridas na cartografia é o fato de que os cartógrafos estão perdendo certo controle que exerciam no passado, pois quando o mapa impresso era o único produto derivado de seu esforço, os cartógrafos podiam exercer certo controle em relação à sua informação, já que os usuários poderiam extrair destes somente os que lhes haveria sido disponibilizado no próprio mapa. Nos dias atuais, com a tecnologia digital crescente, a situação se torna diferente, pois os usuários podem selecionar as informações que desejam incluir e obter por meio de visualização rápida e interativa. Com isso, o processo de mapeamento está se tornando descentralizado, já que o papel significativo do cartógrafo, hoje, diz respeito às responsabilidades das fases preparatórias, anteriores ao mapeamento, enquanto o usuário do mapa passa a assumir as tarefas de produção de mapas que demonstrem suas necessidades e interesses. Como exemplo do caso, discute-se a importância que se dá em relação à escala de trabalho, já que desde os primórdios da cartografia, era costume tradicional sempre compilar um mapa maior para escalas menores. Nos dias de hoje, os cientistas cartográficos ainda podem aderir a tal exemplo, mas os usuários (aqueles que usufruem do produto) podem ou não aderir. Este intervalo de escalas vai ser definido pela resolução de dados. Todavia, uma das preocupações que deve ganhar maior destaque pelos cartógrafos atuais e futuros são os padrões. Estes padrões são necessários para a manutenção de certa qualidade dos dados, as trocas de dados, além de *hardwares* e *softwares* de interoperabilidade, bem como os procedimentos utilizados para a coleção de dados. Maior ênfase, portanto, deve ser dada sobre a propagação de erros durante a análise, ganhando maior importância nas questões futuras.

Para Lopes (2009), quando utilizados por profissionais qualificados, os *softwares* específicos podem se tornar ferramentas importantes para a obtenção e atualização de bases cartográficas, desde que se conheça a limitação (precisão) do dado gerado na interpretação das imagens, como no caso do *Google Earth*.

O banco de dados do *Google Earth* é derivado de uma mescla de imagens provenientes de sensores de diversas resoluções, dispostas de maneira a formar uma imagem contínua de todo o planeta. Estas imagens são provenientes de diversas distribuidoras, e podem ser alteradas periodicamente, sem necessidade de registro algum, podendo ocasionar alguns erros de posição absoluta ou de deslocamento.

Lopes e Nogueira (2011) utilizaram uma metodologia para avaliar a precisão cartográfica do *Google Earth* a partir das distâncias medidas em cartas e nas imagens Google. Os autores constataram uma discrepância de apenas 0,02%. A avaliação de distâncias medidas a partir de linhas interpretadas no *Google Earth* e linhas interpretadas na base de dados cartográficos apresentaram erro médio de apenas 0,44%; para a avaliação de áreas, utilizaram-se os valores de áreas e perímetros medidos em polígonos retirados da base de dados e interpretados na imagem contida na base do *Google Earth*, e constataram-se erros médios de 3,54% (áreas) e 1,39% (perímetro). Portanto, para estes autores, a avaliação geométrica demonstrou resultados estatísticos significativos nas três avaliações realizadas (ponto, linha e área) apontando valores que indicam a fidelidade geométrica da imagem do *Google Earth* em relação às cartas convencionais. Neste mesmo trabalho os autores concluíram que, utilizando-se um padrão de erro planimétrico fino (0,1 mm), o usuário poderia usar as informações vetorizadas no *Google Earth* em escalas iguais ou menores que 1:150.000 (LOPES e NOGUEIRA, 2011).

2.3. Planejamento Ambiental, os Geossistemas e o Código Florestal brasileiro: análise das áreas de preservação permanente

Nos dias atuais, torna-se marcante o processo de conscientização e compreensão pelo homem do estado de desequilíbrio social, cultural, econômico e, sobretudo, ambiental. Para Guerra (2006) o que se observa é que

à medida que essa consciência se revela, crescem a necessidade e a possibilidade de se superarem os problemas, tornando-se cada vez mais claros que os desequilíbrios se caracterizam pelas diversas formas como a sociedade relaciona-se com o meio ambiente. A preocupação com a questão ambiental e social pode ser traduzida pela busca do equilíbrio no relacionamento entre os vários componentes que o meio natural estabelece entre si e a sua capacidade de

responder aos diferentes distúrbios que lhe são impostos pelas formas de atividade da sociedade sobre a natureza.

Dessa forma, as comunidades científicas têm conduzido seus trabalhos para desenvolver metodologias que busquem soluções para os impactos ambientais provocados pela sociedade. Por conta disso, talvez um dos maiores desafios para as ciências, na atualidade, seja o de ajustar suas metodologias, ou redirecionar suas ações, na tentativa de apontar mecanismos e possíveis respostas que possam levar a soluções, que, no mínimo, orientem a forma adequada de planejar, recuperar ou conservar as diversidades de paisagens da superfície terrestre (GUERRA, 2006).

Guerra (2006) ainda descreve que a busca da compreensão das várias formas de relacionamento entre os diversos componentes e fenômenos da natureza, frente às grandes variações a ela impostas, levou as ciências nos últimos três séculos a conhecerem importantes progressos no esforço de descrever o universo físico e ambiental em que vivemos. Inicialmente, a compreensão dos fenômenos se voltava para a regularidade, estabilidade e permanência, reduzindo o conjunto dos processos naturais a um pequeno número de leis imutáveis, inseridas em uma abordagem analítica ou reducionista da natureza. A necessidade de compreensão dos fenômenos naturais frente às incertezas e às irregularidades, em um segundo momento, encaminham os estudos da natureza, em uma ótica mais complexa, a compreendê-la de maneira não fragmentada, considerando a sua dinâmica e levando ao entendimento do todo de forma sistêmica, conhecida como uma abordagem holística da natureza. O surgimento de novas técnicas de análises científicas, a partir do século XX, ajudou a entender que os elementos da natureza, além de relacionarem-se entre si, formam também um todo unitário complexo. Dessa premissa, evoluíram os estudos referentes aos estados uniformes e fenômenos rítmicos. Com o passar do tempo, em um terceiro momento, passou-se a compreender que os sistemas que compõem a natureza e os socioeconômicos possuem comportamentos irregulares e complexos e que suas relações podem ser previsíveis ou não. Essa abordagem, além de se caracterizar como holística, leva em consideração que os sistemas dinâmicos, complexos e não lineares abordam a grande diversidade dos elementos, com vários graus de liberdade quanto ao comportamento destes. A possibilidade de ruptura, irreversibilidade, imprevisibilidade das mudanças e auto-regulação dos sistemas abertos leva a entender que não há equilíbrio, mas, sim, estado de relativa estabilidade, que é temporal onde a energia permanece relativamente estável.

Nestas perspectivas, as áreas de preservação permanente, definidas a partir da existência dos instrumentos legais, como o Código Florestal brasileiro (Lei nº 4.771 de 1965), possuem função de extrema importância para a proteção dos recursos hídricos; além disto, a vegetação ciliar ocupa áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos. Devido às características de proteção, as áreas de preservação permanente (APP) foram definidas no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771 de 1965) como “áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, que têm como função preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora e essencialmente para a proteção do solo” (BRASIL, 1965). Nessas áreas não se pode fazer a retirada da cobertura vegetal original, para permitir, assim, o exercício pleno de suas funções ambientais (RIBEIRO *et al.* 2005).

Para Camargo *et al.* (1971 *apud* MEDINILHA 1999), entende-se por vegetação ciliar as formações higrófilas situadas ao longo dos cursos d’água, em faixas delgadas, como resultado do meio ecológico. Esta vegetação possui várias características abrangendo do tipo ralo até o arbóreo em decorrência do meio ecológico e, em alguma proporção, da interação antrópica.

Já Muller (1996 *apud* MEDINILHA 1999), destaca que

a mata ciliar é a massa de vegetação que se forma naturalmente às margens dos rios e de outros corpos d’água, até em regiões com condições pluviométricas baixas e irregulares, nas quais o clima e o solo não possibilitam o desenvolvimento de árvores nas áreas mais distantes dos corpos d’água. Além disto, ameniza o impacto da erosão em áreas mais altas, quando nelas se desenvolve a agricultura.

Segundo Garófalo (2010), a expressão “matas ciliares” envolve todos os tipos de vegetação arbórea vinculada à beira dos rios. As funções atribuídas a estas formações vegetais estão associadas a refúgio e alimento para a fauna, manutenção do micro-clima e qualidade da água, contenção dos processos erosivos e retenção das águas superficiais em épocas de cheias, contribuindo para o amortecimento das enchentes.

Regulamentadas pela Lei nº 7.803 (BRASIL, 1989) e pela resolução nº303 CONAMA (2002), são consideradas como APPs as florestas e demais formas de vegetação natural situadas

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja;

b) de 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura; de 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura; de 100 metros para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura; de 200 metros para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura; de 500 metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros de largura;

c) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios naturais ou artificiais;

d) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura;

e) nos topos de morros, montes, montanhas e serras;

f) nas encostas ou parte destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive; nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais.

Além disso, "não é permitida a derrubada de florestas situadas em áreas em inclinação entre 25° a 45°, só sendo nelas tolerada a extração de toros quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes". Destaca-se, a partir do artigo 4º, que "a supressão de vegetação em áreas de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social" (CONAMA, 2002).

O longo período desde a aprovação do Código Florestal vigente, datado do ano de 1965, tornou-se um ponto muito discutido nos últimos anos devido ao ganho de importância por questões ambientais. Peça-chave da legislação ambiental brasileira, o Código Florestal impõe limites ao avanço da produção agrícola e da pecuária no país, ao definir quais áreas podem ser desenvolvidas pelos proprietários rurais e quais devem ser preservadas. Os principais interessados na discussão dividem-se em dois grupos políticos: a bancada ruralista, cujo objetivo é o uso de recursos naturais para a produção agrícola em larga escala; e os ambientalistas, que têm como maior anseio a proteção e o uso sustentável dos recursos naturais em território nacional. Estes grupos pressionam o governo brasileiro para a necessidade de uma mudança imediata na redação do Código Florestal. É a partir do projeto de Lei 1876, datado de outubro de 1999, que se possibilita, de fato, a mudança de tal Código (BRASIL, 2012).

As explicações para a apresentação da ementa discorrem que o objetivo do projeto de Lei em questão seria o de revogar a Lei 4.771, de 1965 (Código Florestal), bem como alterar a Lei 9.605, de 1998, que prevê sanções e penas administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998).

Passados mais de dez anos desde a sua criação como Projeto de Lei, a aprovação deste novo Código sofre ainda mais pressões, ocasionando em intermináveis e intensas negociações com o governo federal, frente aos grupos políticos interessados. Após longas rodadas de negociações, uma comissão mista que analisa a medida provisória do Código Florestal aprovou, no dia 18 de setembro de 2012, um acordo que determina a volta da proteção a rios temporários e a inclusão de emenda que diminui a faixa de áreas de proteção permanente a ser recomposta por pequenos e médios produtores rurais. Com este acordo, os parlamentares afirmam que o texto poderá ter votação rápida nos plenários da Câmara e do Senado. Ao final da votação, os parlamentares votaram na proposta que modifica a Medida Provisória, definindo que as propriedades entre 4 (quatro) módulos fiscais e 15 (quinze) módulos fiscais, deverão recompor apenas 15 metros de mata ciliar em rios com até 10 metros de largura para casos onde haja áreas consolidadas em rios de até 10 metros de largura. Já para as propriedades maiores, a mesma comissão aprovou regra prevendo uma recomposição mínima de 20 metros e máxima de 100 metros de mata, de acordo com o que ficar estabelecido nos Programas de Regularização Ambiental (PRA), que deverão ser implantados pelos governos estaduais (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2012).

Portanto, nesta pesquisa, foi adotado como base o Código Florestal Brasileiro vigente (1965). No entanto, objetivando analisar as possíveis mudanças que ocorreram a partir da aprovação do texto final do novo Código em questão, o trabalho também levou em consideração os textos que foram aprovados até o presente momento, em relação às mudanças previstas para o novo Código Florestal (BRASIL, 2012).

Além disso, neste trabalho buscou-se analisar, de forma crítica, os dois Códigos Florestais, buscando propor uma metodologia alternativa para o traçado das faixas de proteção de acordo com a ordem dos canais da bacia, propondo métodos mais conservacionistas do que os existentes.

Sendo assim, esta dissertação contempla três cenários: o primeiro a partir do uso do Código Florestal de 1965; o segundo diz respeito ao Novo Código Florestal Brasileiro de 2012 e o terceiro, como uma proposta de progressão das larguras de proteção com base na hierarquia fluvial.

2.4. A bacia hidrográfica e as redes de drenagem: seus padrões e hierarquias.

A drenagem fluvial é constituída pelo conjunto de canais de escoamento inter-relacionados, que formam a bacia de drenagem, cuja delimitação se dá pela área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A bacia hidrográfica pode ser definida como a unidade física caracterizada como uma área de terra drenada por um determinado curso d'água e, limitada, perifericamente, pelo chamado divisor de águas (MACHADO, 2002).

Carvalho (2007) argumenta que

a bacia hidrográfica corresponde a um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, contemplando atividades agrícolas, industriais, comunicações, serviços, facilidades recreacionais, formações vegetais, nascentes, córregos e riachos, lagoas e represas, enfim todos os *habitats* e unidades de paisagem. Seus limites são estabelecidos topograficamente pela linha que une os pontos de maior altitude e que definem os divisores de água entre uma bacia e outra adjacente.

O comportamento hidrológico de uma bacia depende de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, entre outras) e do tipo de cobertura vegetal existente (LIMA, 1976). Assim, as características físicas e bióticas de uma bacia, e de suas sub-bacias, possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico.

A floresta influencia diretamente o regime dos rios. De acordo com Pontes (1983 *apud* MEDINILHA 1999), a diminuição na profundidade dos rios está intimamente relacionada à substituição da floresta, já que quanto menos florestada for uma área, maior será a probabilidade do aumento do volume de água no canal. Portanto, quanto menor for a bacia, maior será a influência das florestas na descarga de água.

A recomposição ou a preservação dos recursos deve levar em consideração a bacia hidrográfica como unidade de estudo, já que qualquer alteração que possa ocorrer a montante da bacia poderia ocasionar problemas em todo o seu percurso. Com isso, qualquer atividade humana

pode alterar o complexo sistema da bacia hidrográfica, que é por si mesmo, dinâmico e variável. Portanto, qualquer alteração que ocorrer na bacia pode desencadear modificações consideráveis na qualidade de suas águas.

De acordo com Christofolletti (1981),

englobando o estudo dos rios e das bacias hidrográficas, a geomorfologia fluvial coloca-se (...) entre os setores mais dinâmicos desse campo científico. A dinâmica e as formas topográficas resultantes da ação fluvial sempre chamaram a atenção dos pesquisadores. Desde os primórdios da história das geociências são comuns as referências sobre o trabalho dos rios. À medida que se desenvolvia a ciência geomorfológica, surgia contribuições sobre os cursos de água e bacias de drenagem, a ponto de haver elevada superposição repetitiva entre a primeira e a história da geomorfologia fluvial (CHRISTOFOLETTI 1981, prefácio).

Para o mesmo autor,

o escoamento nos canais fluviais apresenta diversas características dinâmicas, que se tornam responsáveis pelas qualidades atribuídas aos processos fluviais. A dinâmica do escoamento, no que se refere à perspectiva geomorfológica, ganha significância na atuação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte de sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito.

Além disso, a forma do canal seria uma resposta, que reflete o ajustamento aos débitos que fluem através de determinada seção transversal.

Para Cristofolletti (1981) “os rios funcionam como canais de escoamento”

Ao considerarmos que o canal em rios aluviais é resultante da ação exercida pelo fluxo sobre os materiais rochosos componentes do leito e das margens, pode-se afirmar que as suas dimensões serão controladas pelo equilíbrio entre as forças erosivas de entalhamento e os processos agradacionais depositando material no leito e em suas margens.

Sendo assim, o escoamento fluvial faz parte integrante direta do ciclo hidrológico e a reposição (alimentação) se processa através das águas superficiais e subterrâneas. “O escoamento fluvial compreende, portanto, a quantidade total de água que alcança os cursos de água, incluindo o escoamento pluvial, que é imediato, e a parcela das águas precipitadas que só posteriormente, e de modo lento, vai se juntar a eles através da infiltração” (CHRISTOFOLETTI, 1981). Esta relação entre as águas superficiais e subterrâneas sofrerá variação intensa, a depender do clima, tipo de solo, da rocha, declividade, cobertura vegetal e outros fatores adicionais. Por sua vez, a rede de drenagem, segundo Soille e Gratin (1994) é entendida como feição topográfica que favorece o acúmulo e o escoamento das águas superficiais. Estas são compostas por canais organizados em padrões característicos, como o dendrítico, treliça, retangular, paralela, radial e anelar.

Os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. Uma ou várias bacias de drenagem podem estar englobadas na caracterização de determinado padrão (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De acordo com os padrões de drenagem, a caracterização do tipo dendrítico, também designado como arborescente, devido a sua semelhança com ramificações de galhos de uma árvore. A partir desta característica, Christofolletti (1981) define que a corrente principal corresponderia ao tronco da árvore, os tributários seriam os ramos e as correntes de menor categoria seriam os raminhos e folhas, e da mesma forma que as árvores, as correntes tributárias são distribuídas em todas as direções sobre a superfície de um terreno, unindo-se com a formação de ângulos agudos de graduações variadas, mas sem chegar nunca ao ângulo reto. Caso haja a ocorrência de ângulos retos no padrão dendrítico, tornar-se-ão anomalias que serão atribuídas, em geral, aos fenômenos tectônicos, já que esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais (Figura 1a).

Já o padrão de drenagem em treliça é composto por rios principais consequentes, correndo paralelamente, recebendo afluentes subsequentes que fluem em direção transversal aos primeiros. É normalmente encontrado em estruturas sedimentares homoclinais, em estruturas falhadas e nas cristas anticlinais (figura 1b) (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O padrão do tipo retangular (figura 1c) é a modificação da drenagem treliça, tendo sua característica definida pelo aspecto ortogonal devida às bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais, tanto nas principais como nas tributárias. Já o padrão do tipo drenagem paralela é assim denominado quando os cursos de água escoam quase paralelamente uns aos outros, através de uma área considerável ou a partir de numerosos exemplos sucessivos (figura 1d). Localiza-se, em geral, onde há presença de vertentes com declividades acentuadas ou existem controles estruturais que motivam a ocorrência de espaçamento regular das correntes fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A drenagem radial (figura 1e) apresenta sua composição por correntes fluviais que se encontram dispostas como raios de uma roda, em relação a um ponto central, podendo se desenvolver sobre os mais variados embasamentos e estruturas. Já a drenagem anelar (figura 1f) recebe tal desígnio devido a sua semelhança a anéis, sendo típica de áreas dômicas profundamente entalhadas, em estruturas com camadas duras e frágeis. Isso porque a drenagem acomoda-se aos afloramentos das rochas menos resistentes, originando cursos subsequentes ao receberem tributários obsequentes e ressequentes.

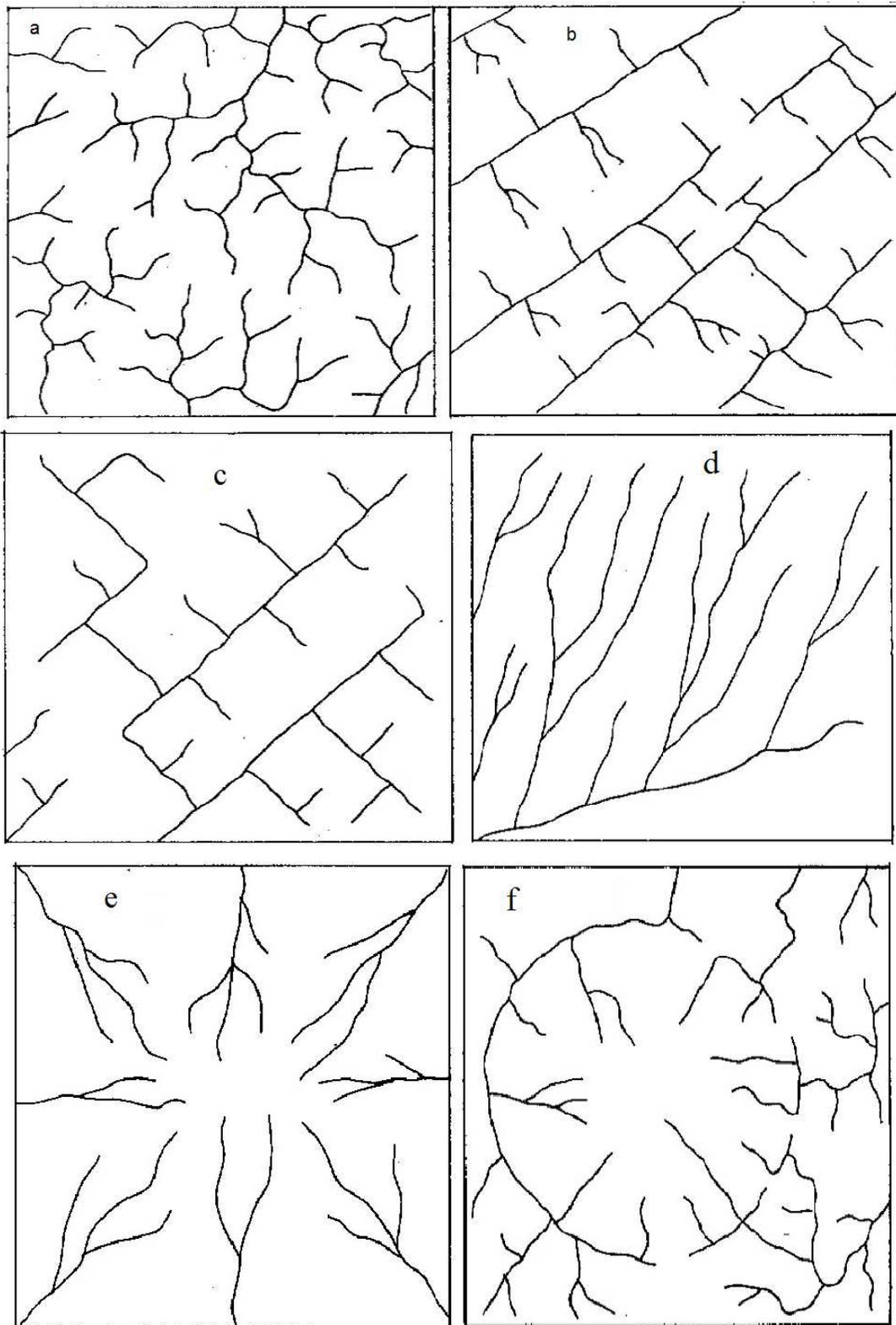


Figura 1 - Principais tipos de padrão de drenagem: (a) dendrítica; (b) treliça; (c) retangular; (d) paralela; (e) radial e (f) anelar. Fonte: CHRISTOFOLETTI, 1980.

Uma padronização do arranjo espacial que o leito apresenta ao longo do rio pode auxiliar na análise dos tipos de canais fluviais que podem ser encontrados. Entre estes, estão o tipo meandrante, anastomosado, reto, ramificado, reticulado e irregular.

De acordo com o que define Cristofolletti, 1980, os canais

anastomosados são os formados em condições especiais, altamente relacionados com a carga sedimentar do leito. Quando o rio transporta material grosseiro em grandes quantidade e não têm potência suficiente para conduzi-lo até o seu nível de base final, depositando-o no próprio leito. O obstáculo formado pela rugosidade e saliências, faz com que o rio se ramifique em múltiplos canais, pequenos e rasos, e desordenados devido às constantes migrações entre ilhotas. Os trechos anastomosados sempre se localizam ao longo do curso fluvial, pois no ponto de início como no ponto terminal deverá haver um único canal. Isto é para diferenciar da padronagem reticulada, que se assemelha à disposição anastomosada, mas que se caracteriza pelo escoamento efêmero e pela subdivisão em várias embocaduras que se perdem nas baixadas ou lagos temporários. O padrão reticulado é comum nas áreas de pedimentos, e os ramos de escoamento fluvial também são mutáveis em função da carga detrítica grosseira que o rio transporta. A padronagem deltaica caracteriza-se pela ramificação do curso fluvial inicial, subdividindo-se em vários distributários que alcançam o mar, lago ou outro rio. Diferencia-se do anastomosado e reticulado por causa do escoamento perene e maior estabilidade dos canais de escoamento.

Os canais retos são aqueles em que o rio percorre um trajeto retilíneo, sem se desviar significativamente de sua trajetória normal em direção à foz. Os canais verdadeiramente retos são muito raros na natureza existindo principalmente quando o rio está controlado por linhas tectônicas, como no caso de cursos de água acompanhando linhas de falha. Sua presença exige também a existência de um embasamento rochoso homogêneo (rochas de igual resistência), pois em caso contrário o rio fatalmente se desviará em sua trajetória. O canal ramificado surge quando existe um braço de rio que volta ao leito principal, formando uma ilha. Essa junção pode se verificar até dezenas de quilômetros a jusante

Por fim, Cristofolletti, 1980, afirma que

os canais meândricos são aqueles em que os rios descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si, através de um trabalho contínuo de escavação na margem côncava (ponto de maior velocidade da corrente) e de deposição na margem convexa (ponto de menor velocidade). Deve-se notar que a deposição dos detritos da carga do leito se faz no mesmo lado da margem em que eles foram arrancados.

Ainda para o mesmo autor, “a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Cabe destacar que rede fluvial ou rede de canais é o padrão inter-relacionado de drenagem formado por um conjunto de rios em determinada área, a partir de qualquer número de fontes até a desembocadura da referida rede”

Em relação aos critérios de ordenação dos cursos d’água, os primeiros trabalhos neste sentido foram propostos por Horton (1945) e posteriormente modificados por Strahler (1952). Para Christofolletti (1980), definir a hierarquia da rede fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d’água (ou de uma área drenada ao qual lhe pertença) em um conjunto total da bacia hidrográfica ao qual se encontra.

De acordo com o modelo de Horton (1945), os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem são formados pelos afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem recebem afluência de canais de segunda ordem, podendo também, receber diretamente canais de primeira ordem, sucessivamente, um canal de ordem u pode ter tributários de ordem $u-1$ até 1 (Figura 2a).

Para Strahler (1952) os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem nenhum tributário, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem são formados por dois ou mais canais de primeira ordem e somente recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois ou mais canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem são aqueles formados pela confluência de dois ou mais canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores, mas nunca superiores, e assim sucessivamente (Figura 2.b). A ordenação proposta por Strahler elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo

número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência.

Para Christofolletti (1980),

tanto o sistema de Horton como o de Strahler pressupõe que a ordem dos canais aumenta de 1 se um rio entra em confluência com outro de mesma ordem. Essa pressuposição é muito significativa em um sistema fluvial idealizado e regular, como em uma rede fluvial composta somente por confluências de rios de mesma ordem. Entretanto, as redes fluviais são mais complexas por causa da existência de numerosos tributários de ordens inferiores.

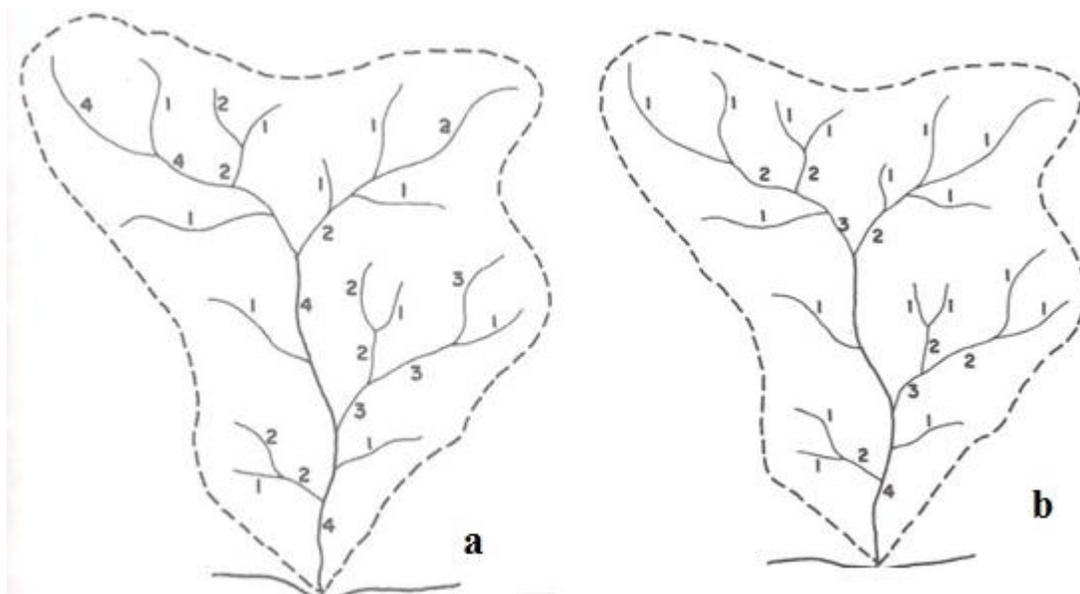


Figura 2 - Hierarquia Fluvial: (a) HORTON (1945) e (b) STRAHLER (1952).

Definidas as diferenças entre os dois sistemas, o presente trabalho se utiliza do sistema de Strahler (1952) como base devido a sua característica mais didática para a análise da classificação da hierarquia fluvial a partir dos cursos d'água estabelecidos.

3. Área de Estudo – Caracterização.

A alta bacia hidrográfica do rio Jaguari, MG (Figura 3) está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) Fernão Dias, localizada na divisa dos estados de São Paulo e Minas Gerais, ocupando parte dos municípios de Sapucaí-Mirim em sua porção norte, Camanducaia na porção central e Extrema, na segmentação Sul. Possui área aproximada de 514,8 km² e perímetro em torno de 165,5 km. De acordo com a tabela 1, que demonstra a população residente em cada município para os anos de 1991, 2000 e 2010, o crescimento de todos os municípios é evidente, tendo Extrema como o município de maior avanço populacional para o período em questão, com aproximadamente 100% de crescimento. Camanducaia apresenta menor índice, sua população sobe de aproximadamente 17 mil pessoas, para pouco mais de 21 mil, o que representa um crescimento aproximado de 25%. Sapucaí-Mirim por sua vez, apresenta crescimento intermediário em relação aos outros dois municípios. Isso porque seu crescimento situa-se na casa de 46%, com população absoluta aproximada de 6.240 pessoas.

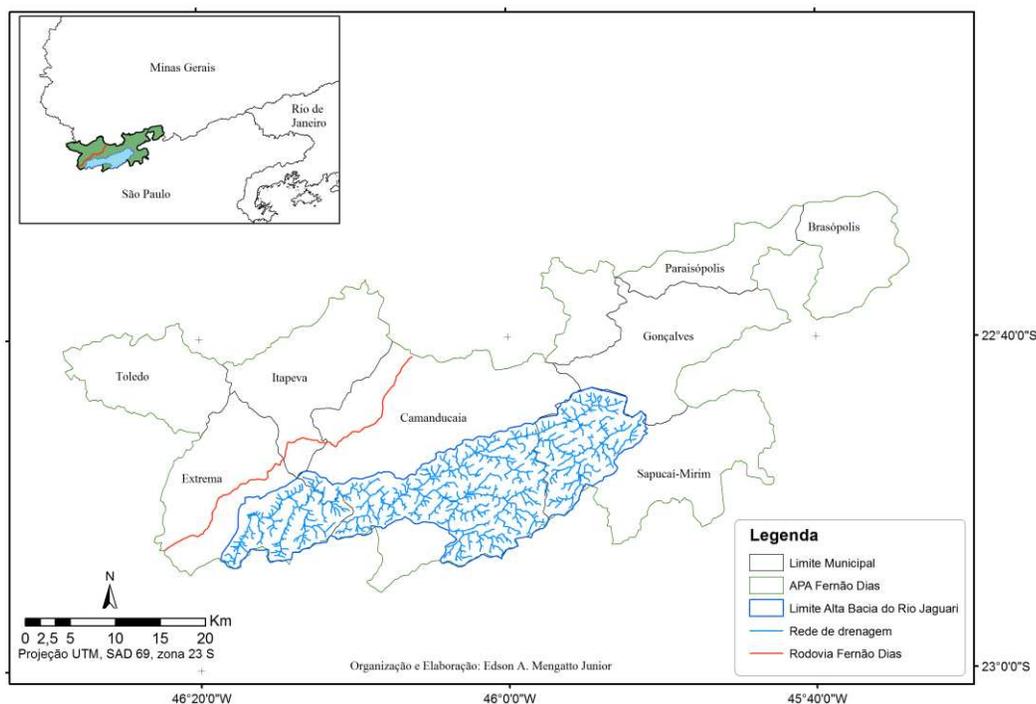


Figura 3 - Mapa de Localização da alta bacia do rio Jaguari, inserida na APA Fernão Dias, MG.

Tabela 1 - Taxa de crescimento populacional nos municípios inseridos na alta bacia hidrográfica do rio Jaguari, MG (1991, 2000 e 2010).

Municípios	População (mil habitantes)			Crescimento (%)
	1991*	2000**	2010**	Total
Extrema	14.314	19.219	28.599	99,80
Camanducaia	16.927	20.537	21.080	24,50
Sapucaí-Mirim	4.274	5.455	6.241	46
Fonte: *Atlas Desenv. Humano; **IBGE				

A criação da área de proteção ambiental Fernão Dias se deu a partir do decreto estadual de nº 38.925, datada de 17 de Julho de 1997, com origem no processo de licenciamento ambiental a partir da aprovação do projeto de duplicação da rodovia Fernão Dias (BR-381), como sugestão expressa pelos estudos de impacto ambiental para a execução da obra (IBITU, 1998). O decreto estadual tem por objetivo a proteção e preservação das formações florestais, remanescentes da Mata Atlântica, bem como da fauna silvestre a partir do processo de disciplinamento de uso dos recursos naturais e de incentivos ao eco desenvolvimento regional a fim de que o conjunto paisagístico e a cultura regional sejam conservados. Além da presença dos remanescentes, a APA Fernão Dias possui ainda diversas nascentes e pontos de captação hídrica, com grande importância regional devido às caracterizações socioeconômicas encontradas na área, que tem como base a atividade agropecuária, a qual ocorre em sua maioria a partir de pequenas propriedades, bem como a silvicultura e o ecoturismo na região serrana (MINAS GERAIS, 1997).

A APA Fernão Dias é uma unidade de conservação de uso sustentável localizada a sul do estado de Minas Gerais, na divisa com o estado de São Paulo. Possui área total de 180.073 ha e compreende integralmente os municípios de Camanducaia, Extrema, Gonçalves, Itapeva, Sapucaí-Mirim e Toledo e parte dos municípios de Brasópolis e Paraisópolis.

Com rede hidrográfica de padrões retangular, treliça e dendrítico, caracteriza-se pela alta densidade de canais de drenagem, típica de ambientes serranos. Os rios treliços predominam na porção centro-sul da APA, com orientação leste-oeste. Já sua margem esquerda, apresenta orientação da drenagem que segue o sentido Nordeste-Sudoeste.

Condicionada pela grande quantidade de fraturas, é responsável pela produção hídrica notável da APA Fernão Dias, resultante de características climáticas favoráveis dadas pela sua posição latitudinal, pelas altas altitudes e pela relativa proximidade da costa atlântica (IBITU, 1998).

O clima da área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, é o subtropical de altitude (Cwb). As temperaturas médias são inferiores a 22° C no verão, e a 15° C no inverno, sendo comum, nos meses de junho e julho, mínimas diárias inferiores a 0° C (IBITU, 1998).

Em relação ao regime pluviométrico, a bacia hidrográfica do alto rio Jaguari possui elevadas taxas de precipitação e de umidade atmosférica (médias anuais entre 1.600 e 1.800 mm), com apenas um ou dois meses secos durante o inverno, graças a forte radiação solar incidente nesta faixa latitudinal, à proximidade do oceano e à topografia da Serra da Mantiqueira, a qual favorece a ascensão orográfica (IBITU, 1998).

O desmatamento de áreas naturais ocasionados na área de estudo ocorre devido aos processos de ampliação de áreas urbanas influenciada pela duplicação da rodovia Fernão Dias e de expansão das áreas voltadas às atividades agropecuárias, devido à importância desta atividade na área. Além destas, merece destaque ainda o ecoturismo, atividade relevante nas áreas serranas da APA.

Em relação à geologia (figura 4), a bacia se localiza a sul da Faixa Brasília e é caracterizada predominantemente por granitos, charnokitos e gnaisses com idades entre 630 a 610 milhões de anos (MORETTI 2011). A partir da figura 4, podemos observar a constituição dos lineamentos presentes na formação da alta bacia do rio Jaguari, MG. O mapa se torna importante, pois os lineamentos auxiliam na formação da rede de drenagem constituída para a bacia em análise.

Portanto, a análise da figura 4 permite afirmar que os lineamentos definem um alinhamento da drenagem com esta formação, demonstrando que a densidade de drenagem possui relação direta com a formação litológica da área. Ou seja, os padrões lineares seguem características definidas pela composição litológica da área, que por sua vez definem as características gerais de drenagem da área.

A APA Fernão Dias está situada geologicamente em um sistema de cinturões de dobramentos. Suas rochas foram geradas e metamorfozadas durante o ciclo tectônico brasileiro, fazendo parte do complexo o sistema Varginha-Guaxupé ou então de rochas Granitóides de diferentes corpos ígneos ou suítes intrusivas.

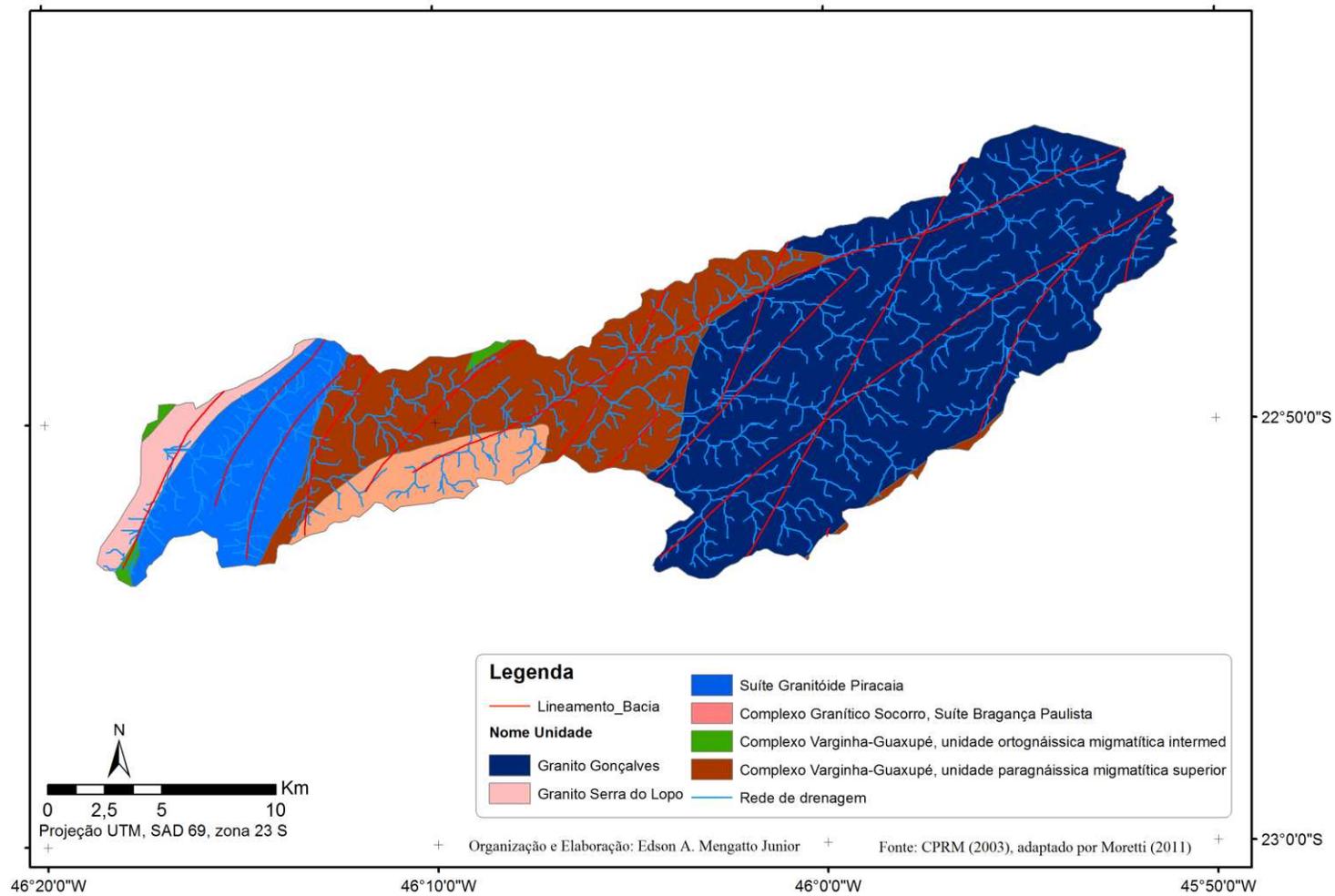


Figura 4 - Mapa litológico com lineamentos da bacia hidrográfica do Alto Jaguarí, MG.

4. Material e procedimentos metodológicos

A proposta de mapeamento de áreas de preservação permanente na alta bacia do rio Jaguari, MG será realizada a partir da estimativa da largura de canais fluviais em imagens de satélite, com auxílio de técnicas de geoprocessamento e análise espacial.

Para tanto, são apresentados os procedimentos metodológicos empregados no trabalho e os materiais utilizados para o produto final.

4.1. Elaboração da base cartográfica

A base de dados espaciais da alta bacia do rio Jaguari, MG foi gerada de forma automática pela imagem ASTER-GDEM e é composta pelos seguintes documentos:

- a) Hidrografia extraída da imagem ASTER-GDEM a partir do uso do SIG ArcGis, 9.3;
- b) Mapa de uso e ocupação do solo atual derivado dos dados de classificação definidas por Moretti (2011);
- c) Mapa de Litologia (1:5.000.000, ano 2003)
- d) Imagem Google Earth de 03 de março de 2012.

A base foi georreferenciada no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 23S, datum SAD 69, e *software* ArcGIS 9.3, o qual foi utilizado para a finalização de todos os mapas elaborados.

A escolha do SIG ArcGis se deu devido à disponibilidade de licenças pelo Instituto de Geociências da Unicamp, além de oferecer um conjunto variado de ferramentas necessárias para a análise proposta.

Em relação aos produtos derivados, o mapa de limite da APA Fernão Dias foi obtido do trabalho de Moretti (2011), o qual se utilizou dos limites políticos dos municípios pertencentes integralmente à APA, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), na escala 1:500.000. Além disso, a vetorização dos municípios de Paraisópolis e Brasópolis se deu de acordo com a base cartográfica disponibilizada pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, na escala 1:500.000 (IEF, 2009). Para a elaboração da localização junto à região sudeste, os dados foram obtidos de IBGE (2009), na escala 1:1.000.000.

4.2. Extração da rede de drenagem

Os dados referentes à rede de drenagem foram extraídos de forma automática a partir da imagem ASTER-GDEM. O Modelo Digital de Elevação ASTER pode ser baixado gratuitamente do site: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>. A partir deste site, onde o usuário deve fazer um cadastro, é possível selecionar a área de estudo, por meio de um polígono contendo a área de estudo ou através da inserção, no próprio site, do *shapefile* da área de interesse.

Após a seleção da imagem, esta será disponibilizada para *download*. A referência espacial é de Coordenadas Geográficas, Datum WGS-84. A imagem é então inserida no SIG, software *ArcGis* versão 9.3, possibilitando, entre outras coisas, a extração da rede de drenagem. A imagem foi selecionada a partir do *shape* da APA Fernão Dias, contendo o mosaico das cenas S23W046 e S23W047 (figura 5).

Para o presente trabalho, foram utilizados dados derivados do sensor estereoscópico óptico ASTER, presente no satélite Terra. O *Advanced Spaceborne Thermal Mission and Reflection Radiometer* (ASTER) é um sensor multiespectral avançado cujo lançamento a bordo do satélite orbital Terra da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) se deu em dezembro de 1999. É resultado de um esforço cooperativo entre a NASA e o METI (*Ministry of Economy Trade and Industry*) do Japão, da comunidade científica e de instituições privadas de ambos os países. O sensor ASTER é constituído de três subsistemas de telescópios distintos com 14 bandas espectrais, sendo três delas no VNIR (*Very Near Infra Red*), faixa espectral do visível e do infravermelho próximo 0,52 a 0,86 μm com resolução espacial de 15 metros, seis delas no SWIR (*Short Wave Infra Red*), faixa espectral de infravermelho de ondas curtas 1.600 a 2.430 μm , com resolução espacial de 30 metros e cinco no TIR (*Thermal Infra Red*), com faixa espectral do infravermelho termal de 8.125 a 11.65 μm , com resolução espacial de 90 m. Cada cena do ASTER cobre uma área de 60x60 km (ABRAMS e HOKK, 2002).

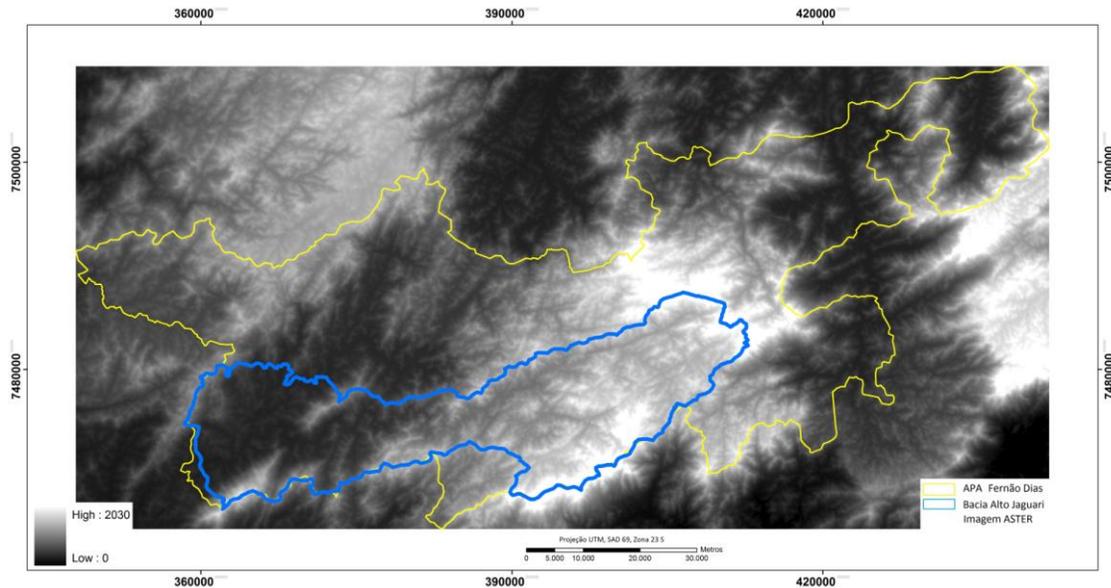


Figura 5 - Imagem ASTER com os limites da APA Fernão Dias e alta bacia do rio Jaguarí, MG.

A etapa seguinte foi estabelecer o preenchimento da área de drenagem, gerando um MDE sem depressões, que se deu na opção *Spatial Analyst Tools*, a partir da ferramenta *Fill*, contida em *Hydrology*. Este processo é utilizado com o objetivo de reduzir o máximo possível a ocorrência de erros, derivados do processo de mapeamento, a depender da topografia dos terrenos. A maior ocorrência dos erros se dá em terrenos com relevo mais íngremes ou montanhosos, devido ao sombreamento, que pode ser ocasionado no radar a partir de superfícies com inclinação acima de 20°. Estas falhas são denominadas “sinks”, que, de acordo com Mendes e Cirilo (2001 *apud* ALVES *et. al.* 2010), são caracterizados por áreas rodeadas de elevações com valores de cotas superiores, que se assemelham a uma depressão. O preenchimento dessas pequenas depressões é o primeiro tratamento dado a matriz de altitude (figura 6). A partir da figura 7, demonstra-se que as correções do Modelo Numérico de Terreno (MNT) são feitas por meio da função “fill sinks”, que considera as altitudes dos pixels vizinhos para preencher as depressões (sinks), promovendo a geração de um mapa com melhor consistência.

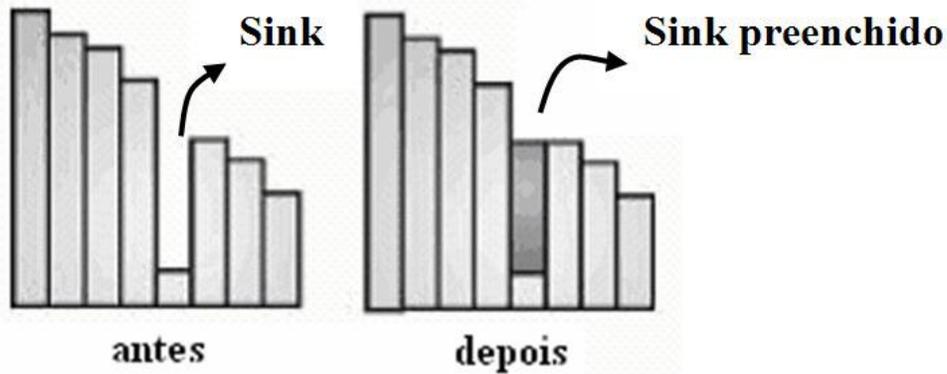


Figura 6 - Correção de erros do tipo "sink" por meio de execução da função "fill sink". Fonte: ALVES et al 2010.

O passo seguinte foi a elaboração de uma grade *raster* em cujos pixels está localizada a direção do fluxo d'água na superfície. Para isso, foi utilizada a ferramenta *Flow Direction* (contida também na opção *Hydrology*). De acordo com Alves (2010), a direção do fluxo define as relações hidrológicas entre pontos diferentes dentro de uma bacia hidrográfica. Além disso, a continuidade topológica para as direções de fluxo é, por consequência, necessária para que uma drenagem funcional possa existir. A grade regular gerada definirá as direções de fluxo, que podem ser tomadas através do uso de uma base como a linha de declividade do terreno. A grade gerada determina a direção de maior declividade de um pixel em relação aos oito pixels vizinhos. Por esse processo, ocorre uma descrição numérica da direção que a água deverá percorrer após atingir *pixels* vizinhos, que pode ser representada (esquemáticamente) por meio da aplicação do código de direção (figura 7).

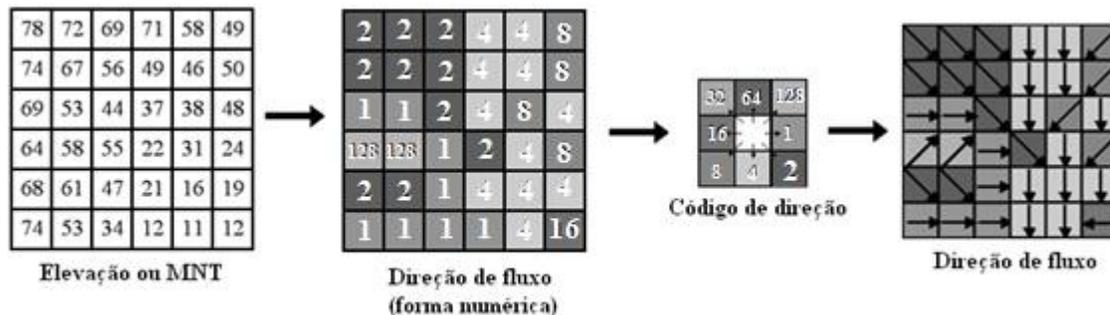


Figura 7- Exemplo da execução da função "flow direction". Fonte: ALVES et. al. 2010.

O próximo passo foi gerar o fluxo acumulado, parâmetro que indica o grau de confluência do escoamento que está associado ao comprimento de rampa. O fluxo acumulado, ou também área de captação, considera também a curvatura horizontal da área (que seria a confluência ou divergência das linhas de fluxo). A figura 8 exemplifica o fluxo acumulado, onde se pode observar a formação dos caminhos preferenciais de fluxo que dão origem a rede hidrográfica (ALVES *et. al.*, 2010).

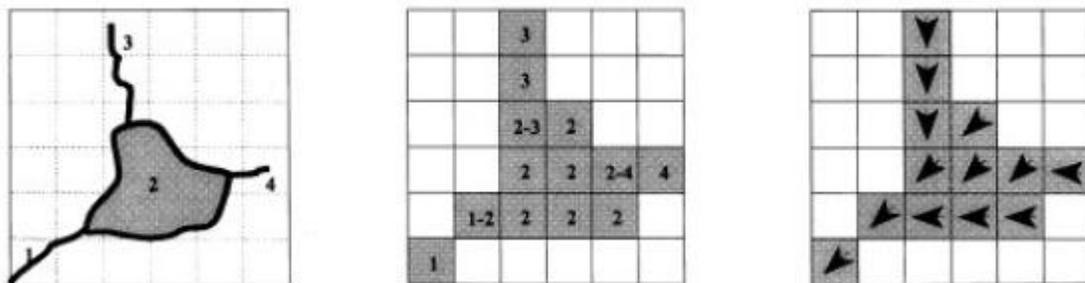


Figura 8 - Exemplo de determinação de fluxo acumulado. Adaptado de TURCORTE *et. al.* 2001. Fonte: ALVES *et. al.*, 2010.

Somente após gerar o fluxo acumulado é que será possível construir o *raster* contendo as drenagens extraídas. Nesta etapa utilizou-se a opção *Spatial Analyst Tools*, seguida da opção *Conditional*, e ferramenta *Con*; deve-se levar em consideração o tamanho da bacia a ser trabalhada. Isso porque a ferramenta *Con* necessita da inserção de um valor estabelecido (limiar numérico) para se concretizar a extração da drenagem. O valor utilizado, de acordo com a necessidade deste trabalho, foi 150. Este valor, que se refere ao número de pixels selecionados, foi definido a partir de testes que foram feitos com o objetivo de se atingir o melhor resultado. Isso significa que a todos os segmentos de drenagens que tenham valor de fluxo acumulado superior a 100 será atribuído o valor 1 (limiar). Para grandes bacias, o valor pode ser substituído por 1000 ou 5000. Quanto maior o limiar, menor a densidade de drenagem, ou seja, consideram-se, neste caso, apenas os cursos d'água principais (maior ordem). Limiares menores incluirão as drenagens menores, aumentando o detalhamento da rede de drenagem considerada. Portanto, para este trabalho, foram realizados testes para se estabelecer o melhor limiar para a área de estudo.

Após a elaboração destas etapas, foi gerado o *shape* da rede de drenagem extraída do DEM. Para isso, o caminho se deu pela opção *Hydrology*, através da ferramenta *Stream to*

Feature, que dará origem as características da drenagem. As ordens hierárquicas dos canais de drenagem foram classificadas de acordo com (STRAHLER,1952).

Após a extração da rede de drenagem de forma automática, os vetores gerados foram analisados juntamente com os dados das curvas de nível e os mapas topográficos (obtidos de MORETTI, 2011). A partir desta base foram traçados, de forma manual, os limites da alta bacia hidrográfica do rio Jaguari, no estado de Minas Gerais.

Com a rede de drenagem gerada, foi conferido então a acurácia destes dados, buscando por resultados mais condizentes com a realidade verificada em campo e nas cartas topográficas utilizadas como base.

A escolha deste modelo digital de elevação se deu em razão do cobrimento de cerca de 90% do globo, além de oferecer cenas com resolução de 30 metros, superior aos demais MDEs disponíveis durante o período de realização desta pesquisa.

4.3. Mapa de Geologia e de Uso e Ocupação do solo

O mapa geológico da bacia foi adaptado de Moretti (2011), que o compilou do mapa geológico de Minas Gerais, na escala de 1:1.000.000 (CPRM, 2003).

O mapa de uso e ocupação foi adaptado de Moretti (2011). A autora elaborou o mapa a partir de classificação digital de imagens Landsat 5, do sensor TM, órbita/ponto 219/76, de 18 de Abril de 2010 e obtida junto ao site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2010). A imagem escolhida se deu devido ao índice de 0% de nuvens encontradas na data selecionada, além de sua disponibilização gratuita pelo INPE. Foram realizados ainda os métodos de compensação atmosférica, com o objetivo de aumentar o contraste entre os objetos, diminuindo pequenas variações que possam ser encontradas junto à imagem. Após este processo, a autora realizou correção geométrica da imagem, para minimizar efeitos ocasionados pelo movimento de rotação da Terra durante o processo de aquisição das imagens, por uma série de características (MORETTI 2011). A imagem Landsat foi retificada geometricamente no sistema UTM (Universal Transversa de Mercator), zona 23 S, datum SAD 69 e com base em 30 pontos de controle obtidos pelo trabalho de (MORETTI, 2011). Após o pré-processamento, foi então feito a classificação da imagem em todas as bandas do espectro refletido (bandas 1 a 5 e 7) a partir do Método MaxVer (Máxima Verossimilhança). De acordo com as características da área de estudo

e com o objetivo, foram obtidas nove classes que foram utilizadas como amostras de treinamento. Utilizou-se ainda o filtro de passa-baixa com o objetivo de dar maior homogeneização a imagem. Com isso, o mapa temático obtido é composto por dez classes de uso e ocupação, definidas por:

- floresta ombrófila densa;
- floresta ombrófila mista;
- floresta estacional semi-decidual
- reflorestamento de pinus;
- reflorestamento de eucalipto;
- áreas de pastagens e campo sujo com cultivos agrícolas isolados;
- afloramentos rochosos;
- solo exposto;
- áreas urbanas;
- corpos d'água.

Por fim, foi avaliada a exatidão da classificação do mapa de uso e cobertura do solo, a partir da matriz de erro ou tabela de contingência, que contou com a checagem de 64 pontos dentre os 80 pontos visitados por (MORETTI, 2011).

Para efeito de uso, foi proposta uma nova classificação a partir dos dados do trabalho de Moretti (2011), diferenciando duas classes: áreas cobertas por vegetação (natural ou plantada) e outros usos. Diante desta classificação, a classe áreas cobertas por vegetação integra somente as três classes florestadas, sendo formado por floresta estacional semi-decidual e floresta ombrófila (mista e densa). Já a classe outros usos será formada por área agrícola, área de afloramento rochosos, corpos d'água, áreas urbanas, solo exposto, pastagem e campo-sujo com cultivo agrícola indiscriminado, reflorestamento de eucalipto e reflorestamento de pinus.

4.4. Mapa de drenagem com as medidas amostradas

Em relação à elaboração das amostras coletadas para a medida de largura média dos rios, foi realizada uma medição, utilizando-se como apoio o software *Google Earth*, ao qual se utilizou da ferramenta *régua*, opção *caminho*, traçando assim as medidas (em metros) e copiadas para o software Excel, com o objetivo de se estabelecer as médias de cada ordem, composta por 10 amostragens cada ordem hierárquica, de acordo com a classificação de (STRAHLER, 1952).

A determinação das medidas de largura dos canais fluviais foi realizada por meio de amostragem aleatória, estratificada segundo a ordenação dos canais fluviais. A quantidade de amostras de medidas efetuadas na imagem *Google Earth* foi calculada de acordo com metodologia de MALING (1989), que utiliza como referência a distribuição binomial e o erro amostral permissível.

De acordo com Lopes e Nogueira (2011) sabemos que as medidas efetuadas sobre imagens *Google Earth* tem precisão compatível com escala 1:50.000, com erro médio de 0,1 mm. Considerando-se este erro e um nível de probabilidade de 90% (isto é, há uma chance de 90% de que o valor das medidas estejam dentro do erro), consultamos a tabela de distribuição binomial e encontramos n=68 amostras. Este foi o valor tomado como base para a estimativa das medidas de largura dos rios.

Estas medidas foram exportadas como pontos amostrados com a extensão .kml, inseridas em ambiente SIG, mais especificamente no software ArcGis 10, e posteriormente exportadas em *shapefile*, ou seja, com a extensão .shp, a partir da ferramenta *from Kml to shape*, ao qual deu origem aos pontos coletados demonstrados nos mapas. Após este processo, foram definidos também a projeção e datum para cada um dos pontos amostrados.

Como o processo de medição das larguras dos canais se encontra inserido no processo de avaliação pontual, já descrito anteriormente, este trabalho considera inicialmente a existência de um erro de 0,02% nas imagens *Google Earth*. Ou seja, para cada medida de largura encontrada é adicionado e subtraído (+ ou -) 0,44% dos valores encontrados. Esse processo se dá pela necessidade de considerar possíveis erros geométricos mencionados por Lopes e Nogueira (2011), presentes nas medidas de larguras de canais.

Cabe mencionar aqui que o número de pontos amostrados foi mais dificultado para os canais de 1º ordem (definidas como as nascentes) e 2º ordem, já que suas dimensões são pequenas, quando visualizados nas imagens de alta resolução do *Google Earth*. No entanto, os canais de ordens superiores são mais fáceis de serem identificados, pois, apresentam maiores medidas de largura, o que facilita a sua visualização em imagens de alta resolução.

Para as amostras coletadas, foram ainda elaboradas tabelas contendo o número da amostra, as coordenadas UTM de cada ponto amostrado, a largura estimada pela imagem e o erro de 0,44%, inerente às medidas de comprimento efetuadas em imagens *Google Earth* (LOPES e

NOGUEIRA, 2011). A figura 9 demonstra uma parte do método utilizado para a definição das médias encontradas a partir das imagens *Google Earth*.

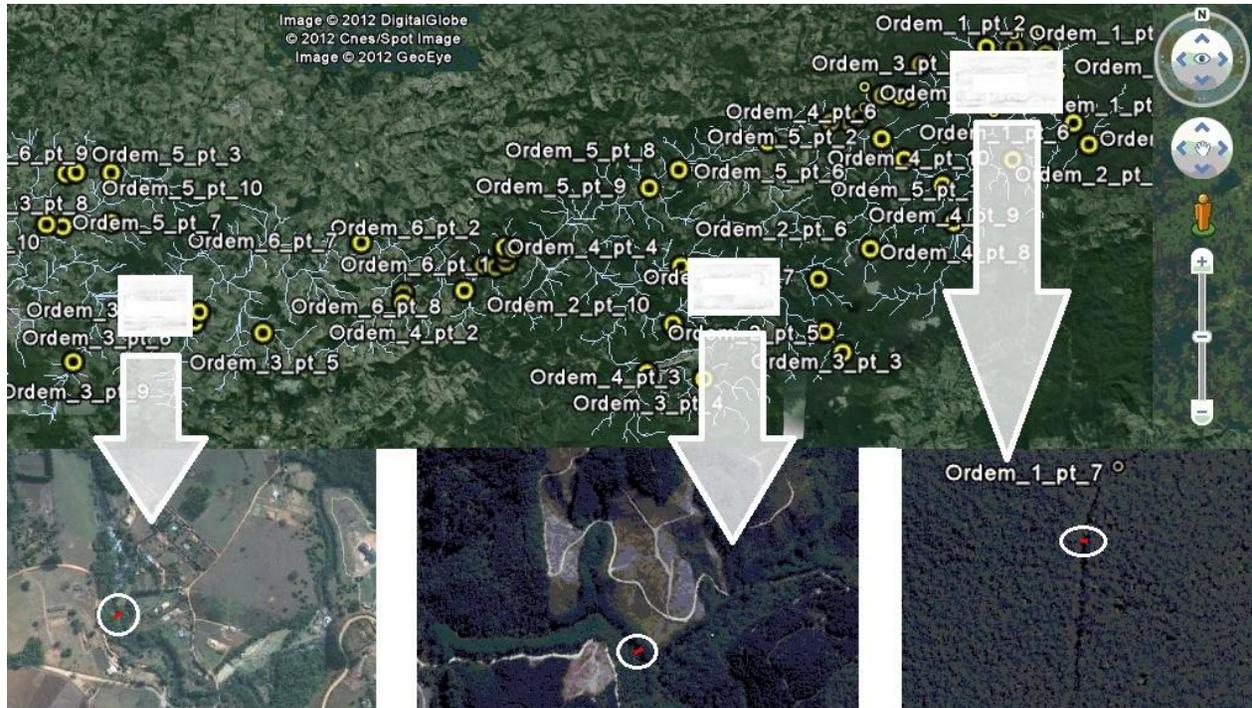


Figura 9 - Imagem Google Earth contendo as amostras identificadas para a área de estudo.

4.5. Áreas de Proteção Permanente

Para o traçado dos corredores correspondentes às áreas de proteção permanente, foram utilizadas as médias encontradas a partir das medidas definidas no item 4.4, calculadas a partir das 10 amostras de cada ordem hierárquica da hidrografia. Com base nestas dimensões de largura, foram então elaborados os *buffers* referentes às APP ao longo dos rios, obedecendo aos Códigos Florestais em análise (de 1965 e o vigente, de 2012). Para as médias calculadas foram encontrados valores inferiores a 10 metros (para os casos da ordem 1 até 6), o que, de acordo com o Código Florestal de 1965, deve apresentar área de proteção de até 30 metros de cada lado, e de acordo com o Novo Código Florestal (2012), de até 15 metros de extensão para cada lado do rio analisado, de acordo com o leito regular do rio.

Para o cálculo de área de preservação permanente, foram utilizados os dados obtidos através do uso da ferramenta *clip*, que está inserido no *analysis tools*, dentro de *extract*, do

ArcToolbox e que é utilizada para recortar feições (neste caso representada pela feição dos dados de uso e ocupação da terra), que neste trabalho utilizou como máscara de recorte a área de interesse (alta bacia do rio Jaguari, MG).

Para permitir melhor visualização do nível de detalhe dos mapas gerados para as faixas das áreas de preservação permanente ao longo dos rios, e tendo em vista o objetivo geral do trabalho em identificar as áreas de proteção permanente, a bacia hidrográfica foi segmentada em três setores: Alto, Médio e Baixo curso do rio Jaguari. A segmentação levou em consideração a complexidade das unidades geológicas encontradas na área. Portanto, a segmentação se deu em três partes, definidas por Granito Gonçalves (a montante da bacia), Granitóide Piracaia (porção central da bacia) e unidade paragnaissica migmatita Varginha-Guaxupé (a jusante da bacia definida na área de estudo). Para a elaboração das unidades geológicas, foram utilizados os dados definidos em Moretti (2011). A partir destes dados, foi utilizada a ferramenta *Clip*, com o objetivo de recortar os vetores de drenagem específicos para cada unidade geológica.

4.6. Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado entre os dias 22 e 23 de maio de 2013, período possibilitado devido a menor intensidade de ocorrência de chuvas, que poderiam diminuir a possibilidade de visita de áreas próximas aos canais fluviais.

A saída foi feita a partir da cidade de Campinas-SP, sentido rodovia Fernão Dias, onde encontraríamos parte de nossa área de estudo. O objetivo principal foi o de medir as larguras dos rios, que foram selecionados previamente a partir das imagens do *Google Earth*. Portanto, foi levado em consideração a dificuldade de se encontrar o ponto do curso de rio selecionado a partir do *Google Earth* nas visitas ocorridas em campo, pois havia dificuldades para encontrar alguns pontos selecionados, devido a mata densa e amplas declividades e altitudes. Além disso, outro objetivo foi também o de realizar um reconhecimento geral da área de estudo proposta na dissertação. Sendo assim, foram analisados cursos d'água presentes nos municípios de Monte Verde e Gonçalves, próximos a Camanducaia e Extrema, MG.

Para o trabalho de campo foram utilizadas as imagens do *Google Earth*, cartas topográficas de Camanducaia, Extrema, Paraisópolis, Munhoz, Monteiro Lobato e Cambuí, disponibilizadas pelo IBGE, na escala de 1:50.000, GPS (*Global Position System*), bússola para navegação, máquina fotográfica para aquisição de imagens sobre os cursos dos rios e sobre os

métodos de obtenção das medidas, régua, pranchetas de anotações, planilhas para registro de coordenadas UTM e possíveis observações dos elementos naturais presentes nos 12 cursos d'água selecionados, além de trena para realizar as medidas das larguras dos rios.

Para a metodologia proposta no trabalho, foram selecionados 60 pontos nas imagens de acordo com a possibilidade de visualização e definição de forma clara de suas medidas das larguras dos rios, buscando diminuir possíveis erros de medidas. Sendo assim, as maiores dificuldades se deram sobre os cursos de rio de ordens 1 e 2, devido a sua pequena largura média encontrada e a resolução espacial das imagens *Google Earth*.

Os rios foram primeiramente medidos na imagem do *Google Earth*, e posteriormente suas medidas foram descritas em uma planilha, bem como coletadas suas coordenadas (UTM) para futura comparação com as medidas coletadas em campo. Para isso, foram selecionadas 12 amostras dentre as 60 definidas, levando em consideração o nível de dificuldade de se encontrar os pontos medidos nas imagens em relação ao ponto medido em campo. Ou seja, foram definidos 2 pontos de cada uma das 6 ordens (de acordo com a classificação de Strahler, (1952)) presente na alta bacia hidrográfica do rio Jaguari, MG. A figura 10 demonstra a partir da imagem *Google Earth*, os pontos amostrados e visitados em campo. Vale ressaltar que os pontos amostrados foram previamente selecionados, definindo como critério áreas de fácil acesso.

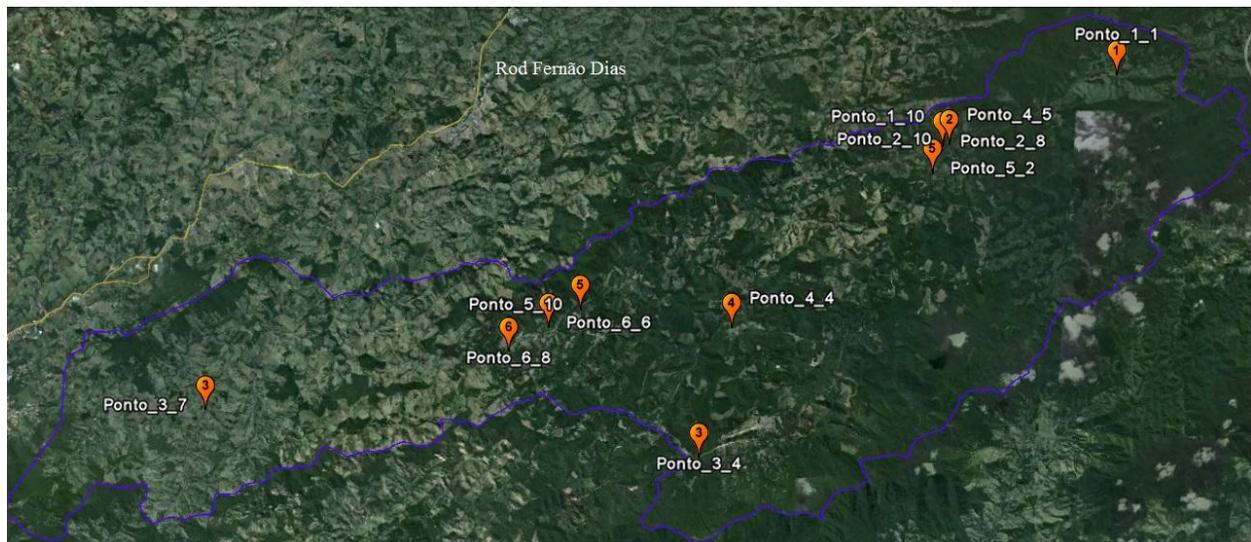


Figura 10 - Imagem Google Earth com amostras coletadas em campo.

Após as definições das médias e dos desvios-padrão encontrados nas imagens *Google Earth*, foram definidas as larguras reais encontradas em campo, de acordo com tabelas apresentadas abaixo (tabelas 2 a 7). Essas tabelas apresentam todas as medidas das 60 amostras obtidas na imagem Google, além das medidas reais obtidas em campo, cujos valores finais já consideram os valores definidos a partir da reta de regressão. A partir das tabelas, podemos identificar que as médias das larguras dos rios crescem de acordo com o crescimento da hierarquia fluvial. Este crescimento era previsto, já que as nascentes geralmente apresentam larguras menores que rios de ordem 2, e assim sucessivamente, chegando a largura média máxima para os rios de ordem 6, que recebem afluentes de todas as outras ordens, o que de fato propicia maior largura média para os canais de ordem 6.

Tabela 2 - Valores de largura dos canais de ordem 1 medidos na imagem Google e em campo.

Amostra	Largura na Imagem	Largura Real (campo)
1.1	0,96	1,016
1.2	0,99	1,050
1.3	0,93	0,982
1.4	0,94	0,993
1.5	0,98	1,039
1.6	0,93	0,982
1.7	0,94	0,993
1.8	1,01	1,072
1.9	1,07	1,140
1.10	1,07	1,140
MÉDIA	0,982	1,041
DESVIO PADRÃO	0,053	0,060

Tabela 3 - Valores de largura dos canais de ordem 2 medidos na imagem Google e em campo.

Amostra	Largura na Imagem	Largura Real (campo)
2.1	0,9	0,948
2.2	1,1	1,174
2.3	2	2,189
2.4	1,05	1,118
2.5	1,34	1,445
2.6	1,44	1,558
2.7	1,49	1,614
2.8	1,77	1,930
2.9	1,8	1,964
2.10	1,42	1,535
MÉDIA	1,431	1,547
DESVIO PADRÃO	0,353	0,399

Tabela 4 - Valores de largura dos canais de ordem 3 medidos na imagem Google e em campo.

Amostra	Largura na Imagem	Largura Real (campo)
3.1	2,37	2,607
3.2	2,56	2,821
3.3	2,21	2,426
3.4	2,13	2,336
3.5	1,93	2,110
3.6	2,14	2,347
3.7	2,09	2,291
3.8	1,42	1,535
3.9	1,47	1,591
3.10	1,06	1,129
MÉDIA	1,938	2,119
DESVIO PADRÃO	0,472	0,533

Tabela 5 - Valores de largura dos canais de ordem 4 medidos na imagem Google e em campo.

Amostra	Largura na Imagem	Largura Real (campo)
4.1	1,97	2,156
4.2	2	2,189
4.3	1,9	2,077
4.4	2,69	2,968
4.5	2,23	2,449
4.6	1,98	2,167
4.7	1,96	2,144
4.8	2,33	2,562
4.9	2,1	2,302
4.10	2	2,189
MÉDIA	2,116	2,320
DESVIO PADRÃO	0,242	0,273

Tabela 6 - Valores de largura dos canais de ordem 5 medidos na imagem Google e em campo.

Amostra	Largura na Imagem	Largura Real (campo)
5.1	5,01	5,586
5.2	3	3,318
5.3	6,53	7,301
5.4	3,8	4,220
5.5	3,63	4,029
5.6	6,86	7,673
5.7	9,21	10,324
5.8	6,34	7,086
5.9	5,88	6,567
5.10	7,99	8,948
MÉDIA	5,825	6,505
DESVIO PADRÃO	1,987	2,242

Tabela 7 - Valores de largura dos canais de ordem 6 medidos na imagem Google e em campo.

Amostra	Largura na Imagem	Largura Real (campo)
6.1	8,91	9,986
6.2	11,29	12,671
6.3	10,21	11,453
6.4	10,3	11,554
6.5	11,37	12,761
6.6	5,45	6,082
6.7	6,55	7,323
6.8	8,62	9,659
6.9	8,18	9,162
6.10	8,15	9,128
MÉDIA	8,903	9,978
DESVIO PADRÃO	1,946	2,195

Os dados coletados foram organizados em tabelas e demonstram as 60 amostras medidas nas imagens *Google Earth* que foram utilizadas para a elaboração das médias de larguras dos rios. Foram calculados também os desvios-padrão de cada ordem, considerando assim possíveis erros que possam ser encontrados nas medidas. Tendo as medidas das 60 amostras definidas e também considerando possíveis erros geométricos da imagem, foi então elaborado o cálculo da reta de regressão, que considera as medidas obtidas em campo e nas imagens *Google Earth*. Esta regressão (figura 11) representa um método para estimar a condicional (valor esperado) de uma variável y , dados os valores de algumas outras variáveis x , representadas neste caso pelas medidas encontradas na imagem e nos trabalhos de campo.

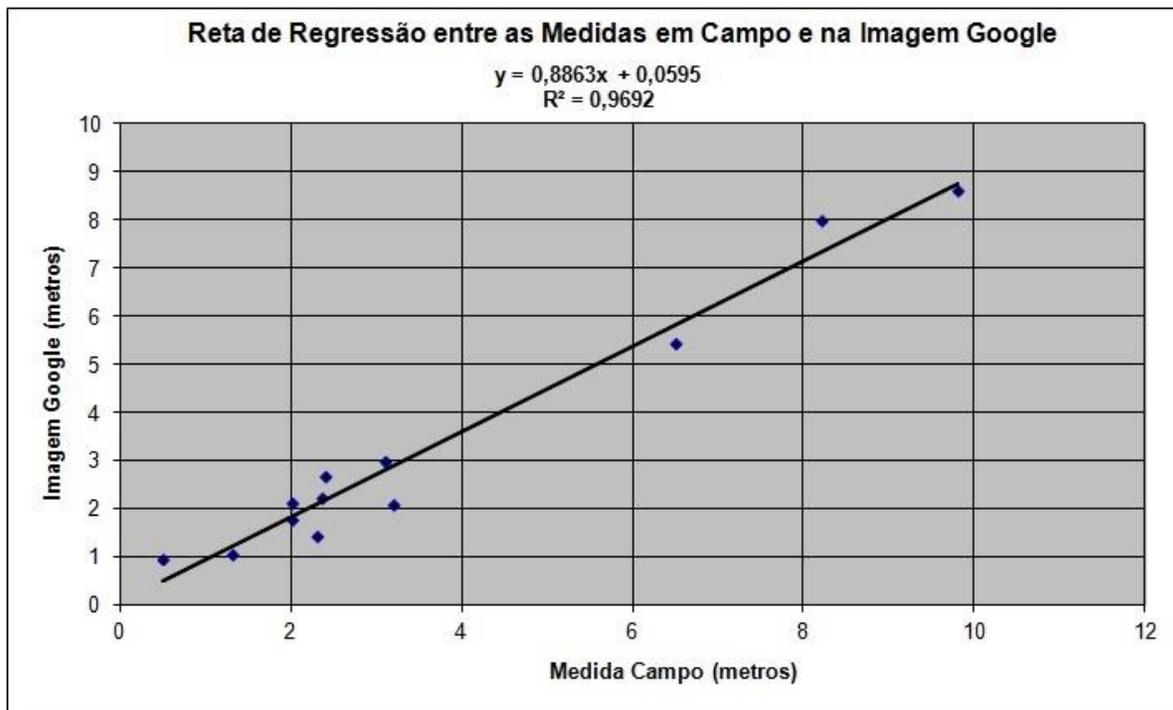


Figura 11 - Reta de Regressão Linear entre as medidas em Campo e na Imagem Google Earth.

Para o trabalho proposto foi encontrado o valor de $R^2 = 0,9692$, de acordo com as variáveis calculadas e demonstradas na figura 11. Isto representa mais de 96% de chances de coincidência dos dados definidos em campo e nas imagens *Google Earth*, demonstrando ser um método eficiente para a proposta elaborada.

4.7. Proposição Metodológica

Após a realização do campo, onde foram verificadas as condições de proteção das áreas localizadas próximas aos rios (como as áreas de inundação analisada em campo), bem como a partir da elaboração dos quadros contendo as médias das larguras dos rios junto à análise das legislações existentes (antigo e novo códigos florestais), foi proposta uma metodologia alternativa para a melhor compreensão e conservação das áreas de proteção permanente. Isso ocorre porque a legislação define corredores fixos de áreas de proteção, portanto com larguras bem definidas, como são hoje as APP.

Os Códigos Florestais não diferenciam questões importantes para a conservação e manutenção destas áreas, como possíveis diferenças de localização em distintos tipos de biomas, proximidades de áreas urbanas ou rurais junto a estes cursos de rios, possibilitando características físicas e até sociais diferenciadas, que podem influenciar direta ou indiretamente no curso do rio. Faz-se necessário uma análise de todo o curso do rio (analisando não só a medida da largura, bem como sua hierarquia fluvial, segundo Strahler (1952)) para o estabelecimento de uma média da largura do rio a partir de todo o curso e não apenas de um segmento, entre outros fatores não analisados, como as características clinográficas da área, a permeabilidade dos tipos de solos presentes, por exemplo.

Sendo assim, o trabalho buscou elaborar uma metodologia que estabelecesse uma relação de proteção maior para hierarquias fluviais maiores, visto a possibilidade de maior conservação da biodiversidade de espécies (tanto animal quanto vegetal). Com isso, foram criados dois cenários possíveis para a nova proposta metodológica, onde a primeira seria definida como uma proposta de soma de áreas protegidas, onde se tem a menor largura de proteção com medidas de 10 metros para cada lado do rio, sendo a segunda área a soma desses 10 metros, que resulta em 20 metros de proteção para cada lado do rio; a terceira seria a soma da primeira mais a primeira, resultando em 30 metros. A quarta área é a terceira faixa somada à segunda, que resulta em 50 metros. A quinta faixa será correspondente a quarta somada a terceira, resultando em 80 metros de proteção. Por fim, a faixa final será correspondente a 130 metros.

Já o modelo mais conservador representa como método uma variação de um possível modelo multiplicador de áreas a partir das larguras, onde a primeira classe será também representada por 10 metros. A segunda seria a primeira multiplicada por dois, tendo 20 metros de proteção. A terceira, seria 20 multiplicado por 2, resultando em 40 metros. A quarta, de 40 multiplicada por dois, sendo 80 metros proteção e assim sucessivamente, até a ordem 6, que resultará em 320 metros de proteção permanente.

A viabilização da proposta sugerida depende de fatores importantes, como a capacitação dos gestores de órgãos federais, estaduais e principalmente municipais, por sua atuação a nível local, que possibilite ampla divulgação de estudos científicos elaborados nestas e em outras importantes áreas, propiciando assim maior conscientização da população residente das proximidades ou para populações que utilizem o local como vias turísticas, já que este é um ramo economicamente importante para a área por suas belezas naturais.

5. Resultados e Discussão

5.1. Trabalho de Campo

A definição do trajeto percorrido em campo foi feita a partir das análises das possibilidades de se atingir o ponto definido a partir da imagem Google Earth, ou seja, se o ponto amostrado era de fácil acesso para aquisição dos dados propostos, como coordenadas e medidas das larguras dos rios. Por isso, alguns pontos demarcados primeiramente foram substituídos por pontos próximos a áreas acessíveis para a retirada da medida, como o caso da existência de pontes sobre o rio de interesse. Além disso, para uma obtenção correta das medidas das larguras dos rios a partir da largura das pontes foi estabelecido que a medida devesse compreender o curso normal do rio, desconsiderando a largura exata da ponte, já que estas larguras são normalmente maiores do que o curso comum, devido, sobretudo, ao processo de construção de pontes. Para isso, foi feita uma análise de forma visual dos cursos d'água medidos e estabelecidos para referir qual a medida correta a ser tomada a partir do curso normal do rio em áreas mais afastadas à ponte.

Para tanto, foi organizado uma base cartográfica (digital e impressa), com cartas na escala de 1:50.000, combinando algumas cartas topográficas originárias do IBGE (1972).

A figura 12 demonstra o mosaico de cartas topográficas do IBGE (1972) contendo o limite da APA Fernão Dias e o recorte da alta bacia do rio Jaguari, MG.

Já as figuras 13 e 14 permitem identificar os métodos de navegação utilizados tendo como base as cartas topográficas na escala 1:50.000 da área de estudo.

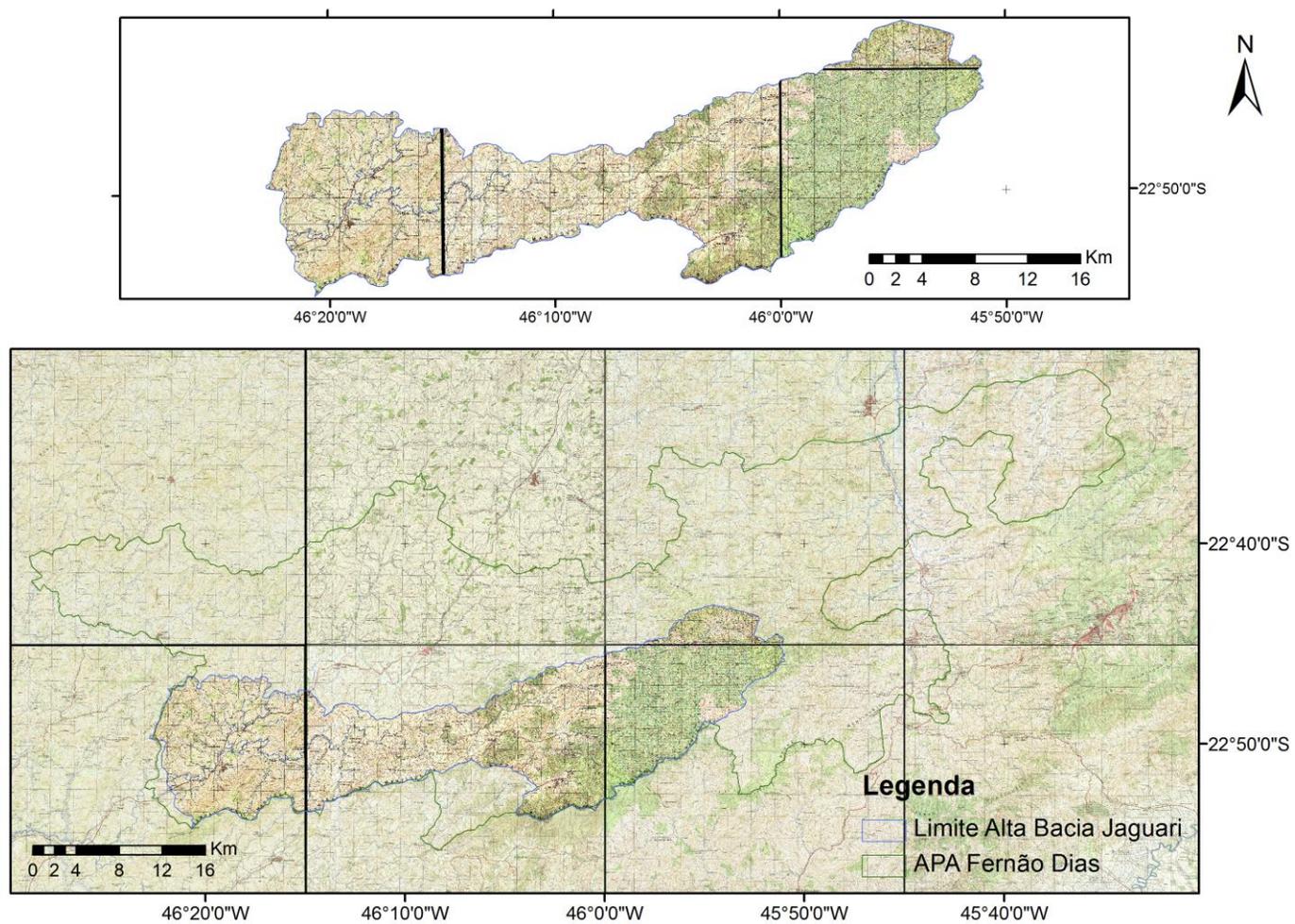


Figura 12 - Mosaico de cartas topográficas 1:50.000 da APA Fernão Dias e recorte da alta bacia do rio Jaguarí, MG.

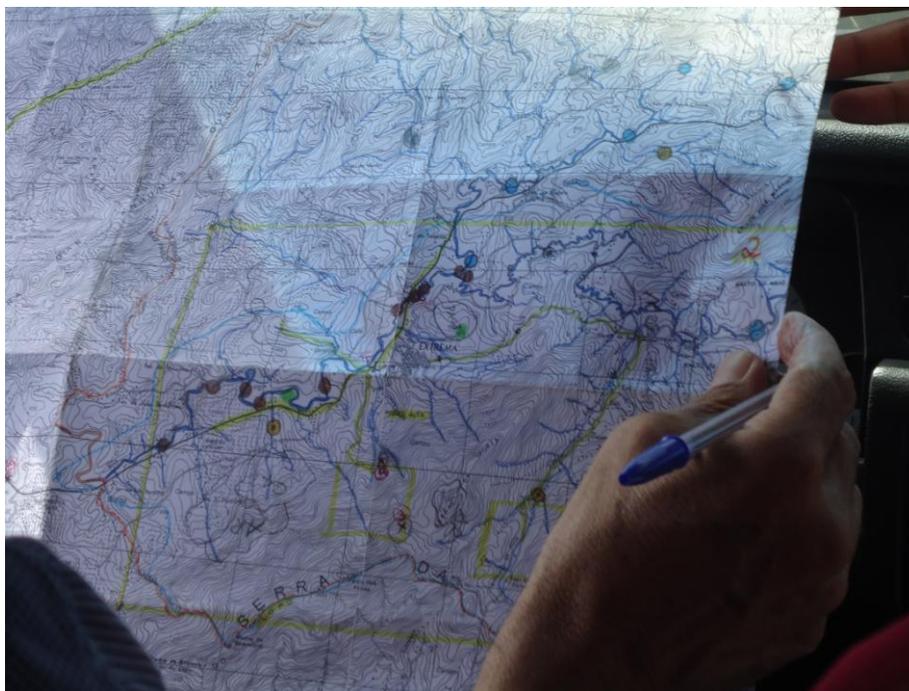


Figura 13 - Detalhe do uso do mapa de amostras em campo.



Figura 14 - Localização de amostras a partir do uso de cartas topográficas (IBGE).

Após a definição (em gabinete) dos pontos amostrados e da transposição destes pontos para as cartas topográficas (IBGE) impressas, foram definidas as rotas a serem percorridas, objetivando uma ordem de amostragem dos pontos. Dessa forma, os pontos amostrados foram fotografados e são apresentados nas figuras 15 a 24, de forma crescente em relação às ordens hierárquicas amostradas.

As figuras 15 a 24 ilustram os pontos amostrados em campo, as cartas topográficas inseridas em cada ponto e as fotografias capturadas no trabalho de campo. O objetivo final das imagens foi demonstrar o método de obtenção de coordenadas (UTM) e as medidas de larguras de rios.



Figura 15- Carta topográfica com localização do ponto amostrado 1.1 e fotos correspondentes.

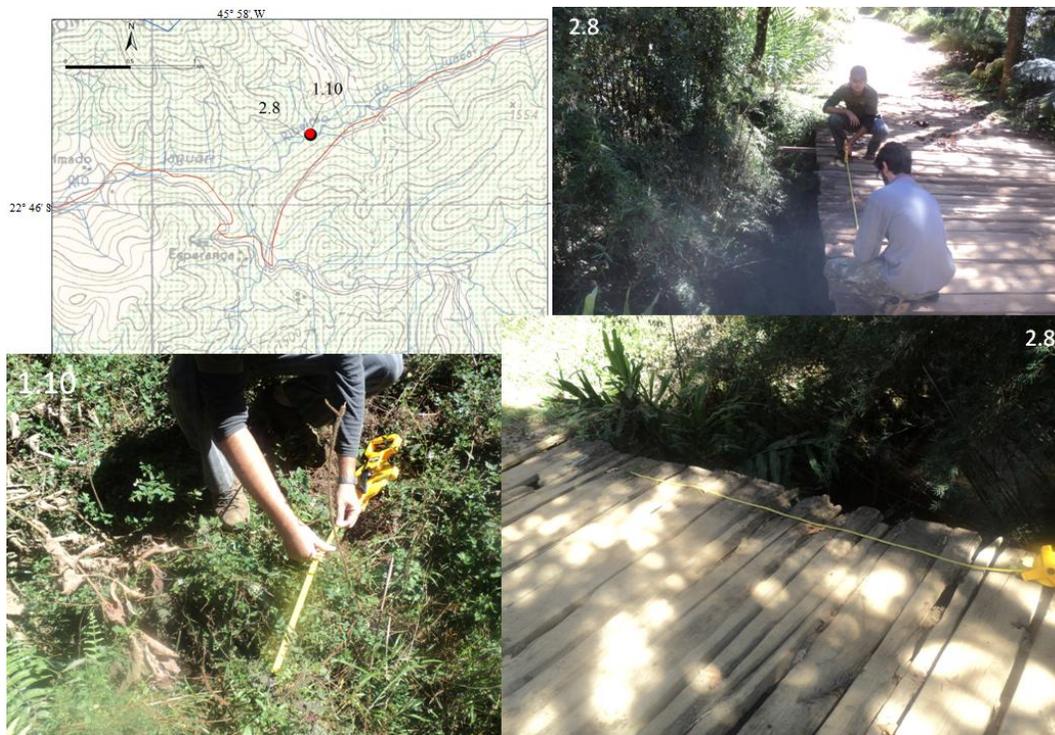


Figura 16 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 1.10 e 2.8 e fotos correspondentes



Figura 17- Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 2.8 e 2.10 e fotos correspondentes.



Figura 18 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 3.4 e fotos correspondentes.



Figura 19 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 3.7 e foto correspondente.



Figura 20 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 4.4 e fotos correspondentes



Figura 21 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 4.5 e 2.10 e fotos correspondentes.



Figura 22 - Carta topográfica com localização do ponto amostrado 5.2 e fotos correspondentes.

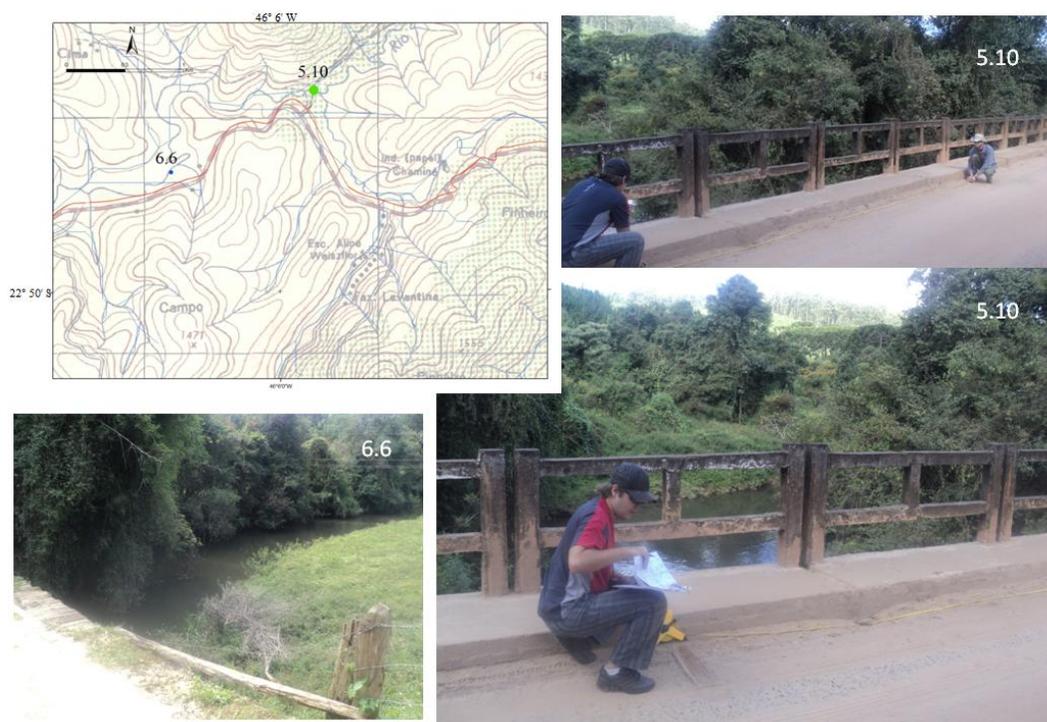


Figura 23 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 6.6 e 5.10 e fotos correspondentes.

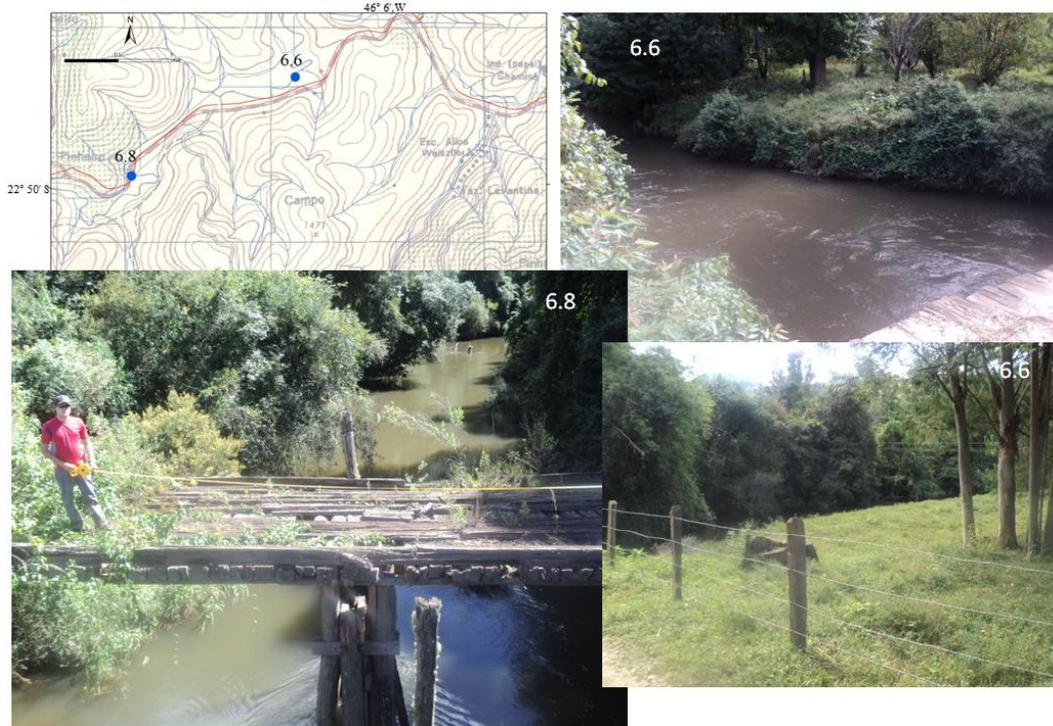


Figura 24 - Carta topográfica com localização dos pontos amostrados 6.6 e 6.8 e fotos correspondentes.

5.2. Unidades Geológicas

A análise da distribuição espacial da rede de drenagem da alta bacia hidrográfica do rio Jaguari, MG demonstra que a drenagem possui alta densidade de canais e como definida anteriormente, esta característica se deve à sua localização, que se dá em ambientes serranos e condicionados pela grande quantidade de fraturas. Esta elevada quantidade de fraturas torna-se responsável direta pela produção hídrica notável presente na área de estudo. Além disso, as características climáticas da área também são favoráveis a esta alta densidade, já que está situada sobre uma área de clima subtropical de altitude e composta por litologia caracterizada por predomínio de rochas metamórficas e magmáticas. O mapa de drenagem da alta bacia do rio Jaguari, MG (figura 25) permite identificar toda a drenagem distribuída ao longo da alta bacia hidrográfica do rio Jaguari, MG.

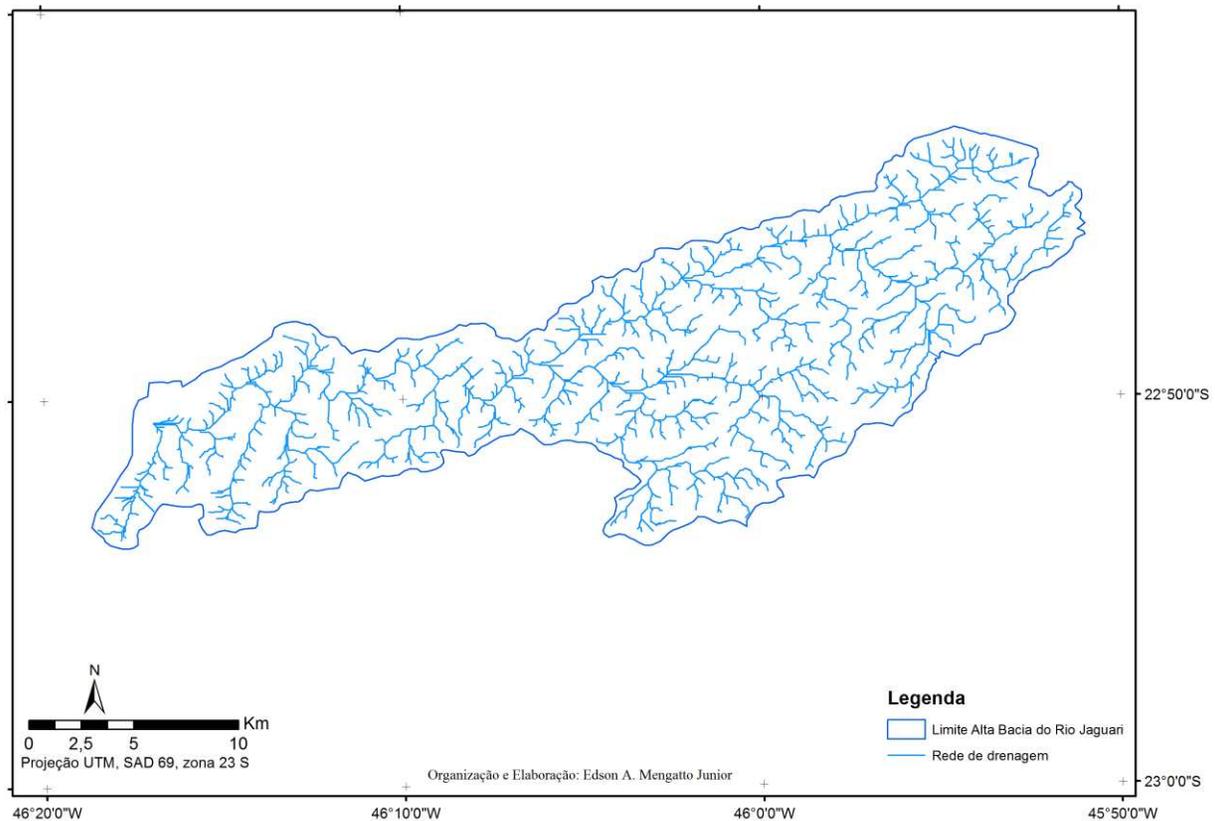


Figura 25 - Mapa da rede de drenagem da alta bacia do rio Jaguari, MG.

Após análise do trabalho de Moretti (2011), definimos que o segmento localizado a montante da bacia, além de possuir mais de 40% dos fragmentos florestais da APA, com mais da metade de sua área coberta por vegetação nativa, apresenta outras características relevantes para abrigar alguns corredores ecológicos. Situado acima dos 1.170 m e ocupando praticamente toda a unidade Granito Gonçalves, em relevo montanhoso característico da região geomorfológica denominada Mantiqueira Meridional, possui apenas um aglomerado urbano - o distrito de Monte Verde, único local que possui vias asfaltadas. A importância da preservação dos remanescentes florestais e, conseqüentemente, de sua fauna, soma-se à necessidade de proteção dos recursos hídricos, uma vez que a densa rede de drenagem presente nesta área - que divide as bacias dos rios Jaguari e Sapucaí-Mirim - é responsável também pelo abastecimento de partes das regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas.

Um pouco diferente das demais áreas da APA, que têm como base econômica as atividades agropecuárias e industriais, a silvicultura e o turismo ecológico são as principais atividades. Em razão de seu atrativo paisagístico e de seus recursos naturais, o intenso fluxo

turístico para a região de Monte Verde promove a ocupação desordenada das serras e o desmatamento intenso de suas partes mais baixas, revelando mais um motivo para a preservação da fauna, da flora e dos recursos hídricos.

A presença abundante de remanescentes da Mata Atlântica, incluindo os grandes e últimos fragmentos de floresta ombrófila mista (mata de araucárias) do Brasil, somada à rica biodiversidade e à presença de importantes nascentes e pontos de captação hídrica regional caracteriza esta área da APA Fernão Dias como a mais adequada para a alocação dos corredores ecológicos que terão como objetivo a conexão dos fragmentos florestais.

Já a parte central da bacia apresenta como características maioria de ortognaisses migmatizados, granitóides e ortognaisses associados e paragnaisses. Esta área também ocupa parte do Granito Gonçalves, em suas bordas e em falhas e fraturas mais evidentes, as quais puderam facilitar o intemperismo e a erosão deste maciço e o consequente rebaixamento do relevo. A rede de drenagem é densa e os padrões de drenagem predominantes são do tipo dendrítico e retangular. Distribui-se por quase todos os municípios da APA Fernão Dias, exceto o de Brasópolis, nas altitudes entre 1.100 e 1.620 m.

Por fim, localizado a jusante da bacia, temos o corredor da rodovia Fernão Dias. Segundo Moretti (2011), está localizado a oeste da APA, nos municípios de Extrema, Itapeva e Camanducaia. Compreende todo o traçado da rodovia Fernão Dias e grande parte dos vales dos rios Camanducaia e Jaguari. Apesar de apresentar curvas de nível em torno de 1.400 m nas áreas mais altas da serra do Lopo em Extrema, predominando altitudes entre 900 e 1.200 m.

A presença marcante (cerca de dois terços) de rochas metamórficas do tipo ortognaisses e paragnaisses migmatizados caracterizam o Corredor da Rodovia Fernão Dias, no qual também ocorrem granitóides e ortognaisses associados e, subordinadamente, charnokitos. Esta região apresenta altitudes mais baixas em relação aos outros geossistemas, com o predomínio de rochas metamórficas mais suscetíveis à erosão, de um relevo colinoso que caracteriza o mar de morros e de um típico sistema de várzeas.

Os principais rios estão associados a importantes falhamentos (em geral NE-SW), no caso dos rios Camanducaia e Jaguari e de seus afluentes, impondo à rede de drenagem padrão predominante do tipo treliça e, em menor proporção, do tipo retangular. Afluente do rio Piracicaba, o rio Jaguari e seus afluentes possuem controles estruturais associados à geologia regional. As áreas alagáveis são mais fechadas nas áreas localizadas próximas as suas nascentes,

dando impressão de formação em V. Isso se deve ao se relevo pouco plano. Neste tipo de ocorrência, os processos erosivos podem se desenvolver em forma de voçorocas. Já sua área localizada próxima a jusante, apresenta formação mais semelhantes a forma de U, devido a maior suavidade do relevo nestas áreas. Nestas área, por sua vez, predominam processos erosivos do tipo laminar, já que o fluxo da água dá-se predominantemente em lençol, sendo concentrado somente em alguns pontos da bacia. Devido a baixa velocidade de escoamento, pode dar origem ao processo de ravinamento.

De acordo com a discussão, é apresentada a figura 26 que destaca a formação geológica predominante para a área de estudo.

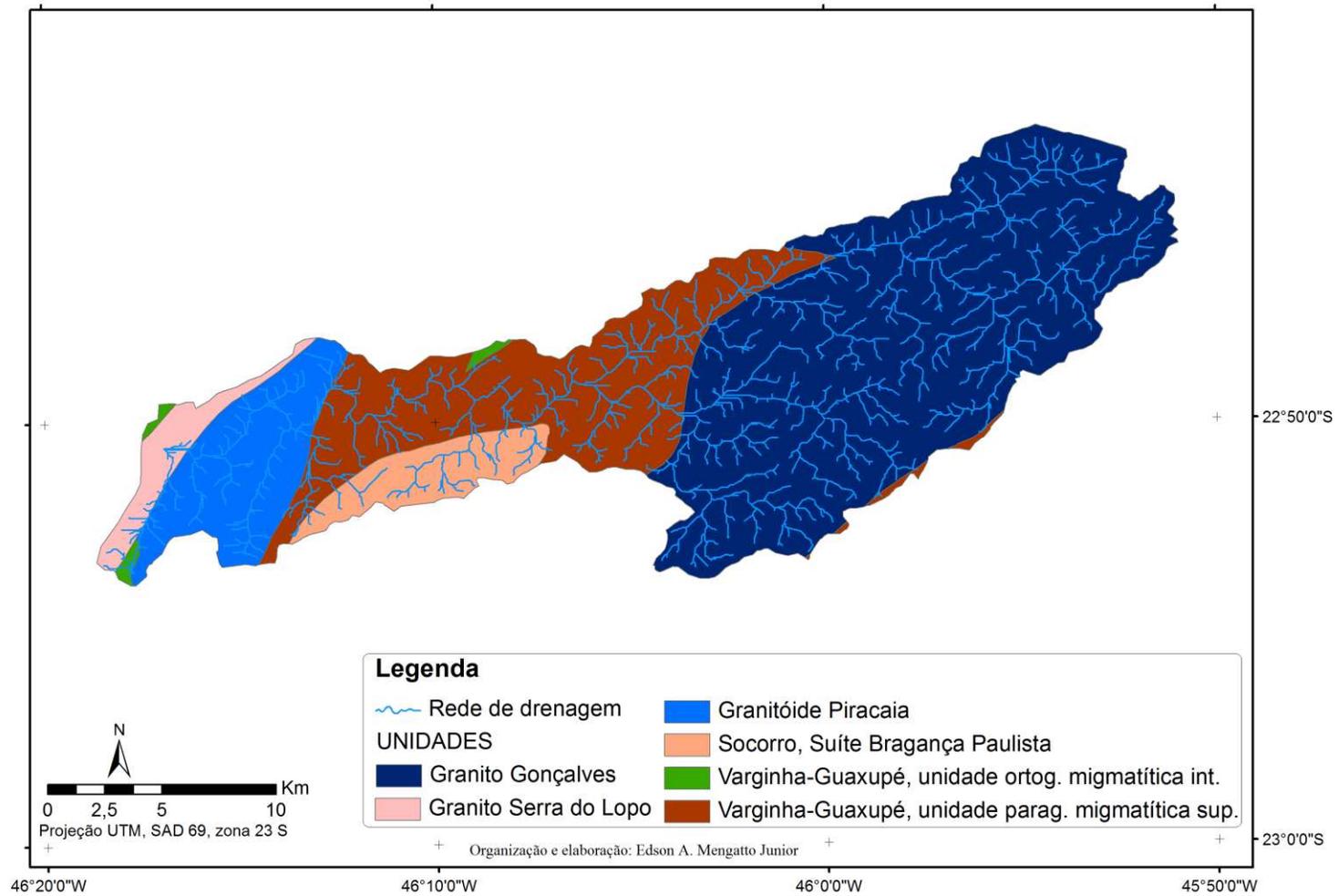


Figura 26 - Mapa compilado das unidades geológicas da alta bacia do rio Jaguari, MG.

A figura 27 destaca a sistema viário compreendido na alta bacia do rio Jaguari. Esta figura (27) demonstra o trajeto principal percorrido em campo para a obtenção dos dados propostos nas amostras definidas. Este trajeto recebe a tonalidade vermelha, buscando destacar o trajeto. Ao fundo, distingue-se também o sistema viário completo existente, destacando a limitação do acesso de alguns pontos da bacia. Sendo assim, o trajeto percorrido em campo foi pré-estabelecido, levando em consideração principalmente a dificuldade de acesso.

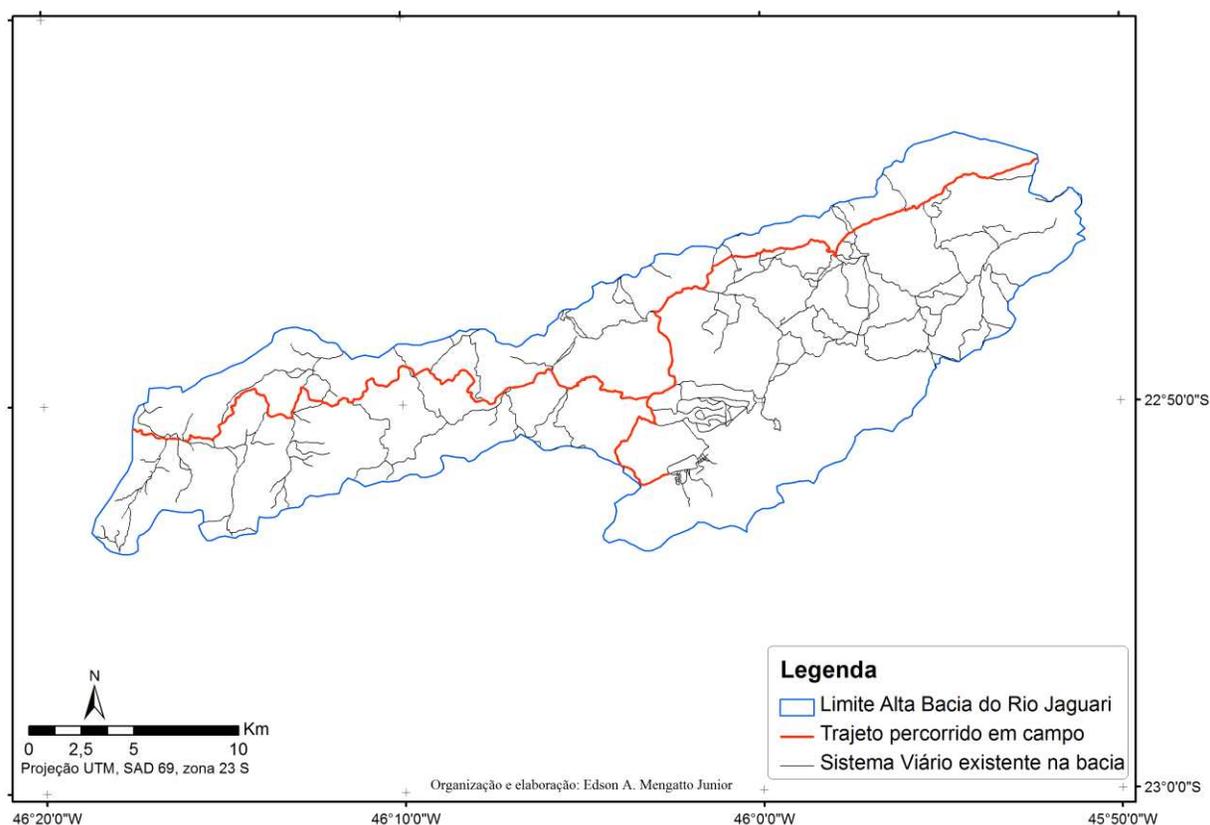


Figura 27 - Mapa do sistema viário existente contendo o trajeto percorrido em campo na alta bacia do rio Jaguari, MG.

O mapa da figura 28 ilustra os dados derivados do uso e ocupação do solo, que foram adaptados do trabalho de Moretti (2011). Os dados de uso e ocupação da terra são importantes para uma análise integrada dos dados, pois demonstram o predomínio do tipo de uso encontrado na bacia.

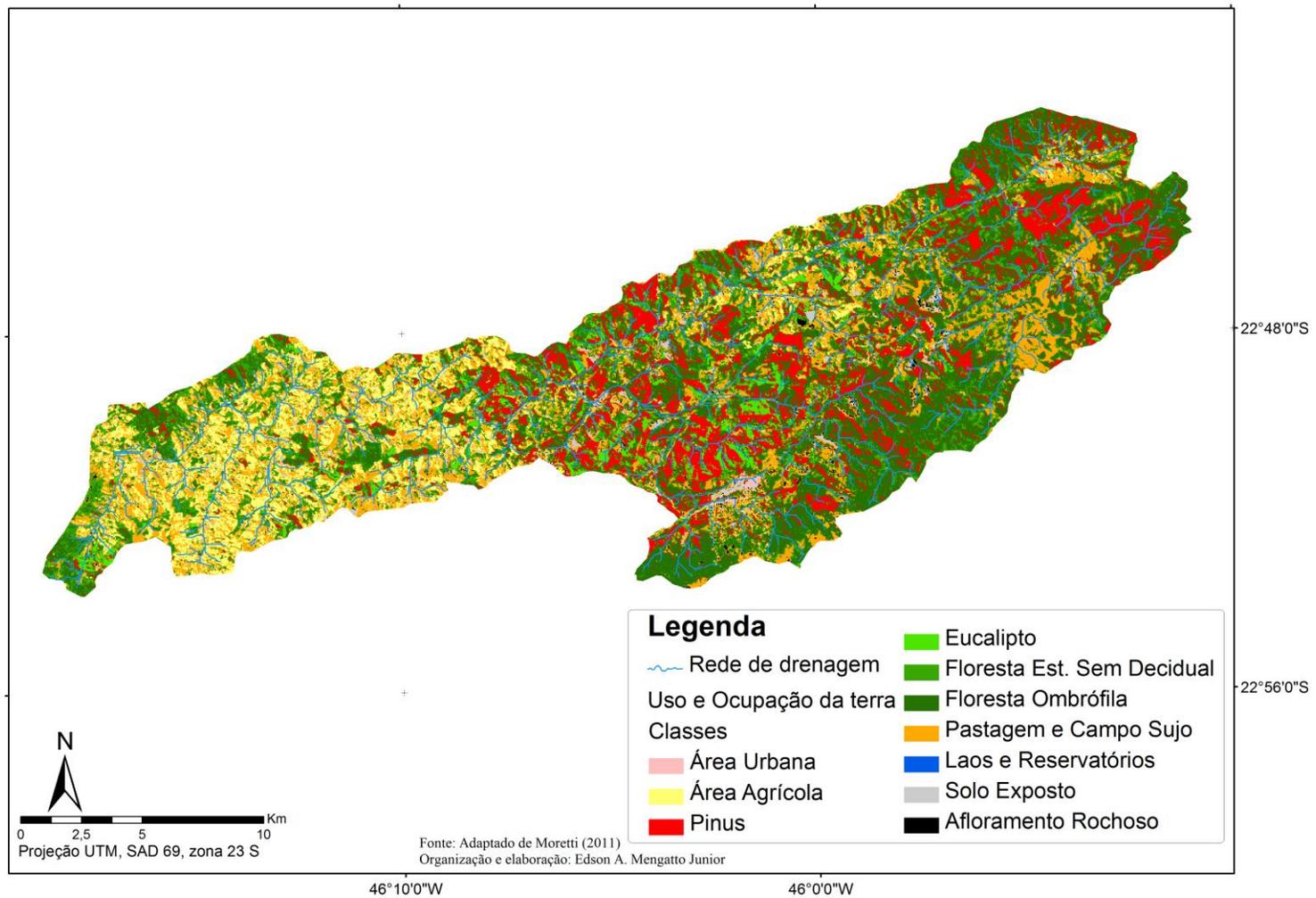


Figura 28 - Mapa de uso e ocupação da terra na alta bacia do rio Jaguari, MG.

A representação gráfica do mapa 28 estabelece a distinção de áreas bem definidas a partir do tipo de uso e ocupação da terra. A montante da bacia, notamos predomínio de plantações de pinus (destacada na cor vermelha), com algum predomínio também de plantações de eucalipto, devido à atuação da Companhia de Papel Melhoramentos S.A., as quais se utilizam deste tipo de vegetação como matéria-prima para sua produção. Além disso, verificamos também a existência de vegetação do tipo pastagem e campo sujo, que são encontrados devido à existência de fazendas e de algumas porções de áreas menos íngremes, que facilita a criação de gado. Nesta porção, vale destaque ainda para a maior quantidade de fragmentos florestais presentes na bacia em estudo, definidos pelas florestas do tipo estacional semi-decidual e ombrófila, com extensas áreas ainda conservadas, devido a fatores como proximidade da Serra da Mantiqueira, ao sul da bacia.

A parte central da bacia, onde está inserido o município de Camanducaia, o predomínio se dá ainda pela cultura de pinus e eucaliptos, importante fonte de matéria-prima para a produção de papel.

Já a jusante da bacia, localizada entre os municípios de Camanducaia e Extrema, é uma importante área utilizada para cultivo de produtos agrícolas, com predomínio de produção de batata e couve-flor, devido as condições climáticas da área, em que predominam áreas de temperaturas mais amenas. Esta área é importante também por ser a área de captação das águas da bacia, que abastece, sobretudo, a região metropolitana de Campinas e parte da região metropolitana de São Paulo, no estado de São Paulo.

Tendo em vista a importância desta rede de drenagem para o estado de São Paulo, e apresentado o mapa de uso e ocupação da terra que caracteriza o predomínio dos cultivos encontrados na área de estudo, é apresentado o mapa de largura das hierarquias fluviais medidas sobre a imagem *Google Earth* (figura 29), demonstrando as redes hierárquicas definidas no método de (STRAHLER, 1952).

A legenda demonstra as médias encontradas para cada ordem hierárquica, considerando também os possíveis erros geométricos que pudessem influenciar na medida proposta.

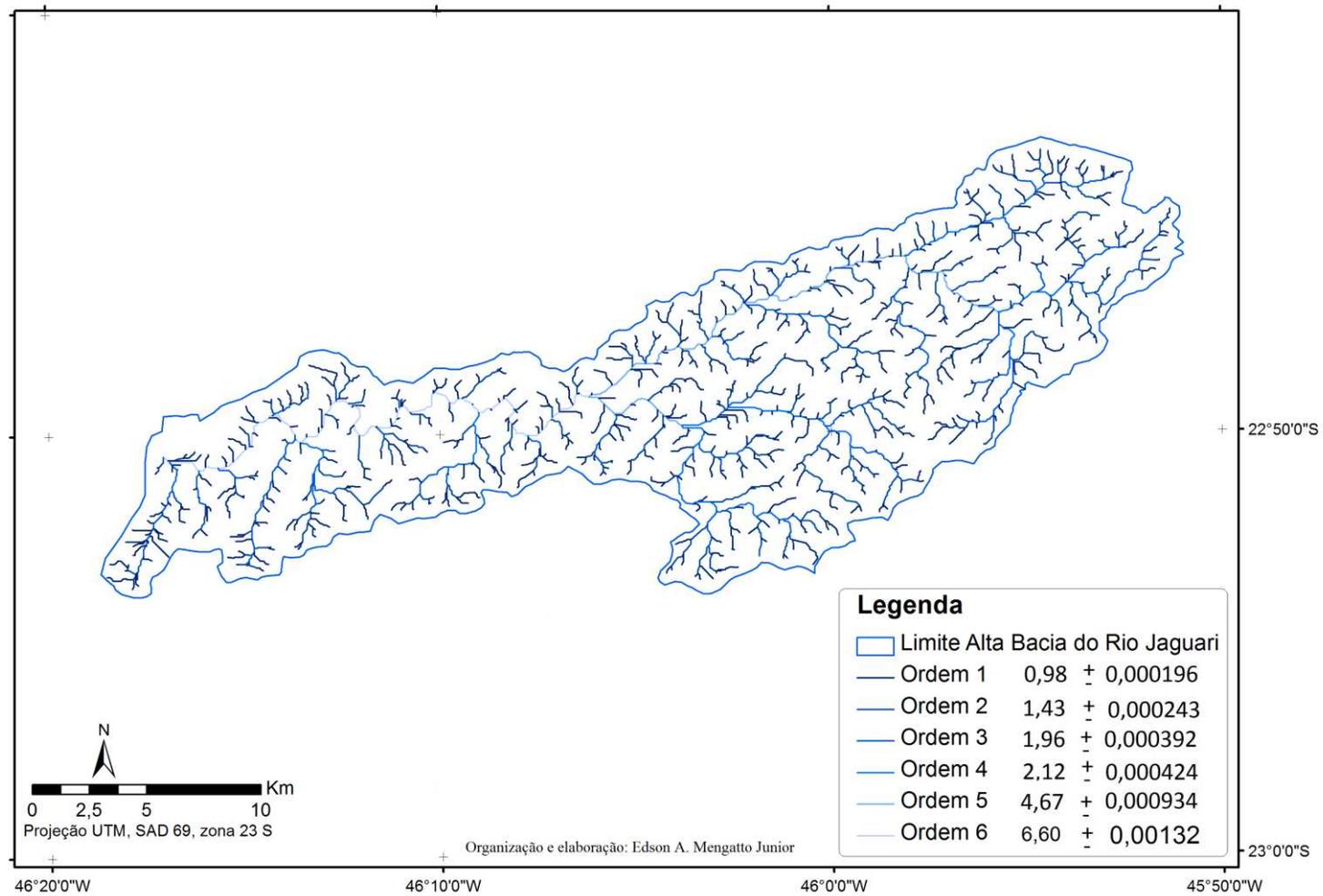


Figura 29 - Mapa de largura das hierarquias fluviais medidas sobre imagem Google Earth na alta bacia do rio Jaguarí, MG.

A figura 30 demonstra a localização de cada um dos 60 pontos amostrados e medidos através da imagem do *Google Earth* para a bacia estudada. Estes pontos amostrados nas imagens levou em consideração a dificuldade de medir as larguras fluviais médias devido à resolução espacial das imagens e o tamanho médio encontrado, principalmente para as nascentes e rios de segunda ordem.

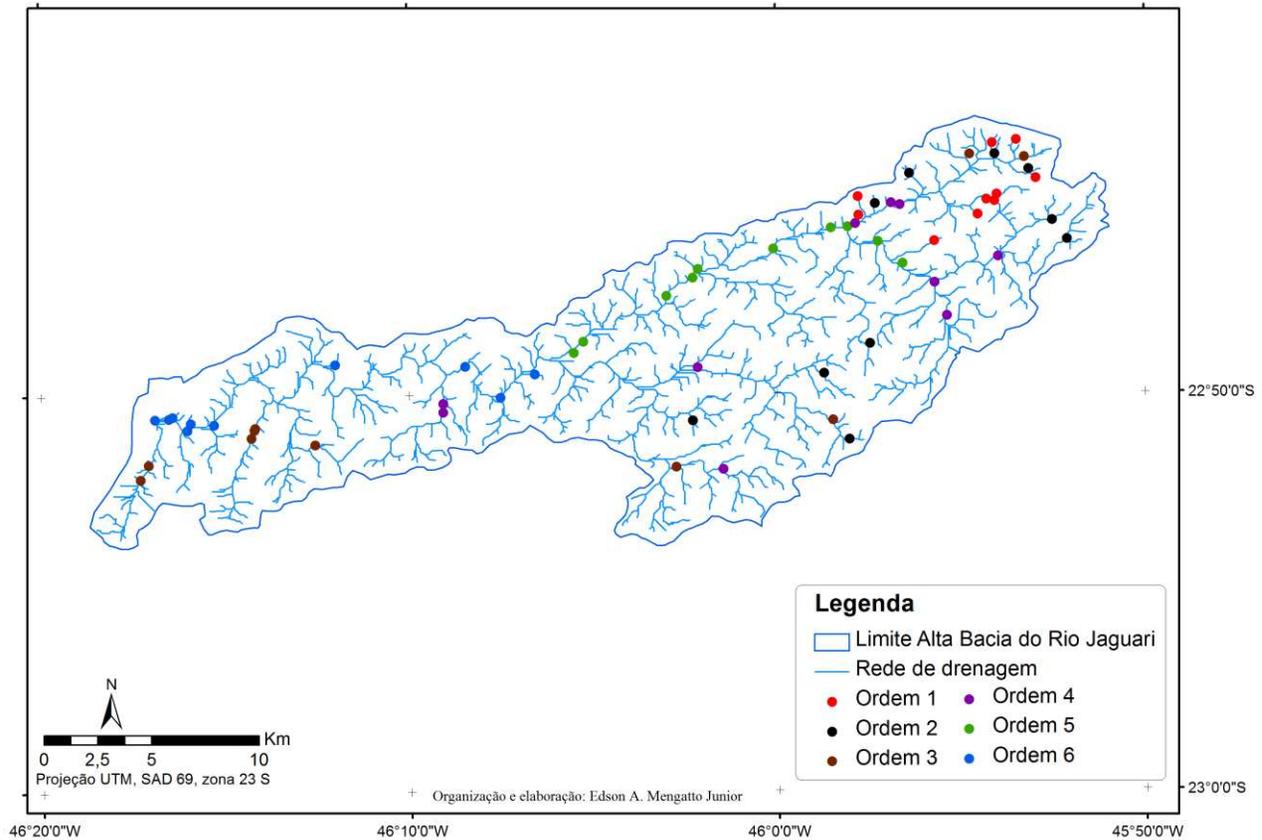


Figura 30 - Mapa da rede de drenagem contendo as amostras medidas na imagem *Google Earth* na alta bacia do rio Jaguari, MG.

Estes pontos não foram selecionados ao acaso e sim definidos a partir de um nível de facilidade de medida a partir da imagem do *Google Earth*. Isso porque estas áreas apresentam segmentos florestais densos e fechados, que dificultam a definição e visualização de forma clara dos cursos fluviais analisados, principalmente em áreas de nascentes, inviabilizando a captura dos dados necessários para a análise proposta.

Sendo assim, foram aferidos 12 pontos em campo, de acordo como apresentado no mapa seguinte (figura 31).

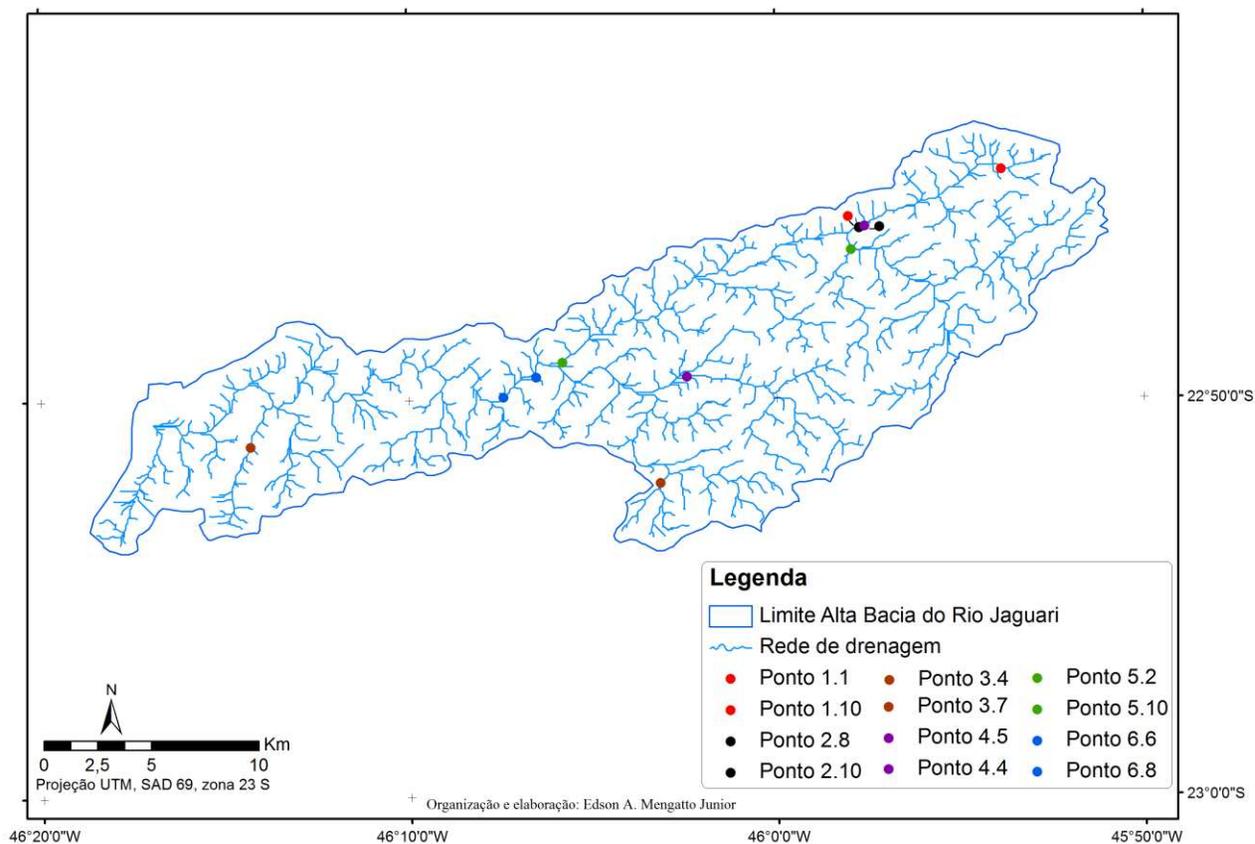


Figura 31 - Mapa da hierarquia fluvial contendo as amostras visitadas em campo.

Ressalta-se que a quantidade de amostras escolhidas para validação em campo segue a metodologia de Mailing (1989) e que estas amostras foram definidas a partir da análise da dificuldade de acesso do ponto amostrado, já que a área apresenta grandes porções de fragmentos florestais fechados e áreas íngremes, dificultando o acesso.

5.3. Mapeamento de Altimetria, Declividade e Litologia

Para uma análise mais precisa sobre a área e seus fatores de influência definidos para a bacia de estudo, devem ser analisados mapas de altimetria e declividade, que devem estar associados aos dados referentes aos grupos litológicos, que apresenta os grandes grupos

litológicos predominantes na área de estudo, pois a litologia influencia diretamente sobre a área de drenagem e seus cursos fluviais.

Sendo assim, o mapa de altimetria (figura 32) demonstra a variação de altitude ocorrida na área de estudo através de classes representadas por cores hipsométricas. As áreas com maior altitude ocorrem nas extremidades da serra da Mantiqueira, áreas fronteiras ao estado de São Paulo com Minas Gerais, dada pela presença da Serra da Mantiqueira, localizada a sudeste da bacia. Além disso, estas áreas de maior altitude também representam as áreas à jusante da bacia, localizado no setor leste. Apresentam grande importância ecológica devido as suas nascentes e por isso não são apropriadas para cultivo de áreas agrícolas, principalmente se este for dado em largas escalas. Estas áreas além das nascentes também apresentam maior ocorrência de canais de menor ordem hierárquica, como os canais de segunda ordem, que são justamente localizadas em áreas de maior altitude e seguem sentido às áreas de menor altitude. Além disso, o código florestal também estabelece que sejam áreas de proteção permanente aquelas situadas acima de 1800 metros de altitude.

As áreas de menor altitude, ao contrário das primeiras, são áreas de captação de água, e por esse motivo apresentam maior concentração de rios de maior ordem hierárquica e conseqüentemente maior largura média, como os de ordem 5 e 6. Estas áreas, por sua vez, são áreas mais apropriadas para culturas agrícolas, desde que ocorra de forma planejada e monitorada (para que não haja quantidades elevadas de pesticidas, por exemplo, que podem poluir as águas da bacia hidrográfica e que não estejam associadas a áreas de grande declividade). A partir do mapa de uso e ocupação da terra apresentado, podemos notar que as áreas agrícolas de fato se constituem predominantemente à jusante da bacia. Já os fragmentos florestais, localizadas na borda sul da bacia, ocorrem devido às dificuldades de acesso, que por sua vez, diminuem os processos de desmatamentos destas importantes áreas, que se situam como divisores de água das bacias Jaguari e Camanducaia.

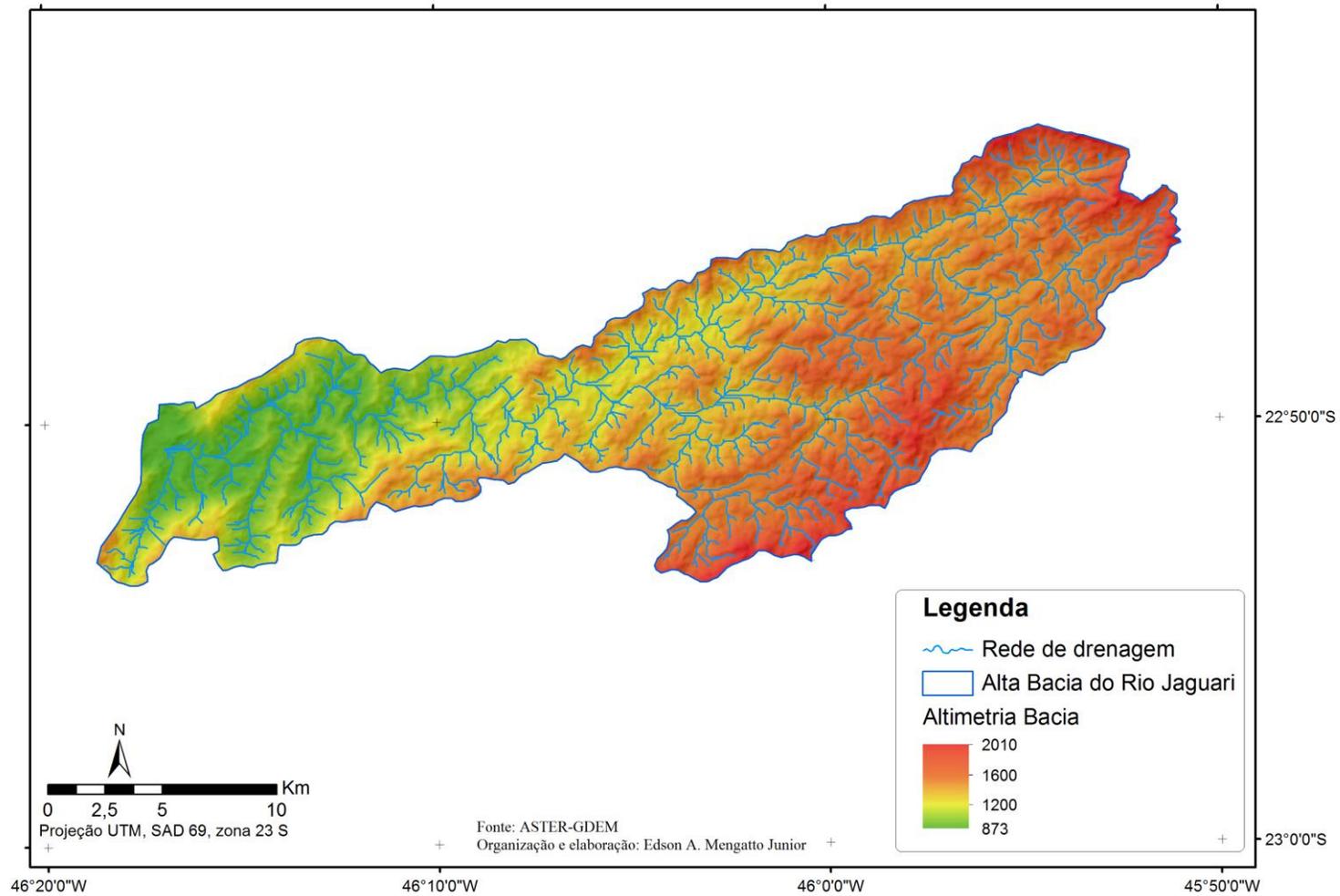


Figura 32 - Mapa de altimetria.

Para uma análise mais minuciosa, outro mapa que merece destaque é o clinográfico (figura 33). Este mapa permite identificar as classes de declividade encontradas na área de estudo. Estas classes são definidas a partir de cinco classes, 0 a 3°, 4-8°, 9° a 20°, 21 a 45° e >45°. As classes definidas seguem o modelo da Embrapa (1979), que definem que a primeira classe (0 a 3°) como característica de relevo plano; já a segunda classe (4-8°) como relevo suave ondulado; a terceira classe (9° a 20°) será definida por relevo ondulado. Já a quarta classe (21 a 45°) definida por relevo fortemente ondulado.

Por fim, a quinta e última classe (>45°) define o relevo como montanhoso. Estas áreas localizadas em declividade superior a 45° são áreas definidas por *área de proteção permanente* (BRASIL, 2012). Isso porque apresentam maior facilidade de ocorrência de processos erosivos, que podem ser acentuados a partir da retirada de coberturas vegetais naturais, ou seja, de formações florestais nativas da área e que possuem grande importância no ciclo biológico de toda a área da alta bacia do rio Jaguari, MG. Áreas situadas em topos de morro com altura mínima de 100 metros e disposta em relevos inclinados em média maior que 25° também são definidas por áreas de proteção permanente (BRASIL, 2012).

A análise da declividade do terreno torna-se fator importante para um planejamento ambiental adequado. Isso porque o uso indiscriminado das áreas situadas em relevo mais acidentados e íngremes podem resultar em processos erosivos e de assoreamento dos rios mais acentuados. A partir da figura 33, podemos notar predomínio da terceira classe (9 a 20°) distribuída quase de forma homogênea por toda a bacia. Já a classe menos íngreme, definida por declividade de 0 a 3°, ocorre predominantemente na jusante da bacia, por serem áreas captadoras de água da bacia. Portanto, coincidem com as áreas de menor altitude localizadas na bacia. Por fim, a classe >45°, praticamente ocorre nas áreas definidas por nascentes, localizadas nas bordas da bacia de estudo e que são importantes áreas ecológicas da bacia e por isso devem possuir um planejamento adequado de suas áreas.

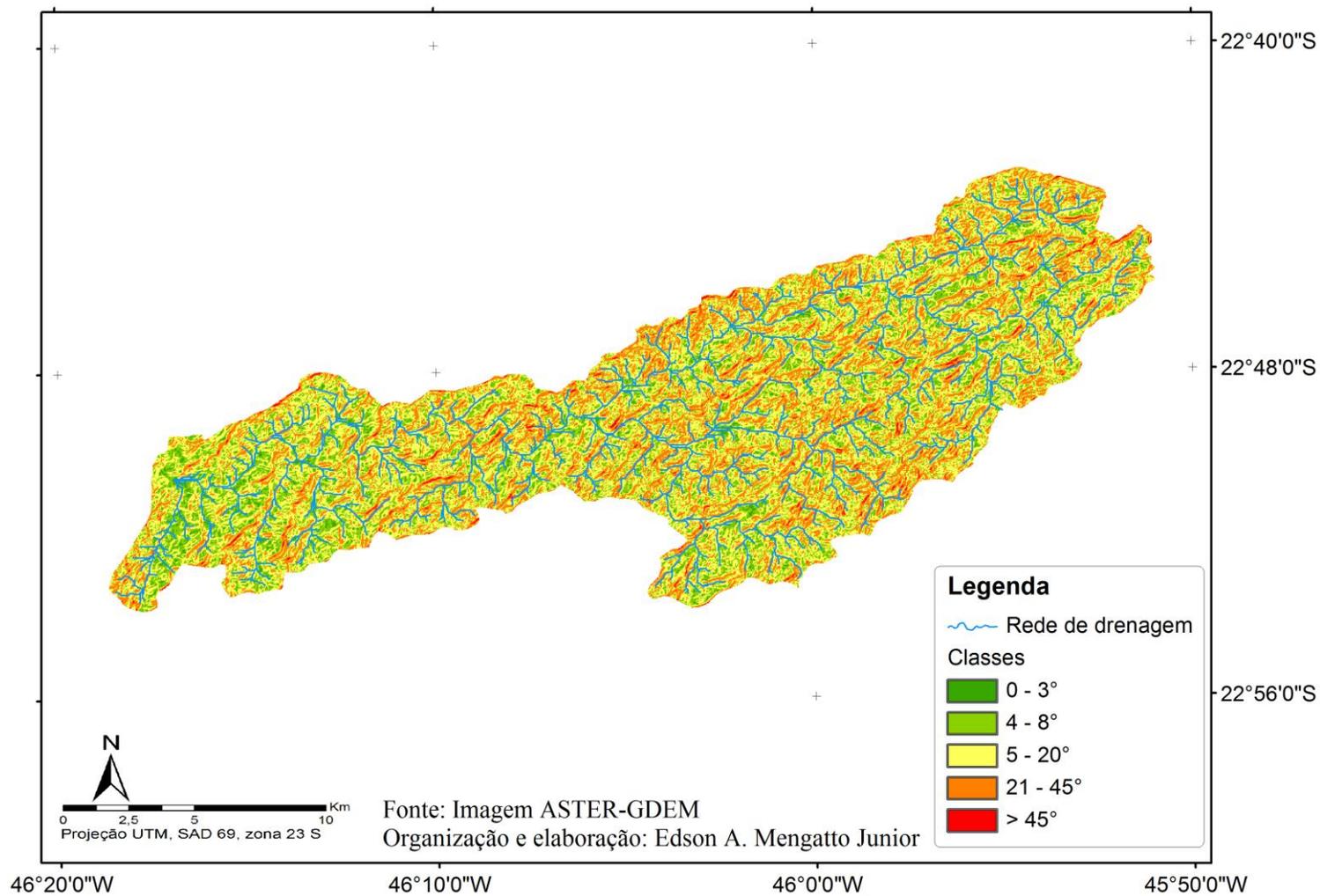


Figura 33 - Mapa clinográfico.

Para a definição das áreas de proteção permanente, uma importante etapa do trabalho foi o de analisar as áreas cobertas por fragmentos florestais (mapa 34), o qual foi organizado contendo duas classes adaptadas do trabalho de Moretti (2011), sendo a primeira classe definida por áreas cobertas por vegetação, e a segunda, definida por outros usos. Através deste mapa (figura 5.26), pode-se notar que a área de estudo possui ainda muitas áreas cobertas por vegetação, ou seja, fragmentos florestais ainda conservados. No entanto, é importante notar que a maioria das áreas verdes está disposta nas áreas de maior altitude dentro da bacia.

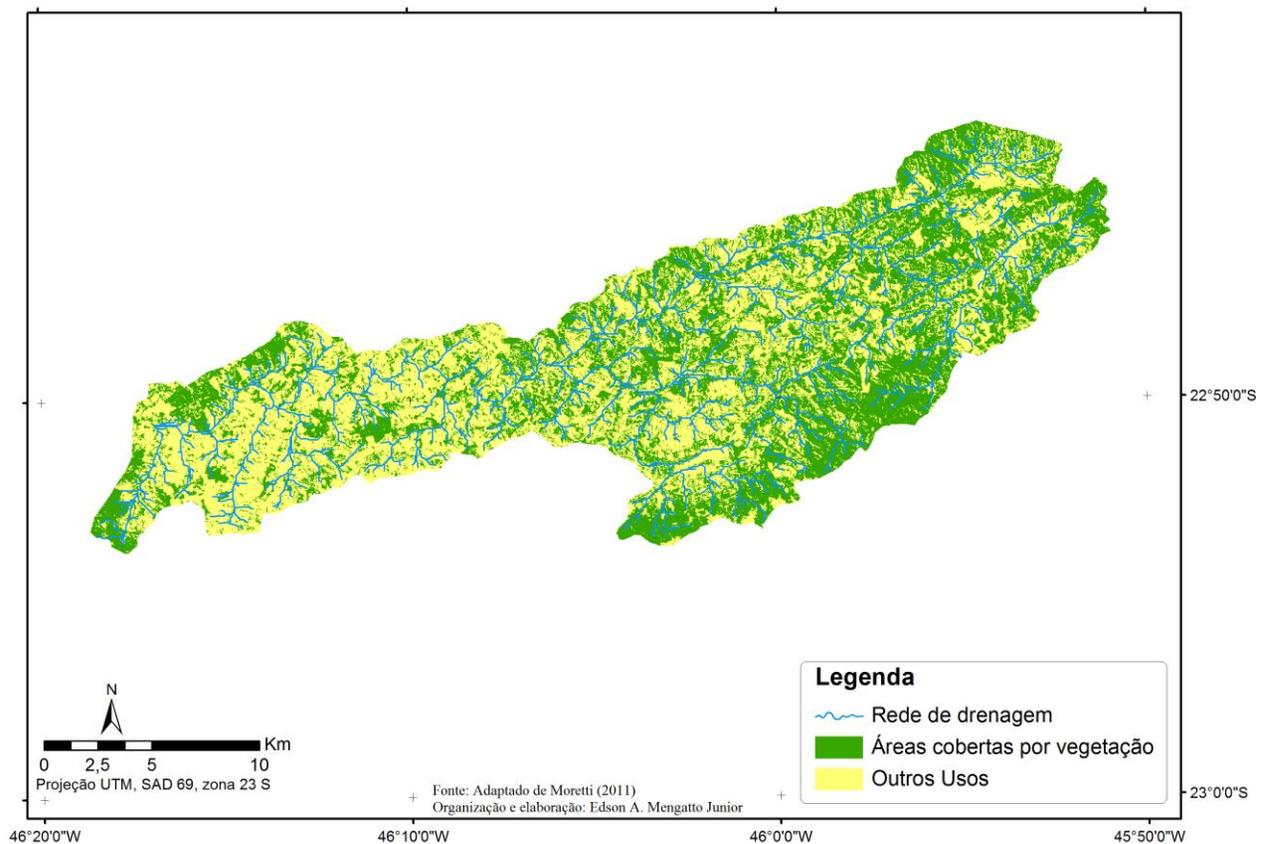


Figura 34 - Mapa de fragmentos florestais definidos a partir do uso e ocupação da terra, adaptado de MORETTI, 2011.

5.4. Mapeamento de Áreas de Proteção Permanente em cursos fluviais

Tendo em vista os instrumentos legais existentes (códigos florestais de 1965 e 21012) e discutido as especificidades de cada área, fato este que se torna importante para um planejamento adequado e criterioso, foram apresentadas as novas proposta metodológicas definidas neste trabalho. Para melhor compreensão e visualização dos resultados obtidos, foi proposta também uma segmentação da área em três partes (alta, média e baixa bacia) definidas pelo grupo litológico dominante, demonstrados na figura 35.

Sendo assim, foram elaborados também mapas (figuras 36 a 38) contendo as faixas referentes às áreas de proteção permanente para cada cenário discutido (código florestal de 1965 e de 2012 e propostas aritmética e geométrica).

Ressalta-se que as áreas segmentadas estão na mesma escala gráfica (1:180.000), com o objetivo de se compreender o tamanho real das faixas de proteção permanente as quais foram definidas para cada um dos quatro cenários previstos.

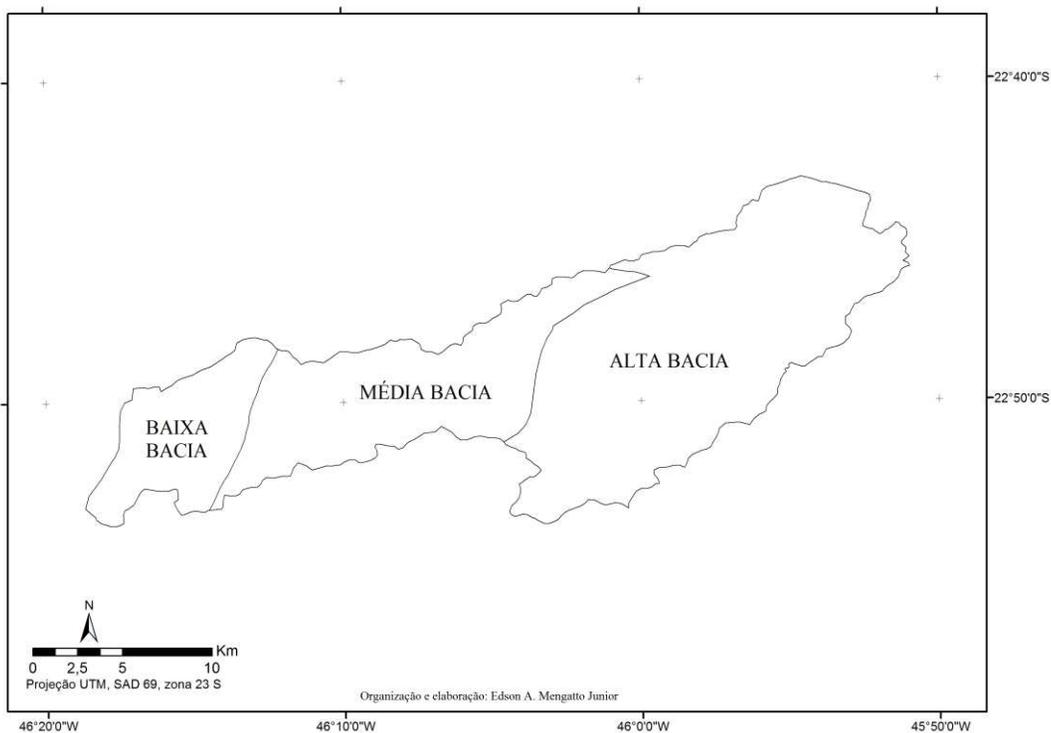


Figura 35 - Mapa da segmentação da alta bacia do rio Jaguari, MG

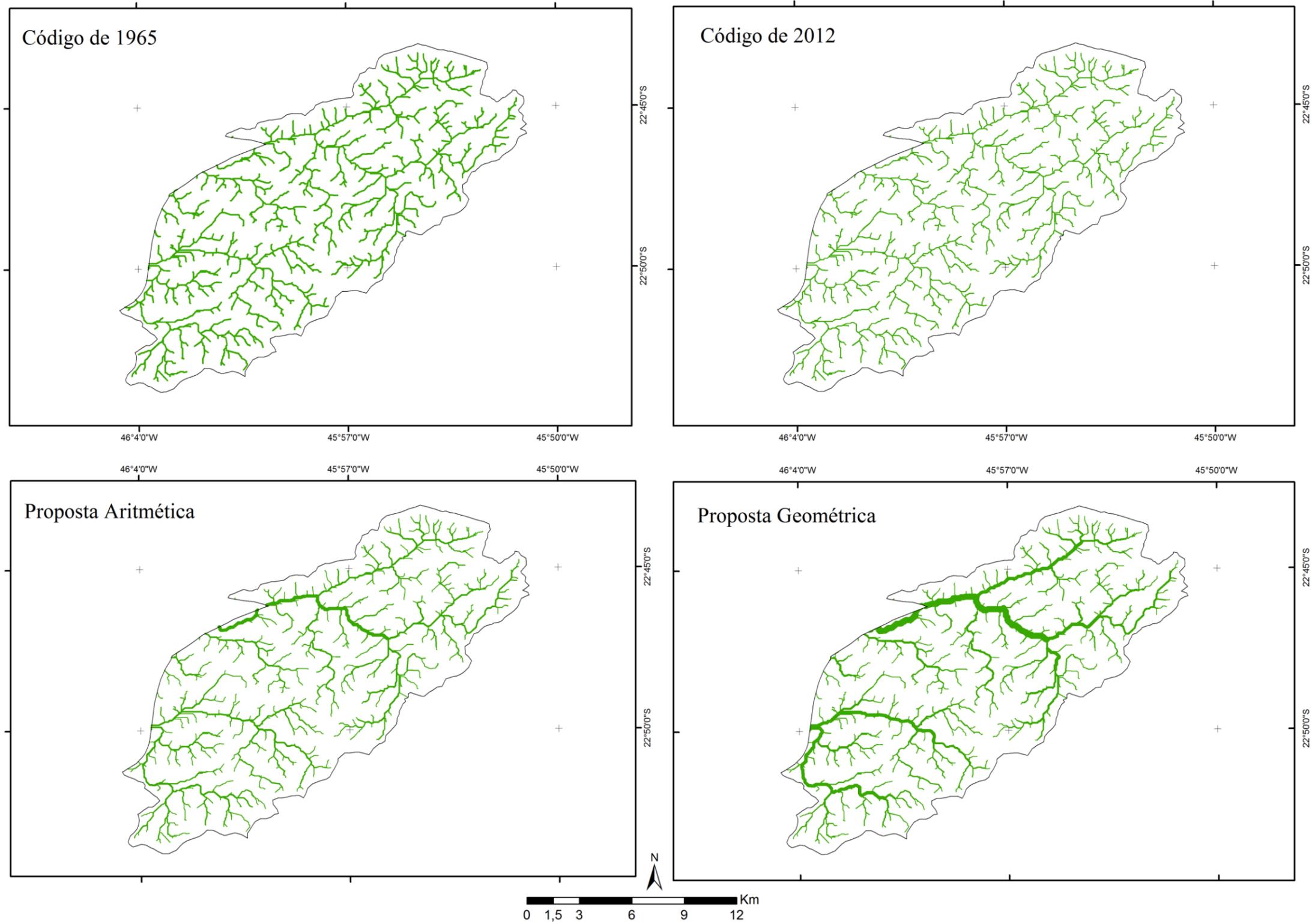


Figura 36 - Mosaico dos cenários previstos, granito Gonçalves na segmentação definida por alta bacia.

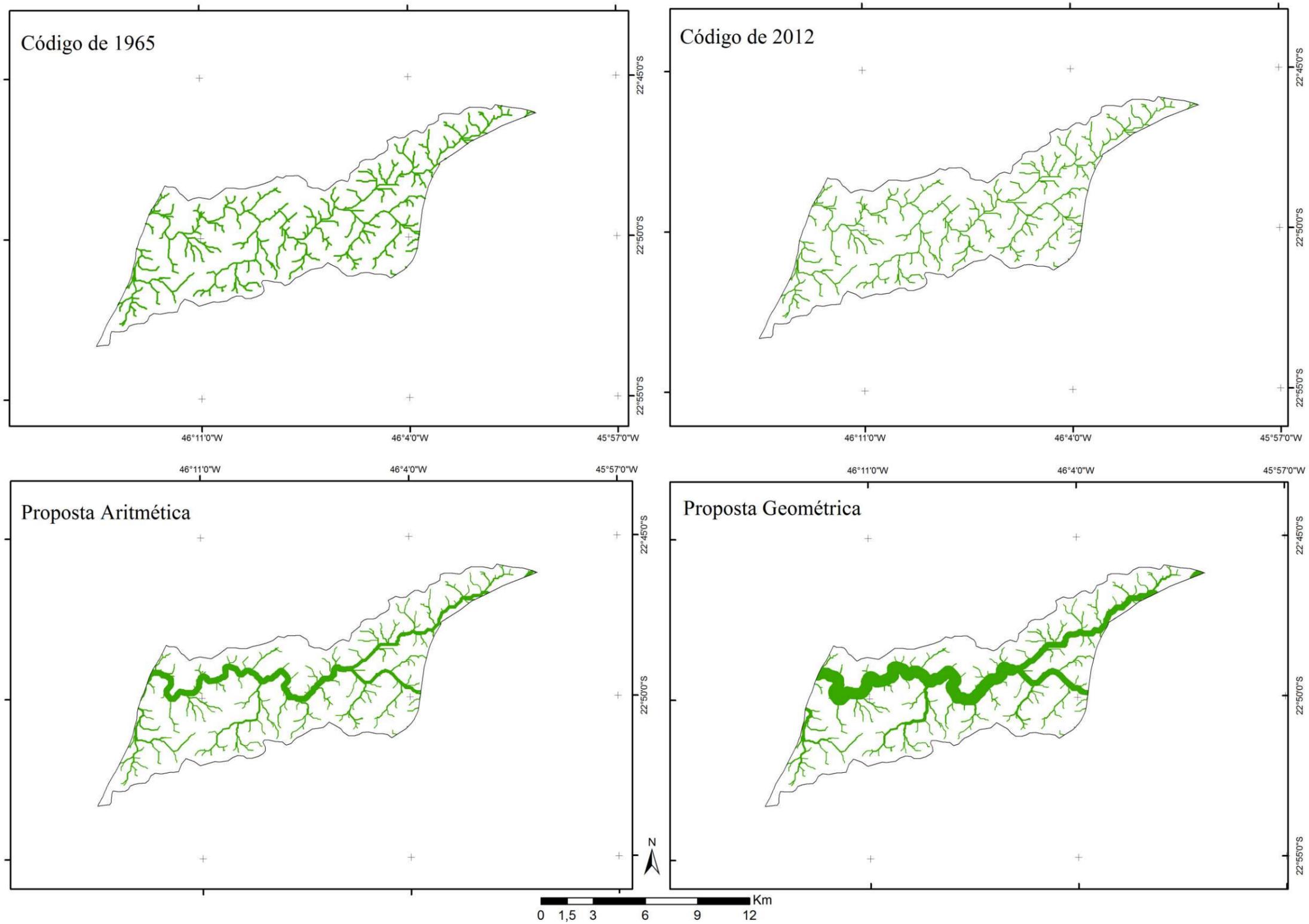


Figura 37 - Mosaico dos cenários, suíte Piracaia na segmentação definida por média bacia.

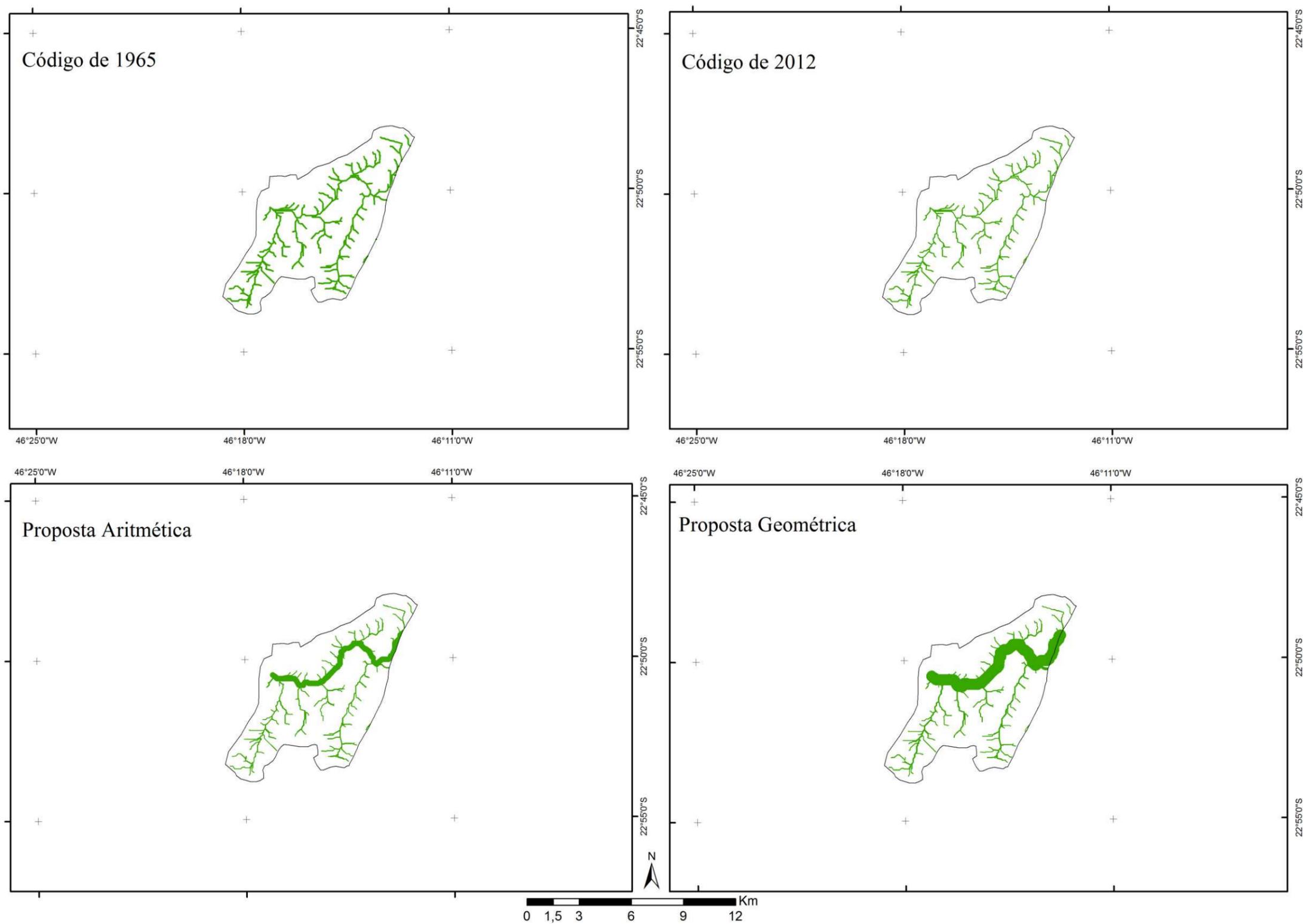


Figura 38 - Mosaico de cenários, complexo Varginha-Guaxupé na segmentação definida por baixa bacia.

As Tabelas 8 a 13 apresentam os dados referentes aos valores de medidas de largura dos rios, estimados pela imagem *Google Earth*, para as 60 amostras selecionadas. As tabelas apresentam as coordenadas (UTM) dos pontos medidos na imagem *Google Earth*, as coordenadas (UTM) dos pontos amostrados em campo, a largura estimada medida através das imagens do *Google Earth* contendo a avaliação de possíveis erros geométricos, a largura medida em campo e a rota estabelecida para o trabalho de campo, contando com 12 pontos amostrados.

Tabela 8 - Valores e largura (em metros) estimada para canais de 1° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.

Amostra	UTM		Largura estimada (em metros)	Largura medida	UTM		Rota
	E	N			E	N	
1.1	407376.23 E ; 7485882.45 S		0,96 ± 0,000192	0,5	407818 E	7485267 S	12
1.2	408466.79 E ; 7486388.79 S		0,99 ± 0,000198				
1.3	409393.64 E ; 7484610.54 S		0,93 ± 0,000186				
1.4	407585.24 E ; 7483853.84 S		0,94 ± 0,000188				
1.5	407511.88 E ; 7483509.39 S		0,98 ± 0,000196				
1.6	406693.07 E ; 7482921.96 S		0,93 ± 0,000186				
1.7	407118.00 E ; 7483607.89 S		0,94 ± 0,000188				
1.8	404679.61 E ; 7481687.38 S		1,01 ± 0,000202				
1.9	401118.68 E ; 7483723.80 S		1,07 ± 0,000214				
1.10	401225.56 E ; 7482636.77 S		1,07 ± 0,000214	1,3	401209 E	7482544 S	9

Tabela 9 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 2° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.

Amostra	UTM		Largura estimada (em metros)	Largura medida	UTM		Rota
	E	N			E	N	
2.1	407469.10 E ; 7485723.55 S		0,9 ± 0,00018				
2.2	403504.89 E ; 7484822.93 S		1,1 ± 0,00022				
2.3	410142.79 E ; 7482657.62 S		2 ± ,0004				
2.4	410841.90 E ; 7481782.25 S		1,05 ± 0,00021				
2.5	400765.08 E ; 7472454.65 S		1,34 ± 0,000268				
2.6	401703.67 E ; 7476902.18 S		1,44 ± 0,000288				
2.7	399570.24 E ; 7475522.87 S		1,49 ± 0,000298				
2.8	401972.76 E ; 7482928.30 S		1,77 ± 0,000354	2,0	401214 E	7482534 S	10
2.9	409047.42 E ; 7485038.02 S		1,8 ± 0,00036				
2.10	393370.76 E ; 7473656.26 S		1,42 ± 0,000284	2,3	401467 E	7482612 S	6

Tabela 10 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 3° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.

Amostra	UTM		Largura estimada (em metros)	Largura medida	UTM		Rota
	E	N			E	N	
3.1	408807.04 E ; 7485534.7 S		2,37 ± 0,000474				
3.2	406261.33 E ; 7485665.66 S		2,56 ± 0,000512				
3.3	399975.96 E ; 7473271.28 S		2,21 ± 0,000442				
3.4	391602.52 E ; 7470597.99 S		2,13 ± 0,000426	2,0	391992 E	7470639 S	7
3.5	376047.10 E ; 7472069.48 S		1,93 ± 0,000386				
3.6	372919.00 E ; 7472325,00 S		2,14 ± 0,000428				
3.7	373102.37 E ; 7472840.86 S		2,09 ± 0,000418	3,2	372934 E	7472267 S	1
3.8	373062.26 E ; 7472752.17 S		1,42 ± 0,000316				
3.9	367778.92 E ; 7470442.33 S		1,47 ± 0,000294				
3.10	368154.27 E ; 7471117.79 S		1,06 ± 0,00023				

Tabela 11 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 4° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.

Amostra	UTM		Largura estimada (em metros)	Largura medida	UTM		Rota
	E	N			E	N	
4.1	381872.13 E ; 7474057.85 S		1,97 ± 0,000394				
4.2	381872.24 E ; 7473654.32 S		2 ± 0,0004				
4.3	384995.58 E ; 7471046.48 S		1,9 ± 0,00038				
4.4	393896.52 E ; 7475638.16 S		2,69 ± 0,000538	2,4	393215 E	7475582 S	5
4.5	402322.35 E ; 7483030.15 S		2,23 ± 0,000446	2,35	401467 E	7482612 S	11
4.6	402731.47 E ; 7483412.21 S		1,98 ± 0,000396				
4.7	401013.45 E ; 7482466.78 S		1,96 ± 0,000392				
4.8	393701.42 E ; 7475770.41 S		2,33 ± 0,000466				
4.9	404695.48 E ; 7479744.00 S		2,1 ± 0,00042				
4.10	407638.12 E ; 7480966.43 S		2 ± 0,0004				

Tabela 12 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 5° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.

Amostra	UTM		Largura estimada (em metros)	Largura medida	UTM		Rota
	E	N			E	N	
5.1	402999.45 E ; 7480752.78 S		5,01 ± 0,000882				
5.2	401737.20 E ; 7481421.64 S		3 ± 0,0006	3,1	400843 E	7481507 S	8
5.3	388337.97 E ; 7476910.68 S		6,53 ± 0,00088				
5.4	400599.12 E ; 7482267.32 S		3,8 ± 0,00076				
5.5	399826.24 E ; 7482213,35 S		3,63 ± 0,000726				
5.6	397168.18 E ; 7481251,11 S		6,86 ± 0,001372				
5.7	393654.98 E ; 7480298.07 S		9,21 ± 0,000994				
5.8	393414.46 E ; 7479872.31 S		6,34 ± 0,0001268				
5.9	392199.78 E ; 7479045.59 S		5,88 ± 0,0001176				
5.10	387435.68 E ; 7476218.87 S		7,99 ± 0,000684	8,2	387421 E	7476227 S	4

Tabela 13 - Valores de largura (em metros) estimada para canais de 6° ordem da alta bacia do rio Jaguari, MG. Os pontos amostrados em campo estão destacados em negrito.

Amostra	UTM		Largura estimada (em metros)	Largura medida	UTM		Rota
	E	N			E	N	
6.1	368102.10 E ; 7474079.77 S		8,91 ± 0,001184				
6.2	367825.50 E ; 7473832.48 S		11,29 ± 0,001334				
6.3	368889.68 E ; 7473329.61 S		10,21 ± 0,000554				
6.4	369938.73 E ; 7472734.52 S		10,30 ± 0,0001714				
6.5	370089.31 E ; 7473060.59 S		11,37 ± 0,00083				
6.6	386201.85 E ; 7475512.80 S		5,45 ± 0,00109	6,5	386207 E	7475528 S	3
6.7	384481.64 E ; 7474294.76 S		6,55 ± 0,00135				
6.8	384702.02 E ; 7474596.73 S		8,62 ± 0,001724	9,8	384678 E	7474600 S	2
6.9	376795.67 E ; 7475799.61 S		8,18 ± 0,001676				
6.10	371188.94 E ; 7472986.85 S		8,15 ± 0,00175				

Após a elaboração do trabalho de campo em que pôde ser finalizada a construção das tabelas discutidas acima e que serviram também para a definição das larguras médias do rio encontradas nos pontos amostrados em campo, foram definidas as áreas de proteção permanente para os cursos fluviais.

Tendo em vista que as larguras médias definidas se situam abaixo dos 10 metros, define-se que, a partir do Código Florestal de 1965, as áreas de proteção permanente devem estar situadas na faixa de 30 metros de proteção para cada lado do rio. Para o caso do Novo Código

Florestal vigente, aprovado em 2012, estas mesmas áreas serão compostas por faixas de 15 metros de cada lado do rio. No entanto, o presente trabalho elaborou ainda duas propostas metodológicas, as quais buscam ampliar as áreas de proteção permanente tendo em vista sua importância ecológica para o meio ambiente em que está situado. Sendo assim, a primeira proposta, definida como proposta aritmética, procurou estabelecer as classes de 10 metros para rios de primeira ordem, 20 metros para rios de segunda ordem, 30 metros para hierarquias de terceira ordem, 50 metros para os de quarta ordem, 80 metros para o caso da hierarquia de quinta ordem e por fim, de 130 metros para os rios de sexta ordem.

Já o caso da segunda proposta, definida no trabalho como proposta geométrica, ela possui caráter mais conservador do que a primeira, estabelecendo faixas maiores de proteção permanente, na tentativa de se ter áreas que possam proteger e conservar de forma mais abrangente estas importantes áreas ecológicas que possuem grande diversidade de espécies animais e vegetais. Para isso, foi então definido que as classes de primeira ordem hierárquica serão compostas por faixas de proteção de 10 metros de largura; a segunda composta por faixa de 20 metros; a terceira, por sua vez, com faixas de 40 metros; a quarta ordem hierárquica será composta por faixas de 80 metros de proteção; a quinta ordem hierárquica por faixas de 160 metros de cada lado do rio e por fim, a sexta ordem hierárquica composta por faixas de 320 metros de proteção permanente.

Após a definição das larguras médias destacadas nas tabelas 8 a 13, e a proposta de dois cenários alternativos para a conservação destas áreas, foram elaborados tabelas e gráficos que serão apresentados a seguir. A tabela 14 é formada pelas duas classes definidas (sendo áreas cobertas por vegetação e outros tipos de usos) e por quatro cenários previstos (Código de 1965, Código Florestal vigente de 2012, proposta aritmética e proposta geométrica). Pela tabela 14, é possível identificar a área (em m²) de cada classe existente para cada cenário previsto, bem como o total destas classes a partir dos cenários previstos.

Tabela 14 - Tabela contendo a área das classes definidas para os quatro cenários previstos.

Classes/Cenários	Código 65	Novo Código	Aritmética	Geométrica
Áreas Cobertas por vegetação	16.443,9	8.261,4	13.453,9	19.485,3
Outros Usos	20.341,9	10.243,6	18.229,7	29.990,9
Total	36.785,9	18.505,0	31.683,6	49.476,2

A figura 37 apresenta gráfico na forma de colunas, e busca demonstrar as áreas cobertas por vegetação e os outros tipos de uso encontrados na alta bacia do rio Jaguari, MG. Através deste gráfico, podem-se distinguir as diferenças de áreas (em m²) para cada um dos cenários previstos (Código de 1965, Código de 2012, proposta aritmética e proposta geométrica).

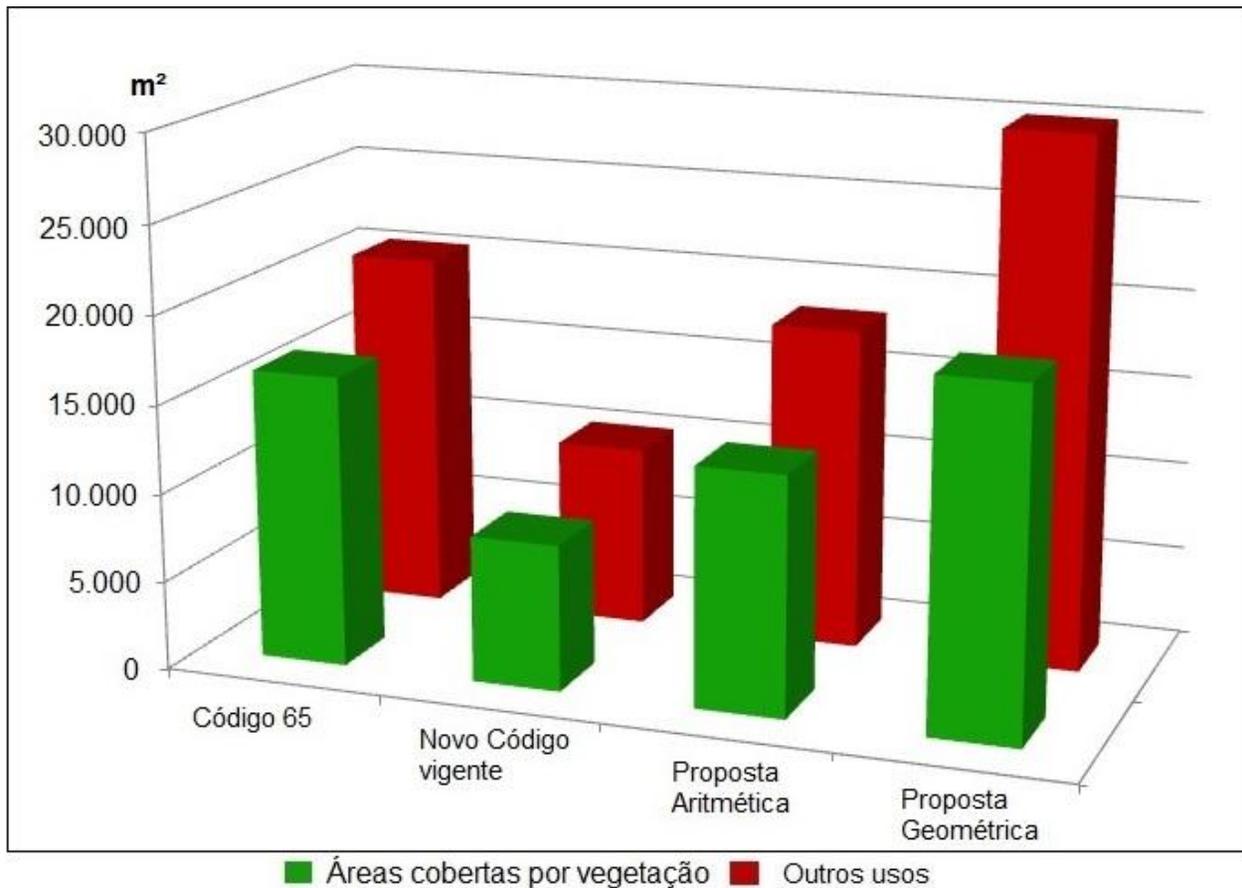


Figura 39 - Distribuição das duas classes definidas para os quatro cenários previstos.

A figura 40 por sua vez, demonstra as duas classes definidas (áreas cobertas por vegetação e outros usos) contendo a soma das áreas de cada uma destas classes, bem como a proporcionalidade de cada uma das classes em cada um dos cenários previstos. Ou seja, este gráfico demonstra o total das áreas (em m²) encontrado nas duas classes para cada um dos quatro cenários previstos, contendo também a porcentagem de cada uma.

A partir desta figura (40), torna-se nítido que o aumento da proteção das áreas verdes provoca consequentemente em um aumento dos outros tipos de usos associados na bacia. Isso porque o aumento das faixas de proteção considera não somente as áreas cobertas por áreas verdes, mas sim faixas que se tornam flexíveis a partir da análise das características específicas de cada área analisada. Portanto, as faixas de proteção não seriam definidas e rígidas, como atualmente ocorre tendo como base os códigos florestais brasileiros analisados (1965 e 2012).

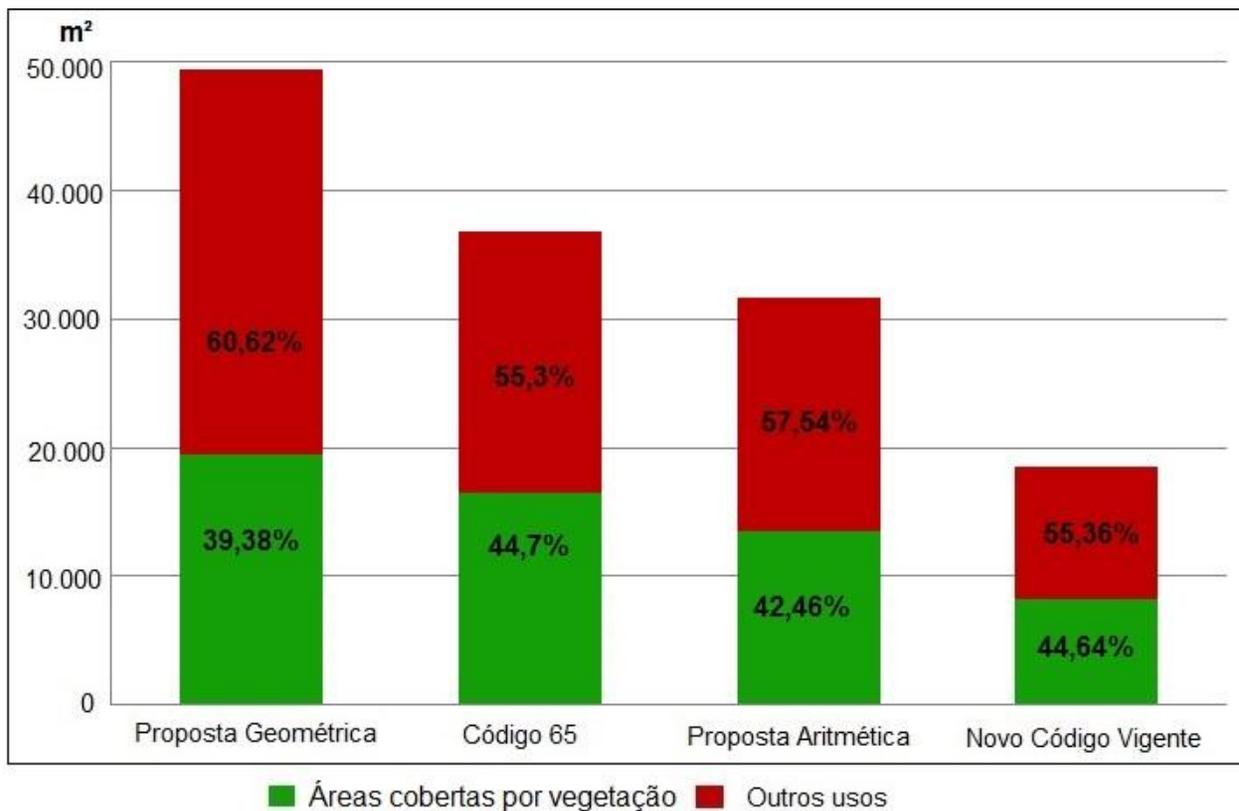


Figura 40 - Distribuição agrupada das duas classes definidas para os quatro cenários previstos, demonstrando a porcentagem de cada classe.

Por fim, a figura 41 apresenta apenas as classes que estariam dispostas como áreas de proteção permanente para o trabalho em questão. Sendo assim, o que se nota é que, utilizando-se como base o código florestal de 1965, teríamos aproximadamente 16.500 m² de áreas protegidas. Já o novo código florestal, define que estas áreas passariam a ter praticamente metade da área definida pelo Código de 1965 caso ocorram áreas consolidadas em APP de rio, reduzindo-se a largura mínima de proteção para 15 metros de cada lado do rio, onde teria como área apenas pouco mais de 8.200 m². Considerando-se a proposta definida no cenário como “proposta aritmética”, estas áreas passariam a considerar aproximadamente 13.500 m² de área, o que ainda representaria uma pequena diminuição destas áreas protegidas e conservadas. Já a “proposta geométrica”, que possui caráter mais conservador e protecionista, definiria como área de proteção permanente uma área aproximada de 19.500, o que representaria uma adição de 18,50% de área conservada.

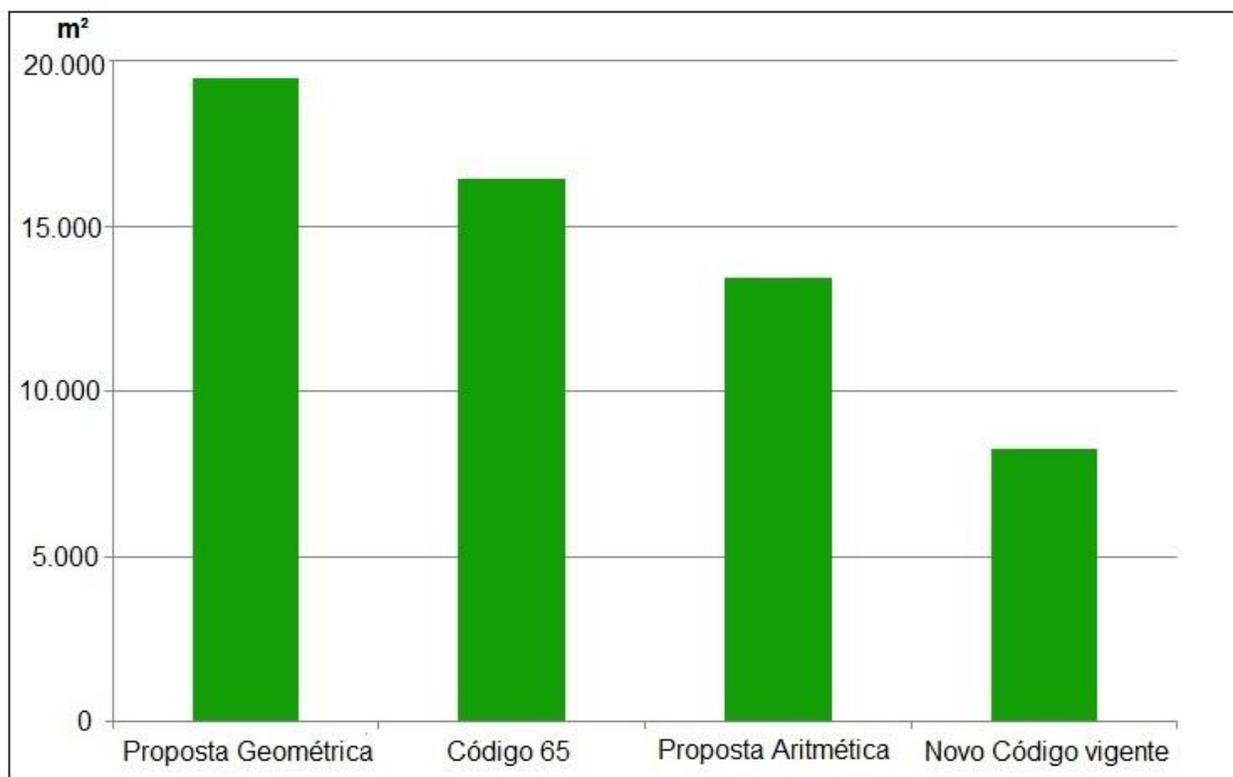


Figura 41 - Distribuição das áreas contendo fragmentos florestais para os quatro cenários previstos.

Através da análise das figuras apresentadas acima se percebe que a “proposta geométrica” recobre maior área de fragmentos florestais, tendo na proposta elaborada neste trabalho, sua área composta por quase 20.000 m².

No entanto, mesmo com a proposta de se criar faixas de proteção maiores do que as estabelecidas pelos códigos de 1965 e o de 2012, os dados disponíveis nos gráficos demonstram que a área total aumenta consideravelmente através da proposta geométrica, aproximando-se ao que seria representada pela legislação de 1965 e tendo crescimento aproximado de 25% de área total. Contudo, analisando-se sua proporcionalidade frente aos outros cenários, a proposta geométrica, mesmo com maior área de proteção estabelecida, apresentaria apenas 39,38% de área composta por fragmentos florestais.

Este fato permite afirmar que a proporção da distribuição dos fragmentos florestais ocorre de forma mais acentuada para os cenários descritos pelos códigos florestais (de 1965 e 2012), já que as áreas cobertas por vegetação recobrem aproximadamente 44,7% de área para cada um dos cenários. A proposta aritmética, por sua vez, seria uma proposta mais adequada para conservação devido a sua condição de expansão das faixas de proteção, cujo objetivo será o de aumentar o tamanho total da área de proteção existente. Esta área, portanto, apresentaria uma proporção de 42,5% aproximadamente de fragmentos florestais frente aos 57,5% de outros tipos de usos.

Dessa forma, o que se verifica a partir do trabalho elaborado é que os aumentos da área total das faixas de proteção apenas, não garantem que a proporção de área conservada será de fato aumentada, já que a proporção de fragmentos florestais não aumenta proporcionalmente ao aumento da área total, tendo um aumento acentuado também dos outros usos. Ou seja, para um planejamento mais adequado, há de se analisar particularmente cada caso, levando em consideração fatores como a altimetria, clima característico da área, sua formação litológica, as declividades do terreno e o tipo de uso e ocupação da terra, a localização junto ao bioma natural. Além disso, propostas que visem maior conservação das áreas cobertas por vegetação natural devem levar em consideração a importância ecológica destas áreas para a manutenção da biodiversidade. Além disso, a elaboração de faixas de proteção permanente deve ser mais flexível ou menos rígida, considerando as características físicas de cada área particular, ao contrário do que ocorre atualmente, considerando como base para a criação de áreas de proteção permanente a existência de instrumento legal significativo, como o código florestal vigente (BRASIL, 2012).

6. Considerações Finais

A alta bacia do rio Jaguari apresenta ainda grandes áreas preservadas por floresta ombrófila estacional e floresta semi-decidual, essenciais à manutenção da grande diversidade de espécies (tanto de sua fauna quanto de sua flora) encontradas na área de estudo. Esta diversidade se deve, entre outras, às características ambientais importantes da bacia, como o predomínio de altas declividades, variabilidade topográfica e litológica marcantes.

A análise dos dados trabalhados permite afirmar que a bacia possui diversas áreas passíveis de proteção permanente devido às suas características, como as áreas dispostas em classes de declividades pertencentes às áreas de proteção permanente, de acordo com a legislação do Código Florestal brasileiro de 2012. Além destas áreas, aquelas com ocorrência de vegetação natural também devem ser preservadas, devido às suas funções de manutenção de diversidade.

O uso de ferramentas de geotecnologias, como sistemas de informação geográfica e o sensoriamento remoto, permitem uma análise mais detalhada da área de estudo, possibilitando diagnósticos e prognósticos que orientem um planejamento com vistas a minimizar os impactos ambientais possivelmente ocorrentes na bacia. Assim, as técnicas de geoprocessamento aliadas à análise espacial que foram utilizadas nesta pesquisa podem ser consideradas como processos auxiliares no processo de tomada de decisão a partir das análises realizadas. Além disso, estas técnicas deram suporte à elaboração da base de dados e à modelagem cartográfica.

O método utilizado, baseado no uso de imagens do *Google Earth* para definição de larguras de rios, mostrou-se eficiente. Esta etapa torna-se importante devido à definição das larguras médias para cálculo. No entanto, o trabalho de campo torna-se imprescindível para o trabalho proposto, já que aferir os dados coletados a partir das imagens de satélite é uma etapa essencial, para dar significância aos resultados obtidos, a partir da reta de regressão, como discutido acima. A capacidade de decisão do pesquisador deve ser sempre incentivada e deve estar sempre embasada no conhecimento da área de estudo.

A alta resolução espacial dos dados dispostos em imagens do *Google Earth* torna-se imprescindível para a realização de tal mapeamento e possível monitoramento, já que as nascentes (1ª ordem) de acordo com a classificação de Strahler (1952) apresentam elevada dificuldade de distinção, devido às pequenas larguras médias encontradas. No entanto, a escala de

trabalho deve fixar uma escala máxima, sendo permitido, no caso deste trabalho, escalas iguais ou inferiores a 1:150.000.

Os Códigos Florestais são instrumentos legais existentes para a proteção das áreas, como as áreas de proteção permanente. Entretanto, as leis devem ser analisadas e estudadas para propor maior condição de proteção e conservação, passando a considerar áreas importantes para esta proteção, tendo em vista características importantes para essa proteção, como sua localização junto aos biomas, proximidades de áreas urbanas, presença de áreas suscetíveis à erosão, extensão dos corpos hídricos, considerando todo o seu curso, entre outros aspectos importantes. Por este motivo, têm-se a proposta mais conservadora elaborada neste trabalho como sendo a de maior qualificação para a área de estudo referida.

Com o mapeamento das áreas de proteção permanente que foram aqui propostos e fundamentados em um conhecimento prévio da área de estudo, utilizando-se de uma base cartográfica cuidadosamente elaborada, o que se objetiva é contribuir para ações planejadas que visem ampliar a conservação da bacia hidrográfica estudada. Para isso, são necessários também outros estudos e planejamentos a partir de diferentes escalas geográficas e áreas do conhecimento, aliando maior interdisciplinaridade ao contexto de estudo da área proposta.

Como sugestões para estudos futuros, indicamos:

- a) A aplicação dos procedimentos metodológicos baseados na análise das imagens *Google Earth* para outras bacias hidrográficas;
- b) Programas de implantação de planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas, buscando maior nível de conservação destas áreas;
- c) Por fim, a realização de estudos de sequências multitemporais, com o objetivo de se identificar prognósticos de cenários futuros e também possíveis cenários passados, visando maior conservação dos fragmentos florestais ainda existentes na área de estudo.

Referências Bibliográficas

ABRAMS, M.; HOOK, S.; RAMACHANDRAN, B. **ASTER User Handbook: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer**. version 2. NASA: Jet Propulsion Laboratory, 2002. 135p. Available at: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/> Acesso em: 17 out. 2008.

ALVES, S. T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. **Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM**. Eng. Agríc. [online], vol. 30, n.1, 46-57 p., ISSN 01006916, 2010.

ANGELSEN, A.; K. D. et al. (Ed.). **Agricultural technologies and tropical deforestation**. Walling. UK: Biddles Ltd.; Guildford and King's Lynn, 422 p., 2001.

BRASIL. Decreto-lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: DOU de 16 de Setembro de 1965. Brasília DF, 1965.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. DOU de 13 de Fevereiro de 1989.

BRASIL. Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de Junho de 1978, e 7.511, de 7 de Julho de 1986. **Diário Oficial da União**: DOU de 20 de Julho de 1998.

BRASIL. Lei nº 12.651 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**: DOU de 28 de Maio de 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**: DOU de 13 de Maio de 2002.

BORROUGH, P. **Principles of geography information systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University Press, 333 p., 1998.

BURROUGH, P. A.; McDONELL, R. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 188, 3 p., 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **A significância da teoria de sistemas e, geografia física**. In: Boletim de Geografia Teórica, Rio Claro, vol. 16-17, n. 31-34, 119:128 p., 1987.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Escala: 1:1.000.000. Rio de Janeiro, 2003.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE. 345 p, 2001.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Votação da MP do Código Florestal é adiada para 18 de Setembro**. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/agencia/noticias/meio-ambiente/425650-votacao-damp-do-codigo-florestal-e-adiada-para-18-de-setembro.html>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2012.

CAMARGO, J. C. G. et al. **Estudo fitogeográfico da vegetação ciliar do Corumbataí, SP.** São Paulo. BIOGEOGRAFIA, 14 p., 1971.

CARPI JUNIOR, S. C. **Processos erosivos, recursos hídricos e riscos ambientais na bacia do Rio Mogiguaçu.** 2001. 171 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2001.

CARVALHO, E. M. **Riscos ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia do córrego fundo, Aquidauana/MS.** 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2007.

D'ALGE, J. C. L.; CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** Cartografia para geoprocessamento. São José dos Campos: INPE, 2001.

DI MAIO, A. C. **GEODEN Geotecnologias digitais no ensino básico por meio da internet.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis, SC. Anais: São José dos Campos: INPE, 2007.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. (Ed) **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília, EMBRAPA, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10. 1979. RJ. **Súmula...** Rio de Janeiro, 83 p. 1979.

FERREIRA, M. C. **Considerações teórico-metodológicas sobre as origens e a inserção do Sistema de Informação Geográfico na Geografia.** In: Vitte, A. C. Contribuições à história e à epistemologia da geografia. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 101-125 p., 2006..

FERREIRA, F. R. B.; FERREIRA, M. C.; GERARDI, L. H. O. **Ambientes: estudos de Geografia**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNESP; Associação de Geografia Teórica – AGETEO. 252 p. 2003.

GARÓFALO, D. F. T. **Análise geomorfológica das sub-bacias hidrográficas dos córregos do Pântano e da Pedra Branca no município de Alfenas – MG**. 2010. 59 p. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Geografia) - Alfenas: UNIFAL-MG, 2010.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol. Soc America Bulletin, vol.3, n.56, 275-370 p., 1945.

IBITU CONSULTORIA AMBIENTAL. **APA Fernão Dias – Plano de Gestão Ambiental**. Minas Gerais: IBITU/DER-MG. 296 p., 1998.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 de Agosto de 2012.

IEF. **Instituto Estadual de Florestas**. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br>>. Acesso em: 17 de Agosto de 2009.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 19 de Abril de 2010.

JESUS, N. de. **Avaliação do modelo digital de elevação ASTER para análise morfométrica de bacias hidrográficas**. 2009. 154 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP: 2009.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de sub-bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

LOPES, E. E. **Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para produção de mapas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/9650>. Acesso em: 30 de Agosto de 2012.

LOPES, E. E.; NOGUEIRA, R. E. **Proposta Metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para produção de mapas**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10, Curitiba, PR. Anais: São José dos Campos: INPE, 2011.

MALING, D. H. **Measurements from maps: principles and methods of cartometry**. Oxford, Pergamon Press, 1989.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. 2002. 154 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2002.

MATIAS, L. F. **Sistemas para informação**. Espaço & Geografia, vol. 5, n. 1, 101-118 p., 2002.

MARTINELLI, M. **Mapas da Geografia e Cartografia temática**. 1. Ed. São Paulo: Contexto, 2003.

MEC. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. História e Geografia (Ensino Fundamental), vol. 5, SEF, 1999.

MEDINILHA, A. **A degradação da mata ciliar e os impactos nos recursos hídricos desencadeados pela expansão urbana de Rio Claro/SP no entorno do Rio Corumbataí**. 1999. 181 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos: 1999.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 536 p., 2001.

MINAS GERAIS (Estado). Decreto nº 38.925, de 17 de julho de 1997. Declara de proteção ambiental áreas de interesse ecológico situadas nas bacias hidrográficas dos Rios Jaguari, Sapucaí-Mirim e Sapucaí, e dá outras providências. Minas Gerais: **Diário do Executivo**, 1997.

MORETTI, A. I. P. **Mapeamento de corredores ecológicos na APA Fernão Dias – MG a partir de técnicas de geoprocessamento e Análise Espacial**. 2011.126 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2011.

MULLER, C. M. **Gestão de matas ciliares**. In: Gestão Ambiental no Brasil. Brasília/DF: População e Natureza (ISPN), 185-214 p., 1996.

NOGUEIRA, R. E. **Representação, comunicação e visualização cartográfica**. In: Simpósio Nacional de Recursos tecnológicos aplicados a Cartografia, 1, Maringá, PR, 2009. Anais: Maringá: Departamento de Geografia, 2009.

PONTES, A. M. de. **A proteção dos recursos hídricos no planejamento urbano**. 1983. 111 p. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo/FPS. 1983.

RIBEIRO, C. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O. **Desafio da delimitação de áreas de preservação permanente**. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 2, 203-212 p., 2005.

ROBINSON, A. H. *et al.* **Elements of Cartography**. 6th Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 674 p., 1995.

SERIGATTO, E. M. **Delimitação automática das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Sepotuba – MT.** 2006. Tese. Viçosa, MG: [s.n.], 203 p., 2006.

SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento em estudos ambientais: uma perspectiva sistêmica.** In: MEIRELLE, M. S.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. de. (editores). *Geomática: modelos e aplicações ambientais.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 23-53 p. 2007.

SILVA, J. S. V. ; ABDON, M. M. ; GALDINO, S. **Desmatamento na bacia do alto rio Taquari, período de 1976 a 2000.** In: Sérgio Galdino; Luiz Marques Vieira; Luiz Alberto Pellegrin. (Org.). *Impactos Ambientais e Socioeconômicos na Bacia do rio Taquari Pantanal.* 1 ed. Corumbá: Embrapa pantanal, 2005, v. único, p. 125-138. 2005.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M.; SILVA, S. M. A. da; MORAES, J. A. **Evolution of deforestation in the brazilian pantanal and surroundings in the timeframe 1976 2008.** *Geografia (Rio Claro. Impresso)*, v. 36, p. 35-55, 2011.

SOILLE, P.; GRATIN, C. **An Efficient Algorithm for Drainage Network Extration on DEMs.** *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol.5, n.2, 181 – 189 p. 1994.

STRAHLER, A. N. **“Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography”**, *Geol. Soc. America Bulletin*, 1117-1142 p., 1952.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** *Geophysical Union Trans.*, vol. 38, 912-920 p, 1957.

TERRA, T. N.; SILVA, J. S. V. **Cenário de desmatamento da Bacia do Alto Paraguai (BAP) em 2022 e 2050.** In: 4 Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2012, Bonito MS. *Cenário de desmatamento da Bacia do Alto Paraguai (BAP) em 2022 e 2050.* 2012.

TURCOTTE, R.; FORTIN, J.P.; ROUSSEAU, A.N.; MASSICOTTE, S.; VILLENEUVE, J.P. **Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network.** Journal of Hydrology, Amsterdam, vol.240, n.3, 225-242 p., 2001.

XAVIER, S. **Geoprocessamento e SIG.** Rio de Janeiro: IGEO, 104 p., 2000.