

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO  
AMBIENTAL**

**RAFAEL OCANHA LORCA NETO**

**ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO FAZENDA VELHA, IBIÚNA-SP:  
SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E CONSERVAÇÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS**

**SOROCABA**

**2013**

**RAFAEL OCANHA LORCA NETO**

**ANÁLISE AMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO FAZENDA VELHA, IBIÚNA-SP:  
SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E CONSERVAÇÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada a Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental – PPGSGA da Universidade Federal de São Carlos, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Martins Arruda

**SOROCABA**

**2013**

L865a Lorca Neto, Rafael Ocanha  
Análise ambiental da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha, Ibiúna-SP:  
subsídios para o planejamento ambiental e conservação dos recursos  
hídricos / Rafael Ocanha Lorca Neto, 2013.  
120 f. : il. (color.) ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, *Campus*  
Sorocaba, 2013  
Orientador: Emerson Martins Arruda  
Banca examinadora: André Cordeiro Alves dos Santos; Ronaldo Missura  
Bibliografia

1. Bacias hidrográficas. 2. Abastecimento de água. 3. Planejamento  
urbano. I. Título. II. Sorocaba - Universidade Federal de São Carlos.

CDD 333.72

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do *Campus* de Sorocaba.



**Bacia do Ribeirão Fazenda Velha.  
Foto: Rafael Ocanha, junho de 2013.**

A todas as pessoas, que em algum momento da minha vida, contribuíram para a construção do meu caminho ao conhecimento. Em especial a minha família, que sempre me apóia e incentiva independente da distância que estamos.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais por sempre me ajudarem em todas as situações. Aos meus irmãos e cunhada, pelas brincadeiras e momentos de descontração. A minha tia por sempre atenciosa comigo.

Aos meus amigos, que mesmo eu muito ausente, aparecem em casa para pelo menos fazer com que eu dê algum sinal de vida. Em especial ao Brunão, Felipe, Sertão e Natasha que sempre aparecem em boa hora. Hora pra descontrair, hora pra me dar uma força.

A minha banca de qualificação, Prof. Rogério e Prof<sup>a</sup> Kelly, pelas contribuições e dicas para dar continuidade na dissertação.

A minha turma do mestrado, pessoas muito queridas, que sempre proporcionaram bons momentos, tanto em aula quanto nas confraternizações.

À Kaline e a Mayra por sempre me ajudarem, pela parceria e grande amizade.

Ao pessoal do CBH-SMT por sempre incentivarem a buscar mais o conhecimento.

Ao Professor André Cordeiro, que agradeço muito pelos ensinamentos na minha vida profissional e acadêmica.

À Jussara, pela confiança e oportunidade nessa nova etapa da minha vida profissional, e que sempre apóia no aperfeiçoamento técnico e científico.

Ao Professor Osvaldo, por ensinar a usar o SIG e pelas dicas na elaboração dos mapas.

Ao Professor Emerson, meu caro orientador, por todo o conhecimento que passou, pelas oportunidades de sempre aperfeiçoar e entender o SIG, pela amizade e paciência.

## RESUMO

LORCA NETO, R. O. Análise ambiental da bacia do Ribeirão Fazenda Velha, Ibiúna-SP: Subsídios para conservação dos recursos hídricos. Dissertação (mestrado) Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental - PPGSGA, Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, 2013.

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise ambiental da bacia do Ribeirão Fazenda Velha, fornecendo subsídios ao planejamento para a conservação dos recursos hídricos. Foi utilizado um conjunto de ferramentas de um Sistema de Informações Geográficas – SIG para a interpretação espacial dos dados, análise estatística e elaboração dos produtos cartográficos. Os mapas gerados foram utilizados para caracterização física da área e sua análise ambiental. Nas saídas de campo foram identificados diversos problemas ambientais, como assoreamento dos corpos hídricos, erosão do solo, lançamento de efluentes domésticos não tratados e desmatamento da mata ciliar. Após a análise ambiental foi elaborado um mapa de áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos. O setor da alta bacia é a região que contém grande parte das áreas com prioridade extremamente e muito alta. Devido à estruturação do relevo, marcado pela presença de interflúvios, com elevada declividade (acima de 20%) torna-se uma área estratégica para recarga do lençol freático e proteção do solo e das nascentes. Também foram identificadas áreas prioritárias no setor da média bacia, caracterizadas pela declividade superior a 20% e presença de vegetação natural. Com o mapa de áreas prioritárias foi possível elaborar um mapa de Zoneamento Ambiental, levando em consideração a conservação dos recursos hídricos e ao uso para atividades humanas. O mapa de Zoneamento proposto possui 4 zonas: Zona de Conservação dos Recursos Hídricos, Zona de Uso Sustentável, Zona de Uso Intensivo e Zona de Uso Agrícola.

Palavras-chave: Zoneamento Ambiental, Bacias Hidrográficas, Recursos Hídricos

## ABSTRACT

LORCA NETO, R. O. Environmental analysis in the River Fazenda Velha Watershed, Ibiúna-SP. Subsidies for water conservation. Thesis (MA) Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental - PPGSGA, Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, 2013.

This study aimed to conduct an environmental analysis of the River Fazenda Velha Watershed, providing subsidies to planning for the conservation of water resources. We used a set of tools in a Geographic Information System - GIS for spatial interpretation of data, statistical analysis and preparation of cartographic products. The maps generated were used to characterize the physical area and its environmental analysis. In the field trips were identified many environmental problems such as siltation of water bodies, soil erosion, release of untreated effluents and deforestation of riparian vegetation. After the environmental analysis was prepared a map of priority areas for conservation of water resources. The sector of the upper basin is the region that contains most of the priority areas and very extremely high. Due to the structuring of relief, marked by the presence of interfluves, with steep slopes (above 20%) becomes a strategic area for groundwater recharge and protection of soil and springs. Were also identified priority areas in the field of middle basin, characterized by slopes greater than 20% and the presence of natural vegetation. With the map of priority areas was possible to draw a map of Environmental Zoning, taking into account the conservation of water resources and the use for human activities. The proposed zoning map has four zones: Zone Conservation of Water Resources, Sustainable Use Zone, Intensive Use Zone, Agricultural Use Zone.

Keywords: Environmental Zoning, Watershed, Water Resources



## LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha no Estado de São Paulo. .....	18
Mapa 2: Unidades litológicas da bacia do Ribeirão Fazenda Velha .....	19
Mapa 3: Fragmentos de vegetação existente no município e Unidades de Conservação. Adaptado: Fundação Florestal (2007) .....	30
Mapa 4: Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha...59	
Mapa 5: Distribuição dos fragmento florestais na bacia do Ribeirão Fazenda Velha. .....	64
Mapa 6: Mapa hipsométrico da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.....	67
Mapa 7: Classes de declividade na Bacia do Ribeirão Fazenda Velha. ....	70
Mapa 8: Classes de solo da bacia do Ribeirão Fazenda Velha. ....	73
Mapa 9: Identificação dos pontos com problemas ambientais relacionados a erosão do solo e assoreamento dos corpos hídricos.....	81
Mapa 10: Situação quanto à cobertura de vegetação natural em Áreas de Preservação Permanente da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.....	86
Mapa 11: Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação dos Recursos Hídricos.....	91
Mapa 12: Zoneamento ambiental da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.....	94

## LISTA DE FOTOS

- Foto 1: Setor da média bacia com linha de plantio de cultivo de hortaliças (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012). ..... 61
- Foto 2: Observa-se a prática de silvicultura próxima a fragmentos florestais, em áreas de morro, como delimitado com a linha tracejada em vermelho (LORCA NETO, R.O. 11/2011). ..... 62
- Foto 3: Área abandonada, no setor da média bacia. Nota-se o predomínio da braquiária (*Brachiaria* sp.) em toda a extensão da área cercada (LORCA NETO, R.O. 11/2012). ..... 63
- Foto 4: Represamento para irrigação das lavouras de hortaliças. Setor da média bacia do Ribeirão Fazenda Velha (LORCA NETO, R.O. 11/2012). ..... 65
- Foto 5: Setor da baixa bacia do Ribeirão Fazenda Velha. Altitudes entre 855 à 880 metros (LORCA NETO, R.O. 11/2012). ..... 66
- Foto 6: Setor da média bacia com linhas de plantio de hortaliças. Nota-se a remoção total de qualquer cobertura do solo, expondo-o a ação erosiva das chuvas (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012). ..... 74
- Foto 7: Curso de água recebendo sedimentos da área agrícola a montante, setor da alta bacia. Nota-se a cor da água, como indicativo da entrada excessiva de sedimentos (LORCA NETO, R. O., março/2013). ..... 76
- Foto 8: Setor do Auto Ribeirão Fazenda Velha com áreas de plantio apresentando sulcos de erosão. Nota-se que toda a água originada da irrigação está carreando o material particulado do solo até o curso d'água a jusante (LORCA NETO, R.O., junho/2012). ..... 78
- Foto 9: Setor da média bacia com afluente sendo assoreado devido a erosão do solo em suas margens. (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012). ..... 79
- Foto 10: Setor da baixa bacia, com assoreamento em um barramento do trecho do Ribeirão Fazenda Velha. (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012). ..... 80
- Foto 11: Setor da média bacia. Indicação de efluente de esgoto doméstico sendo lançado no corpo hídrico. (Autor: ONG SOS Itupararanga, 2012). ..... 83
- Foto 12: Curso fluvial sem a área de preservação permanente. Nota-se o predomínio da braquiária em seu entorno e a cor da água indica a entrada de grande quantidade de sedimentos (LORCA NETO, R.O. janeiro/2013). ..... 89

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Histograma com as médias mensais de pluviometria da estação de monitoramento E41, Ibiúna. Fonte: Ibiúna, 2010. ....28
- Figura 2: Organograma das etapas para elaboração da dissertação.....47
- Figura 3: Lavouras de hortaliças distribuídas no setor da média bacia. Nota-se na área destacada em vermelho o formato retangular das culturas. (Imagem: Satélite SPOT, 2009).....60
- Figura 4: Setor do auto Ribeirão Fazenda Velha, Identificação de varias áreas agrícolas próximas aos cursos d'água. Fonte: Imagem do Satélite SPOT. ....84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de declividade. ....	51
Tabela 2: Classes de uso e ocupação do solo. ....	53
Tabela 3: Grau de influência para cada mapa e os pesos para as respectivas classes, utilizados para elaboração do mapa de áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos. ....	56
Tabela 4: Classes de declividade e a porcentagem em relação a área da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha. ....	68
Tabela 5: Área ocupada por uso e ocupação do solo por classe de declividade. ....	71
Tabela 6: Classes de prioridade para conservação dos recursos hídricos, com o total de área abrangida e as respectivas porcentagens em relação a área total da bacia. ....	90
Tabela 7: Fundos disponíveis para captação elaboração e execução de projetos na área do meio ambiente .....	103

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1.	Objetivos específicos: .....	16
3.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	17
3.1	Localização .....	17
3.2	Aspectos Sócio-Econômicos.....	18
3.3	Aspectos geológicos e geomorfológicos.....	18
3.4	Aspectos históricos .....	26
3.5	Clima.....	27
3.6	Vegetação e Unidade de Conservação .....	28
4.	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS.....	31
4.1.	Planejamento e Zoneamento Ambiental .....	31
4.2.	Bacias Hidrográficas como Unidades de Planejamento Ambiental..	40
4.3.	Uso de SIG para o Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas	43
5.	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
5.1.	Revisão Bibliográfica .....	48
5.2.	Elaboração e compilação dos produtos cartográficos.....	48
5.2.1.	Programas computacionais utilizados.....	48
5.2.2.	Georreferenciamento das cartas topográficas. ....	48
5.2.3.	Mosaico das imagens de satélite .....	49
5.2.4.	Mapa da Rede de Drenagem.....	50
5.2.5.	Mapa hipsométrico e Modelo Numérico do Terreno (MNT) .....	50
5.2.6.	Mapa topográfico .....	51
5.2.7.	Mapa de declividade .....	51
5.2.8.	Mapa Pedológico .....	52
5.2.9.	Mapa de Unidades Litológicas .....	52
5.2.10.	Mapa de Uso e Ocupação do Solo .....	52
4.2.10.1	Índice de exatidão para as classificações do mapa de uso e ocupação do solo (Índice Kappa) e matriz de confusão.....	53
5.2.11.	Mapa de Áreas de Preservação Permanente .....	55
5.3.	Trabalho de campo .....	57
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	58
6.1.	Análise Ambiental da Área de Estudo.....	58
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	105

8.	Referências Bibliográficas.....	109
----	---------------------------------	-----

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade, ao longo de sua história, tem se associado com a ocupação dos ecossistemas. Desta forma, o ambiente vem sendo utilizado para atender as necessidades do ser humano, como moradia, alimentação, renda, geração de energia, desenvolvimento econômico, dentre outras. Muitas vezes a falta de planejamento e conhecimento sobre as limitações para tais usos, resulta em sucessíveis problemas ambientais.

Atualmente, uma linha de pesquisas tem associado à organização do espaço territorial, bem como a utilização dos recursos naturais, de forma que concilie as necessidades humanas e a proteção do meio ambiente. Desta forma, entende-se que o planejamento e conservação dos recursos hídricos, integram os componentes ambientais como solo, relevo, clima e biodiversidade para subsidiar na organização das atividades humanas em um determinado local.

Segundo Silva (2000) o planejamento ambiental envolve tanto as questões econômico-sociais quanto questões mais amplas relacionadas à natureza, reconhecendo as suas potencialidades e fragilidades. Assim buscam-se através do planejamento as soluções e meios que visem obter a convivência harmônica entre sociedade e natureza.

Para Santos (2004) o planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Ou seja, deve-se ter uma visão holística para estabelecer a relação entre os processos ecológicos e da sociedade, de forma que se mantenha a máxima integridade possível entre todos os elementos que os compõem. Ainda segundo a autora, a análise ambiental dos elementos que formam os sistemas naturais é uma importante ferramenta para subsidiar o planejamento ambiental. Uma vez que através da análise ambiental será possível identificar as potencialidades e fraquezas destes elementos, direcionando quais atividades humanas podem se estabelecer em determinado local.

A adoção de bacias hidrográficas como unidade de planejamento é comumente usada por ser um sistema natural de fácil reconhecimento e caracterização. Para Moraes e Lorandi (2003), a adoção de bacias

hidrográficas como unidade de planejamento correspondem à necessidade de um gerenciamento sistêmico e globalizado. O que pode proporcionar alternativas viáveis para o desenvolvimento, adequando-se aos fatores ambientais existentes na área estudada. Nesse sentido, adotou-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental, pois a mesma enquadra-se como sistema, visto que há uma relação entre todos os componentes que as formam.

A bacia do Ribeirão Fazenda Velha foi selecionada para esse estudo em virtude da contextualização regional, marcada por características ambientais relevantes que ocasionam diversos conflitos no uso do território. A bacia está localizada no município de Ibiúna, região caracterizada por apresentar importantes fragmentos florestais da Mata Atlântica, ainda conservados. O município faz parte da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, sendo apontado como uma das áreas de conectividade pelo Programa Biota FAPESP (Fundo de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo). Além disso, a área de estudo é uma das bacias contribuintes do Reservatório de Itupararanga, principal manancial de abastecimento público da região de Sorocaba, que abastece aproximadamente 800 mil habitantes.

Nesse sentido, busca-se a análise ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Fazenda Velha, como ferramenta para o planejamento. Por meio deste estudo será possível identificar áreas prioritárias para proteção dos recursos hídricos, biodiversidade, áreas limitantes para o uso e ocupação do solo e problemas ambientais. Diante dessa abordagem foi possível estabelecer diretrizes e estratégias de ações através da elaboração de um zoneamento ambiental. Esse estudo poderá ser aplicado em outras bacias hidrográficas, desde que sejam consideradas as peculiaridades locais de cada uma.



## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral da dissertação foi realizar a análise ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Fazenda Velha, propondo um zoneamento ambiental para conservação dos recursos hídricos da área.

### **2.1. Objetivos específicos:**

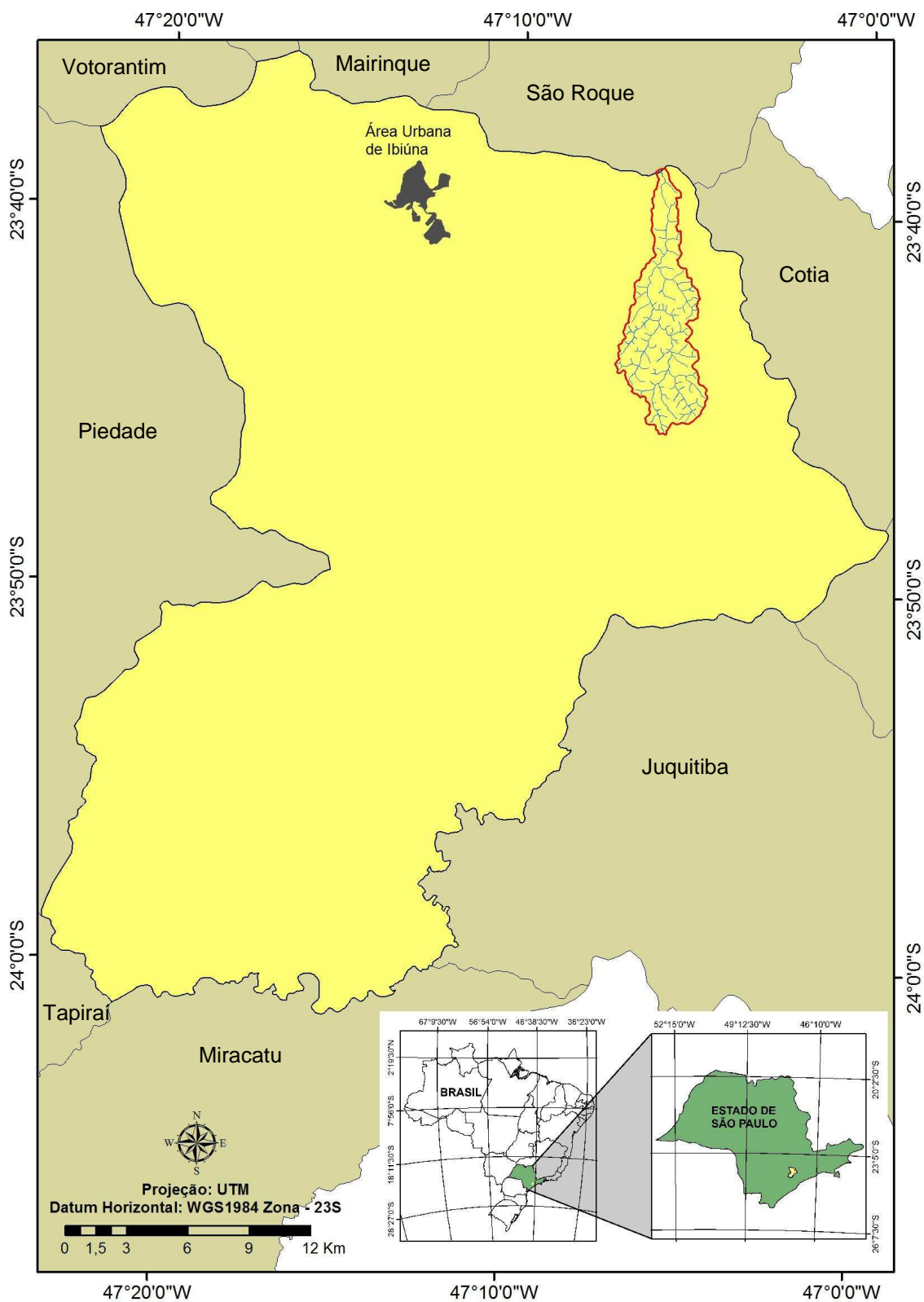
- Caracterizar os principais elementos que compõe a bacia: solo, relevo, hidrografia, uso e ocupação do solo.
- Mapear produtos cartográficos para caracterização física e biológica da bacia hidrográfica.
- Elaborar o mapa de áreas prioritárias para proteção dos recursos hídricos.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 Localização**

A bacia hidrográfica do Ribeirão Fazenda Velha está localizada na região norte do município de Ibiúna-SP (mapa 1), entre as coordenadas geográficas 23°39'29" e 23°44'56" de latitude sul e 47°07'4" e 47°04'48" de longitude oeste e possui uma área de aproximadamente 29,8 km<sup>2</sup> de extensão. Ibiúna possui uma área de 1.093 km<sup>2</sup> e faz divisa com as cidades de Alumínio, Cotia, Juquitiba, Mairinque, Miracatu, Piedade, São Lourenço da Serra, São Roque, Tapiraí e Votorantim (IBGE, 2010).

A região norte do município faz parte da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos 10 – Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), região sul faz parte da UGRHI 11 – Ribeira de Iguape e Litoral Sul.



Mapa 1: Localização da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha no Estado de São Paulo.

### **3.2 Aspectos Sócio-Econômicos**

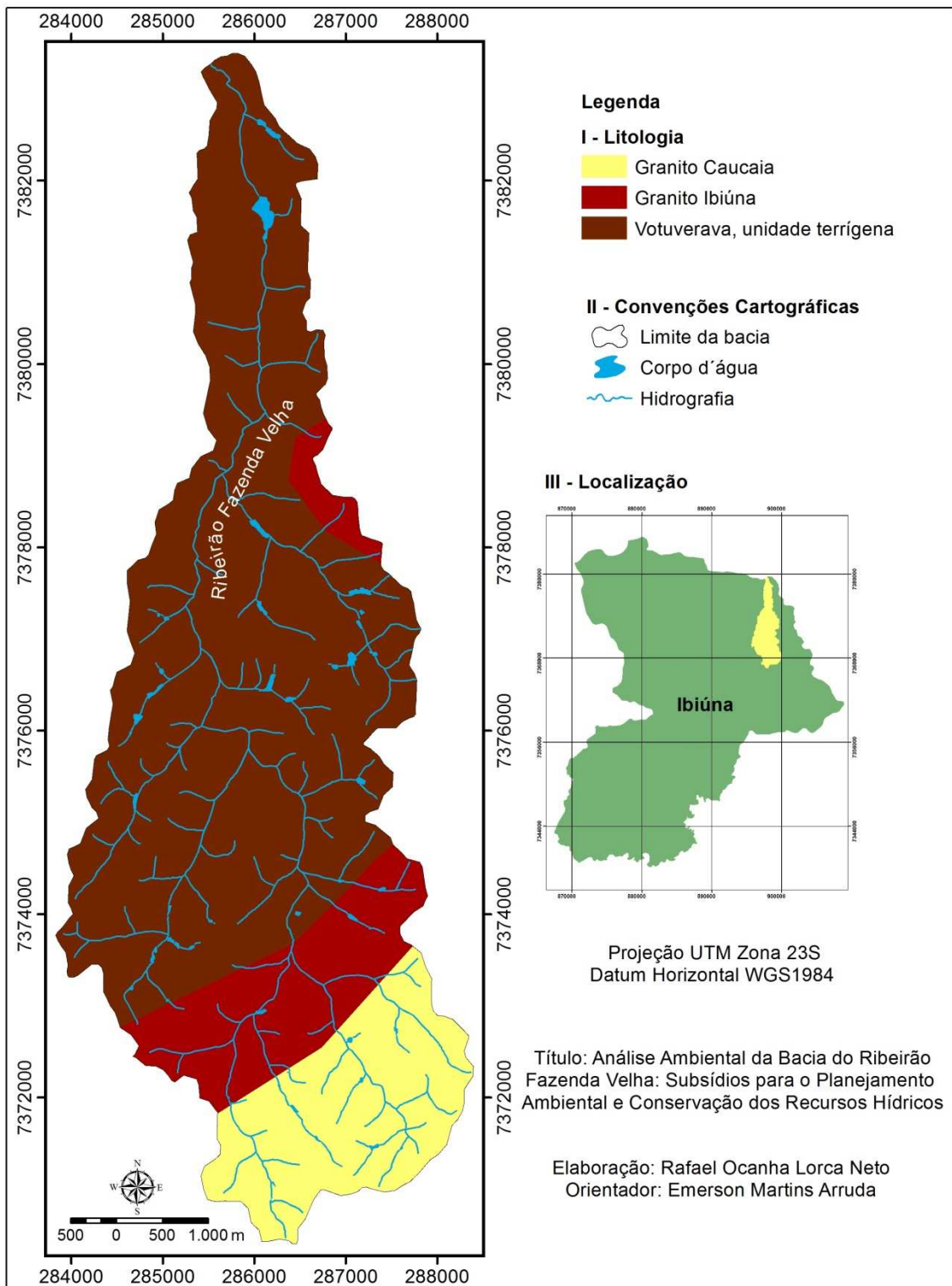
A população residente de Ibiúna totaliza 71.217 habitantes, predominantemente situada na área rural (65% da população) tendo apenas 35% dos habitantes vivendo em áreas urbanas (IBGE, 2010). Considerando que a extensão territorial é de 1.093 km<sup>2</sup> a sua densidade demográfica é de 67,22 hab./km<sup>2</sup>, a média do Estado de São Paulo é de 166,2 hab./km<sup>2</sup>. A taxa geométrica de crescimento anual foi de 1,04% entre os anos de 2000 e 2010.

Com relação aos segmentos econômicos do município, destaque para o setor de serviços que corresponde a 71% do Produto Interno Bruto (PIB) municipal, seguido do setor industrial com 20% e o setor agropecuário 9%. Apesar de Ibiúna ser um município predominantemente rural, o setor agrícola não é expressivo na geração de recursos financeiros. Mesmo assim atividade predominante para a população rural é a agricultura.

As lavouras de alface (1.900 hectares) e repolho (323 hectares) correspondem, respectivamente, a 20% e 5% da produção do estado de São Paulo. No entanto, entre os anos de 2002 e 2008 a área de agricultura que mais cresceu foi reflorestamento com eucalipto, que ocupa mais de 7,5% da área do município (LUPA, 2008).

### **3.3 Aspectos geológicos e geomorfológicos**

De acordo com o mapa de geodiversidade da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2006) o relevo da bacia encontra-se na Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, na zona de relevo do Planalto de Ibiúna e representado pelos Domínios Montanhoso e de Morros e Serras Baixas. A litologia é caracterizada pela presença das Unidades Votuverava, Granito Caucaia e Granito Ibiúna (mapa 2).



**Mapa 2:** Unidades litológicas da bacia do Ribeirão Fazenda Velha

### 3.3.1. Pré-Cambriano

A área de estudos se localiza nos setores de rochas pré-cambrianas do sudeste do estado de São Paulo. A característica principal envolve blocos colisionais relacionados aos diferentes eventos do Ciclo Brasileiro. Neste sentido, a partir dos movimentos compressivos, áreas de transcorrência foram se desenvolvendo nesta região do estado. Estão associadas na estruturação regional, portanto, o material relacionado ao embasamento, as intrusões graníticas e o movimentos de cisalhamento.

Segundo Godoy (2010) as zonas de cisalhamento de direção geral ENEWSW, obliteram as demais feições, com geração de filonitos com acamamento tectônico e indicativo de movimentos basicamente horários no conjunto dessas zonas. Distanciando-se das zonas de cisalhamento, entre os maciços graníticos, esta fase assume um caráter regional dúctil, com esforço transpressivo devido à acomodação das rochas granitoides, gerando ondulações suaves a abertas, também com orientações principais NE-SW e com desenvolvimento de uma tênue foliação subvertical.

Para o autor (op cit), a granitogênese associa-se à tectônica dúctil sin a tardi, condicionada pelas diferentes zonas de cisalhamento que seriam responsáveis pela estruturação e *emplacement* dos corpos graníticos. Estas constituem sistemas antigos que foram reativados ao final do metamorfismo regional e facilitaram a ascensão, posicionamento e a geometria final dos complexos granitoides, condicionando sua forma, bem como, a partir de rejuvenescimentos tardios, superpõem feições deformacionais às rochas magmáticas principalmente em suas bordas.

Assim sendo, parte da bacia do Ribeirão Fazenda Velha situa-se no compartimento a sul da Zona de Cisalhamento Taxaquara-Pirapora, Domínio Embu, constituído por rochas de alto grau metamórfico e os complexos magmáticos Ibiúna e Piedade. O compartimento central delimitado entre as zonas de cisalhamentos já definidas, caracteriza o Domínio São Roque que é constituído por rochas metassedimentares, os complexos São Roque, Sorocaba e São Francisco e o Maciço Pirapora.

### **3.3.1.1. Complexo Ibiúna**

O referido complexo está vinculado à importante batólito regional, sendo formado por monzogranitos porfiróides seriais a hiatais róseas.

Segundo Hasui (1975), na maior parte do Batólito de Ibiúna as rochas granitóides são inequigranulares seriadas. A dimensão dos minerais essenciais varia de menos de 1 mm até 4- 5 cm, mas os limites extremos oscilam muito de local para local. Os cristais mais desenvolvidos são de microclíneo perítico e/ou oligoclásio que mostram seções sub-retangulares e elíticas. A parte fina, com grãos menores que 2 mm, é comparável à matriz da variedade porfiroblástica.

Para o autor (op cit), os aspectos texturais e mineralógicos descritos indicam uma história não simples de evolução do Batólito de Ibiúna. Um corpo batolítico de natureza granodiorítica ou menos ácida se sujeitou a um processo de feldspatização tardia marcado pelo desenvolvimento de plagioclásio e microclíneo, com maior potência deste. Essa feldspatização calco-alcalina não foi uniforme, atingindo com intensidades diversas diferentes áreas, daí resultando os tipos de rochas que descrevemos: o fino denunciaria estágio incipiente; o inequigranular traduziria um estágio mais avançado e o porfiroblástico marcaria a máxima feldspatização.

De acordo com Godoy (2010), O Batólito Ibiúna ocorre na área a sul da Zona de Cisalhamento Taxaquara e é caracterizado por 9 fácies granitóides leucocráticas, compostas por raras e localizadas ocorrências de enclaves de rochas quartzo dioríticas. Predominam monzogranitos e subordinadamente sienogranitos, com feições porfíricas e secundados por rochas inequigranulares. A biotita ocorre como máfico principal, a hornblenda como máfico secundário, rara presença de piroxênio e localizada a de muscovita e/ou granada.

### **3.3.1.2. Maciço Caucaia**

Segundo Arrais (2006), o Maciço Caucaia representa uma área estudada de 35 km<sup>2</sup> e constitui uma faixa contínua que, com orientação geral

NESW. Ao norte encontra-se em contato tectônico com os metassedimentos do Grupo Embu e com o Granitóide Ibiúna e a sul é intrusivo nos referidos metassedimentos. Os litotipos composicionais correspondem a sienos e monzogranitos, sendo reconhecidos tipos texturais equigranulares a inequigranulares, róseos e acinzentados. Constitui uma faixa contínua na porção sudeste com orientação geral NE-SW, com largura variando entre 2,3 e 4,2 km e ocupando uma área aproximada de 35 km<sup>2</sup>, estende-se a sul para a área da Folha Juquitiba e a norte para a área da Folha Osasco. O limite noroeste é determinado na sua maior extensão pela Zona de Cisalhamento Caucaia que o coloca em contato com rochas metassedimentares do Complexo Embu e com granitóides do Maciço Ibiúna.

Para o autor (op cit), o monzogranito inequigranular cinza de granulação média a grossa representa uma unidade com feições miloníticas marcantes, principalmente nas proximidades da zona de cisalhamento. Internamente exhibe estruturas foliadas de intensidade variada e apenas na porção sul do corpo ocorrem rochas discretamente orientadas. A granulação destas rochas varia de média a grossa, podendo ser fina quando deformada, fortemente inequigranular, com a presença esporádica de megacristais de microclínio, que perfazem menos de 5%, podendo localmente superar a 10%, com dimensões máximas em torno de 2 cm.

### **3.3.1.3. Grupo Votuverava**

De acordo com Faleiros (2011), o Grupo Votuverava é limitado ao sul pela Falha da Lancinha e ao norte pelas zonas de cisalhamento Figueira e Ribeira. Constitui uma sequência essencialmente vulcano-sedimentar formada por metapelitos rítmicos (ardósia e filito) e micaxisto, interpretados como um complexo turbidítico distal, com magmatismo básico expressivo, representado na forma de intercalações lenticulares de metabasitos concordantes com a estrutura primária (anfibólio xisto/fels, anfibólito). As rochas do Grupo Votuverava passaram por metamorfismo barroviano variando de condições de fácies xisto verde inferior (zona da clorita) nas unidades ao norte da Zona de



Cisalhamento Ribeira à condições de fácies anfibolito médio (zona da cianita) ao sul desta estrutura.

Segundo Faleiros (2011), dados geocronológicos U-Pb em zircão de metabasitos de diferentes unidades forneceram idades calimianas:  $1484 \pm 16$  Ma (Formação Perau),  $1479 \pm 12$  Ma (Unidade de Granada Micaxisto, e  $1439 \pm 19$  Ma (Formação Rubuquara). Zircões detríticos extraídos de metapelito da Unidade de Granada Micaxisto forneceram idades U-Pb laser-ablation mínimas ao redor de 1510 Ma, interpretadas como as idades máximas de sedimentação.

### **3.3.2. Evolução Tectônica Regional**

A tectônica regional envolve diretamente a fase dos ciclos orogênicos colisionais brasileiros, bem com as áreas de fraqueza (falhas e fraturas), relacionadas à evolução dos domínios e blocos da área. Aspecto extremamente importante envolve a influência da Zona de Cisalhamento de Caucaia e da Zona de Cisalhamento de Canguera. De qualquer modo, esta dinâmica facilitou o intenso magmatismo granítico na área.

De acordo com Godoy (et al, 2010) o magmatismo é expressivo nos domínios em questão e caracteriza-se por complexos granitóides com arquitetura interna complexa, e determinada por intrusões definidas principalmente por quatro grandes fases magmáticas.

Para o autor (op cit), a fase inicial é caracterizada por mega-enclaves fragmentados, de natureza ácida a intermediária equigranulares a porfiríticos. A fase principal é responsável pela intrusão de grandes massas de monzo/sienogranitos porfiríticos com texturas e rapakivi ou não que fragmenta a fase anterior. A fase marginal ou de acresção lateral de material equi a inequigranular, e em alguns casos de acresção de fases tardias de corpos circulares de granitos porfiríticos rapakivi, é caracterizada pelas intrusões de sucessivos impulsos tardios tectonicamente controlados pelas direções das zonas de cisalhamento e a fase final ou tardia, definida por granitos equigranulares, aplitos e pegmatitos.

De acordo com Hasui (1975), os metabasitos e granitóides relacionam-se com a evolução do Ciclo Brasileiro, enquanto o magmatismo básico e

alcalino mesozóico são vinculados à Reativação Wealdeniana da Plataforma Sul-Americana. Os corpos granitóides tardi-tectônicos são mesozonais tendo exercido efeitos sobre as encaixantes. Os contatos são mormente concordantes, mas em parte discordantes. As rochas que os compõem exibem foliação conspícua, concordante com as estruturas regionais.

O autor (op cit) estabelece a seguinte seqüência de eventos tectônicos para a história de evolução regional:

- 1 – Deposição das sequências dos Grupos São Roque e Açungui.
- 2 – Ocorrência de Magmatismo básico, acompanhado de sedimentação, uma vez que as rochas básicas sofreram metamorfismo junto com os sedimentos.
- 3 - Metamorfismo regional. Deu-se em fácies xisto verde a anfibolito no Grupo São Roque e em fácies anfibolito no Complexo Embu, dentro da Folha de São Roque.
- 4 - Dobramento principal, ocorrido contemporaneamente ao metamorfismo regional no Conjunto São Roque.
- 5 – Migmatização em conjunção com o metamorfismo regional.
- 6 - Intrusões granitóides tardi-tectônicas, as quais se introduziram no Conjunto São Roque ainda sob vigência da dinâmica causadora dos dobramentos acima citados, mas depois do metamorfismo regional.
- 7 – Crenulação e transposição. Para Hasui (1975), esta fase de deformação já traduz condições de rigidez das rochas, tendo superimposto ondulações e deslocamentos às dobras anteriormente formadas.
- 8 - Intrusão pós-tectônica, sendo que o autor (op cit) afirma que apenas uma foi encontrada na Folha de São Roque, a do Turvo.
- 9 - Retrometamorfismo. Ocorrido posteriormente à crenulação, mas faltam elementos para situá-lo em relação ao magmatismo pós-tectônico.
- 10 - Falhamentos transcorrentes e metamorfismo cataclástico. Esses fenômenos começaram após o metamorfismo regional e se prolongaram até o fim do Ciclo Brasileiro. (HASUI, 1975)
- 11 - Após o Ciclo Brasileiro, a primeira unidade a se constituir foi o Grupo Tubarão, quando a Plataforma Sul-Americana já se estabilizara, com características de Ortoplataforma.
- 12 - O magmatismo mesozóico relaciona-se com a Reativação Wealdeniana.

13 - Os sedimentos neo-cenozóicos e recentes da Folha de São Roque relacionam-se com a rede de drenagem atual, dentro de um relevo maturo.

É evidente assim, a complexidade morfoestrutural da região, com a influência das estruturas pré-cambrianas na compartimentação do relevo. Aspecto interessante envolve a importância da exumação dos batólitos graníticos que configuram hoje como planaltos e superfícies regionais.

Para Godoy (2010) os batólitos cálcio-alcálicos são formados em ambientes colisionais resultantes de um evento orogênico acrescionário do arco magmático associado à Orogênese São Roque, pela fusão de material da crosta inferior heterogênea e com a geração de magmas distintos, associados a processos de fracionamento magmático. Para o Batólito São Francisco distinto dos demais, possivelmente poderia corresponder um magmatismo reflexo em um ambiente extensional no final do desenvolvimento da principal magmatogênese.

O autor (op cit) ainda afirma que o ambiente geológico desta província, portanto encontra-se relacionado ao final do evento colisional da Orogênese São Roque, alcançando ambientes mais estáveis de consolidação e estabilização tectônica da área. A superposição temporal destes magmatismos encontra-se associadas às antigas zonas de descontinuidade crustal profundas, possivelmente reativadas em função da implantação do regime transcorrente no Neoproterozóico, condicionando e controlando o posicionamento e a geometria final de cada maciço.

### **3.3.3. Geomorfologia Regional**

A bacia do Ribeirão Fazenda Velha no Cinturão Orogrênico do Atlântico. De acordo com a classificação de Almeida (1964), a área onde a bacia está situada estaria relacionada ao Planalto Atlântico, compartimento este de estrutura heterogênea resultando em uma diversidade de formas topográficas e importantes superfícies de aplainamento.

Destaca-se diante da proposta de Almeida (1964) a divisão do Planalto Atlântico em 11 zonas, sendo que destas, a que importa ao referido trabalho se refere ao Planalto de Ibiúna. Para o autor, trata-se de uma pequena unidade do

relevo paulista, com 1.200 km<sup>2</sup>, individualizada no interior do Planalto Atlântico. Apresenta-se como planalto cristalino maturamente dissecado, com serras graníticas que raramente alcançam 1.100 metros de altitude.

De acordo com o autor (op cit), a zona é afetada por uma superfície de erosão mais moderna, que se estende através da alta bacia do rio Sorocaba e apresenta relevo suave, de morros que mal ultrapassam uma centena de metros de altura, entre os quais se espalham relevos mais salientes, testemunhos da superfície mais antiga. O Planalto de Ibiúna se limita com a Serra de Taxaquara ao norte, o Planalto Paulistano a leste, a Serra de São Francisco no setor ocidental e sul.

Com relação à rede de drenagem, o autor afirma que a mesma dirige-se quase toda para o rio Sorocaba, que dele se precipita na serra de São Francisco, encaixado em profunda garganta. Devido à natureza geológica predominantemente granítica, não são acentuadas as influências estruturais no traçado da rede de drenagem. As que ocorrem, em geral seguem a orientação para NE ou NNE.

Hasui (1975), discutindo a influência das principais bacias regionais na compartimentação do relevo, afirma que os mesmos são dissecados por quatro bacias: a do Tietê no canto noroeste, a do Juquiá a sul, a do Itapetininga a sudoeste e a do Rio Sorocaba nas partes leste, central e noroeste.

Almeida (1964) considera que os cursos maiores se desenvolveram de modo centrífugo em relação a zonas granitoides, à exceção do Rio Sorocaba que conseguiu rompê-las, superimpondo seu leito. Constata-se assim, que as formas maiores do relevo também se vinculam à litologia que predomina naquele setor. Os corpos granitoides sustentam as serranias e os metassedimentos as zonas mais baixas.

Seguindo a proposta de Ross & Moroz (1997), a área em questão está localizada em subzona do Planalto Atlântico, denominada de Planalto de Ibiúna e São Roque.

### **3.4 Aspéctos históricos**

Em 1811 o pequeno povoado localizado próximo ao Rio Una conseguiu o status de povoação, do município de São Roque, nomeado portanto, como

Nossa Senhora das Dores do Una. Em 1846 o distrito do Una é transferido para o município de Sorocaba. Novamente em 1850, o distrito volta para o município de São Roque (IBGE, 2010).

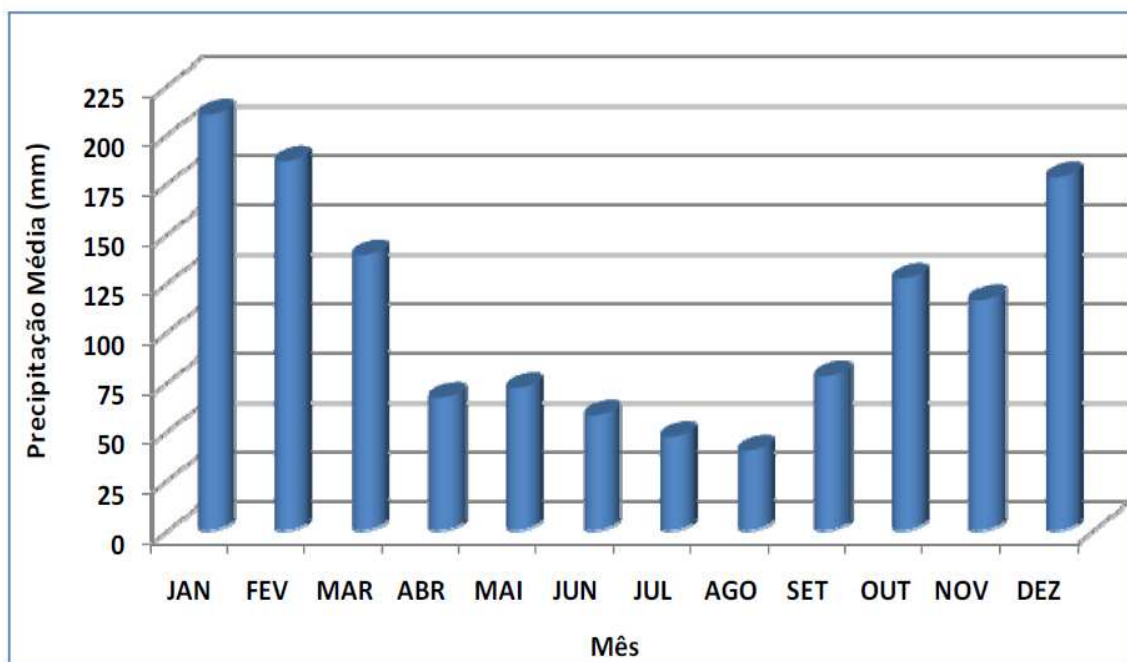
A partir de 1857, conseguiu elevar-se novamente, desta vez para uma vila, denominada Una. Como um distrito foi desmembrado de São Roque, e teve a sua própria sede localizada na vila do Una, então formou-se o município de Una. Em 1944 o município altera o nome de Una para Ibiúna (“Ibi”= terra, “uma = preto). E no ano de 1959 cria-se um novo distrito, Paruru, o qual foi anexado ao município.

No ano de 1857 com a chegada de novos lavradores, começam a predominar as atividades de extrativismo vegetal para produção de carvão e madeira de lei e também o extrativismo mineral para exploração de areia e carvão. Com a imigração japonesa, inicia-se a formação de chácaras, cujo o foco de produção é hortifrutigranjeira. Desde então, com o aumento da produção de hortaliças, Ibiúna faz parte do Cinturão verde de São Paulo.

### **3.5Clima**

Segundo a classificação de Monteiro (1973), o clima da região é umido (B), controlado por massa mT. De acordo com o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI), a temperatura média anual é de 19,1°C, com média mínima de 13,1 °C e média máxima de 25,2 °C.

A análise das precipitações foi elaborada a partir dos dados do posto pluviométrico E4-047, próximo ao centro urbano de Ibiúna. A bacia do Ribeirão Fazenda Velha encontra-se apenas 4 km de distância. As médias utilizadas foram entre os anos 1947 e 2004. A precipitação anual foi de 2400 mm, sendo que o período chuvoso ocorre entre os meses outubro e março, com média mensal de 173 mm e, o período seco ocorrendo entre os meses de abril e setembro, com média mensal abaixo de 70 mm (figura 1).



**Figura 1:** Histograma com as médias mensais de pluviosidade da estação de monitoramento E41, Ibiúna. Fonte: Ibiúna, 2010.

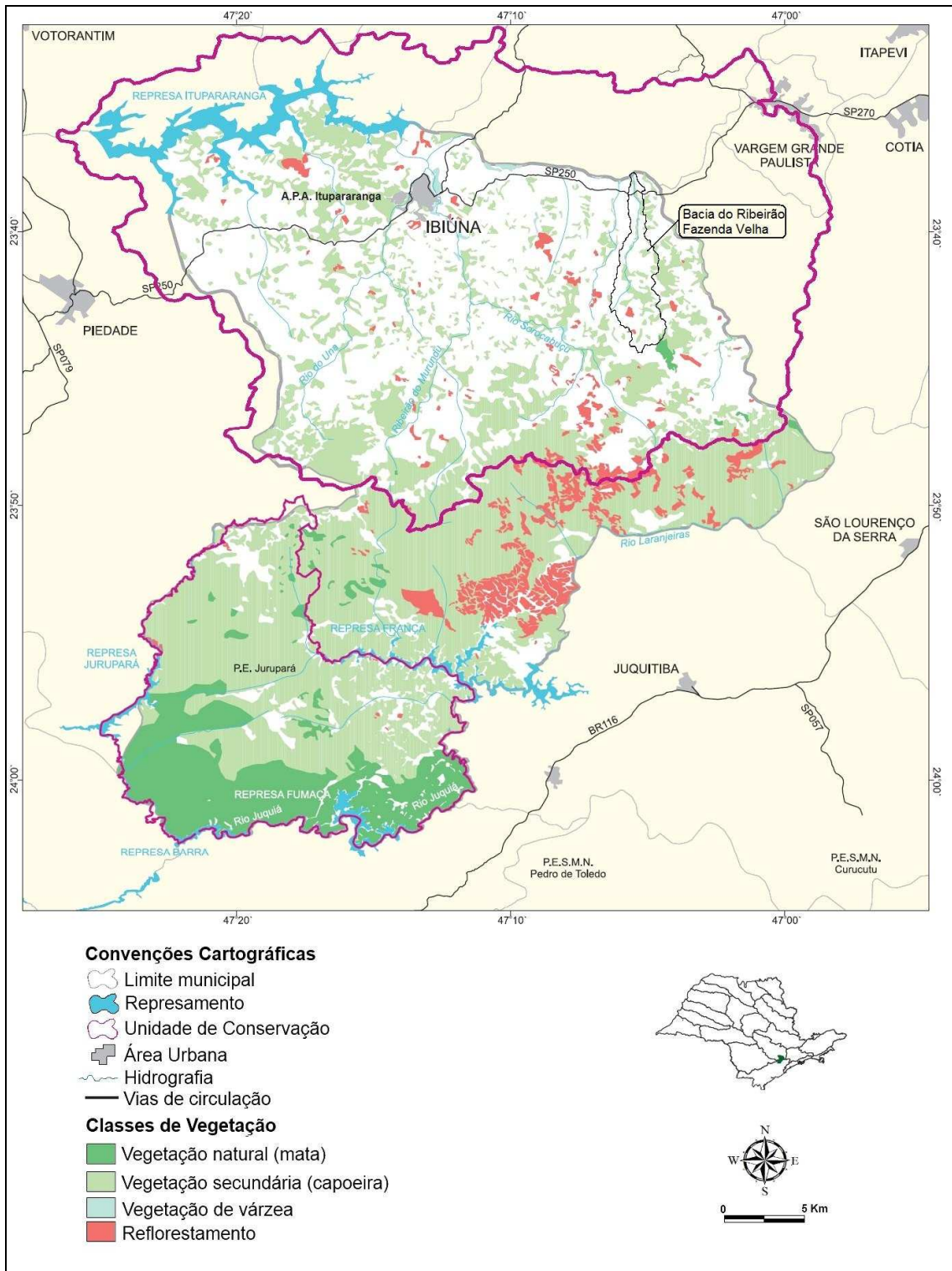
### 3.6 Vegetação e Unidade de Conservação

Em relação à cobertura florestal do município, segundo o Inventário Florestal, elaborado pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo (2005), Ibiúna possui a maior área de remanescentes florestais da UGRHI 10 (51%). A vegetação existente é característica do bioma da Mata Atlântica e a fitofisionomia observada é a Floresta Ombrófila Densa Montana. Boa parte da vegetação primária foi removida, caracterizando-se como vegetação secundária. Os fragmentos de mata primária ainda são encontrados nas áreas com declividade acentuada e na região extremo sul do município.

Segundo a Fundação Florestal (2007) em Ibiúna vegetação está distribuída em 431 fragmentos florestais, sendo 247, com áreas de até 10 ha, 124 com 10-50 ha, 27 com 50-100 ha, 18 com 100-200 ha e 15 fragmentos com área superior a 200 ha. Existem duas unidades de conservação: Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga e o Parque Estadual do Jurupará (SMA/IF, 2005), sendo que a bacia do Ribeirão Fazenda Velha está inserida na APA de Itupararanga e o Parque Estadual do Jurupará protege 48% da vegetação nativa do município (mapa 3).

Nas áreas de drenagens dos rios Sorocamirim e Sorocabuçu desenvolvem-se a agropecuária de pequenos proprietários (em média 4,5 alqueires), principalmente o cultivo de morango, cebola, batata, tomate e outras olerícolas, sob sistema que utiliza pesticidas de maneira intensiva e irrigação.

Com base no banco de dados do Programa Biota FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) foram identificadas diversas espécies da flora e fauna em fragmentos florestais na região da bacia do Ribeirão Fazenda Velha. Foram identificados mamíferos (30 espécies), anuros (20 espécies), répteis (12 espécies), aves (35 espécies) e flora (70 espécies). Algumas dessas espécies estão ameaçadas de extinção como: canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*), canela-imbuia (*Ocotea porosa*), Caúna-da-serra (*Ilex brevicuspis*), bugio (*Alouatta fusca*), cuíca (*Marmosops incanus*) e cuíca de três cores (*Monodelphis americana*). A região norte de Ibiúna, onde está localizada a bacia do Ribeirão Fazenda Velha, encontra-se próxima de importantes fragmentos florestais, a Serra do Morro Grande (Cotia-SP) e Serra do Jurupará (Ibiúna-SP). Deste modo, toda essa região é indicada como umas das importantes áreas para conectividade florestal.



**Mapa 3:** Fragmentos de vegetação existente no município e Unidades de Conservação. Adaptado: Fundação Florestal (2007)



## 4. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

### 4.1. Planejamento e Zoneamento Ambiental

Ao longo de sua história, especialmente nas últimas décadas, o homem vem se apropriando e transformando o meio em que vive sem o devido cuidado e conhecimento sobre suas limitações, causando sucessivos problemas ambientais. Deste modo, segundo Ferreira & Moraes (2012), torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de projetos de planejamento ambiental que visem o desenvolvimento sustentável.

Temas que envolvem meio ambiente, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são comprovadamente, bastante complexos ao trabalhar em conjunto e, segundo Silva (2003), necessitam de uma abordagem integrada para seu entendimento. O planejamento ambiental, dentro dessa ótica é um imprescindível instrumento de gestão, para estabelecer diretrizes e metas a serem alcançadas dentro de um dado cenário.

Dessa forma, os conflitos e preocupações decorrentes da busca por um desenvolvimento sustentável deverão estar garantidos e embasados por políticas com objetivos claros e instrumentos eficazes, sem permitir que o enfoque ambiental se distancie das discussões.

O termo planejamento ambiental abrange de forma geral, uma gama de atividades onde, envolve um conjunto de pesquisas e decisões fundamentadas em um referencial teórico. Consiste, segundo Ruhoff (2002), em uma avaliação das características ambientais, do funcionamento e da dinâmica das organizações espaciais onde, através do planejamento ambiental, é estabelecida a adequação da utilização dos recursos naturais, o controle e a proteção do meio ambiente.

Para Santos (2004), ao organizar diversas definições sobre planejamento ambiental pode-se resumir que o planejamento ambiental tem como fundamento a integração e interação entre os sistemas que compõem o ambiente. A fim de compatibilizar e estabelecer as relações entre as necessidades sócio-culturais e interesses econômicos, tenta-se manter o máximo da integridade entre os sistemas ambientais naturais e processos da

sociedade humana. Por meio do planejamento espera-se um melhor monitoramento da qualidade ambiental, previsão de situações, ordenamento territorial, melhor aproveitamento dos recursos naturais, eficiência energética, aplicação de políticas públicas efetivas, equilíbrio na logística da matriz de transporte e previsão de ações em horizonte de tempo a longo, médio e curto prazo.

Ao se analisar a estrutura organizacional do planejamento, a proposta de Silva (2000) foi elaborada com base a 5 etapas. A primeira etapa consiste na preparação dos dados, ou seja, o levantamento preliminar das informações. Na segunda etapa é feito o diagnóstico onde, em seguida, na terceira etapa, são hierarquizadas as informações. Na quarta etapa ocorre a integração dos resultados para as proposições finais (quinta etapa).

Santos (2004) define de forma prática e objetiva como as etapas do planejamento ambiental podem ser efetivadas. Em um primeiro momento deve-se fazer um levantamento e formulação de um banco de dados, que contemple ao máximo a variedade de informações para o diagnóstico. No segundo momento é feito o inventário e diagnóstico que irão conduzir o conhecimento para compreender as potencialidades e as fragilidades da área estudada. Desta forma espera-se que após os resultados do diagnóstico seja possível elaborar um modelo de organização territorial e alternativas viáveis para resolver ou minimizar o cenário desfavorável.

Uma das ferramentas amplamente utilizada que é composta basicamente por essas etapas é o zoneamento ambiental. No zoneamento ambiental identifica-se e delimitam-se zonas específicas para um determinado fim em uma dada região, fruto de um planejamento que considera as características ambientais e sócio-econômicas locais, levando em consideração também fatores como a importância ecológica, potencialidades, limitações e fragilidades dos ecossistemas, onde são distribuídas espacialmente as atividades e diretrizes gerais. Santos (2004) define essas zonas como uma áreas homogêneas, ou seja, uma unidade de zoneamento delimitada no espaço, com estrutura e funcionamento uniformes, supondo dessa forma, que o zoneamento faz uma análise por agrupamentos desenhados no território. O autor (*op cit*), afirma que a partir dessas zonas, o

Poder Público estabelece regimes especiais de uso em busca de melhorias e recuperação da qualidade ambiental e do bem-estar da população, podendo apresentar seus resultados na forma de mapas, matrizes ou mesmo índices.

Segundo Machado (2005), o zoneamento consiste na divisão do território em parcelas nas quais se autorizam determinadas atividades ou impede-se, de modo absoluto ou parcial, o exercício de outras atividades. Já de acordo com Rocha (1997, apud FRANCELENO *et al.* 2011), o zoneamento ambiental faz parte de um conjunto de ações ambientais desenvolvidas para orientar o uso sustentável dos recursos naturais e consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas, com características fisiográficas e ecológicas semelhantes, nas quais se recomendam determinados usos e atividades e se desaconselham outros.

Ferreira & Moraes (2012) afirmam que ao considerar as potencialidades e vulnerabilidades ambientais, o zoneamento corresponde à divisão de uma área geográfica em setores, onde determinadas atividades de uso e ocupação serão ou não permitidas, de modo que as atividades antrópicas se harmonizem ao máximo com a conservação do meio ambiente.

Segundo Garcia (1991 apud SILVA, 2003):

“O zoneamento é mais que identificar, localizar, e classificar atributos de um território e deve ser entendido, também, como o resultado de análises dinâmicas e regionalização de atributos relevantes obtendo, conseqüentemente, a integração dessas análises. É, antes de tudo, um trabalho interdisciplinar, balanceado, passível do uso de análise numérica (quantitativo), a ser desenvolvido no enfoque analítico e sistêmico, com vistas a orientar a revisão e/ou formulação de políticas de pesquisa e conservação e manejo integrado de recursos naturais.”

Silva (2003) define zoneamento como aquele que deve tratar integradamente os fatores ambientais que destacam as características do meio identificando e delimitando a paisagem, suas vocações e fragilidades, nos seus diferentes aspectos: físicos, biológicos e antrópicos. Deve prever as limitações

do meio, se preocupando essencialmente com este, atuando como suporte para o desenvolvimento de um planejamento ambiental.

Para a aplicação desta importante ferramenta de gestão em escalas locais e regionais, existe um forte embasamento legal objetivando a implantação e ordenação dos zoneamentos ambientais.

De abrangência nacional, de acordo com Machado (2005), o II Plano Nacional de Desenvolvimento – II PND, formulado para o período de 1975-1979, aparece dentre as primeiras preocupações em relação ao meio ambiente e seu zoneamento. O Plano salienta a necessidade de uma política ambiental em área urbana, o levantamento e a defesa do patrimônio de recursos da natureza, além da defesa e promoção da saúde humana. Também dá importância às políticas de uso de solo, urbano e rural, enfatizando o uso de um zoneamento racional.

Partilhando desta preocupação sinalizada no II PND, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, defende a prevenção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Essa lei institucionaliza como um dos seus instrumentos para alcançar este objetivo, o zoneamento ambiental.

No intuito de contribuir com a implementação da PNMA, foram definidos alguns instrumentos, entre eles, o zoneamento ambiental, entendido como o instrumento básico do ordenamento territorial (SANTOS, 2004).

O Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, que regulamentou o zoneamento ambiental proposto na Lei nº 6.938 / 81, definindo-o como *“instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas”* estabelecendo *“medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população”*.

O zoneamento ambiental brasileiro, após a instituição do Decreto nº 4.297 / 2002, passa então a ser conhecido como Zoneamento Ecológico-

Econômico do Brasil – ZEE (BRAGA & CARVALHO, 2005; OLIVEIRA, 2004). Esse Decreto afirma ainda, que:

“...na distribuição espacial das atividades econômicas, levará em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais.”

A Constituição Federal do Brasil de 1988, no entanto, não traz nenhuma definição específica sobre o zoneamento ambiental. Porém, em seu artigo 225 possui normas que determinam a adoção de determinados padrões de zoneamento ambiental, como em seu inciso III:

“...definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção.”

Outro importante documento de cunho ambiental é a Agenda 21 (2002) que, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, é um instrumento de planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável do país. Ela propõe a organização das Agendas 21 Locais, instrumento de planejamento de políticas públicas que envolvem tanto a sociedade civil e o governo em um processo amplo e participativo de consulta sobre os problemas ambientais, sociais e econômicos locais, buscando a identificação e implementação de ações concretas que visem o desenvolvimento sustentável local.

Outra significativa instrumentação de zoneamento é o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257 / 2002), que inova ao definir o zoneamento como instrumento de política urbana. A lei determina um planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e

atividades econômicas, de modo a evitar e corrigir o crescimento urbano desordenado e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente.

Os Planos Diretores Municipais, que começaram a tomar forma a partir de 2001, também incorporam parâmetros ambientais ao zoneamento urbano, de modo que podemos considerá-los um zoneamento “urbanístico-ambiental”, estabelecendo regras para a ocupação do solo e levando em conta fatores como o sistema viário, áreas de preservação ambiental, residenciais, industriais, comerciais, dentre outros, e acompanhando permanentemente o crescimento da cidade (SOROCABA, 2007; BRAGA & CARVALHO, 2005).

O Plano Diretor do município de Sorocaba (Sorocaba, 2007), por exemplo, subdivide a área urbana do município em diversas zonas de uso. Uma dessas zonas é a Zona de Conservação Ambiental – ZCA, que é destinada *“à implantação exclusiva de usos que garantam a ampla manutenção de superfícies permeáveis recobertas por vegetação tais como parques públicos, sendo admitidos empreendimentos privados semelhantes, tais como clubes recreativos e usos residenciais com baixíssimos índices de ocupação, desde que preservem, em caráter permanente, o atributo protegido”*.

Considerando a importância ambiental dos cursos d'água, estes devem receber tratamento para que sejam preservadas ou recuperadas suas funções e características naturais. Uma alternativa para a preservação e recuperação destes recursos nos centros urbanos é a implementação dos parques lineares, como é o caso das ZCAs no Município de Sorocaba.

Os parques lineares surgem nas cidades com um conceito um pouco mais complexo, indo além da recreação e lazer dos parques públicos ou ilhas verdes dentro da cidade. Na ótica ambiental, o parque linear tem como princípios fundamentais garantir a permeabilidade do solo das margens dos cursos d'água, permitindo a infiltração e a vazão mais lenta da água durante as inundações. São apresentados como alternativa a canalização e retificação, ou mesmo tornar impermeáveis os rios e cursos d'água (FLORIANO *et al.*, 2011; FRIEDRICH, 2007).

Outro importante exemplo de parque linear é o Parque Várzeas do Tietê – PVT, localizado na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. Essa região sempre se viu afetada por graves problemas de inundações, ocasionando,

periodicamente, impactos na economia e no cotidiano das cidades e de seus habitantes, onde as situações mais graves sempre eram observadas nas imediações do rio Tietê (SÃO PAULO, 2010).

Em vista deste problema, o Governo do Estado de São Paulo, a Prefeitura da cidade de São Paulo e de outros 7 municípios, juntamente com o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, deram início a implantação do parque linear mais extenso do mundo, o Parque Várzeas do Tietê. O programa PVT, que se encontra em andamento desde o ano de 2011 e tem como previsão de conclusão o ano de 2020, tem como principal objetivo recuperar e proteger a função das várzeas do rio, funcionar como um regulador de enchentes e além de contemplar uma gigantesca área de lazer para a população (DAEE, 2011).

Analisando o zoneamento em uma escala mais regional, o uso de conceito de Bacia Hidrográfica tem sido bastante defendido em projetos de planejamento ambiental, especialmente por ser considerada uma unidade mais adequada para o estudo da estrutura e da dinâmica do meio ambiente (FERREIRA & MORAES, 2012).

Moraes e Lorandi (2003 apud FERREIRA & MORAES, 2012) salientam que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. Justifica-se pela busca de um gerenciamento de forma sistêmica e globalizada, proporcionando alternativas de planejamento e manejo mais adequadas à realidade, através da criação de mecanismos de comunicação entre os diversos seguimentos envolvidos, onde os fatores ambientais devem ser identificados, analisados, ponderados e administrados, permitindo a compreensão global dos problemas existentes.

Braga & Carvalho (2005) associam o zoneamento sócio-ambiental ao meio físico, privilegiando, dessa forma, a compartimentação do sítio urbano definida, principalmente, pela rede hidrográfica, onde a água atua como principal modelador da paisagem, demonstrando forte correlação entre a rede de drenagem e paisagem.

Ruhoff (2002) ressalta que o conhecimento do potencial dos recursos hídricos de uma dada região é um importante subsídio à gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e também para o planejamento da

ocupação sustentável de seu território, prevenindo alterações prejudiciais às características dos mananciais e suas conseqüências sobre o uso e ocupação da terra. Neste ponto, é importante salientar que a maior parte dos problemas urbanos resultantes de impactos ambientais – deslizamentos, enchentes, assoreamentos, erosões, poluição - estão relacionados à água.

Outra ferramenta de zoneamento existente é a criação de Unidades de Conservação conforme o tipo de uso e restrição exigidos em determinada região. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, instituído pela Lei Nº 9.985 / 2000, determina 12 categorias de Unidades de Conservação – UCs, divididas em 2 grupos: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável.

Os objetivos específicos das UCs se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: as Unidades de Proteção Integral são aquelas que precisam de maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades; as Unidades de Uso Sustentável podem ser, em linhas gerais, utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo (BRASIL, 2000).

Ainda segundo o SNUC, o zoneamento aplicado dentro de uma UC é a definição de setores ou zonas com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser atingidos.

O grupo das Unidades de Conservação de Uso Sustentável visa compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de seus recursos naturais, ou seja, permite-se a exploração e o aproveitamento econômico direto de forma planejada e regulamentada em diferentes tipos e intensidades de interferência humana. (ALMEIRA *et al.*, 2005; BRANDON & RYLANDS, 2005).

Nas Áreas de Proteção Ambiental – APAs, pertencentes ao grupo Unidades de Conservação de Uso Sustentável, normatiza e se estabelece a obrigatoriedade da adoção de um zoneamento para atender seus objetivos (Lei nº 6.902 / 81 e Resolução Conama nº428/ 2010). Este deve ser estabelecido em função das condições e especificidades locais e deve resguardar a qualidade e o equilíbrio ecológico dessas áreas.



Para a adoção de um zoneamento, esta categoria de UC deve elaborar um Plano de Manejo. Segundo o SNUC (Brasil, 2000 e São Paulo, 2009), o Plano de Manejo, é definido como *"o documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais. Portanto, esse documento técnico contempla o zoneamento ambiental, o estabelecimento de diretrizes de uso e ocupação do solo e os programas de ação"*.

Para a APA de Itupararanga, contextualizada no setor da alta bacia do rio Sorocaba, os objetivos específicos do Zoneamento Ambiental foram definidos através de oficinas temáticas de planejamento participativo, com especialistas e também com o Conselho Gestor da APA, além de diversas outras bases de dados existentes, tais como: dados dos limites municipais, hidrografia, linhas de drenagem, rodovias e outras vias de acesso principais, limite da represa Itupararanga, ferrovia, curvas de nível, áreas suscetíveis à erosão, dentre outros.

Sendo assim, foram definidas duas grandes áreas para delimitação das zonas na APA:

**I – Área de Conservação:** I - Zona de Conservação da Biodiversidade (ZCB) II - Zona de Conservação dos Recursos Hídricos (ZCRH)

**II – Área de Ocupação Dirigida:** I- Zona de Ocupação Diversificada (ZOD); II - Zona de Ocupação Rural (ZOR); III - Zona de Ocupação Consolidada (ZOC).

A partir disso, foram definidas prioridades e programas de ações para o manejo, além de diversos agentes mobilizadores e grupos de trabalho com o objetivo de colaborar com a implantação das ações propostas neste zoneamento do plano.

Sendo assim, pode-se inferir que o zoneamento ambiental age como um instrumento de planejamento territorial objetivando o desenvolvimento sustentável, compatibilizando as o desenvolvimento econômico com a conservação do meio ambiente.

## **4.2. Bacias Hidrográficas como Unidades de Planejamento Ambiental**

O planejamento ambiental tem como fundamento a integração e interação entre os sistemas que compõem o ambiente. A fim de compatibilizar e estabelecer as relações entre as necessidades sócio-culturais e interesses econômicos, tenta-se manter o máximo da integridade entre os sistemas ambientais naturais e processos da sociedade humana.

A área de abrangência deve ser condizente com os objetivos propostos, permitindo compreender as interações e pressões sobre os sistemas naturais ou criados pelo homem. A adoção de bacias hidrográficas como unidade de planejamento é comumente usada por ser um sistema natural de fácil reconhecimento e caracterização. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas, áreas de preservação da fauna e flora, cursos d'água, vegetações naturais e demais usos fazem parte de uma bacia hidrográfica, ou seja, é possível visualizar a integração recursos naturais e atividades humanas (PORTO & PORTO, 2008; NASCIMENTO & VILLAÇA, 2008).

O conceito de bacia hidrográfica também é definido como “um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, sendo delimitada das cabeceiras até o ponto de saída da água” (São Paulo, 1991). Elas distinguem-se por fatores físicos e são caracterizadas pela ocupação do solo e ações dos grupos sociais que se instalam na região, e que vão determinar o uso dos recursos naturais. O estado de São Paulo foi o primeiro no país a definir o modelo de planejamento por bacias hidrográficas. Essas áreas foram selecionadas de acordo com características socioeconômicas e a formação de uma rede de drenagem comum. As bacias hidrográficas foram denominadas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI, e no Estado existem 22 UGRHI. Esse modelo de gestão visa conciliar as atividades, o uso e a ocupação do território, utilizando-se de uma perspectiva descentralizada e participativa, assim todos os segmentos da sociedade podem contribuir na construção e aplicação do planejamento.

A Lei 9.433 / 1997, que instituiu a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos - SNIRH,

determina objetivos, diretrizes gerais e instrumentos de ação para a sua implementação. A partir da criação do SNIRH, as bacias hidrográficas passam a ser geridas através de seus respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas, e a adotam a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e gestão.

Braga & Carvalho (2005) afirmam que a adoção das micro-bacias hidrográficas serve, na medida do possível, como unidade espacial no zoneamento ambiental tanto para o planejamento urbano como para facilitar a gestão dos recursos hídricos, incluindo sua preservação e melhoria.

ARAÚJO *et al.* (2009), conceitua a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental, resultante do conhecimento das relações entre as características físicas de uma bacia de drenagem e quantidade e qualidade das águas que chegam ao corpo hídrico.

O papel hidrológico da uma bacia hidrográfica seria, segundo Tucci (1997, apud ARAÚJO *et al.* 2009):

“...o de transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação), em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo. Essa atuação é fortemente influenciado, principalmente pelas características físicas das bacias que compreendem a sua área de drenagem, forma, sistema de drenagem e características do relevo”.

Para se compreender as potencialidades de uma bacia hidrográfica, há que se entender que os processos hídricos são constituídos pela interação de diversos elementos como entre a litologia e a hidrografia, por exemplo, onde a primeira responde pelo fator permeabilidade que, conseqüentemente, irá interferir na segunda. Pode se afirmar que as interações proporcionadas por condições climáticas, biogeográficas, ao tipo de solo, ao tipo e quantidade de cobertura vegetal, grau e modalidade de atividade humana dentro da bacia e outras, condicionarão a estruturação de determinada redes de drenagem e formas de relevo (CAMPOS *et al.*, 2010; CHRISTOFOLLETI, 1980; FERNANDES & SOUZA, 2000).

A ocupação antrópica das terras através de usos múltiplos indica a complexidade e dificuldade na elaboração de propostas para a gestão

territorial, configurando-se em um dos maiores desafios do uso sustentável do ambiente, que se baseia em uma dinâmica de transformação com igual ênfase, nas dimensões ambientais e humanas da paisagem e na consideração de intervalo temporal que abranja diferentes gerações humanas (Araújo *et al.*, 2009). A densidade da drenagem também tem implicações na dinâmica de uma bacia hidrográfica, pois resulta diretamente da inter-relação entre o clima, a vegetação e a sua litologia (CHRISTOFOLLETI, 1980).

Os principais componentes das bacias hidrográficas - solo, água, vegetação e fauna - coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais como, intemperismos e modelagem da paisagem. Também há aquelas de natureza antrópica, principalmente, uso e ocupação da paisagem, que afetam os ecossistemas como um todo.

Segundo Fernandes & Souza (2000), nas bacias e sub-bacias hidrográficas, os recursos hídricos constituem importantes indicadores das condições dos ecossistemas no que se refere aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes que as formam.

As bacias possuem características integradas e, portanto, são bastante adequadas como unidades de planejamento e gestão, compatibilizando a produção com a preservação ambiental.

A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permite uma melhor abordagem de determinados problemas difusos, pois é em nível local que os problemas se manifestam. Sendo assim, as medidas para manejo integrado dos recursos naturais, devem considerar como unidades coerentes para planejamento em níveis adequados, enfocando medidas de recuperação e preservação nas devidas escalas de planejamento (FERNANDES & SOUZA, 2000).

As condições físicas da bacia hidrográfica, o uso e ocupação do solo, influenciam diretamente no meio ambiente. Alterações significativas na paisagem podem afetar a disponibilidade da água, a permeabilidade do solo, disponibilidade de nutrientes do solo (LANDELL-MILLS & PORRAS, 2002, DURIGAN & SILVEIRA, 1999), fragmentação de habitats, perda da biodiversidade, contaminação dos corpos hídricos e solo, desmatamento,

poluição atmosférica, entre outros exemplos amplamente discutidos na literatura.

A ocupação desordenada do solo, o crescimento demográfico e a escassez de terras férteis, determinam a necessidade de se gerar fundamentações, estratégias, atividades e diretrizes que proporcionem aptidão dos ecossistemas com sistemas de ocupação capazes de certificar produções sustentáveis em longo prazo. As condições da bacia hidrográfica são importantes na consolidação do gerenciamento. Portanto, o planejamento e o gerenciamento integrado devem proporcionar uma visão abrangente que inclua políticas públicas, tecnológicas e de educação, com o intuito de promover um processo de longo prazo em busca da sustentabilidade ambiental (ARAÚJO *et al.*, 2009 e NASCIMENTO & VILLAÇA, 2008).

Sendo assim, mudanças de atitudes em diversos setores, tanto dos tomadores de decisão como da população, são necessárias, para obtenção de qualidade e quantidade da água, em busca da sustentabilidade. Abordagens de gerenciamento integrado como, programas para reciclagem de materiais visando à redução da poluição das águas, adoção de métodos de mitigação da poluição difusa e monitoramento adequado, buscando um banco de dados capaz de verificar tendências e avaliar possíveis impactos, são importantes ferramentas para o planejamento de bacias hidrográficas (NASCIMENTO & VILLAÇA, 2008).

#### **4.3. Uso de SIG para o Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas**

Para o planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica as etapas de levantamento de dados e diagnósticos são essenciais para a determinação de metas e prognósticos. O uso de programas computacionais relacionados a Sistemas de Informações Geográficas – SIG e Sensoriamento Remoto auxiliam na análise e interpretação espacial (HESSBRURG *et al.*, 2000; Farina, 1998; MCGARICAL & MARKS, 1995). Por meio desses programas é possível caracterizar os componentes que formam uma determinada paisagem. Por

tanto é possível classificar os usos da terra e relacionar com outros fatores (bióticos e abióticos) que constituem uma bacia, por exemplo.

A utilização destas ferramentas possibilita a formação de um banco de dados que subsidie o planejamento, tornando-o mais dinâmico e eficiente. Desta forma é possível monitorar e avaliar, as tomadas de decisão, objetivando a eficiência do gerenciamento dos recursos naturais, uso e ocupação do solo (SANTOS, 2004, MIRANDA *et al.*, 2002).

O SIG é formado basicamente pelos seguintes componentes: interface com o usuário; entrada e manipulação dos dados; funções de processamento, visualização, armazenamento e recuperação de dados. No SIG é possível georreferenciar a informação e trabalhar com ela nas análises ambientais, sobrepor os mapas temáticos e até mesmo inserir informações em uma tabela de atributos (STERN *et al.*, 2005; SINGH, 1995)

Segundo Câmara *et al.*, 2001, o georreferenciamento é o processo que atribui um sistema de coordenadas aos dados reais para que os mesmos sejam convertidos em feições gráficas do desenho. Com as informações georreferenciadas é possível integrar diversas disciplinas, e contemplar diversas áreas da ciência (ROSA, 2005; ROCHA, 2002).

Para Silva (2001) o SIG fornece ferramentas computacionais que subsidiam as análises ambientais, e oferece uma transversalidade entre os diferentes analistas, que investigam o relacionamento entre as entidades que formam o ambiente.

Segundo Elias (2005), o SIG tem aplicações em diversas áreas, dentre elas as mais usadas são:

- Uso do solo: mapas de uso e ocupação do solo;
- Geomorfologia: delimitação e descrição das unidades da paisagem, limites litológicos, padrão da drenagem, altitude, unidades geomorfológicas;
- Vegetação: mapa de distribuição e descrição dos tipos de vegetação;

Entende-se, portanto, que o SIG é uma ferramenta importante para o planejamento e gestão territorial. Devido a gama de possibilidades e procedimentos para a interpretação dos dados, o SIG é um sistema projetado para criar, manipular e analisar as informações georreferenciadas (Quadros, 2004).

## 5. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com relação ao método norteador da presente pesquisa, optou-se pela abordagem sistêmica, que começou a ser discutida e aplicada por Defay e Bertalanffy nas áreas de biologia e química. Em 1950 Bertalanffy lança a Teoria Geral dos Sistemas. Segundo Bertalanffy (1973) o sistema é um conjunto de elementos interdependentes que se interagem, que combinadas formam um todo organizado.

Para Christofolletti (1974), um sistema pode ser definido como um arranjo de entidades, com características próprias, que estão relacionadas de tal forma que constituem uma unidade. Ele se baseia na concepção de totalidades integradas, que resultam em interações e interdependências das partes e se manifestam por meio de uma natureza intrinsecamente, dinâmica e flexível.

A concepção de sistemas começou a partir de sua aplicação na geomorfologia, com a teoria dos sistemas gerais. Strahler (1950; 1952) desenvolveu diversos trabalhos que foram amplamente discutidos e ampliados nas décadas seguintes (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Segundo Odum (1983), os sistemas podem ser abertos e fechados. No sistema aberto existe uma ou várias entradas e saídas, permitindo o fluxo de elementos que constituem o sistema. Já o sistema fechado é entendido como um sistema isolado, com nenhum fluxo de entrada ou de saída.

Christofolletti (1974) define um sistema como um conjunto de elementos e as relações entre si e seus atributos. Quando são conceituados, apresentam como uma das principais dificuldades a identificação desses elementos, seus atributos e suas relações, a fim de delinear a extensão abrangida pelo mesmo.

A partir destes fundamentos, as bacias hidrográficas enquadram-se como sistemas, já que uma bacia é composta de diversos elementos do meio natural e antrópicos, cujos seus atributos estabelecem uma relação entre si (SANTOS, 2004). Nesse sentido as bacias constituem-se como um sistema aberto, pois, segundo Christofolletti (1974), estas pertencem a um ambiente que

é parte integrante de um universo maior, para o qual pode ser atribuído todo o conjunto de fenômenos e eventos que, através de suas mudanças e dinamismos, apresentam repercussões nesse determinado sistema. Sendo assim, levando em consideração toda sua complexidade e funcionalidades, uma bacia hidrográfica pode ser classificada como um sistema não-isolado e aberto, ou seja, aquele que mantém relações com outros sistemas do universo do qual faz parte.

A bacia hidrográfica é uma unidade física com limites bem definidos, podendo estender-se por várias escalas espaciais. É composta por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas, e assim mais facilmente interpretadas (SANTOS, 2004, P.40).

Segundo Tundisi (2003, p.108):

“...as bacias hidrográficas garantem a visão sistêmica adequada para proporcionar a elaboração de um banco de dados sobre componentes biogeofísicos, econômicos e sociais; Sendo uma unidade física que garante uma base de integração institucional, entre cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral. Promover a integração institucional é necessária para o gerenciamento do desenvolvimento sustentável”.

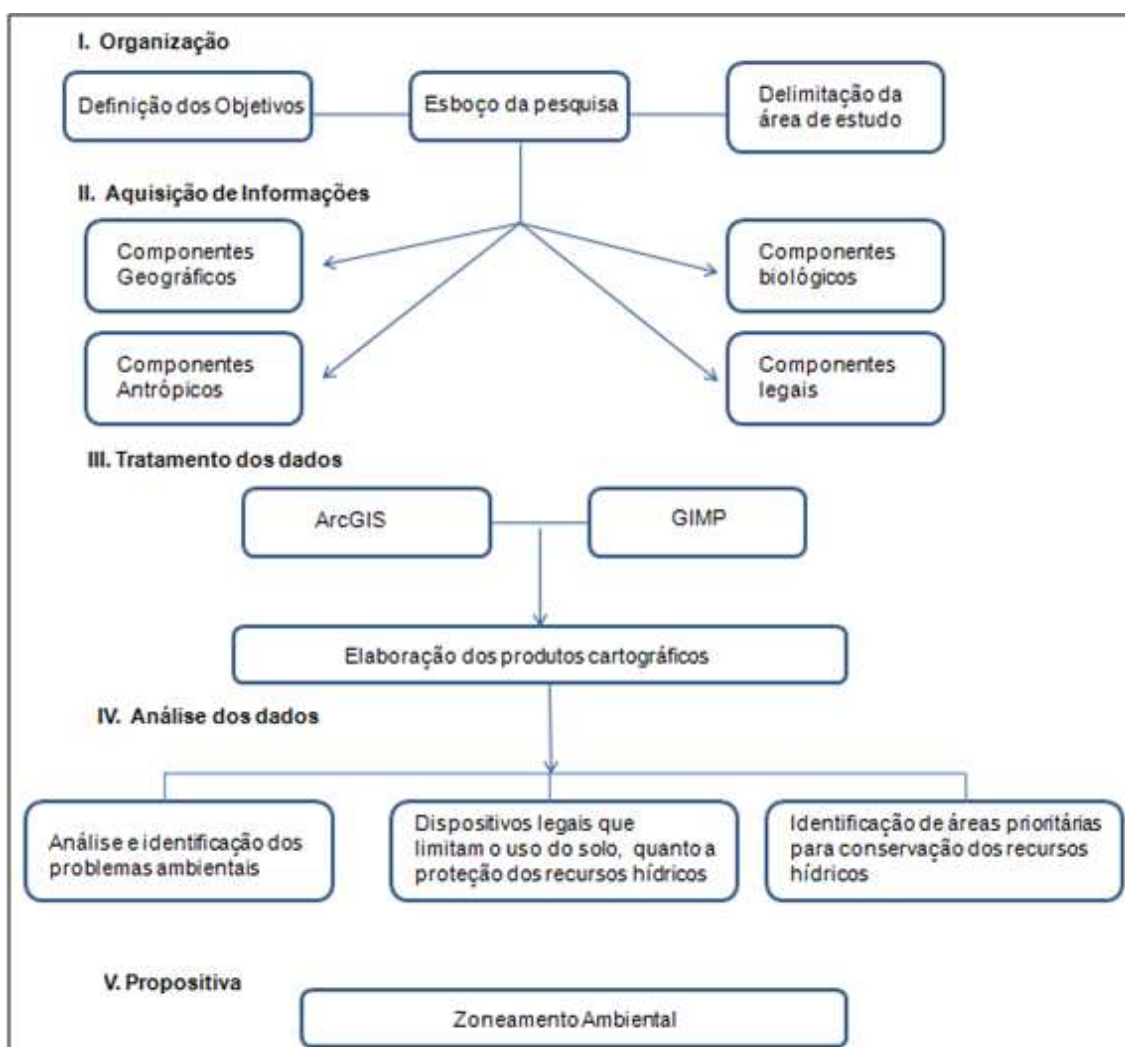
Optou-se também pela abordagem do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para os trabalhos de mapeamento e análises espaciais da bacia hidrográfica. A utilização de SIG torna-se, cada vez mais, importante ferramenta para o planejamento ambiental. A facilidade de sobrepor diversas informações e também espacializá-las, permite uma análise dos componentes que formam uma bacia hidrográfica. Através dessa ferramenta é possível fazer comparações, previsões, diagnósticos, monitoramento e tantas outras análises para o planejamento ambiental.

No que tange a estrutura do trabalho optou-se pela adaptação das propostas de Rodrigues, Silva e Cavalcanti (2004) e também de Martins e Rodrigues (2012). Foram definidas 5 fases: Na primeira, que é a de organização, foram definidos os objetivos para o esboço da pesquisa (figura 2). Definiu-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, onde a bacia do



Ribeirão Fazenda Velha foi escolhida como objeto do estudo. Na fase do inventário foi feito o levantamento de todos os órgãos governamentais que disponibilizam produtos cartográficos, e revisão bibliográfica sobre a área de estudo, para embasamento na discussão dos resultados.

Na fase de tratamento dos dados foram elaborados os produtos cartográficos e registradas todas as informações obtidas em campo. Nessa fase inicia-se o processo de discussão dos resultados observados. Na fase de análise é feito a discussão sobre os resultados obtidos, embasada em todas as informações levantadas na fase de aquisição de informações. Na fase propositiva, foi feita a proposta de zoneamento ambiental.



**Figura 2:** Organograma das etapas para elaboração da dissertação.

Em relação aos procedimentos metodológicos, a pesquisa foi elaborada a partir de etapas de abordagem direta e indireta e são elencadas a seguir.

### **5.1. Revisão Bibliográfica**

A primeira etapa do estudo consistiu na pesquisa bibliográfica de obras que discutem o uso de geotecnologias para análise espacial e planejamento ambiental em bacias hidrográficas. Também foi realizado um levantamento de autores que estudam o planejamento ambiental como ferramenta para o uso e ocupação dos territórios, monitoramento de bacias hidrográficas, programas de ações e ferramentas para o planejamento e mitigação dos impactos ambientais.

### **5.2. Elaboração e compilação dos produtos cartográficos**

#### **5.2.1. Programas computacionais utilizados.**

Foi utilizado o software ArcGIS Desktop, desenvolvido pela empresa americana ESRI (Environmental Systems Research Institute) com a finalidade de elaboração dos produtos cartográficos. O ArcGIS Desktop possui os sistemas ArcMap, ArcGlobe, ArcScene e ArcCatalog. Foram utilizados os sistemas ArcMap 10.1 para edição e elaboração dos mapas; ArcCatalog 10.1 para organização dos dados e ArcScene 10.1 para elaboração do mapa em 3D da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.

Para a edição das imagens raster e edição dos mapas finais foi utilizado o software de código aberto, GIMP (GNU Image Manipulation Program).

#### **5.2.2. Georreferenciamento das cartas topográficas.**

Foram utilizadas as cartas topográficas (obtidas eletronicamente no site do IBGE) para correção dos limites da bacia hidrográfica, identificação de estradas e extração da hidrografia. Com o uso das cartas topográficas é

possível identificar diversos elementos que compõem uma bacia hidrográfica, o que servirá como base para a proposta de zoneamento geoambiental.

As cartas utilizadas foram São Roque (SF-23-Y-C-V-2) e Juquitiba (SF-23-Y-C-V-4). Para georreferenciá-las foi usada a ferramenta Georeferencing do ArcMap 10.1. Por meio da opção *add control points*, foram adicionados 4 pontos ao longo de cada carta, correspondentes com os pontos de intersecção das linhas de coordenadas (latitude e longitude) já existentes. Na opção *Viw link tabela* foram editados o valores de cada ponto, correspondendo com os valores observados nas cartas topográficas.

Após adicionar os quatro pontos foi acionada a opção *auto adjuste*, em *Viw link table*. Após esse passo foi atribuído um sistema de projeção cartográfica para finalizar o georreferenciamento. Foi utilizada a *Arctoolbox Define Projection*, em *Projections and Transformations>Data Management Tools* para definir o sistema de projeção cartográfica. O sistema foi atribuído conforme a descrição na própria carta (Datum SAD\_69\_23S). Para o presente trabalho foi atribuído o sistema de coordenadas UTM\_WGS\_1984 para elaboração de todos os mapas. Foi necessário converter o datum das cartas georreferenciadas por meio da ferramenta *Project*, em *Feature>Projections and Transformations>Data Management Tools*

### 5.2.3. Mosaico das imagens de satélite

A Coordenadoria de Planejamento Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo disponibilizou uma seqüência de imagens de satélite referentes ao município de Ibiúna. No total foram obtidas 13 cenas que cobrem todo o território. Especificamente para a bacia do Ribeirão Fazenda Velha foram utilizadas as imagens SF-23-Y-C-V-2-SE e SF-23-Y-C-V-4-NE. O satélite utilizado para a captura das cenas foi o francês SPOT (*Pour l'Observation de la Terre*) com resolução espacial de 2,5 metros, ano 2009.

Para a criação do mosaico das imagens foi utilizada a *Arctoolbox Mosaic to new raster*, em *Raster dataset> Raster> Data management tools*. Foram inseridas as duas cenas para a criação do mosaico.

#### **5.2.4. Mapa da Rede de Drenagem**

Para a elaboração da hidrografia foram usadas as cartas topográficas georreferenciadas. A ferramenta “editor” foi habilitada para iniciar a edição dos vértices da rede de drenagem. A escala utilizada foi 1:50.000, correspondente a carta que serviu como base. Após a edição do shape foi atribuído um sistema de coordenadas em UTM\_WGS\_1984.

Após a elaboração da hidrografia foi feito o mapa de hierarquia da drenagem para identificar a distribuição dos canais ao longo da bacia, interpretar a relação morfológica com a hierarquia encontrada e, como esta atua como agente dos processos morfogenéticos da área de estudo. Foi adotada a metodologia segundo Strahler (1950), descrita por Christofolletti (1980), que considera canais de primeira ordem, aqueles que se estendem da nascente até a próxima confluência. Os canais de segunda ordem são a confluência de dois de primeira ordem, e canais de terceira ordem são a confluência de dois de segunda ordem, e assim sucessivamente.

#### **5.2.5. Mapa hipsométrico e Modelo Numérico do Terreno (MNT)**

Para elaboração do mapa hipsométrico foram utilizadas as imagens com dados radar do projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Esses dados foram obtidos no site da Embrapa Relevo. Foi selecionada a folha SF-23-Y-C, que contém a área de estudo. A resolução espacial é de 90 metros e o Datum da imagem é WGS\_1984. Com essa imagem foi possível criar o Modelo Numérico de Terreno, uma vez que existem dados de elevação.

O mapa hipsométrico e o MNT têm como finalidade caracterizar o relevo a partir do mapa de curvas de nível. Para a definição dos intervalos optou-se pela metodologia segundo Bacani (2010), a qual tem como base a elaboração de um perfil topográfico do ponto mais elevado ao mais baixo da bacia. Após a identificação dos principais agrupamentos altimétricos também

foi feito o cálculo da média da altitude da bacia, para o embasamento e determinação dos intervalos altimétricos.

Para a interpretação do mapa hipsométrico também foi utilizada a ferramenta Hillshade>em Raster Surface> 3D Analyst, onde, segundo Valeriano (2008), a técnica de relevo sombreado é a mais recomendada para a análise visual de dados altimétricos.

### 5.2.6. Mapa topográfico

A partir do Modelo Numérico do Terreno foi possível extrair as curvas de nível. Foi usada a Arctoolbox *slope>raster surface>3D analysts tools*. Foi atribuído um intervalo de 5 metros entre as curvas de nível. Foi utilizado o sistema de projeção UTM\_WGS\_1984.

### 5.2.7. Mapa de declividade

O mapa de declividade também foi gerado a partir do Modelo Numérico do Terreno. A arctoolbox utilizada foi slope, em *surface>3D analysts tools*. Para estabelecer os intervalos das classes de declividade foi utilizado o estudo de Embrapa (1979) que estabelece as seguintes classes (tabela 1): 0-3%, 3-5%, 5-12%, 12-30%, 30-47%, >47%.

Tabela 1: Classes de declividade.

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
0 – 3%	Plano
3 – 5%	Suavemente ondulado
5 – 12%	Ondulado
12 – 30%	Fortemente ondulado
30 – 47%	Montanhoso
> 47%	Fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa (1979).

### **5.2.8. Mapa Pedológico**

Foi utilizado como base o mapa de pedologia elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2003). As classes de solo foram definidas conforme a classificação do CPRM, em escala de 1:250.000. Foi utilizado o shape do limite da bacia e a arctoolbox *clip*, em *extract> analysis tools*, para delimitar os limites do mapa de pedologia.

### **5.2.9. Mapa de Unidades Litológicas**

Foi utilizado como base o mapa geomorfológico foi elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2003). Os grupos foram definidas conforme a classificação do CPRM, em escala de 1:250.000. Foi utilizado o shape do limite do município e a arctoolbox *clip*, em *extract> analysis tools*, para delimitar os limites do mapa de geológico.

### **5.2.10. Mapa de Uso e Ocupação do Solo**

Para elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foram utilizadas as cenas georreferenciadas do satélite SPOT, resolução espacial 2,5 metros. O método de classificação foi digital visual. A escala usada para edição dos polígonos foi de 1:12.000. Os critérios de classificação das áreas identificadas em tela foram características da textura, tonalidade e forma.

Antes de iniciar a classificação foram demarcados alguns pontos de interesse na imagem, para identificação em campo de fragmentos florestais, usos agrícolas, silvicultura e pastagem. Dessa forma é possível identificar aspectos em campo que facilitam a classificação visual. Com a confirmação em campo foi possível fazer a edição dos polígonos, por meio da ferramenta *editor*. Foram definidas 10 classes de uso e ocupação do solo, descritas na tabela 2. O critério das classes foi adaptado do estudo de Tambosi (2008).

**Tabela 2:** Classes de uso e ocupação do solo.

<b>Classe</b>	<b>Caracterização</b>
Área residencial	Área com edificações, destinadas a habitações particulares com presença de alguns comércios.
Represamento	Corpo d água represado, que pode ser utilizado para irrigação e fornecimento de água.
Fragmento florestal	Formações arbóreas de vegetações naturais em diversos estágios sucessionais.
Lavoura de hortaliças	Cultivo de diversos tipos de olerícolas.
Outros usos	Áreas sem uso definido.
Pastagem	Vegetação herbácea utilizada para pecuária extensiva.
Rodovia principal	Pistas da rodovia SP-250 e acostamento.
Construções isoladas	Instalações rurais.
Silvicultura	Silvicultura ou reflorestamento homogêneo com espécies exóticas
Solo exposto	Solo desprovido de cobertura vegetal

Fonte: Tambosi (2008).

Após a digitalização dos polígonos de cada classe, foi realizada uma visita de campo para a confirmação terrestre, com o objetivo de esclarecimento de áreas duvidosas e acréscimo de novas informações não obtidas na etapa de digitalização do mapa de uso e ocupação do solo. Foi utilizado uma câmera fotográfica e GPS Garmin eTrex para o campo.

#### **4.2.10.1 Índice de exatidão para as classificações do mapa de uso e ocupação do solo (Índice Kappa) e matriz de confusão.**

Para testar o quanto o mapa de uso e ocupação do solo está condizente com a realidade em campo foi utilizada a matriz de confusão e o coeficiente *kappa*, segundo Congalton e Green (1998).

Por meio desta matriz foi possível identificar o erro global da classificação e, para cada categoria, os erros de omissão e comissão. Consideram-se como erros de omissão como a supressão no mapa de uma determinada feição constatada em campo, e erros de comissão como a atribuição no mapa de determinada feição a uma classe a qual a mesma não pertence, segundo verificação de campo.

Os pontos para confirmação em campo foram obtidos com a sobreposição do mapa da malha viária e mapa de distâncias com linhas concêntricas a cada 500 m de distância, a partir de um ponto central da área (Mello, 2012; Fushita, 2006), totalizando 99 pontos.

O Índice kappa foi calculado pela seguinte fórmula:

$$K = \frac{X \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{X^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

sendo que:

X = número total de observações da matriz de erros;

R = número de categorias presentes na matriz de erros;

$X_{ii}$  = elementos da diagonal principal;

$X_{i+}$  = total da linha para uma dada categoria;

$X_{+i}$  = total da coluna para uma dada categoria.

O valor do índice de *kappa* indica a veracidade da classificação, o intervalo dos valores varia de 0 a 1, sendo que quanto mais se aproxima de 1, mais a classificação se aproxima da realidade.



### 5.2.11. Mapa de Áreas de Preservação Permanente

Para elaboração do mapa de Áreas de Preservação Permanente tomou-se como base o artigo 4º da Lei 12.651 de 2012 que institui o Código Florestal Brasileiro. No artigo foram determinadas as larguras mínimas que as Áreas de Preservação Permanente (APP) devem ter ao longo de cursos fluviais. Como a largura do Ribeirão Fazenda Velha e seus afluentes não ultrapassa 10 metros, a largura da APP deve ter 30 metros. Para as nascentes o Código Florestal determina APP de 50 metros. Não foram identificadas APPs para topos de morro e declividades superiores a 100%.

O mapa de hidrografia foi base para a geração das APP da bacia do Ribeirão Fazenda Velha. A arctoolbox utilizada foi *buffer*, em *proximity>analysis tools*. Foi necessário realizar duas vezes essa técnica para gerar as APP das nascentes e dos cursos d'água. Após gerar os dois mapas, foi necessário usar a ferramenta *union*, em *editor*, para unificar as duas feições e gerar o mapa de APP de toda a hidrografia.

### 5.2.12. Mapa de Áreas Prioritárias

O mapa de áreas prioritárias foi elaborado com base no mapa de solo, declividade, APP, uso e ocupação do solo. Para a sobreposição dos mapas utilizou-se da arctoolbox *Weighted Overlay*, em *Overlay> Spatial Analyst Tools*. Com base no levantamento bibliográfico, os mapas e suas respectivas classes foram classificados em graus de importância.

Entende-se que esses 4 atributos (declividade, solo, APP, uso e ocupação do solo) influenciam diretamente na quantidade e qualidade de água em uma bacia hidrográfica e, portanto, foi atribuído um peso igual para grau de influência de cada mapa. Em relação às classes dos mapas foram atribuídos pesos de 1 a 5, sendo que 1 é o peso de menor importância, e 5 é o peso de maior importância.

A escolha dos mapas e distribuição dos pesos foi com base em estudos de áreas prioritárias para recuperação florestal e proteção da biodiversidade (MELLO, 2012; BORGES *et al.*, 2005; SILVA, 2001) ; estudos de planejamento

ambiental em bacias hidrográficas (NUNES, 2013; BACANI, 2010; MORAES & LORANDI, 2003); e estudos de fragilidade ambiental (OLIVEIRA, PINTO, LOMBARDI NETO, 2007; SILVA, 2000; ROSS, 1994).

Na tabela 3 são apresentados os pesos de cada classe dos mapas utilizados para elaboração do mapa de áreas prioritárias.

**Tabela 3:** Grau de influência para cada mapa e os pesos para as respectivas classes, utilizados para elaboração do mapa de áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos.

Mapa	Grau de Influência	Classes	Pesos
Uso e Ocupação do Solo	25%	Área residencial	1
		Corpo d'água	5
		Fragmento florestal	5
		Lavoura de hortaliças	2
		Outros usos	2
		Pastagem	2
		Rodovia principal	1
		Sede e edificações	1
		Silvicultura	3
Solo	25%	LVA5	4
		PVA1	3
		LVA6	4
Declividade	25%	0 - 3%	5
		3 - 8%	1
		8- 12%	2
		12 - 20%	3
		20 - 45%	4
		> 45%	5
APP	25%	Com Vegetação	5
		Sem Vegetação	4

### 5.2.13. Mapa do zoneamento ambiental

Para elaboração do mapa do zoneamento ambiental da bacia do Ribeirão Fazenda Velha, utilizou-se como base o mapa de áreas prioritárias

para conservação dos recursos hídricos. A classificação das zonas foi de acordo com o grau de prioridade, e também foi utilizado o zoneamento ecológico-econômico da APA de Itupararanga, cujo município de Ibiúna está inserido, para nortear os critérios da proposta de zoneamento para a bacia do Ribeirão Fazenda Velha.

### **5.3. Trabalho de campo**

Foram realizados quatro trabalhos de campo para registros fotográfico da bacia. Foram identificadas atividades agrícolas existentes, características da vegetação, fontes de impactos ambientais e localização dos núcleos rurais.

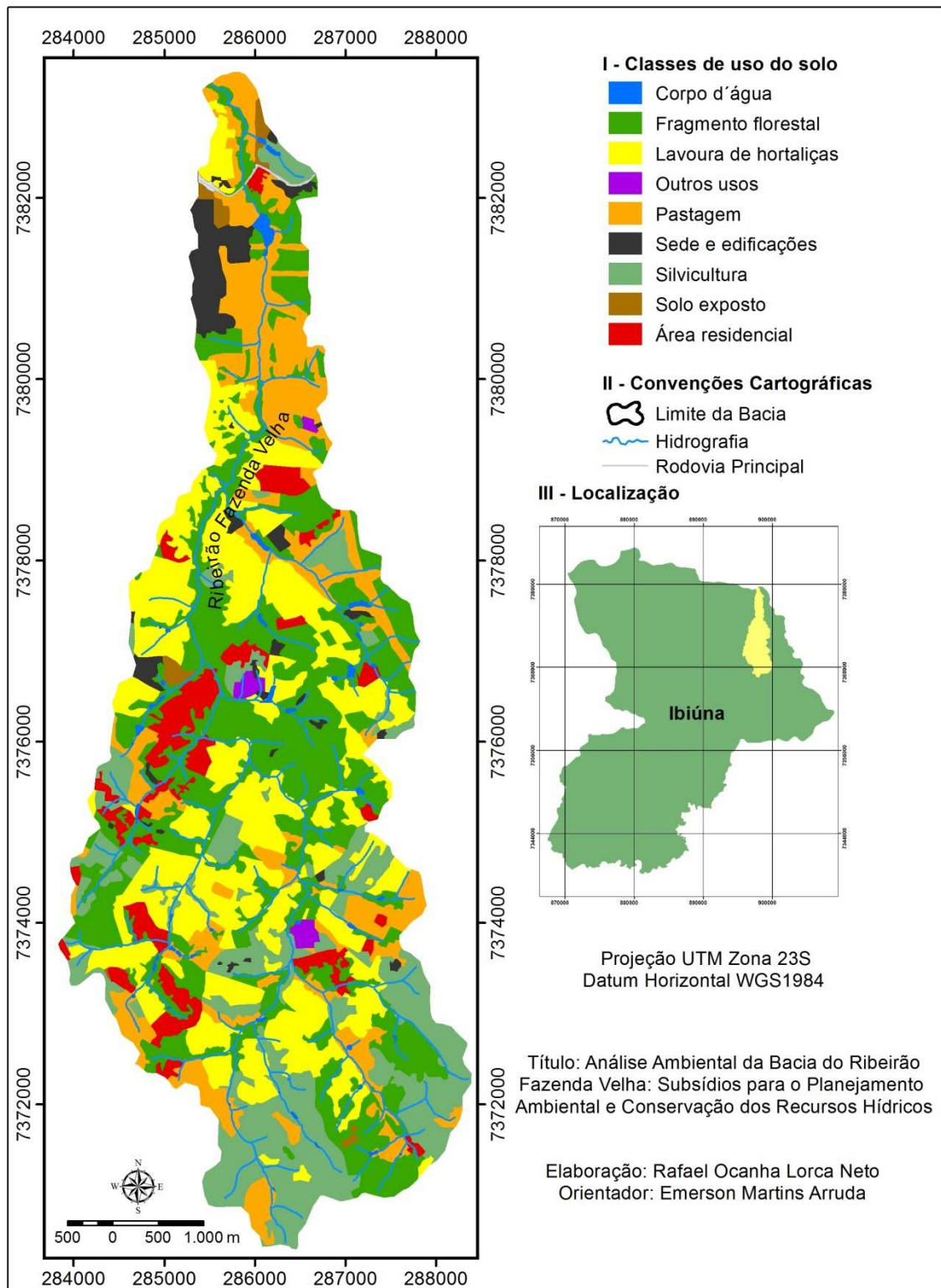
Para verificações de campo e confirmação das classificações nos mapas temáticos, foi empregado um receptor GPS (Global Positioning System) de navegação Garmin eTrex 20, de 12 canais de recepção e com antena interna, com exatidão média aproximada de 3 metros.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Análise Ambiental da Área de Estudo.

A bacia do Ribeirão Fazenda Velha é apresentada uma vocação agrícola, mas ainda mantém uma importante porcentagem de áreas com vegetação natural. Aproximadamente 30% da área são ocupados por fragmentos florestais, 26% lavoura de hortaliças, 17% silvicultura, 16% pastagem, e os demais usos somam 11%. Em relação aos corpos de água, foram identificados 48 açudes e represas (mapa 3).

O índice *Kappa* obtido após os cálculos com a matriz de comparação foi de 0,89, indicando que o mapeamento realizado foi bem condizente com a realidade em campo. Segundo Rosner (2006) valores acima de 0,75 para o índice *Kappa* são considerados excelentes. A maior dificuldade na classificação foi para identificação de eucaliptos (*Eucalyptus spp*), que muitas vezes confunde-se com a vegetação natural.



**Mapa 4:** Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha.

Note-se que as lavouras de hortaliças estão distribuídas ao longo de toda a área de estudo, concentrando-se em grandes áreas no setor da média bacia. Essas áreas são divididas em várias glebas, que normalmente delimitam as suas lavouras com formato retangular, fáceis de serem identificadas nas imagens de satélite (Figura 3).



**Figura 3:** Lavouras de hortaliças distribuídas no setor da média bacia. Nota-se na área destacada em vermelho o formato retangular das culturas. (Imagem: Satélite SPOT, 2009)

Em campo, observa-se que nas lavouras são utilizadas as técnicas convencionais, caracterizadas por plantio em canteiros com largura entre 1 e 2 metros e com altura de 20 cm (Foto 1). Os cultivos de olerícolas são predominantes, e se repetem ao longo das propriedades. A forma de irrigação é caracterizada por um sistema de aspersão convencional, na forma de deslocamento linear.



**Foto 1:** Setor da média bacia com linha de plantio de cultivo de hortaliças (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012).

Outro setor com forte expressão na bacia é a silvicultura, na produção de eucalipto (*Eucalyptus spp*), que também é observada em todo o município. As áreas de plantio correspondem a aproximadamente 17% da área de estudo, e se concentram principalmente no setor da alta bacia, em topos de interflúvios (Foto 2). Essa região é caracterizada por apresentar as maiores altitudes e declividades acentuadas. Os plantios normalmente estão em morros com altitudes próximas de 100 metros da base, e próximos de fragmentos de florestas nativas. Em alguns casos devido ao porte das árvores plantadas essas áreas podem ser confundidas com áreas de fragmentos florestais.

Atualmente, em mais de 28% das propriedades rurais de Ibiúna são plantados eucaliptos. Segundo o Projeto LUPA (2008), a rentabilidade com venda da madeira torna-se um atrativo para os agricultores, que acabam mudando do cultivo tradicional de hortaliças para a silvicultura.



**Foto 2:** Observa-se a prática de silvicultura próxima a fragmentos florestais, em áreas de morro, como delimitado com a linha tracejada em vermelho (LORCA NETO, R.O. 11/2011).

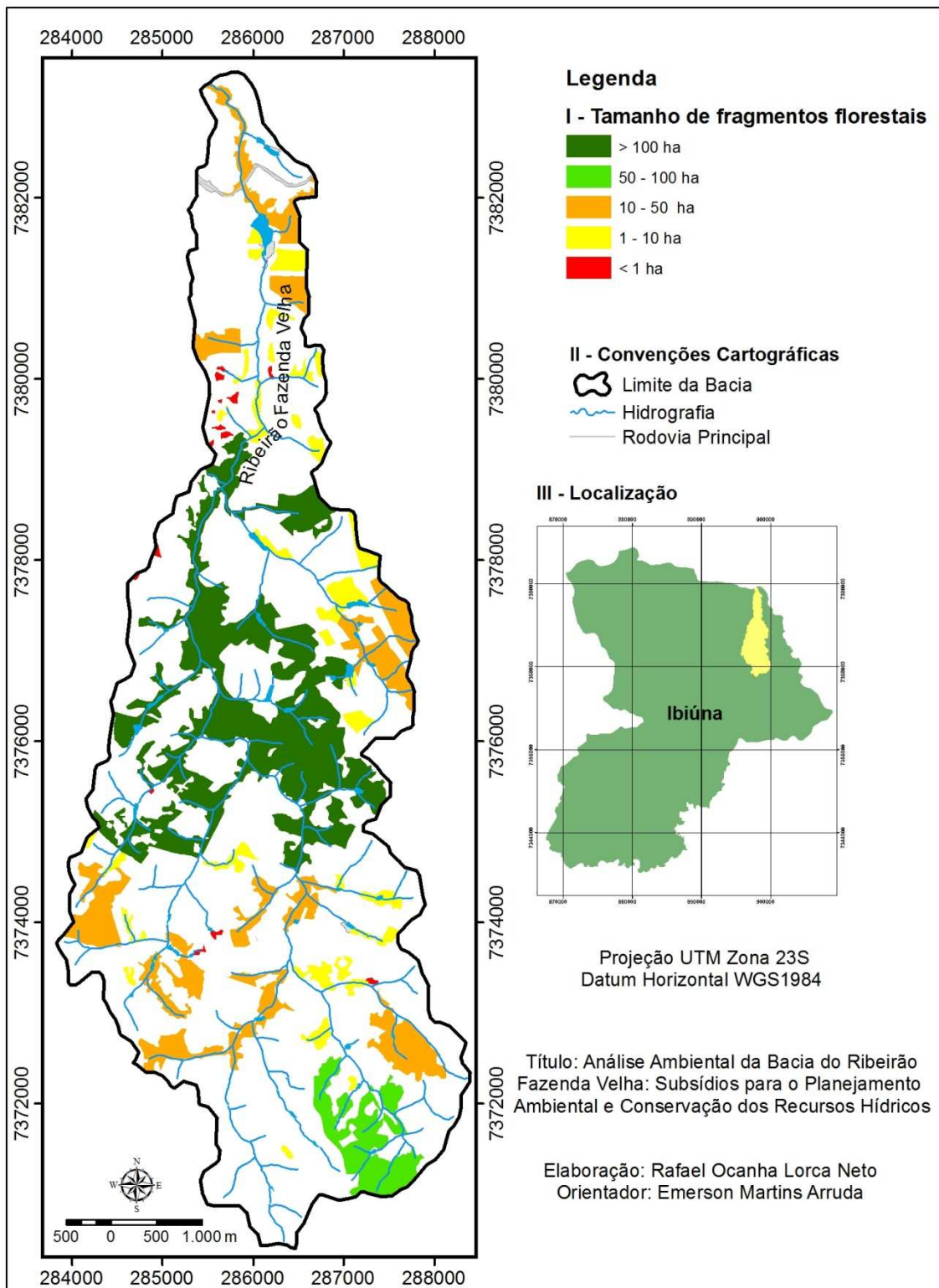
Em campo também foi verificado que as áreas com pastagens, normalmente são campos abandonados, propriedades com algumas cabeças de gado ou chácaras de veraneio. Essas áreas estão distribuídas principalmente no setor da baixa bacia. O predomínio da braquiária (*Brachiaria spp*) é evidente nas áreas abandonadas (Foto 3) ou com gado. Por ser uma espécie pioneira e muito competitiva com as demais espécies, cresce com facilidade nas áreas sem cobertura florestal.





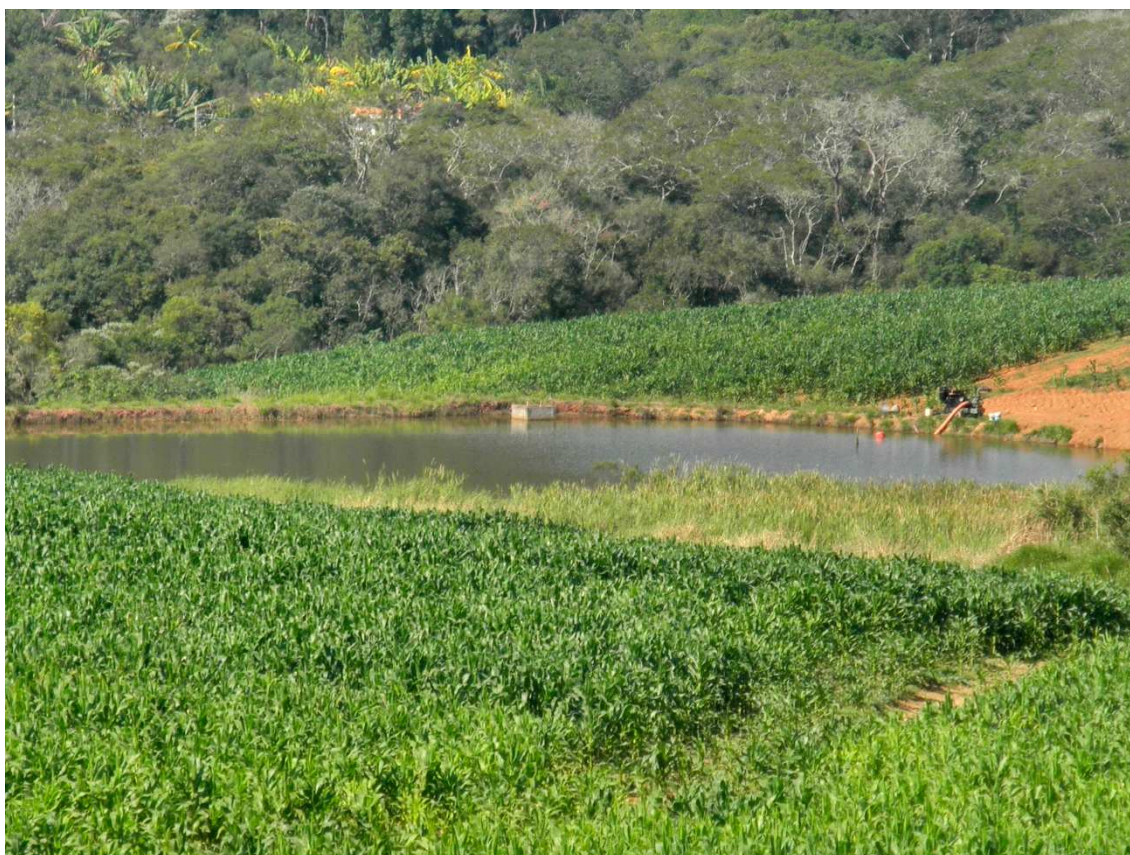
**Foto 3:** Área abandonada, no setor da média bacia. Nota-se o predomínio da braquiária (*Brachiaria* sp.) em toda a extensão da área cercada (LORCA NETO, R.O. 11/2012).

A distribuição dos remanescentes florestais concentra-se no setor da média bacia (Mapa 5) e também nas áreas com maior declividade. Foram identificados 63 fragmentos florestais, sendo que 15 fragmentos são menores que 1 hectare, 35 fragmentos entre 1 e 10 hectares, 11 fragmentos entre 10 e 50 hectares, 1 fragmento com 68 hectares e 1 fragmento com 420 hectares. No setor da baixa bacia concentram-se os fragmentos menores que 1 há, enquanto que no setor da média concentram-se os fragmentos com áreas entre 1 à 50 hectares. O maior fragmento florestal possui uma área de 420 hectares, e está localizado entre os setores da média bacia e baixa bacia.



**Mapa 5:** Distribuição dos fragmentos florestais na bacia do Ribeirão Fazenda Velha.

Ao longo dos cursos d'água nota-se a existência da mata ciliar. No entanto, o entorno de açudes e represamentos em geral, utilizados para o abastecimento de água e irrigação, está desprovido de cobertura florestal (Foto 4).



**Foto 4:** Represamento para irrigação das lavouras de hortaliças. Setor da média bacia do Ribeirão Fazenda Velha (LORCA NETO, R.O. 11/2012).

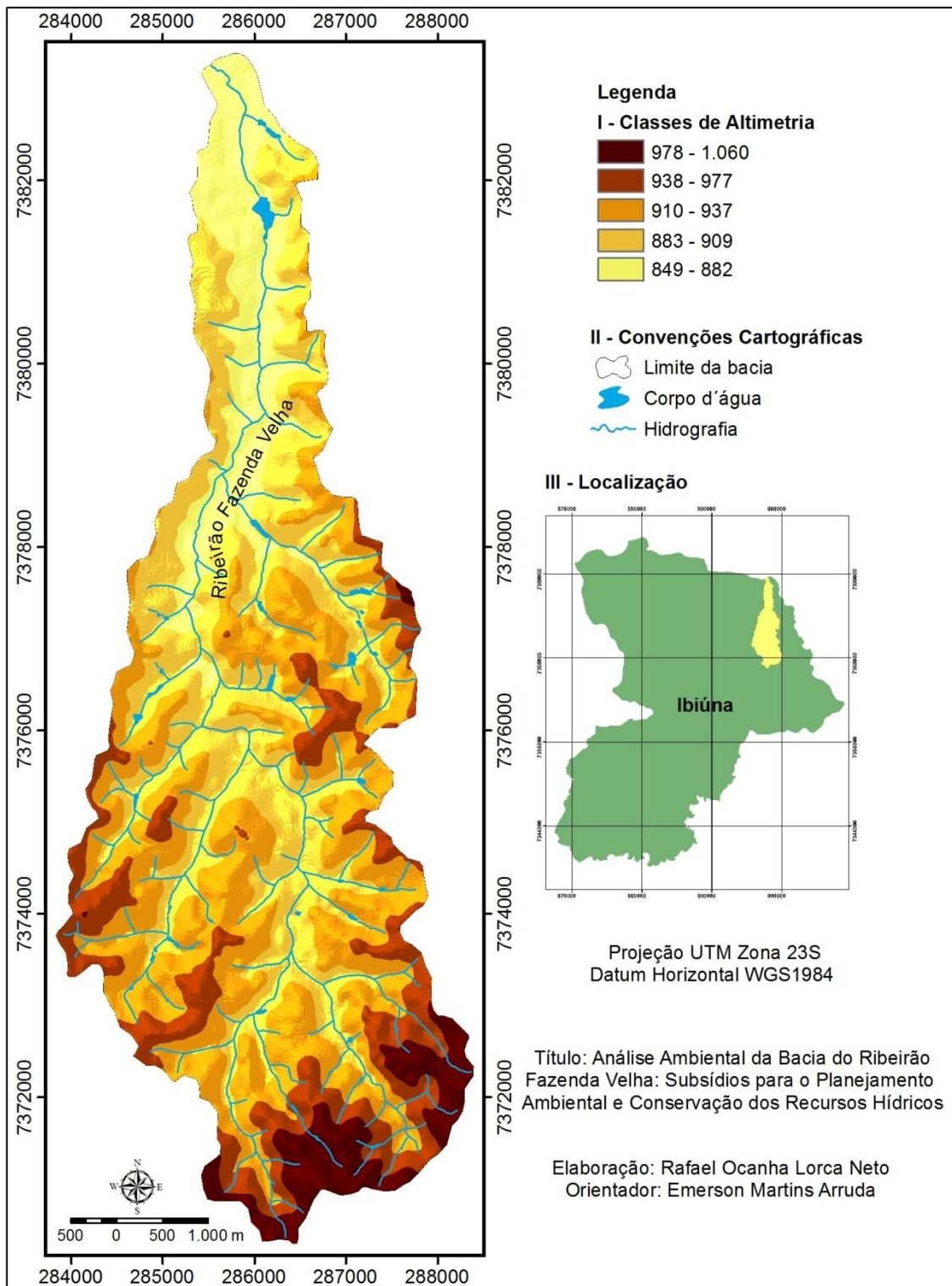
De modo geral, o relevo da área de estudo é caracterizado pela presença de mares de morros, com topos arredondados, vertentes com perfis convexos e retilíneos. Foram identificados 5 compartimentos altimétricos, distribuídos ao longo da bacia. Na confluência com o Rio Sorocamirim, no setor da baixa bacia a altitude mínima é de 855 metros. No setor da média bacia a altitude varia entre 880 e 920 metros. No setor da alta bacia as altitudes chegam até 1.060 metros, e é uma região que se concentra uma grande quantidade de nascentes e morros,



**Foto 5:** Setor da baixa bacia do Ribeirão Fazenda Velha. Altitudes entre 855 à 880 metros (LORCA NETO, R.O. 11/2012).

Nota-se que no setor da alta bacia onde está localizada a maioria das nascentes, a densidade da rede de drenagem é elevada, com vales fluviais fechados, e quando próximo a planície fluvial do rio Sorocamirim, cujo o Ribeirão Fazenda Velha é afluente direto, os vales são mais amplos. Nesta região há predomínio de altitudes superiores a 900 metros do nível do mar (mapa 6). O rio Sorocamirim, Una e Sorocabaçu são os principais afluentes que formam o Rio Sorocaba e contribuem para o Reservatório de Itupararanga.

Segundo Hewlett (1969), nas regiões com relevo acentuado o gradiente de solo para o fluxo de água subsuperficial é elevado, em função da diferença entre o ponto mais alto e o ponto de saída da bacia. Em épocas de seca essas áreas são importantes para a recarga dos aquíferos e no deflúvio da bacia, pois a água acumulada no solo pode descer lentamente até o lençol freático.



**Mapa 6:** Mapa hipsométrico da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.

Verificou-se que a declividade varia entre 0% e 63,3% (Mapa 7), com predomínio de áreas moderadamente onduladas, cujos valores estão entre 8 a 20%. Aproximadamente 7% da área bacia é plana e 0,2% montanhosa. Mais de 40% da área bacia encontra-se em regiões com elevada declividade, o que dificulta o desenvolvimento de práticas agrícolas e desenvolvimento urbano. Em geral, o relevo apresenta o predomínio de áreas com declividade entre 8 a 20% (tabela 3). Em períodos chuvosos deve-se atentar em áreas com os solos desprovidos de vegetação, uma vez que são facilmente erodíveis, devido à velocidade do escoamento superficial. Na bacia, 28% de áreas com declividade entre 8 à 20% são ocupadas por cultivo de hortaliças, enquanto que a cobertura florestal ocupa 29%.

**Tabela 4:** Classes de declividade e a porcentagem em relação a área da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha.

<b>Classes de declividade</b>	<b>Área (hectares)</b>	<b>% em relação à área da bacia</b>
0 a 3% - Plano	205	6,9
3 a 8% - Suavemente ondulado	728	24,4
8 a 13% - Moderadamente ondulado	861	28,9
13 a 20% - Ondulado	808	27,1
20 a 45% - Fortemente ondulado	372	12,5
45 a 100% - Montanhoso	6	0,2

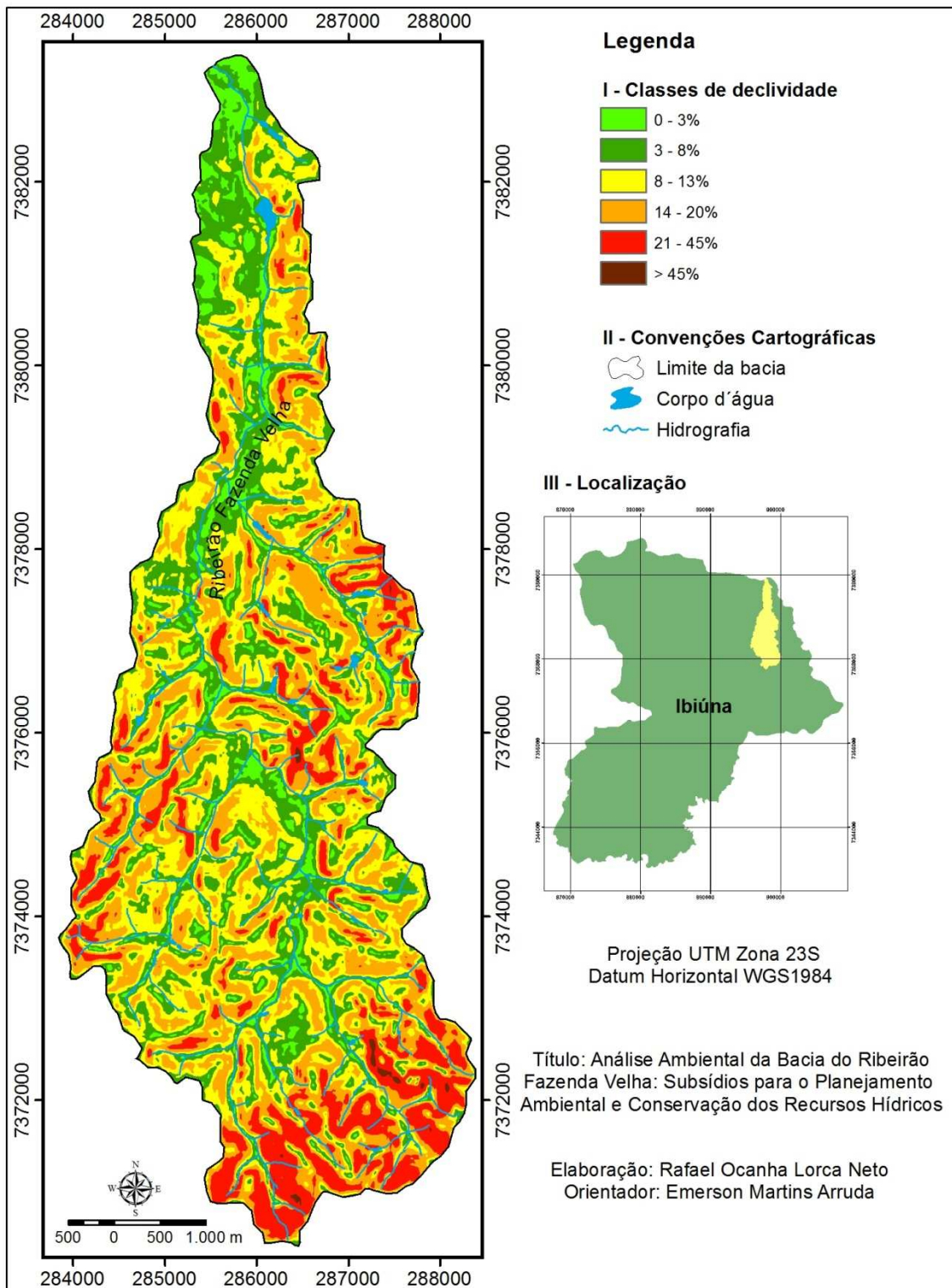
Fonte: Embrapa (1999).

Alguns estudos sugerem outras classificações para a declividade em relação ao uso e ocupação do solo (Herz & de Biasi, 1989,). Declividade com até 5% é o limite para o desenvolvimento urbano-industrial. Declividade entre 5 a 12% é o limite para o emprego da mecanização na agricultura enquanto que até 30% é o limite para a urbanização sem restrições, definido pela Lei Federal 6766/1979. As áreas acima de 47% são Áreas de Preservação Permanente (Lei Federal 12.651/2012).

É importante ressaltar algumas limitações com o uso de SIG para produção dos mapas de declividade. O SIG não classifica corretamente a declividade nos topos de morro e fundos de vale. Devido à forma de triangulação dos dados altimétricos, o SIG classifica os fundos de vale e topos

de morro como áreas planas, porém em campo, sabe-se que existe a continuidade da declividade, uma vez que possuem uma forma arredondada e não plana.

A análise morfométrica da bacia mostrou que a bacia é de 4ª ordem, formada por 108 cursos de água. A densidade de drenagem é de 2,9 km/km². Segundo Christofolletti (1980), bacias com densidade de drenagem de até 7,5 km/km² apresentam baixa densidade de drenagem, indicando uma escassa disponibilidade hídrica. Na análise do índice de circularidade apresentou um valor de 0,3 (adimensional). Portanto, a bacia possui uma forma mais alongada, não retendo grandes quantidades de água, o que favorece o processo de escoamento superficial.



**Mapa 7:** Classes de declividade na Bacia do Ribeirão Fazenda Velha.



Nota-se que as regiões planas são cobertas por fragmentos florestais e lavoura de hortaliças e pastagem. Nas regiões com declividade entre 3 à 13% há o predomínio de lavouras de hortaliças e de áreas com fragmentos florestais (tabela 4). A partir de 20% de declividade, começa a diminuir as áreas com plantio de hortaliças e pastagem e passa a ter o predomínio de áreas com fragmentos florestais e plantio de eucaliptos (silvicultura).

**Tabela 5:** Área ocupada por uso e ocupação do solo por classe de declividade.

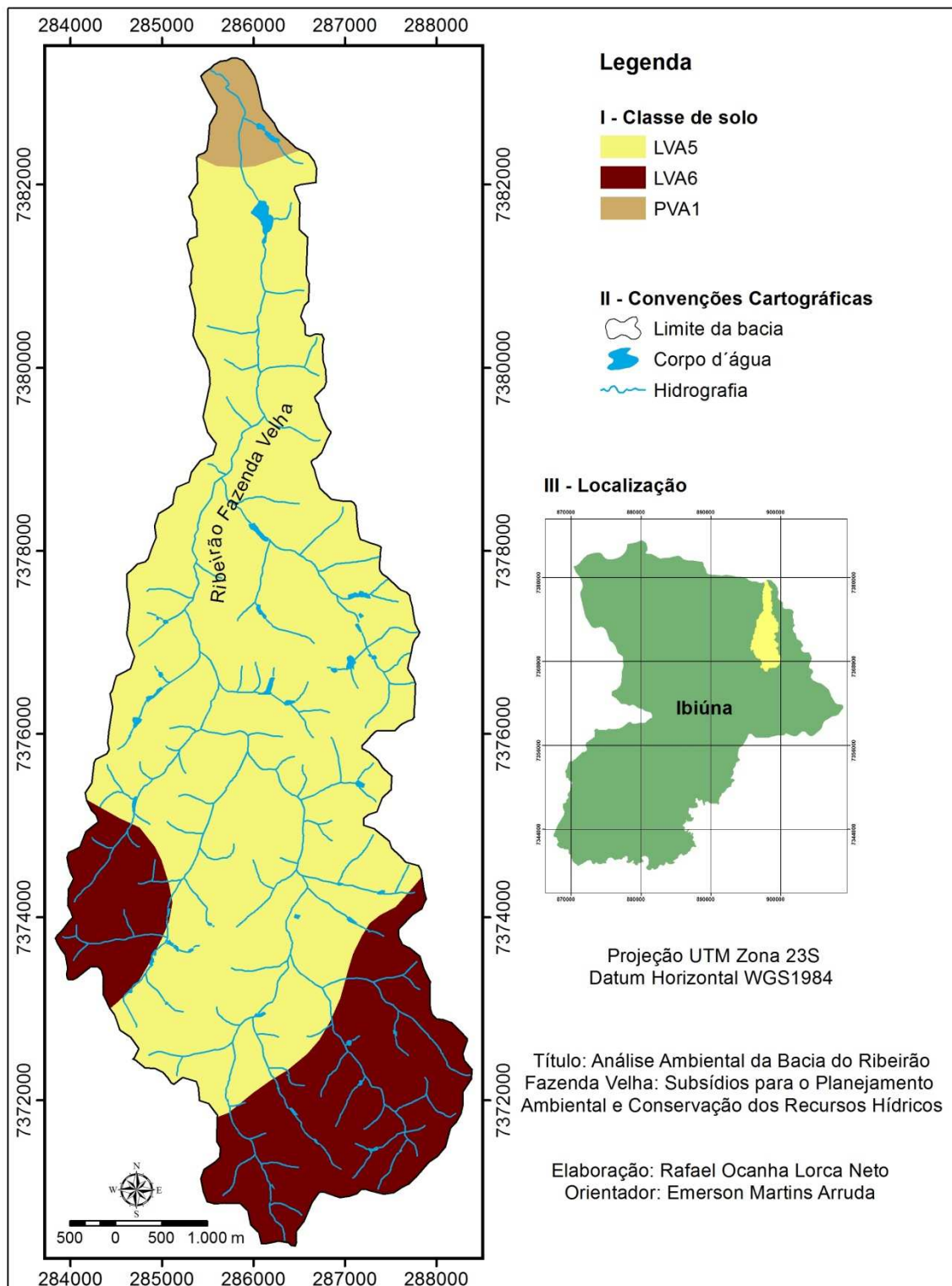
Uso e ocupação do solo (ha)	Declividade					
	0-3%	3-8%	8-13%	13-20%	20-45%	45-100%
Área residencial	6,8	45,7	63,5	46,7	7,3	0
Corpo d'água	1,8	10,4	6,5	4,9	1,3	0
Fragmento florestal	51,7	189	236,2	264,3	143,2	1,6
Lavoura de hortaliças	51,3	209,6	266,7	211,4	38,3	0,1
Outros usos	1,2	2,5	7	5,8	0,3	
Pastagem	48,7	131,6	138,4	119,7	40,3	1,3
Rodovia principal	1,9	1,4	2	0,2	0	0
Sede e edificações	19,8	43	21,2	8,6	3,6	0
Silvicultura	14,8	82,8	114,5	151,1	138,1	2,6
Solo exposto	2,5	10,9	6,4	2	0,4	0
<b>Total</b>	<b>200,6</b>	<b>726,9</b>	<b>862,4</b>	<b>814,7</b>	<b>372,8</b>	<b>5,6</b>

Com o desenvolvimento da silvicultura na bacia, observa-se a expansão dessa atividade em áreas que devem ter um planejamento adequado. A silvicultura é predominante no setor da alta bacia, onde se concentram as altitudes e declividades mais acentuadas da bacia.

Associado ao relevo, o solo é outro importante componente a ser analisado em uma bacia hidrográfica (Mapa 8). Dependendo das propriedades do solo, somadas às características físicas da bacia, pode-se inferir se ela é mais suscetível a processos erosivos e tendo, portanto, as estratégias para proteção e conservação adequadas a essa realidade.

A bacia é composta por 76% de latossolo vermelho-amarelo. Esse tipo de solo geralmente tem boas propriedades físicas para o desenvolvimento da vegetação, e apresenta elevada porosidade, que pode variar entre 50 à 60% (IBGE, 2012). Por isso são muito utilizados para as práticas agrícolas.

Outro tipo de solo presente na bacia é o Argissolo, caracterizado por apresentar material argiloso. Geralmente são solos profundos, facilitando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Quanto a permeabilidade a águas da chuva, são classificados entre bem e moderadamente drenados (IBGE, 2012).



**Mapa 8:** Classes de solo da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.

## 6.2. Problemas Ambientais

Nesta etapa buscou-se elencar os principais problemas ambientais observados na bacia e relacionar às restrições ambientais associadas a determinado usos do solo. Assim foi possível identificar os conflitos quanto ao uso e interferência nos corpos hídricos, e traçar as estratégias de ação para mitigações e orientação quanto ao uso e ocupação do solo.

### 6.2.1. Erosão e Assoreamento

Constatou-se que em toda a área de estudo, os cultivos de hortaliças são feitos sem adoção de técnicas de manejo do solo. Apesar de, em muitos casos, as linhas do plantio seguirem em sentido transversal a vertente, o solo ainda fica constantemente exposto (Foto 6), durante os ciclos das culturas, facilitando os processos erosivos, devido à erosão hídrica.



**Foto 6:** Setor da média bacia com linhas de plantio de hortaliças. Nota-se a remoção total de qualquer cobertura do solo, expondo-o a ação erosiva das chuvas (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012).

A ação erosiva da chuva ocorre devido ao impacto direto das gotas no solo desprotegido. Parte da camada superficial é desagregada e transportada pelo fluxo de água, quando a permeabilidade do solo atinge o grau de saturação. O acúmulo de água ocorre devido à compactação do solo conforme as gotas de chuva vão atingindo o chão. O impacto direto das gotas de chuva leva o selamento da camada superficial, o que reduz a taxa de infiltração da água e aumenta o volume da enxurrada. Quando os plantios e estradas seguem o sentido da vertente até a calha principal, se potencializa a ação erosiva da chuva e o carreamento de toda a camada superficial do solo (ZOCCAL, 2007).

Segundo Caixeta *et al.* (2009) o cultivo de hortaliças é uma atividade agrícola que utiliza o solo intensivamente, com o ciclo curto das culturas, associado a frequência do preparo do solo (canteiros e leiras), cria-se condições desfavoráveis para a manutenção da capacidade produtiva da área.

Por serem culturas de ciclo rápido (em média menos de 100 dias), e utilizarem de técnicas tradicionais para o plantio, o solo é constantemente exposto aos efeitos erosivos da chuva. Quando associado à declividade elevada e a solos mais suscetíveis a erosão, esse processo pode ser ainda mais intensificado.

No período de chuva (setembro/2012) foram identificadas algumas áreas de cultivo com erosão em forma de sulco. Todo esse material carreado acaba sendo transportado até o corpo d'água a jusante da área cultivada (figura 8). Mesmo ocorre nas estradas vicinais ao longo da bacia, que em muitos pontos foram identificados os mesmos padrões de erosão. No total foram identificadas 10 áreas com problemas de erosão do solo.

Devido ao planejamento inadequado das estradas, principalmente em regiões com o relevo mais acidentado, o traçado acaba seguindo o sentido do declive, ou margeando os cursos de água. Essas estradas atuam como calhas para a condução de água pluvial e deposição dos sedimentos transportados até as áreas mais baixas.

Em alguns setores da bacia as estradas estão localizadas em declividades acentuadas, e como o solo foi compactado, toda a água da chuva desce com mais volume e velocidade, concentrando-se nas laterais junto aos

taludes, potencializando os processos erosivos e resultando no carreamento de material sedimentar para os fundos de vale. Naqueles casos onde não há APP preservada aumenta-se o risco de contaminação, assoreamento e eutrofização dos corpos hídricos.



**Foto 7:** Curso de água recebendo sedimentos da área agrícola a montante, setor da alta bacia. Nota-se a cor da água, como indicativo da entrada excessiva de sedimentos (LORCA NETO, R. O., março/2013).

Em áreas com vegetação natural, que foram visitadas, constatou-se que o solo não apresentava erosão e estava coberto por uma camada de serrapilheira. O dossel das árvores, as raízes e a serrapilheira protegem o solo e dão estabilidade aos terrenos com declividades elevadas. Nas áreas de silvicultura também não foram encontrados sulcos de erosão.

Devido à remoção da camada superficial o solo perde importantes nutrientes, insumos agrícolas e a matéria orgânica, que são utilizados para o crescimento das culturas agrícolas. O solo empobrecido dificulta o crescimento dos vegetais, resultando na perda da produtividade das culturas. Portanto, além dos danos ambientais começam a surgir problemas sociais, uma vez que

o agricultor não consegue manter uma produtividade constante, recorrendo à compra de mais insumos agrícolas encarecendo a sua produção.

Andrade *et al.* (1999), observaram que em plantios de milho, a média da perda de solo em áreas que não foram adotadas técnicas de manejo foi 17 vezes maior que em áreas com cultivo em camalhão seguindo as curvas de nível. Galindo *et al.* (1991) observou o mesmo padrão de perdas de solo em cultivos de mandioca em áreas com declividade média de 12%. No plantio convencional a perda de solo chega se quase 100%, quando comparado com camalhões em curvas de nível.

Em oficinas sobre práticas agrícolas, organizada pela ONG SOS Itupararanga, ocorreram relatos de participantes que representavam um dos bairros (Sarà-Sarà) da bacia. Os mesmos alegaram usar quase duas vezes mais insumos agrícolas do que o recomendável, devido à perda de produtividade do solo ao longo dos anos. Muitos deles também informaram que no interior de suas propriedades ocorrem feições erosivas.

A perda de produtividade das lavouras é consequência da falta de aplicação das técnicas adequadas para o manejo correto das lavouras. Assim aumentam a utilização de insumos agrícolas para o fortalecimento das espécies cultivadas em busca de um aumento na produção. Esse processo de retro-alimentação só tende a crescer ao longo do tempo. Nos pontos que foram observados os processos erosivos, o solo foi compactado e todo o material carregado para áreas à jusante.

O resultado do carregamento de todo o material do solo está diretamente relacionado com assoreamento e contaminação dos corpos hídricos (Foto 8). Devido à compactação do solo, todo o material transportado pela chuva é depositado em um curso d'água ou reservatório, resultando no assoreamento e contaminação da água, tanto por sedimentos em suspensão quanto por agroquímicos solubilizados no fluxo do escoamento.



**Foto 8:** Setor do Auto Ribeirão Fazenda Velha com áreas de plantio apresentando sulcos de erosão. Nota-se que toda a água originada da irrigação está carreando o material particulado do solo até o curso d'água a jusante (LORCA NETO, R.O., junho/2012).

Foram identificados 5 pontos com assoreamento. Todos estavam próximos de estradas vicinais. O assoreamento reflete o material deslocado de áreas erosivas, localizadas a montante da bacia. Os sedimentos transportados são depositados nos setores da baixa encosta e fundos de vale, sendo retrabalhados até atingir os canais fluviais. O assoreamento dos corpos hídricos compromete a profundidade da calha de um rio ou de um reservatório, alterando assim a vazão da água (Foto 9). Períodos de chuva podem resultar em intenso escoamento superficial, aumentando o risco de inundações nas planícies fluviais.





**Foto 9:** Setor da média bacia com afluente sendo assoreado devido a erosão do solo em suas margens. (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012).

Oliveira, Pinto e Lombardi Neto (2007) identificaram problemas ambientais similares na bacia do Ribeirão Cachoeira. Mesmo em áreas planas, com cultivo de cana de açúcar, foi constatada erosão da área e conseqüentemente todo o material carreado foi sendo depositado em um reservatório. Os autores alertam quanto ao comprometimento do reservatório para o abastecimento público e sobrevivência da fauna aquática.

Segundo Bufon *et al.* (2012), na bacia do Córrego da Barrinha, nas áreas com preparo para o plantio de soja, sem as técnicas de conservação do solo, foram constatadas formações de erosão em sulcos e também assoreamento das áreas com plantio de arroz (localizadas a jusante). Devido o transporte dos sedimentos pela erosão da chuva, todo esse material foi depositado em um reservatório na bacia, resultando no assoreamento do corpo d'água e redução da qualidade da água.

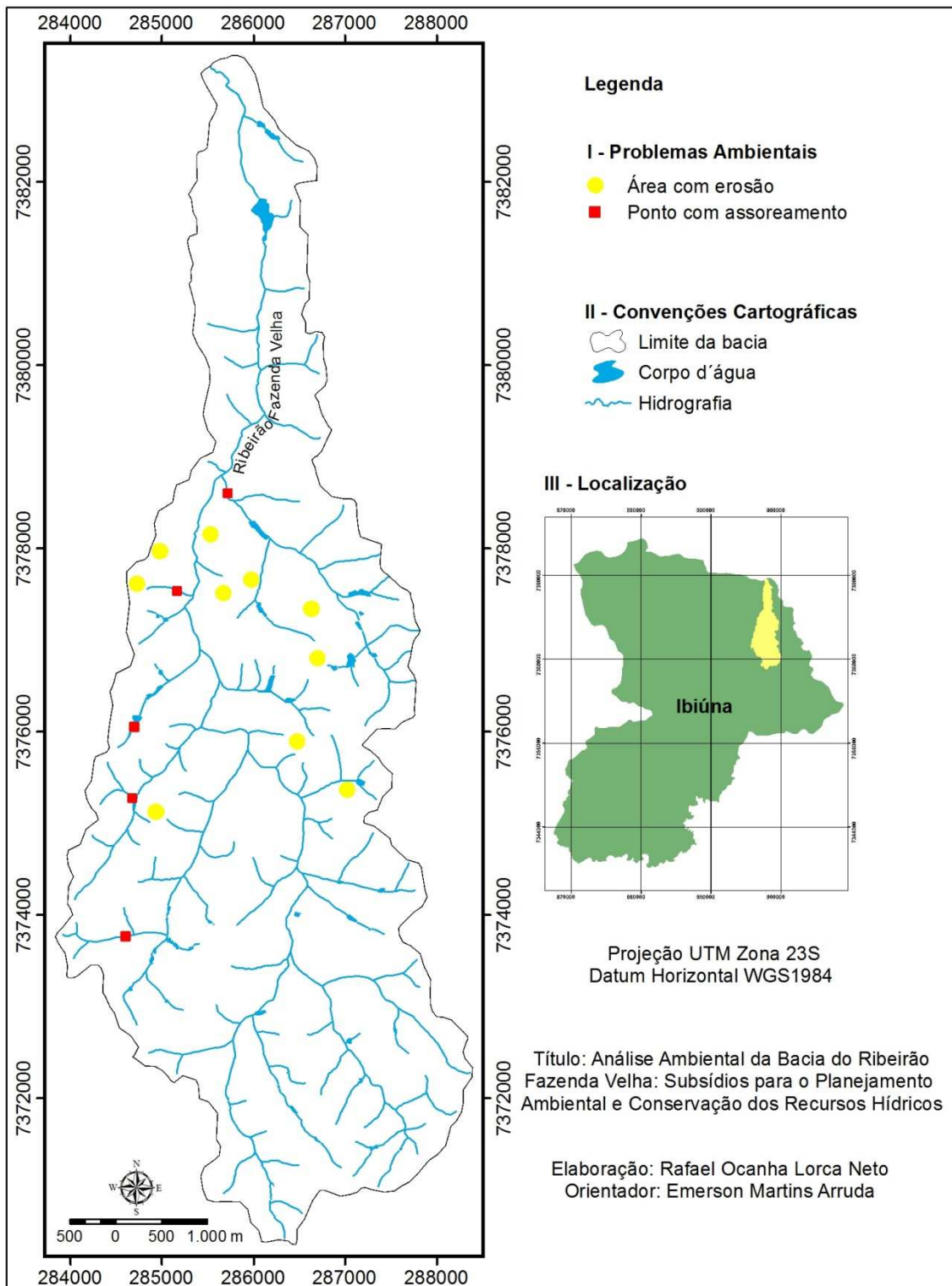
Na bacia do Ribeirão Fazenda Velha, nos pontos onde ocorreu o assoreamento (Foto 10), nota-se o crescimento de espécies dominadoras

como a taboa (*Typha dominguesis*) e braquiárias (*Brachiaria arrecta*). Esse tipo de vegetação cresce com rapidez e pode influenciar diretamente na presença da fauna aquática. O assoreamento de cursos d'água pode alterar a dinâmica do ecossistema aquático, interferindo diretamente na composição das comunidades aquáticas.



**Foto 10:** Setor da baixa bacia, com assoreamento em um barramento do trecho do Ribeirão Fazenda Velha. (LORCA NETO, R.O., janeiro/2012)

O mapa 9 reúne todos os pontos amostrados na bacia do Ribeirão Fazenda Velha, indicando em quais locais foi observada a erosão do solo e também o assoreamento dos corpos hídricos. Em alguns trechos da bacia, principalmente na região sul do setor da alta bacia, não foi possível identificar pontos de assoreamento ou erosão, uma vez que as áreas eram particulares e sem a permissão para entrar.



**Mapa 9:** Identificação dos pontos com problemas ambientais relacionados a erosão do solo e assoreamento dos corpos hídricos.

Mesmo fazendo o uso de imagens de satélite, alguns setores não possibilitaram boa interpretação. Em geral, tal aspecto está relacionado à setores de adensamento de vegetação e matas ciliares. De qualquer forma, estas mesmas características são balizadoras de redução do escoamento superficial, diminuindo a abertura de formas erosivas e assoreamento.

### **6.2.2. Contaminação e eutrofização da água**

No setor da média bacia estão localizadas as maiores concentrações populacionais, e são as áreas com maior potencial de contaminação dos corpos hídricos por esgoto doméstico. Estima-se a existência de 750 residências, distribuídas entre 4 bairros rurais: Sorocamirim, Domingues, Pires e Sará-Sará. Por meio da visita em campo, constatou-se que são bairros consolidados, com algumas chácaras de veraneio onde vivem, considerando o último senso do IBGE (2010), aproximadamente 2.400 pessoas na bacia.

Em todas as oficinas organizadas pela ONG SOS Itupararanga foram pontuados os problemas relacionados a saneamento básico. Os participantes informaram que o efluente gerado é normalmente depositado em “fossas negras”. Essas fossas não possuem nenhum tipo de vedação para proteger o solo e os cursos d’água subterrâneos. Além disso, os participantes afirmaram que em alguns casos ocorre lançamento de esgoto diretamente nos corpos d’água superficiais.

Segundo o Plano de Saneamento de Ibiúna (2009), apenas a Sede e o distrito do Paruru possuem uma rede coletora de esgoto, os demais núcleos urbanos não possuem. A zona rural também não possui sistema de esgotamento sanitário devido à distribuição isolada das propriedades, existência de muitos loteamentos irregulares e condomínios fechados. Em campo observou-se em alguns pontos, o despejo de efluentes domésticos diretamente nos corpos hídricos (figura 12). O atual sistema de tratamento de esgoto do município atende 55% da população urbana e tem uma eficiência de 90% no tratamento, sendo que a média de esgoto lançado por habitante é de 0,09 kg.DBO/hab.dia.



**Foto 11:** Setor da média bacia. Indicação de efluente de esgoto doméstico sendo lançado no corpo hídrico. (Autor: ONG SOS Itupararanga, 2012).

Segundo Martineli *et al.* (2002) o volume de esgoto gerado por habitante é em média 0,180 m<sup>3</sup>/dia. Considerando a população da bacia, estima-se que o lançamento de esgoto é de aproximadamente 430 m<sup>3</sup>/dia. Como o solo predominante é o Latossolo Vermelho Amarelo, com grande permeabilidade a infiltração, existe um elevado risco de contaminação das águas subterrâneas. Considerando que a população rural do município capta água de poços “caipiras”, há o risco de contaminação da água.

Diversos autores relacionam a entrada do esgoto no sistema aquático com a eutrofização dos rios. No caso da bacia do Ribeirão Fazenda Velha, o lançamento de esgoto chegará até o rio Sorocamirim e esse desembocará no Reservatório de Itupararanga.

Ao analisar os Relatórios de Águas Superficiais da CETESB, verifica-se que o Índice de Qualidade de Água para Abastecimento Público – IAP do reservatório reduziu consideravelmente nos últimos 10 anos. A qualidade da água, no ponto de monitoramento SOIT 2900, reduziu de 89 pontos (2002) para 62 pontos, em 2011. Os fatores que mais contribuíram para os resultados observados são o lançamento de efluentes domésticos não tratados das áreas urbanas e rurais; o uso intensivo de fertilizantes nas áreas agrícolas; remoção da mata ciliar; perda de nutrientes do solo exposto a processos erosivos. Além da poluição por lançamento de efluentes domésticos, também se deve atentar a ocupação predominante de lavouras de hortaliças (Figura 4) e pastagem, que juntos somam mais de 50% destas áreas. Devido a uso de defensivos agrícolas e a elevada quantidade de fertilizantes nos cultivos de hortaliças, uma grande quantidade acaba sendo transportados para os corpos hídricos, nos períodos de chuva.



**Figura 4:** Imagem do setor do alto Ribeirão Fazenda Velha, onde se identificam várias áreas agrícolas próximas aos cursos d'água. Fonte: Imagem do Satélite SPOT.

Para os agricultores, ficar próximo ao curso d'água, em regiões com declive inferior a 3%, reduz os custos de investimento e manutenção do sistema de captação de água. Devido à proximidade com o leito dos rios, essas regiões podem ser constantemente encharcadas na época de chuva e, portanto são áreas sensíveis com relação ao uso de agrotóxicos e fertilizantes.

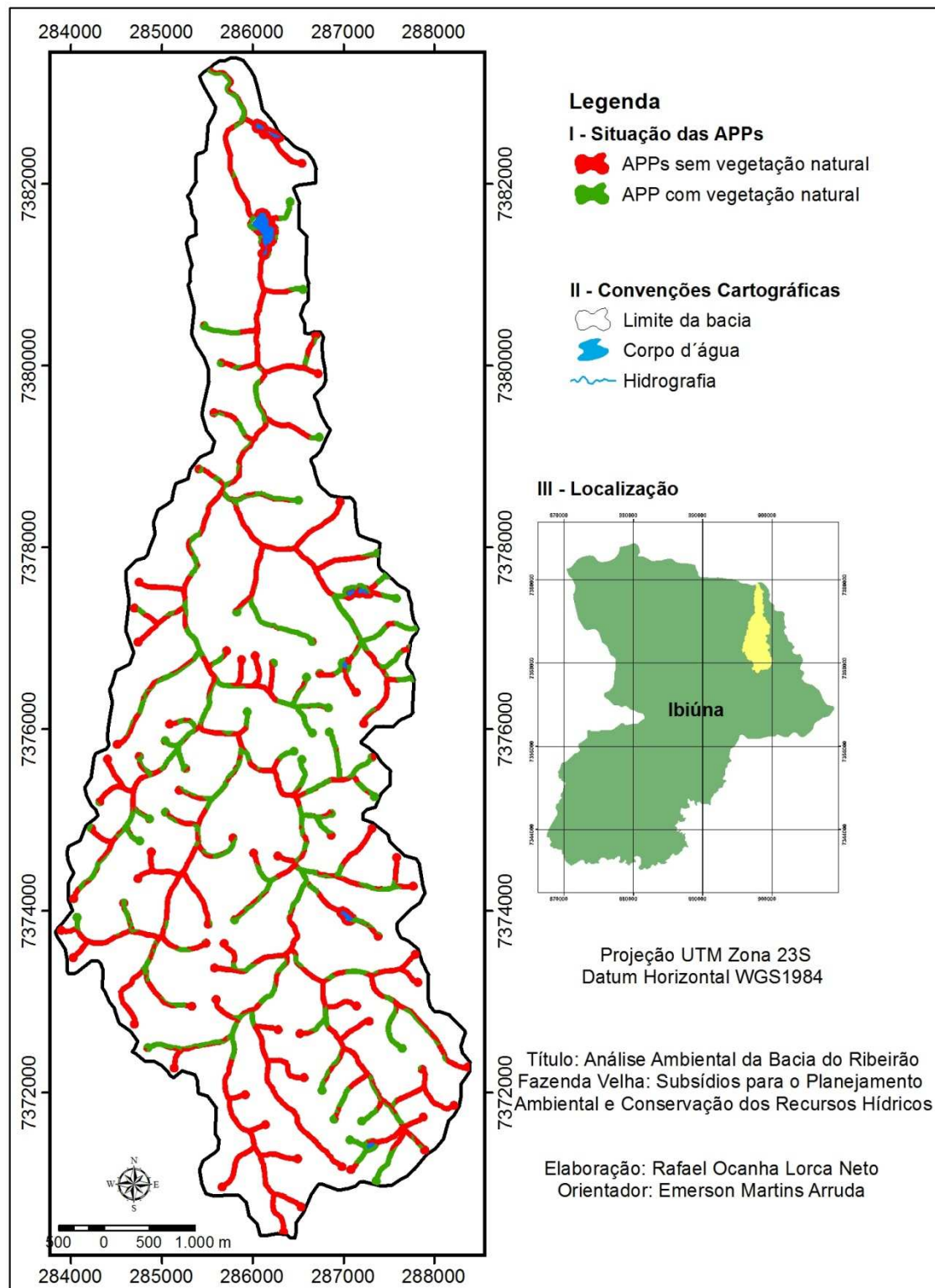
No estudo de Valarini *et al.* (2011), foi encontrado um elevado teor de fósforo (238 mg/l) em plantações no município de Ibiúna. O valor foi 100% maior do que o suficiente para obtenção de elevadas produtividades de hortaliças (120 mg/l), em plantios convencionais. Nota-se um uso desmedido por parte dos agricultores, na tentativa de compensar a perda de produtividade do solo.

Cunha (2012), que fez uma análise da qualidade de água do Reservatório de Itupararanga, revelou uma situação preocupante quanto a quantidade de fósforo que entra no reservatório. Seu estudo levou em consideração as bacias contribuintes para a formação do reservatório, Rio Una, Sorocabaçu e Sorocamirim. O autor menciona que mesmo que o principal poluidor sejam os efluentes domésticos não tratados, existe uma forte contribuição das áreas agrícolas. Para que a qualidade da água atinja os limites das concentrações de referência para fósforo e nitrogênio, seria necessária a redução em 67% e 25%, respectivamente.

### **6.2.3. Desmatamento da Mata Ciliar**

Em diversos pontos da bacia observa-se que a vegetação existente encontra-se fragmentada e com as Áreas de Preservação Permanente – APP ocupadas por outros usos (Mapa 10). As regiões sudoeste e centro-sul da bacia concentram as áreas de produção de hortaliças, que muitas vezes expandiram os cultivos até as margens dos corpos d'água.

A bacia do Ribeirão Fazenda Velha possui 500,4 hectares de APPs. Sendo que apenas 227,7 ha ainda estão com a vegetação natural (45,5%). A expansão da silvicultura, principalmente na região das cabeceiras, corresponde a 18,3% das ocupações em APP, seguido de pastagem (16,7%), agricultura (12%), áreas residenciais (2%).



**Mapa 10:** Situação quanto à cobertura de vegetação natural em Áreas de Preservação Permanente da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.



Na análise espacial também foi identificado que aproximadamente 50% das nascentes possuem APPs com a vegetação natural. Novamente a silvicultura é a atividade com maior predomínio de ocupação irregular correspondendo em 20% das APPs, seguido em 12% por pastagem, 10% por agricultura. Com a remoção da mata ciliar aumenta-se o risco de contaminação, assoreamento e eutrofização dos corpos hídricos.

A remoção da vegetação em APP para expansão de cultivos agrícolas e pastagem (Foto 12) é comumente observada em todo o interior do Estado de São Paulo. Segundo Crestana *et al.* (1993), ainda existe uma grande deficiência quanto aos meios para verificação de danos ao meio ambiente. Nas oficinas organizadas pela ONG SOS Itupararanga, muitos moradores revelam certa desconfiança dos órgãos ambientais. Constata-se que na visão dos mesmos, os fiscais só buscam entraves para que não utilizem as suas terras para plantio. Com essa falta de comunicação somada a falta de infra-estrutura para fiscalização, é comumente verificado o desmatamento de APPs.

Diversos estudos apontam o papel importante das vegetações naturais na produção de serviços ambientais. Elas são importantes, principalmente ao longo dos rios e ao redor de lagos, pois exercem uma função protetora sobre os recursos naturais bióticos e abióticos, trazendo uma série de benefícios ao ecossistema.

A vegetação ao longo dos cursos fluviais é denominada mata ciliar. Devido às características do relevo, hidrologia e solo, sua extensão e composição florística pode variar ao longo do mesmo curso fluvial. Segundo Landell-Mills & Porras (2002) as matas ciliares são importantes para manter uma boa qualidade dos recursos hídricos, pois fazem a manutenção do fluxo de água em épocas de seca, controle de enchentes, fixação dos sedimentos e controle de erosões, filtram os sedimentos, nutrientes e/ou produtos químicos entre os terrenos mais altos e o ecossistema aquático, evitando a contaminação de rios e lagos e processos de eutrofização (LANDELL-MILLS & PORRAS, 2002, DURIGAN & SILVEIRA, 1999).

Além das funções de proteção do solo e dos cursos fluviais, as áreas com vegetação florestal também desempenham a função de estabilidade

microclimática, atenuação da poluição atmosférica, prevenção contra a ação do vento e ruído, captação de carbono e fornecimento de oxigênio, recreação e educação, produção de biomassa e fornecimento de energia e produtos florestais, proteção da fauna e flora (KOBAYAMA, 1999).

A sua função de proteção e permeabilidade do solo, quanto à infiltração da água pluvial, é essencial para a recarga do lençol freático. Segundo Borges *et al.* (2005) ao realizarem um estudo de permeabilidade na bacia, verificaram que nas áreas de florestas houve infiltração 94,81 mm.h<sup>-1</sup>. Ao comparar áreas com outros tipos de cobertura florestal, houve uma redução de 24% em áreas com eucaliptos, 64% em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e 91% em áreas de pastagem.

Diversos estudos apontam as funções das florestas naturais para retenção de água no solo durante os períodos de chuva, e liberando-a aos poucos durante o período de seca. Quando ocorre o corte desta vegetação, a função de retenção da água se perde, devido à compactação do solo para outros usos (Bruijnzeel, 2004; Valejo, 1982, Burger, 1972). Após a mudança do uso do solo observa-se um grande aumento do escoamento superficial, nos períodos chuvosos, uma vez que parte da água fica retida nos estratos arbóreos, serrapilheira e solo (OLIVEIRA JR & DIAS, 2005; BRUIJNZEEL, 2004; COSTA *et al.* 2003; COELHO NETO, 1995). Com o aumento do escoamento superficial, intensificas-se os processos erosivos e carreamento de sedimentos até os corpos d'água.



**Foto 12:** Curso fluvial sem a área de preservação permanente. Nota-se o predomínio da braquiária em seu entorno e a cor da água indica a entrada de grande quantidade de sedimentos (LORCA NETO, R.O. janeiro/2013).

### **6.3. Áreas Prioritárias para Conservação dos Recursos Hídricos**

Após a análise ambiental da bacia, foi possível identificar as áreas mais frágeis e importantes para conservação dos recursos hídricos. Foi constatado que as Áreas de Preservação Permanente e de Fragmentos Florestais sofrem constantemente pressão devido à expansão das lavouras de hortaliças e silviculturas. O que se observa em áreas rurais, como o caso da Bacia do Ribeirão Fazenda Velha, é que existem muitas propriedades, com áreas inferiores que 5 hectares. Considerando que é uma região com fortes declividades e relevo com predomínio de morros, faz com que os agricultores utilizem o pouco espaço de suas propriedades de forma que aumente ao máximo a sua produção.

Entendendo a dinâmica entre esses componentes que interagem na bacia, foram classificadas as áreas prioritárias. No total foram delimitados 83,5

hectares de áreas com alta prioridade, 378,1 hectares com prioridade muito alta, que somadas correspondem a 15,5% da área da bacia (tabela 6).

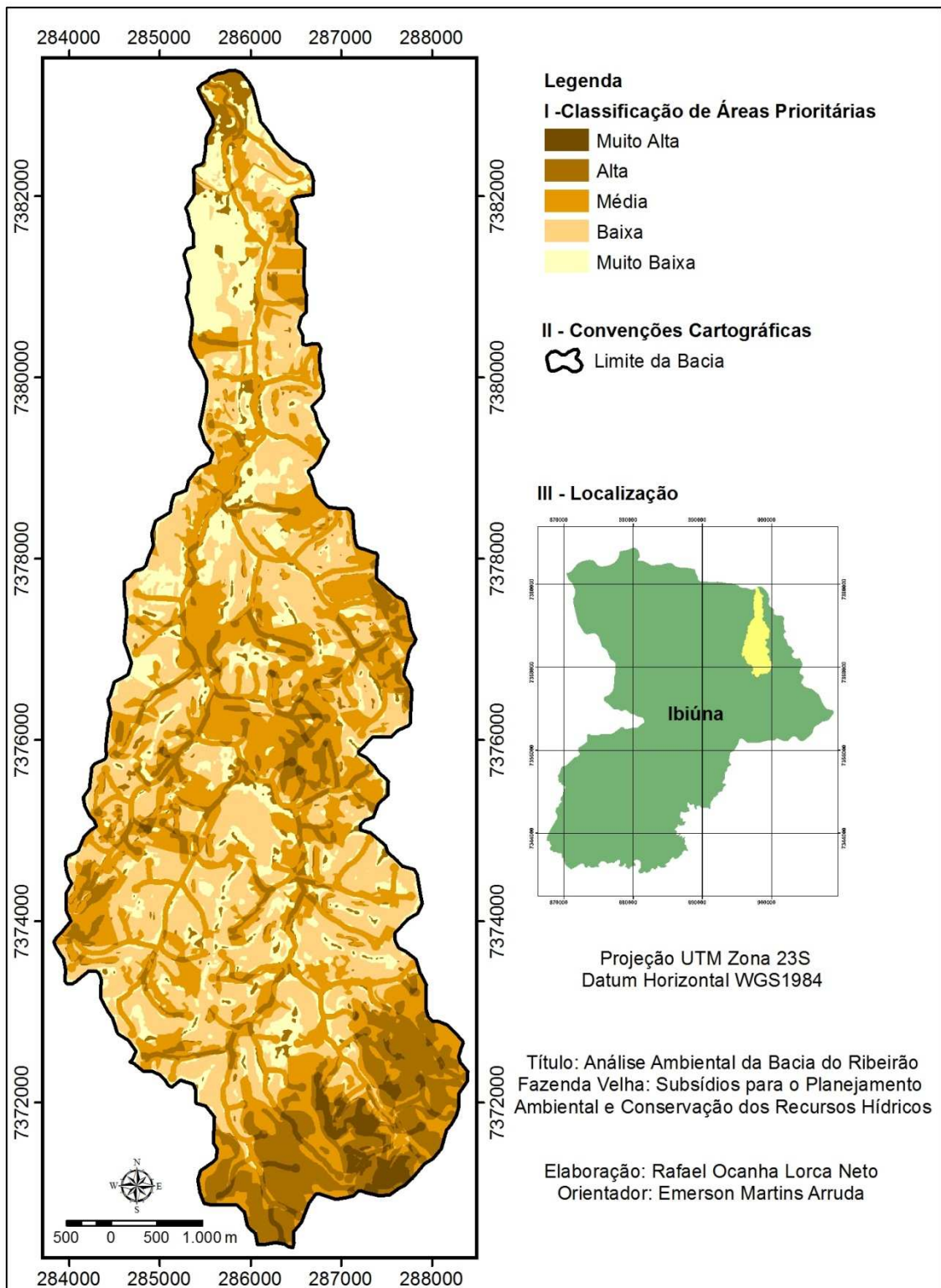
**Tabela 6:** Classes de prioridade para conservação dos recursos hídricos, com o total de área abrangida e as respectivas percentagens em relação a área total da bacia.

<b>Prioridade</b>	<b>Área (Hectares)</b>	<b>% em relação a área da bacia</b>
Muito Alta	83,5	2,8
Alta	378,1	12,7
Média	1.089,5	36,6
Baixa	1.105,8	37,1
Muito Baixa	323,1	10,8
<b>Total</b>	<b>2.980</b>	<b>100</b>

Ao analisar o mapa de Áreas Prioritárias, constatou-se que no setor da alta bacia (Mapa 11), próximo as cabeceiras do Ribeirão Fazenda Velha concentram as áreas com prioridade alta e muito alta. Por ser uma região de morros, com elevado número de nascentes e ainda com fragmentos florestais, torna-se uma região estratégica para a recarga dos cursos fluviais e proteção dos afloramentos de água, contra os processos erosivos. Deve-se salientar que existem grande áreas com plantio de eucalipto, sendo necessário um planejamento quanto à produção, para não resultar em impactos diretos ao solo e aos corpos de água.

Também se observa a concentração de áreas com prioridades, alta e muito alta, ao longo das APPs que ainda possuem vegetação nativa. Essas áreas são estratégicas para proteção dos cursos de água uma vez que a vegetação tem a função de proteger o solo e ainda protege os cursos de água quanto possíveis escoamento de defensivos agrícolas e sedimentos. As áreas com média prioridade são as áreas com fragmentos florestais fora de APP, algumas regiões com morro e declividade acima de 20% e na região na planície fluvial do rio Sorocamirim.

Nota-se que as áreas menos prioritárias estão relacionadas ao relevo menos íngreme, com declividade entre 3 a 20%, morros menores que 30 metros e solos mais resistentes.



**Mapa 11:** Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação dos Recursos Hídricos.

#### **6.4. Proposta de Zoneamento Ambiental**

Após a identificação das áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos, buscou-se elaborar o mapa de zoneamento ambiental para determinar as zonas e tipos de usos compatíveis para cada uma delas.

##### **I – Zona de Conservação dos Recursos Hídricos (ZCRH)**

Essa zona tem como critério a conservação da mata ciliar e proteção das áreas com declividade acentuada e morros com altitudes entre 50 e 100 metros. Devido a fragilidade ambiental e importância para manter a boa qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, fica vedada as intervenções humanas, salva em casos de utilidade pública e interesse social, e quando comprovada a inviabilidade de alternativas viáveis.

Na zona de Proteção Ambiental é somente permitido o reflorestamento de espécies arbóreas nativas. E tem como função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e biodiversidade, facilitar o fluxo gênico entre populações, proteger o solo e assegurar o bem-estar da comunidade local.

As áreas que constituírem a Reserva Legal de uma propriedade também automaticamente serão incluídas na Zona de Proteção Integral. Não é permitida a construção de residências dentro da ZPI.

##### **II – Zona de Uso Sustentável (ZUS)**

A ZUS tem como critério o manejo sustentável em áreas com fragmentos de vegetação natural e em declividades entre 13 a 20%. As atividades que podem ser exercidas nessa região são agricultura com manejo adequado do solo, ecoturismo e atividades de lazer. A função da ZUS é manter a permeabilidade do solo, conter processos erosivos, auxiliar como zona de amortecimentos da ZCRH. O pisoteio de animais, práticas agrícolas intensivas, pastagem, expansão imobiliária, podem interferir diretamente as APP e corpos d'água.

Todas as atividades para serem exercidas na ZUS devem apresentar primeiramente um plano de uso sustentável antes do iniciar as atividades, a fim de equalizar com as diretrizes ambientais e de conservação dos recursos hídricos.

Todas as propriedades deverão passar pelo cadastro ambiental rural, cuja finalidade é registrar as áreas com fragmentos florestais dentro das propriedades, identificando a forma de despejo dos efluentes domésticos e a forma de captação de água.

### III - Zona de Uso Agrícola (ZUA)

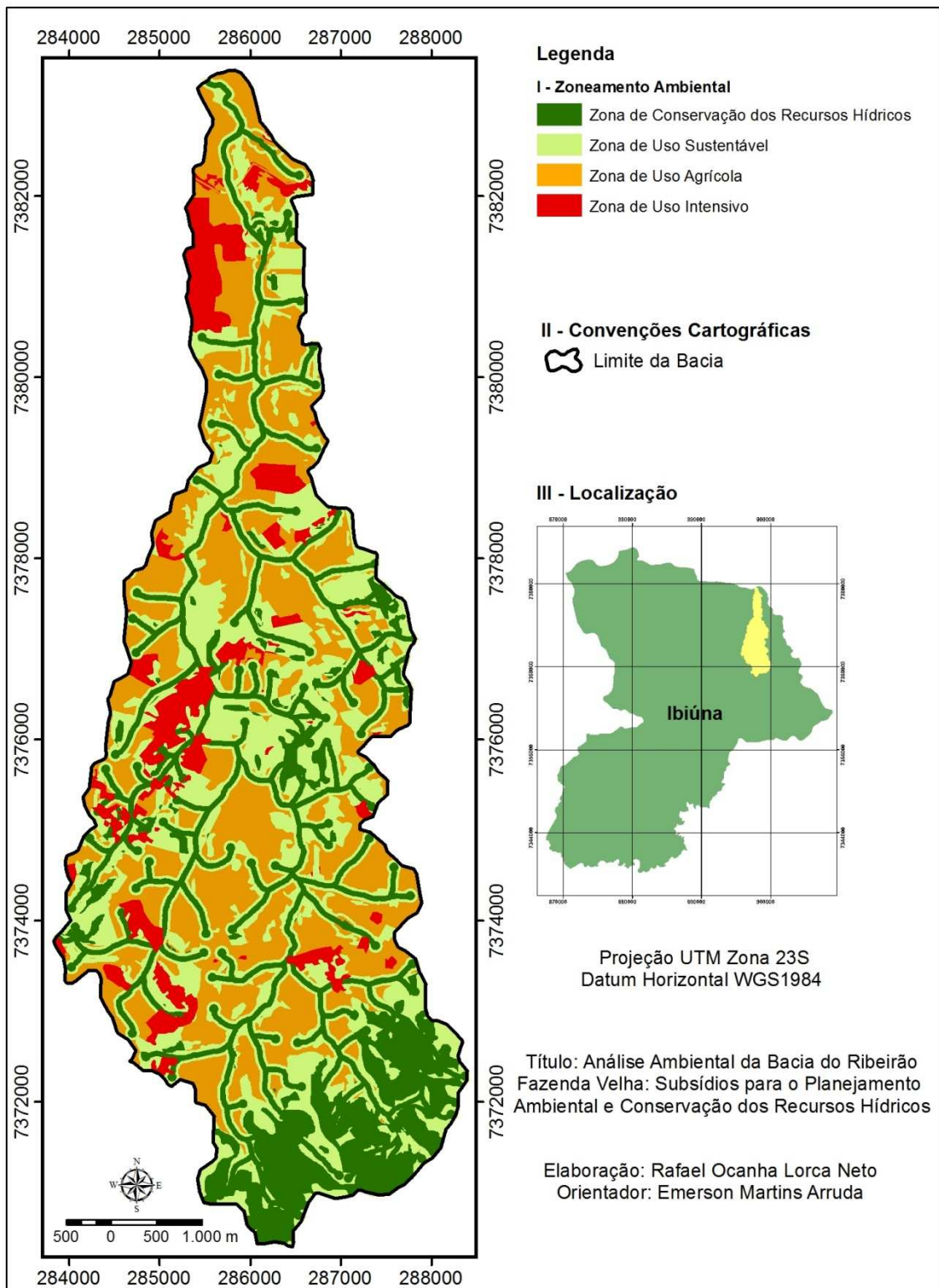
A ZUA é corresponde às áreas agrícolas da bacia. Ela tem como critério o direcionamento das atividades humanas de forma que contenha os processos de degradação ambiental. Serão permitidas as atividades relacionadas à agricultura, silvicultura, criação de animais, turismo e chácaras de recreio.

Todas as atividades para serem exercidas na ZUA devem apresentar primeiramente um plano de uso sustentável antes do iniciar as atividades, a fim de equalizar com as diretrizes ambientais e de conservação dos recursos hídricos.

Todas as propriedades devem passar pelo cadastro ambiental rural, cuja finalidade é registrar as áreas com fragmentos florestais dentro das propriedades, identificando a forma de despejo dos efluentes domésticos e a forma de captação de água.

### IV – Zona de Uso Intensivo (ZUI)

A ZUI contempla todas as áreas de bairros consolidados. São permitidas as atividades do setor de comércio, loteamentos unifamiliares, atividades agrícolas, turismo e lazer. Serão obedecidos os padrões de parcelamento municipal e os critérios adotados para o uso e ocupação solo. Todos os loteamentos localizados na ZUI deverão passar pelo cadastro fundiário a fim de regularizar situações clandestinas.



**Mapa 12:** Zoneamento ambiental da bacia do Ribeirão Fazenda Velha.



Após a elaboração da proposta de zoneamento ambiental foram utilizados os zoneamentos em escala regional, para sobrepor as informações com o que foi proposto.

O Plano de Bacias da UGRHI 10 (2008) destaca a importância da sub-bacia do Alto Sorocaba (onde está inserido o município de Ibiúna), como área estratégica para o abastecimento público. Por ser uma região predominantemente agrícola, sem esgoto tratado, prioriza-se o saneamento, a fim de minimizar os impactos ambientais no Reservatório de Itupararanga.

O Plano de Bacias também aponta a necessidade de recompor no mínimo em 50% as APPs desmatadas, uma vez que são áreas sensíveis a processos erosivos e a contaminação por defensivos agrícolas. Outro aspecto importante e ressaltado pelo Plano de Bacias foi a indicação da região das cabeceiras do Ribeirão Fazenda Velha, como área de alta suscetibilidade a erosão. O Plano determina que as áreas mais suscetíveis a processos erosivos devem ter usos mais restritivos.

Considerando o Plano de Manejo da APA de Itupararanga (2010), foram identificadas três zonas que a bacia do Ribeirão Fazenda Velha está inserida: Zona de Conservação dos Recursos Hídricos, Zona de Conservação da Biodiversidade e Zona de Ocupação Rural.

#### I- A Zona de Conservação da Biodiversidade

Está localizada no setor da alta bacia, é destinada a conservar e manter a vida silvestre e a biodiversidade a fim de garantir a manutenção da vegetação natural.

São objetivos definidos para zona de conservação dos recursos hídricos:

- a) Conservar a quantidade e a qualidade da água da bacia de contribuição do reservatório Itupararanga;
- b) Conservar as cabeceiras dos cursos d'água formadores da rede hidrográfica da sub-bacia;
- c) Garantir a manutenção da vegetação nas áreas de preservação permanente do reservatório e seus principais afluentes, garantindo a fixação do solo e a manutenção do micro-clima em seu entorno;

- d) Manter a permeabilidade do solo;
- e) Recuperar as várzeas.

II- Zona de Conservação dos Recursos Hídricos - ZCRH está localizada na região da confluência com o Rio Sorocamirim. A ZCRH compreende as áreas de maior importância no sistema hídricos da APA, e tem como objetivo assegurar a quantidade e qualidade da água que aflui para o Reservatório de Itupararanga.

São objetivos definidos para zona de ocupação diversificada:

- a) Manter os remanescentes florestais existentes;
- b) Disciplinar e orientar a implantação de novos loteamentos, condomínios e estruturas náuticas condicionando-os à adoção de medidas que garantam a sua sustentabilidade ambiental;
- c) Promover a sustentabilidade ambiental e econômica das atividades agrossilvo-pastoris;
- d) Adequar as atividades de potencial turístico aos pressupostos da sustentabilidade ambiental da APA;
- e) Promover o desenvolvimento de atividades adequadas, principalmente as de resgate da cultura rural e do ecoturismo.

III- Zona de Ocupação Rural – ZOR está localizada entre o setor da baixa e alta bacia. Quase todo o território da bacia está inserido na ZOR.

Nesta zona foram definidos os seguintes objetivos:

- a) Promover uso rural de forma disciplinada e adequada à conservação dos recursos naturais;
- b) Promover a sustentabilidade ambiental e econômica das propriedades rurais;
- c) Fomentar as atividades rurais sustentáveis e a agricultura alternativa;
- d) Adequar as atividades de caráter urbano, permitindo sua instalação apenas para usos compatíveis com a sustentabilidade da APA, sendo obrigatória a infra-estrutura de saneamento ambiental.

Em relação ao Plano Diretor Municipal de Ibiúna, nota-se que a região da bacia do Ribeirão Fazenda Velha encontra-se predominantemente em Zona de Destinação Rural. Somente na confluência com o rio Sorocamirim foi delimitado a Zona Industrial. Na Zona Industrial será permitida a implantação de indústrias com grau de impacto até o nível moderado (definido pela Cetesb de acordo com o grau de impacto para cada empreendimento) e na Zona Rural são permitidas as atividades agropecuárias, turismo rural, extrativismo vegetal e agroindústrias.

Ao se fazer a análise comparando os zoneamentos, é importante destacar como o setor da alta bacia, especificamente a região de morros, é visto como prioritário para proteção do solo (Plano de Bacias, 2008) e proteção da biodiversidade (Plano de Manejo da APA de Itupararanga). Essas informações corroboram com o zoneamento proposto por esse estudo.

Também é importante destacar que no Plano de Manejo da APA de Itupararanga foi indicada como Zona de Conservação aos Recursos Hídricos parte do setor da baixa bacia, região da planície fluvial do Rio Sorocamirim. No zoneamento proposto considerou a região da mata ciliar do Ribeirão Fazenda Velha como área mais restritiva e as demais como uso sustentável e uso rural. Para o zoneamento da APA na ZCRH é permitido atividades rurais sustentáveis, corroborando com a proposta das zonas propostas para este setor.

Ao se analisar o Plano Diretor Municipal, observa-se uma incongruência com os demais zoneamentos, uma vez que a Zona Industrial é apontada pelos outros zoneamentos como, áreas importantes para proteção dos recursos hídricos. Por ser uma região com planícies de inundações a melhor forma de manter a área protegida é através do reflorestamento de espécies nativas ou uso sustentável de práticas agrícolas.

Mesmo que a proposta de zoneamento esteja embasada em critérios técnicos, muitas vezes, na prática da gestão, observa-se diversas dificuldades que devem ser consideradas. Ao se propor zonas é necessário fiscalizá-las, que na prática torna-se algo complexo de monitorar, necessitando de corpo técnico qualificado e em quantidade suficiente para fiscalizar todo o território.

Como as zonas não possuem limites poligonais de fácil visualização, pode dificultar a identificação de seus limites em campo.

Outro fator de grande relevância a se considerar é o conflito de interesses quanto ao uso do território, que muitas vezes o interesse econômico se sobrepõe ao ambiental. Na prática o que se observa é a necessidade do crescimento econômico (expansão imobiliária, comércio, indústrias, fronteiras agrícolas) que muitas vezes, mesmo com o zoneamento proposto, se torna prioridade e o planejamento ambiental perde a sua aplicabilidade. Fatos que podem ser observados como, na atual proposta de zoneamento do município de Sorocaba (ano de 2013) com a redução da Zona de Conservação Ambiental (zona mais restritiva quanto a ocupação humana) para zonas residências (que permite os loteamentos do território), ou nas dificuldades de se monitorar as zonas restritivas da APA de Itupararanga e demais Unidades de Conservação.

Nesse sentido, entende-se que a proposta de zoneamento é coerente com os embasamentos técnicos e com os zoneamentos em escala regional, porém o existem limitação quanto à aplicabilidade na gestão do território. Outro fato a salientar é quanto ao zoneamento físico-territorial do município que apresenta algumas discordâncias, visto que para a determinação das zonas considerou-se a infra-estrutura local e aspectos econômicos em vez de os atributos físicos e biológicos da bacia.

#### **6.5. Proposta de medidas mitigadoras aos impactos diagnosticados**

De modo geral a análise ambiental da bacia mostrou que a atual forma de uso e ocupação do solo resulta em diversos tipos de problemas ao meio ambiente. A crescente demanda no mercado de hortaliças e silvicultura, e ainda o crescimento desordenado dos núcleos rurais faz com que se crie uma pressão pelo uso dos recursos naturais. O resultando é a fragmentação dos habitats, perda da disponibilidade e qualidade do solo e da água. Com o intuito de fomentar ações que visem a recuperação ambiental de bacias hidrográficas, foram sugeridas algumas possíveis ações para resolução dos problemas apontados.

Essa etapa servirá de subsídio pra o plano de ação, uma vez formulado o mapa de zoneamento, é possível elaborar o plano de ação nas áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos.

#### **6.5.1. Erosão do solo**

Segundo algumas práticas de manejo na forma do plantio pode-se reduzir consideravelmente a perda de solo e água nas áreas agrícolas. Alguns estudos obtiveram resultados satisfatórios com as técnicas de semeadura direta, escarificação do solo e plantio em curvas de nível. Albuquerque et al. (2002) verificaram a redução e perda de solo e água em solos com cobertura morta em 99 e 74%, respectivamente. Mello *et al.* (2003) verificaram que o cultivo mínimo foi mais eficiente na redução de perdas de solo (85%) e água (34%) do que o preparo do solo com arado e grade.

Segundo Zoccal (2007), o plantio deve ser direto e respeitar as curvas de nível do terreno. Segundo Alcântara & Madeira (2008), o plantio direto é a técnica de cultivo que procura manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento ou resíduos de vegetais, garantindo a proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva, e conseqüentemente a erosão. Além disso, atua na estabilidade térmica e evaporação da água do solo e incorpora a matéria orgânica permitindo a ciclagem de nutrientes. Nas áreas de risco de escoamento superficial deve-se fazer o terraceamento para que água acumulada infiltre vagarosamente no solo.

Para a bacia do Ribeirão fazenda Velha, adotar as práticas de cultura em curvas de nível, plantio direto podem obter resultados satisfatórios quanto a redução da erosão e ainda melhor a eficiência do plantio.

#### **6.5.2. Assoreamento dos corpos hídricos**

Nas áreas onde foram identificados os problemas relativos ao assoreamento será necessária uma avaliação preliminar para identificar a técnica mais adequada para a remoção dos sedimentos e vegetações invasoras. Normalmente para rios são utilizadas as dragagens ou a retirada manual, onde os sedimentos serão removidos do local até a profundidade calculada para a vazão natural do córrego. As áreas de APP deverão ser

recuperadas para que os leitos dos rios estejam protegidos dos processos erosivos. A recuperação das APPs deve ser de no mínimo 30 metros.

O planejamento para estradas rurais deve levar em consideração o perfil do relevo, sempre acompanhando as curvas de nível, a fim de minimizar o efeito de carreamento da chuva no solo desprotegido. Segundo Ross (1994), as vias de circulação devem estar nos topos dos divisores de água, patamares e vertentes de menor declividade e serem estreitos.

### **6.5.3. Contaminação dos recursos hídricos**

Nas áreas agrícolas deve-se realizar o manejo adequado do solo para redução dos processos erosivos, e conseqüentemente reduzirá o transporte de nutrientes e pesticidas usados nas plantações. Deve-se recuperar as Áreas de Preservação Permanente para contenção da erosão hídrica nas margens dos afluentes, e carreamentos do solo e produtos químicos advindos de áreas a montante das APPs. A quantidade de agroquímicos e adubação química utilizadas por cultura deve ser adequada a quantidade recomendável.

Em relação ao tratamento de efluentes, a Sabesp informou que a maior dificuldade no tratamento de esgoto em Ibiúna é instalar o sistema convencional, já que as propriedades encontram-se espalhadas em uma área muito ampla. Formas alternativas de tratamento de esgoto podem solucionar o problema, ou pelo menos reduzir os impactos de contaminação do lençol freático e as águas superficiais, até níveis aceitáveis pela legislação vigente. Segundo os trabalhos desenvolvidos pela a Embrapa, a construção de fossas sépticas biodigestoras pode ser a solução para o saneamento em áreas rurais. Devido ao seu baixo custo e facilidade de implantação, diversos projetos estão sendo desenvolvidos no Brasil. Segundo Silva *et al.* (2012), que avaliaram a eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto por fossas sépticas biodigestoras, obteve-se uma redução da DBO e coliformes fecais em 96% e 99,9%, respectivamente. O efluente tratado pode ser descartado diretamente em corpos d'água, desde tenha uma depuração prévia. Além disso, o material decantado pode ser utilizado na adubação das culturas. Assumindo um cenário que todas as propriedade rurais construam as fossas sépticas biodigestoras, a

carga orgânica remanescente será de 10,21 kgDBO/dia. Por tanto para a área de estudo é possível implantar fossas biodigestoras nas propriedades rurais com maior espaço. Nos bairros rurais é necessário a implantação da rede coletora de esgoto (pela SABESP) e construir pequenas estações para tratamento dos efluentes.

#### **6.5.4. Desmatamento de Áreas de Preservação Permanente**

Para a recomposição e recuperação da mata ciliar poderá ser adotada a as técnicas citadas por Rodrigues e Gandolfi (1993). Nas APPs que foram ocupadas por outros usos deve ser feito o plantio total. A escolha das espécies deve seguir a vegetação característica de Floresta Ombrófila Densa Montana, respeitando a quantidade de espécies hectare, descrito na Resolução N° SMA 08 de 2008. Segundo essa resolução, as espécies zoocóricas devem representar 80% das espécies a serem reflorestadas e os demais 20% para outros tipos de dispersão. As linhas de plantação devem ser intercaladas por espécies pioneiras e tardias e o espaçamento entre as mudas será de 3 x 2 metros.

O total de APP a serem reflorestadas é de 227,7 hectares e considerando a metodologia do reflorestamento proposto o total de mudas necessárias para a área é de 379.470. Para a restauração florestal é importante que seja feito o isolamento da área, construindo cercas com mourões e arame farpado. O isolamento impedirá a interferência do gado na recuperação da mata ciliar. No plantio deve-se atentar as condições do solo e se necessário corrigir os possíveis impactos existentes. Após o plantio, no monitoramento deve-se fazer o controle de formigas e capina da área, quando necessário.

### **6.5.5. Fontes de fomento para implantação das medidas mitigadoras**

Um caminho para a resolução dos problemas ambientais identificados na área de estudos é encontrar fontes de captações de recursos financeiros. Essa é uma alternativa que pode incentivar a adoção das práticas conservacionistas nas áreas impactadas. Como exemplo, existe o Programa Conservador das Águas (como no município de Extrema), que utiliza uma parcela dos recursos obtidos pela a Cobrança por Uso da Água na bacia para financiar projetos de Pagamentos por Serviços Ambientais para a recuperação da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. Essa foi uma alternativa encontrada para a resolução dos impactos ambientais que resultaram na degradação da água, solo e biodiversidade na região. Os proprietários receberiam recursos financeiros para manterem as Áreas de Preservação Permanentes reflorestadas ou conservadas, sem poderem utilizá-las na agricultura. Como contrapartida as propriedades que adotaram o programa deveriam adequar o sistema de saneamento, captação de água e recuperação das APPs e Reserva Legal para receberem o montante estipulado.

No levantamento de fontes de captação de recursos financeiros foram identificadas 4 como potenciais para investimentos em projetos ambientais (tabela 1). O Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO financia projetos na área de saneamento, restauração de APPs, controle de erosão hídrica, entre outras ações que envolvam a conservação e uso racional da água. Cada Comitê de Bacias do Estado de São Paulo recebe um repasse do recurso FEHIDRO para investimentos em projetos na sua Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI. A Cobrança pelo Uso da Água na UGRHI 10 financia projetos na área de saneamento, levantamento de dados e recuperação de APPs. Já o Fundo Brasileiro para Biodiversidade - FUNBIO financia projetos de criação e manutenção de Unidades de Conservação e proteção da biodiversidade. A Petrobras Ambiental financia projetos na área de biodiversidade, recursos hídricos e mudanças climáticas. Considerando os valores anuais desses recursos, estão disponíveis mais de 119 milhões de reais para execução de projetos na área de meio ambiente.



**Tabela 7:** Fundos disponíveis para captação elaboração e execução de projetos na área do meio ambiente

Fundos	Recursos disponíveis (2011)	Áreas de Projetos	Tomadores
FEHIDRO	2.350.000,00	Recursos Hídricos	Prefeituras municipais, órgãos governamentais, Organizações não governamentais, associações sem fins lucrativos, instituições de ensino e pesquisa
Cobrança pelo uso da água	8.000.000,00	Recursos Hídricos	Prefeituras municipais, órgãos governamentais, Organizações não governamentais, associações sem fins lucrativos, instituições de ensino e pesquisa
FunBio	7.000.000,00	Unidades de Conservação	Organizações não governamentais, associações sem fins lucrativos, instituições de ensino e pesquisa
Petrobrás Ambiental	102.000.000,00	Recursos Hídricos, Biodiversidade e Mudanças Climáticas	Associações sem fins lucrativos, fundações, OSCIPS e organizações não governamentais
Fundação O Boticário	400.000,00	Biodiversidade Recursos Naturais	Organizações não governamentais e Fundações de direito privado.

Observa-se, no entanto, certa dificuldade em conseguir a adesão dos produtores rurais em projetos relacionados a medidas mitigadoras para impactos ambientais. Como em muitos casos para as irregularidades identificadas existem penalidades descrita em lei, o agricultor apresenta receio de participar de programas ou projetos relacionados a esse assunto. Muitas vezes, informações de saneamento, remoção da mata ciliar e captação de água são ocultadas em entrevistas ou questionários.

No projeto de capacitação para produtores rurais em Ibiúna, desenvolvido pela ONG SOS Itupararanga, utilizou-se das oficinas e cursos para capacitar os proprietários sobre a importância do manejo do solo, recuperação das APPs, captação de água, manejo das culturas. Em média cada oficina participaram 30 pessoas. O que é interessante no projeto é participação dos proprietários, pesquisadores, órgãos governamentais e instituições de ensino, e todos contribuem na discussão sobre os problemas e soluções para desenvolvimento da agricultura e conservação dos recursos naturais. Porém não foram identificados projetos executivos, que visam a controle efetivo dos impactos diagnosticados. O diálogo observado nas oficinas do projeto é um passo importante para a resolução dos problemas ambientais. Com a aceitação dos produtores rurais é possível elaborar os projetos executivos necessários para recuperar a área. Sem dúvida alguma, buscando como referência o projeto Conservador das Águas, a formação de parcerias é de essencial importância para a consolidação de projetos que visem o planejamento ambiental de bacias hidrográficas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos componentes físicos e biológicos fornece boa quantidade de informações que subsidiam o planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica. Por meio desta análise é possível integrar os dados do relevo e solo, com as aptidões para o uso e ocupação do solo. Portanto, é possível estabelecer áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos em consonância com o desenvolvimento das atividades humanas.

Nesta caracterização, o uso de SIG para interpretação de dados espaciais mostrou-se eficiente, gerando importantes documentos cartográficos, que são a base para os estudos ambientais. Os mapas apresentaram informações coerentes, principalmente com os controles de campo realizados. No caso do mapa de declividade, sabe-se da deficiência que o mesmo apresenta quando elaborado em software, onde a declividade nas áreas de topos e fundos de vale não são calculados adequadamente.

Com o zoneamento proposto foi possível determinar as áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos, áreas para o cultivo de hortaliças, para a expansão imobiliária e áreas para o uso sustentável dos recursos naturais. As informações mais importantes para determinar o zoneamento foram: declividade, solo, APP e uso e ocupação do solo.

O uso da ferramenta *Weighted overlay* para sobreposição de mapas, foi um importante recurso para identificação das áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos. Com as informações sobrepostas foi possível identificar e quantificar as áreas prioritárias, de acordo com o grau de importância. Observa-se que a região das cabeceiras é a mais importante para se manter a cobertura de vegetação natural. Visto que é uma área para recarga do lençol freático e é mais suscetível a processos erosivos, devido à declividade elevada e concentra-se uma grande quantidade de nascentes.

A preservação das áreas de nascentes e a preocupação com a dinâmica hidrológica superficial toma maior expressão, pelo fato das litologias da área se referirem à rochas cristalinas, sendo os aquíferos nessas áreas pouco desenvolvidos.

Constata-se ainda que a bacia do Ribeirão Fazenda Velha encontra-se em uma situação preocupante quanto aos processos erosivos. Devido às práticas do cultivo convencional de hortaliças, de forma intensiva e sem adotar técnicas conservacionistas, diversos setores apresentam feições erosivas e pontos de assoreamento dos corpos hídricos. O problema ambiental descrito resulta em impactos diretos na fauna aquática, degradação do solo, perda da produtividade agrícola e contaminação da água.

Quanto ao processo de contaminação dos corpos hídricos, é de essencial importância as pesquisas de monitoramento da água, para quantificar e identificar a entrada de defensivos agrícolas. Nos locais indicados como áreas passíveis de contaminação, pode ser realizado futuramente o monitoramento a montante e a jusante para a quantificação da qualidade da água.

Alguns fatos devem ser ressaltados quanto à realidade para a implantação do planejamento ambiental em áreas rurais. Nota-se que essas comunidades são negligenciadas quanto ao saneamento básico. Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) devido à distribuição esparsa dos bairros rurais, o custo para implantação do sistema de tratamento convencional é elevado. A implantação de pequenos sistemas isolados para cada comunidade pode ser uma das soluções para o tratamento de esgoto. Outra forma são os projetos de implantação de fossas biodigestoras, as quais apresentaram resultados satisfatórios quanto à eliminação de patógenos (99% de eliminação) e uso do material particulado na adubação orgânica.

Mesmo que existam diversos entraves quanto à aplicabilidade de zoneamentos ambientais, deve-se mostrar que os benefícios ambientais e sociais podem de alguma forma contrapor quanto à possível perda econômica por restringir determinadas zonas ambientais. O que necessita é a elaboração de programas que visem de alguma forma, a compensação ambiental para aqueles que colaboram com a aplicação do zoneamento ambiental. Essa pode ser uma forma de incentivar a adesão dos proprietários rurais e aumentar as parcerias entre diversas instituições de ensino, pesquisa, governo, iniciativa privada e ONG.

Apesar das geotecnologias mostraram-se eficientes para determinação de áreas prioritárias e de delimitação do zoneamento ambiental, são necessários ainda os trabalhos de diagnósticos ambientais para enriquecimento das informações e elaboração de projetos específicos de recuperação de áreas degradadas. Espera-se assim que o presente trabalho contribua com estudos futuros, que façam o diagnóstico em escalas mais detalhadas. Recomenda-se, portanto, que sejam desenvolvidos parâmetros de monitoramento tanto para a dinâmica do uso do solo quanto para análise dos impactos gerados nos corpos hídricos.

Devido ao zoneamento proposto, se reconhece que as propriedades perderão parte de sua área produtiva, para o cumprimento das prerrogativas do zoneamento. Porém, o incentivo de técnicas de manejo adequado ao terreno e ao tipo de cultivo pode resultar na otimização do plantio, compensando as áreas que retornarão para conservação da água.

Os estudos de zoneamento ambiental devem levar em consideração as ações de capacitação e investimentos para o setor agrícola, a fim de aperfeiçoar a produção e atuar na melhoria ambiental de bacias hidrográficas. O incentivo por pagamentos por serviços ambientais pode ser uma solução viável para atrair a participação dos produtores, em programas de conservação dos recursos hídricos.

Após concluir esse estudo foi possível dimensionar a complexidade de elaborar e aplicar um estudo de planejamento ambiental, que não se resume na sobreposição de informações e mapas, para determinar o que deve ser feito. Um exemplo prático observado é a comparação com proposta do Plano Diretor Municipal, que direciona o desenvolvimento econômico/social de Ibiúna, e que não atribui o mesmo peso de relevância para áreas apontadas como prioritárias para conservação dos recursos hídricos. Outro fato observado é o desmatamento das APP, que por lei são protegidas, porém o que se observa em campo é a expansão das lavouras de hortaliças sem a devida preocupação com essas áreas. Mesmo que a etapa do planejamento seja importante, sem a devida articulação política e social acaba-se inviabilizando as propostas sugeridas. Sendo assim, é inevitável a necessidade de se buscar parcerias,

com as organizações das comunidades locais e entidades de ensino e pesquisa a fim de se estabelecer um objetivo comum a todos os envolvidos.

## 8. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, A.W. SANTOS, . Parâmetros erosividade da chuva, da enxurrada e da chuva-enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um Luvisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n. 6, p. 695-703, 2002.

ALCÂNTARA, F. A., MADEIRA, N. R. *Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças*. Brasília: EMBRAPA. 2008. Circular Técnico.

ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, n.41, p.169-263, 1964.

ALMEIDA, S.; FERREIRA, L. V.; VENTRICINQUE, E; O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.

ANDRADE, A. G., MAHLER, C. F., MENDES, C. A. R.; Erosão superficial em argissolo amarelo sob cultivo perene e com pousio florestal em área de relevo montanhoso. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v 37. , n.35, p. 1387-1386. 2011.

ARAÚJO, L. E. de, SOUSA, F. A. S., MORAES NETO, J. M., SOUTO, J. S., REINALDO, L. R. L. R., *Bacias hidrográficas e impactos ambientais*. Qualit@s Revista Eletrônica, Paraíba, v.8, n.1, p. 1-18. 2009.

ARRAIS, J. C. P. *Caracterização geológica e tecnológica de rochas ornamentais dos granitóides porfiróides dos maciços Sorocaba, São Francisco, São Roque, Ibiúna, Piedade e Caucáia, sudeste do Estado de São Paulo*. 2006. 223f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

BACANI, V. M., *Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS*. 2010, 222f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BERTALANFFY, L. VON. *Teoria geral dos sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1973.

BORGES, M.J. et al. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. *Revista Scientia Florestalis*, Piracicaba, v., n.69, p. 93-103, dez. 2005.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. Zoneamento ambiental urbano por micro-bacias hidrográficas: estudo de viabilidade em cidade média no Estado de São Paulo – BR. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 1. São Carlos, 2005. *Anais*. São Carlos: USP, Unesp, Universidade do Minho, 2005.

BRANDON, K.; RYLANDS, A. B. Unidades de conservação brasileiras. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, v.1, n.1, p. 27-35, 2005.

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm)> Acesso em: 25 jun. 2013.

BRASIL. *Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981*. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e de Áreas Proteção Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6902.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm)>. Acesso em: 26 jun. 2013.

BRASIL. *Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988*. Atualizada até a emenda constitucional nº 73, de 6 de junho de 2013. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/\\_legislacao/19\\_legislacao18122008091210.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_legislacao/19_legislacao18122008091210.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2013.

BRASIL. *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001*. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 22 jun. 2013.



BRASIL. *Decreto 4297, de 10 de julho de 2002*. Regulamente o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm)>. Acesso em: 22 jun. 2013.

BRASIL. *Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000*. Regulamenta o art. 225 da Constituição Federal, Institui o Sistema Nacional de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acesso em: 25 jun. 2013.

BRASIL. *II Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/1970-1979/anexo/ANL6151-74.PDF](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1970-1979/anexo/ANL6151-74.PDF)> Acesso em: 26 de jun. 2013.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for trees?. *Agriculture Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 185-225, 2004.

BUFON, A. G. M. et al. Atividades antrópicas na microbacia do córrego de barrinha, município de Pirassununga, Estado de São Paulo, Brasil. *HOLOS Environment*, v.12, n.1, 2012.

CADAVID GARCÍA, E. A. Zoneamento agroecológico e sócio-econômico da Bacia Hidrográfica Brasileira do rio Paraguai: uma abordagem numérica preliminar. In: SILVA, J. S. V. *Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental: estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT*. 2003. 307f. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CAIXETA, R. P. et al. *Perdas de água, solo, nutrientes e matéria orgânica em área cultivada com cebola sob diferentes sistemas de manejo do solo*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009.

CÂMARA, G. ; MEDEIROS, J. S. *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2.ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 1998.

CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H.; STIPP, N. A. F. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Taquara: uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. *Portal da Cartografia*, Londrina, v.3, n.1, 2010.

COELHO NETO, A.L. *Surface Hifology and Soil Erosion in a Tropical Moutainous Rainforest Drainage Basil*. 1985. 181f. Tese (Doutorado) - Katholike Universiteit Leuven, Belgium, 1985.

COMITÊ DA BACIA DOS RIOS SOROCABA E MÉDIO TIETÊ. *Plano de bacia da unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10): revisão para o atendimento da Deliberação CRH 62*. Sorocaba: IPT, 2008. Relatório Final.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de Águas Interiores de 2002*. São Paulo: CETESB, 2003.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de Águas Interiores de 2011*. São Paulo: CETESB, 2012.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Serviço Geológico do Brasil. *Mapa de geodiversidade do Brasil*. Brasília: CRPM, 2006. 1 mapa. Escala 1:250.000. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2012.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. New York: Lewis Publishers, 1998.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010*. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 149 p.

CRESTANA, M.S.M.; TOLEDO FILHO, D.V.; CAMPOS, J.B. *Florestas: sistemas de recuperação com essências nativas*. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 60p.

CUNHA, D. G. F., *Heterogeneidade espacial e variabilidade temporal do reservatório de Itupararanga: uma contribuição ao manejo sustentável dos recursos hídricos da bacia do rio Sorocaba (SP)*. São Carlos: UFSCar, 2012.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Parque Várzeas do Tietê: o maior parque linear do mundo*. Disponível em: <[http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=370:parque-varzeas-do-tiete-o-maior-parque-linear-do-mundo&catid=48:noticias&Itemid=53](http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=370:parque-varzeas-do-tiete-o-maior-parque-linear-do-mundo&catid=48:noticias&Itemid=53)>. Acesso em: 25 jun. 2013.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R.; *Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. Scientia Forestalis, Assis, v.1, n.56, p.135-144, 1999.*

ELIAS, M. *GIS and Remote Sensing for Natural Resource Survey and Management. Global Scan Technologies*. Dubai, 2005. Disponível em: <<http://www.gisdevelopment.net/application/environment/overview/me05128.htm>>. Acesso: 05 jun. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)*. Rio de Janeiro: Embrapa, 1979. 83p. Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos.

FALEIROS, F. M. et al. Geoquímica e petrogênese de metabasitos do grupo Votuverava (Terreno Apiaí, Cinturão Ribeira Meridional): evidências de uma bacia retroarco calimiana. *Geologia USP, Série Científica*, São Paulo, v.11, n.2, 2011.

FARINA, A. *Principles and methods in landscape ecology*. Londres: Chapman e Hall, 1998. 235p.

FERNANDES, M. R.; SOUZA, E. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p.15-20, nov./dez. 2000.

FERREIRA, B. N. ; MORAES, M. E. B. Proposição metodológica de zoneamento ambiental para bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do rio Almada, Bahia, Brasil. *Revista Geonorte*, Bahia, v.3, n.4, p. 1229-1241, 2012. Edição especial.

FLORIANO, C.; JOAQUIM, R. B.; SANTOS, I. P. F. Parque Linear do Córrego Grande. ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 6., Vitória, ES, 2011. *Anais...* Vitória, ES: Editora, 2011.

FORMAN, RICHARD T.T. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. In: ARAÚJO, L. E. et al. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. *Qualitas Revista Eletrônica, Local*, v.8, n.1, p., 2009.

FRIEDRICH, D. *O Parque Linear como instrumento de planejamento e gestão das áreas de fundo de vale urbanas*. 2007. 273f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 273p.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. *Plano de Manejo da APA de Itupararanga*. São Paulo: Fundação Florestal, 2010.

FUSHITA, A. T. *Análise da fragmentação de áreas de vegetação natural e semi-natural do município de Santa Cruz da Conceição, São Paulo, Brasil*. 2006. 125f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

GALINDO, I.C. de L.; MARGOLIS, E.; MELLO NETO, A.V. de. Comportamento de sistemas de cultivo da mandioca em relação à produção e às perdas por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.15, p.357-362, 1991.

GODOY, A. M. et al. *Evolução geológica dos batólitos granitóides neoproterozóicos do Sudeste do Estado de São Paulo*. *Geociências*, São Paulo, v. 29, n. 2, p.171-185, 2010.

GODOY, A.M. *Estudos geológicos das rochas granitóides e metamórficas e suas aplicações como rochas ornamentais e de revestimento*. 2003. 243f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

HASUI, Yociteru. Geologia da Folha de São Roque. *Boletim IG-Instituto de Geociências*, São Paulo, v.6, p.157-183, 1975.

HERZ, R. ; BIASI, M. de, *Crêterios e legendas para macrozoneamento costeiro*. Brasília: Ministério da Marinha, Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, 1989.

HESSBURG, P.F. et al. Recent changes (1930s-1990s) in spatial patterns of interior northwest forest, USA. *Forest Ecology and Management*, v.136, n. 1, p.53-83, 2000.

HEWLLET, J.D. *Principles of forest hydrology*. Athens: University of Georgia Press. 1969. 74p.

IBI UNA (Município). *Plano municipal de saneamento básico: diagnóstico*. Ibi una: Secretaria de Meio Ambiente, 2009.

IBI UNA (Município). *Lei n  1236, de 13 de dezembro de 2006*. Institui o Plano Diretor da Estância Turística de Ibi una. Ibi una, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2012.

KOBIYAMA, M. Manejo de bacias hidrográficas: conceitos básicos. In: *CURSO de Manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal*. Curitiba: FUPEF, 1999. P. 29-31. Apostila.

LANDELL-MILLS, N. ; PORRAS, I.T. *Silver bullet or fools' gold?: a global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor*. London: International Institute for Environment and Development (IIED), 2002.

LIMA, W. de P. *Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros", 2008. 253 p.

LORANDI, R., MORAES, M.E.B.; Aplica o da abordagem analítica na elabora o de uma proposta de zoneamento ambiental para bacia do Rio Bonito (SP). In: \_\_\_\_\_ FERREIRA, B. N.; MORAES, M. E. B.; Proposi o metodológica de zoneamento ambiental para bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrografica do rio Almada, Bahia, Brasil. *Revista Geonorte*, V.3, n.4, p. 1229-1241, 2012. Edi o Especial

MACHADO, P. A. L. *Direito ambiental brasileiro*. 13.ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2005.

MARTINS, T. I. S.; RODRIGUES, S. C. Análise e mapeamento dos graus de fragilidade ambiental da bacia do médio: baixo curso do rio Araguari, Minas Gerais. *Caderno de Geografia*, Minas Gerais, v. 22, n. 38, p. 14-34, 2012.

MCGARIGAL, K. ; MARKS, B. J. *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Corvallis, Oregon: Oregon State University, 1995. 59 p. Reference manual.

MELLO, K. de. *Análise espacial de remanescentes florestais como subsídio para o estabelecimento de unidades de conservação*. 2012. 82f. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2012.

MELLO, E.L. et al. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um nitossolo háplico submetido à chuva simulada. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, Local, v., n.27, p. 901-909, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Agenda 21 Local*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-local>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

MIRANDA, E. E. de; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, J. R. *Monitoramento do uso e cobertura das terras na região de Barrinhas, Jaboticabal e Sertãozinho*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 32 p.

MONTEIRO, C. A. de F. *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sobre a forma de Atlas*. São Paulo: IGEOG-USP, 1973.

MORAES, M. E. B.; LORANDI, R. Análise da efetividade da legislação ambiental no processo de ocupação de bacia hidrográficas: o caso da bacia do Rio Bonito (SP). *Revista Direito Ambiental*, São Paulo, v.9, n.36, p.151- 167, 2003.

NASCIMENTO, W. N.; VILLAÇA, M. G. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros*. Três Lagoas, MS, v.5, n.7, p. 102-120, 2008.

NUNES, A. R., *Confronto do uso e ocupação da terra em APP's e estimativa de perda de solo na bacia hidrográfica do Rio Alegre*. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2013.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983. 434 p.

OLIVEIRA, I. S. D. *A contribuição do zoneamento ecológico econômico na avaliação de impacto ambiental: bases e propostas metodológicas*. 111f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2004.

OLIVEIRA, A.M.M.; PINTO, S.A.F.; LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v.5, p.63-86, 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C. de; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa, v.29, n.1, 2005.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, São Paulo, 2008.

PROJETO LUPA: censo agropecuário do Estado de São Paulo. São Paulo: IEA/CATI/SAA, 2009.

PROJETO LUPA. *Levantamento censitário das unidades de produção agropecuária do Estado de São Paulo*. São Paulo: CATI, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

QUADROS, E. Q. *Geoprocessamento aplicado à elaboração do plano diretor de desenvolvimento rural de Neto Gonçalves*. 2004. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

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

ROCHA, J. S. M. da. Manual de projetos ambientais. In: \_\_\_\_ FRANCELINO, M. R.; REZENDE, E. M. C.; SILVA, L. D. B. Proposta de Metodologia para Zoneamento Ambiental de Plantio de Eucalipto. *Cerne*, Lavras, v.18, n.2, p. 275-283. 2012.

RODRIGUES, R. R. ; GANDOLFI, S. Apresentação das metodologias usadas em reflorestamento de áreas ciliares. *Cadernos da Mata Ciliar*, São Paulo, 2009.

RODRIGUEZ, J. M. M. ; SILVA, E. D. ; CAVALCANTI, A. P. B. *Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: EDUFC, 2004.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v.16, p.81-90, 2005.

ROSNER, B. *Fundamentals of biostatistics*. Boston: Duxbury Press, 2006. 876p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n.8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J.L.S. ; MOROZ, I.C. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia FFLCH – USP; Laboratório de Cartografia Geotécnica e Geologia Aplicada – IPT/FAPESP, 1997. 1 mapa. Escala 1:500.000.

RUHOFF, A. L.; *Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas*. 2002. 107f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2002.

SANTOS, R. F. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina dos textos, 2004. 184 p.

SÃO PAULO (Estado). *Resolução SMA 8, de 31 de janeiro de 2008*. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2008.



SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia. *Programa de recuperação das várzeas da Bacia do Alto Tietê - PVT (BR-11216)*: plano diretor de reassentamento. São Paulo, SP: Secretaria de Saneamento e Energia, 2010.

SÃO PAULO (Estado). *Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga*. São Paulo, Fundação Florestal, 2009.

SÃO PAULO (Estado). *Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991*. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo, 1991.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Estado de Meio Ambiente. Instituto Florestal. *Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo*. São Paulo, SP: Instituto Florestal, 2005.

SILVA, J. S. V. *Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental: estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT*. 2003, 332f. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

SILVA, W. T. L. et al. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbico para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. *Química Nova*, São Paulo, v.35, n.1, p. 35-40, 2012.

SILVA, J. X. da. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 227 p.

SILVA, O. F. da. *Planejamento ambiental e ecologia da paisagem na avaliação de áreas alagadas e qualidade da água: estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Cotia (SP, BR)*. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2000.

SINGH, V. P. *Computer models of watershed hydrology*. Baton Rouge, LA: Water Resources Publications, 1995.

SOROCABA (Município). *Lei nº 8.181, de 5 de junho de 2007*. Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Territorial. Sorocaba, SP: Prefeitura Municipal de Sorocaba, 2007.

STERN, E. et al. *Utilização de SIG no planejamento e gestão de bacias urbanas*. São Paulo: EPUSP, 2005.

TAMBOSI, L. R. *Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para criação da zona de amortecimento*. 2008. 86f. Dissertação (Mestrado Ciências, na área de Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TUCCI, C.E.M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. In: \_\_\_\_\_ ARAÚJO, et al., *Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais. Qualit@s Revista Eletrônica, Local, v.8, n.1, 2009.*

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Paulo: RiMa, 2003. 247 p.

VALARINI, P. J. et al. Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 4, p. 485-491, 2011.

VALLEJO, L.R. *A influência do litter florestal na distribuição das águas pluviais*. 1982. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1982.

ZOCCAL, J. C. *Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água*. Presidente Prudente: CODASP, 2007. 62p.