UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO RICO, JABOTICABAL - SP

Flavia Mazzer Rodrigues

Engenheiro Agrônomo

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO RICO, JABOTICABAL - SP

Flavia Mazzer Rodrigues

Orientadora: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Co-orientador: Prof. Dr. Sergio Campos

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2013

Rodrigues, Flavia Mazzer
R696c Caracterização Ambiental Da Bacia Hidrográfica Do Córrego Rico, Jaboticabal - SP/ Flavia Mazzer Rodrigues. – – Jaboticabal, 2013
xi, 97 p : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Banca examinadora: João Antônio Galbiatti, Maurício José Borges, Valdemir Antônio Rodrigues, Ellen Fittipaldi Brasilio Carrega
Bibliografia

1. Áreas conflitantes. 2. Legislação ambiental. 3. Ordenamento territorial. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 556.51:34

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO RICO, JABOTICABAL-SP

AUTORA: FLAVIA MAZZER RODRIGUES

ORIENTADORA: Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO CAMPOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) , pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MAURICIO JOSÉ BORGES
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga / Taquaritinga/SP

Prof. Dr. VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES
Departamento de Ciencia Florestal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Profa. Dra. ELEN FITTIPALDI BRASILIO CARREGA
Faculdades Integradas de Botucatu / Botucatu/SP

Data da realização: 14 de fevereiro de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FLAVIA MAZZER RODRIGUES - filha de Edilamar Mazzer Rodrigues e Carlos Alberto Rodrigues, nasceu em Ribeirão Preto, SP, no dia 26 de janeiro de 1982. Concluiu o curso de Engenharia Agronômica em 2006, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, SP. Na mesma instituição, em 2008 obteve o grau de Mestre em Agronomia - Produção Vegetal, com o trabalho intitulado *Caracterização hídrica em função das condições de uso e manejo do solo na microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, S.P*. e em 2009 ingressou no Curso de Pós-Graduação, obtendo em 2013, o grau de Doutor em Agronomia - Produção Vegetal. Realiza estudos na área de Cartografia e Geoprocessamento com ênfase em zoneamento ambiental em bacias hidrográficas. Foi bolsista CNPq.

"Enquanto estiver vivo, sinta-se vivo. Se sentir saudades do que fazia, volte a fazê-lo. Não viva de fotografias amareladas... Continue, quando todos esperam que desistas. Não deixe que enferruje o ferro que existe em você. Faça com que em vez de pena, tenham respeito por você. Quando não conseguir correr através dos anos, trote. Quando não conseguir trotar, caminhe. Quando não conseguir caminhar, use uma bengala. Mas nunca se detenha".

(Madre Teresa de Calcutá)

DEDICO

Ao meu marido RODRIGO.

Realmente você foi um presente de Deus, meu maior tesouro. Se tive dificuldades ao longo desse caminho, você com certeza, suavizou grande parte delas... sua dedicação, compreensão, amizade e amor são alicerces seguros para o nosso convívio. Estou imensamente feliz, pois nossos objetivos e metas estão sendo pouco a pouco alcançados com merecido sucesso, pelo grande esforço realizado. Obrigada por me dar forças, quando achava não mais possuí-las, obrigada por me ensinar a voar, quando minhas asas já não batiam mais...
TE AMO!!!!

Aos meus pais, Carlos e Edilamar (sempre presente).
Difícil defini-los,...tão pouco escrever em poucas palavras meus sinceros sentimentos...Talvez eu passe toda minha existência sem conhecer pessoas melhores...São para mim um exemplo de vida, de amor, de perseverança e acima de tudo de moralidade. Vocês renunciaram a muitos de seus sonhos em prol aos meus, nem que eu quisesse poderia recompensá-los por completo. Tenho por vocês imensa gratidão por tudo que me doaram com muito amor e carinho. É com muita alegria que divido com vocês mais uma conquista.
Eu sempre vou amar vocês por aquilo que são, pelo que sempre fizeram e pelo o que ainda fazem por mim.

"Instruir-te-ei, e ensinar-te-ei o caminho que deves seguir; guiar-te-ei com os meus olhos".

Salmo 32:8

Obrigado e que Deus os abençoe.

Aos meus irmãos Claudia e Carlos Gustavo,
Acima de tudo meus amigos. Sem transmitir com clareza muitas vezes o que sentem ou pensam, pessoas repletas de sentimentos. Sei que torcem por mim, e eu sei que posso contar com vocês sempre...
Com amor e carinho.

À minha orientadora, Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra,
A você que confiou e me proporcionou a chance de dar os passos, meu muito obrigado!
Constantemente pessoas passam pelo nosso caminho deixando sua marca, provocando reações, sentimentos e comportamentos antes não percebidos ou adormecidos.
Que Deus a ilumine sempre, que seu caminho seja sempre repleto de saúde, alegrias, amigos, família e amor, pois essas são com certeza nossas verdadeiras riquezas.

UMA CRIANÇA PODE ENSINAR TRËS COISAS PARA UM ADULTO: A FICAR CONTENTE SEM MOTIVO, A ESTAR SEMPRE OCUPADO COM ALGUMA COISA E, A SABER, EXIGIR COM TODA A FORÇA, AQUILO QUE DESEJA.

À MINHA FILHA, LAURA, POR ME ENSINAR, ENTRE OUTRAS COISAS, TODA A AMPLITUDE E DIMENSÃO QUE PODEM TER AS PALAVRAS AMOR E MÃE.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela generosidade do seu Amor e pelo valor de todas as experiências vividas até aqui.

Ao meu marido Rodrigo, pelo amor, incentivo, carinho, dedicação e companheirismo. Obrigada por nossa família!

À minha filha Laura, por ter conseguido transformar o seu coraçãozinho em gigante e ter dividido sua mamãe com a tese. Obrigada pelos seus sorrisos que estão sempre me envolvendo em felicidade, ninando sua boneca para que a mamãe pudesse trabalhar. Você é única e te amo além das palavras!

Ao meu pai que segurou sempre na minha mão e foi a minha luz sempre. À minha mãe que mesmo morando na eternidade esta sempre ao meu lado. Á minha irmã que sempre esteve ao meu lado incentivando, não me deixando desistir nos momentos difíceis e sempre foi a minha verdadeira amiga. Ao meu irmão que também esteve ao meu lado em todos os momentos e sempre me dando o apoio necessário para esta caminhada.

Esta é a minha família, que permanece presente todos os dias de minha vida.

À minha orientadora, Profa Teresa, pelo carinho, cuidado e paciência, pelos ensinamentos e desafios compartilhados e, sobretudo, pelo respeito e motivação diante de nossas ideias, estudos e pesquisas. Obrigada por me ajudar a sustentar o foco ao longo do tempo e pela doçura nos momentos em que mais precisei.

Ao Prof. Sergio Campos, pela pronta aceitação em fazer parte desta tese de doutorado. Obrigada pela disponibilidade em compartilhar as minhas reflexões deste material e pelas contribuições que irão surgir a partir desta oportunidade.

Ao meu mais novo e eterno amigo Anildo Caldas que me ajudou prontamente com o conhecimento em ARCGis e foi uma lição de vida. E também um carinho todo especial para Beatriz Costa, Renata Costa, Michele da Silva, Ana Lúcia Barbosa, amigas para todas as horas.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/Unesp), pela colaboração sempre que necessário e aos funcionários, Ronaldo José de Barros e Izilda Maria de Carvalho Máximo, pela dedicação companheirismo e principalmente amizade ao

longo destes anos. Nenhum caminho é longo demais quando um amigo nos acompanha.

Á Banca Examinadora, pela ajuda fundamental para a conclusão deste trabalho.

Ao CNPQ pelo auxílio financeiro.

Enfim, a todos que participaram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho e também aos que trabalham no desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida na pesquisa, sem levar em conta as dificuldades encontradas ao longo do caminho. A sabedoria, não é outra coisa, senão, a ciência da felicidade.

O MEU MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
LISTA DE FIGURAS ..... **iv**
LISTA DE TABELAS ..... **v**
1. INTRODUÇÃO **1**
2. REVISÃO DE LITERATURA **3**
2.1. Bacias Hidrográficas 3
2.2. Zoneamento Ambiental aplicado às Bacias Hidrográficas 4
2.3. Zoneamento Ambiental: Considerações Ambientais 6
2.4. Aspectos Legais das Áreas de Preservação Permanente – Código Florestal de 1965 8
2.5. Aspectos Legais das Áreas de Preservação Permanente – Novo Código Florestal de 2012 15
2.6. Classificação Supervisionada 22
2.7. Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG) 24
2.8. LISS III 25
2.9. SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) 29
2.10. Histórico da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico 31
3. MATERIAL E MÉTODOS **35**
3.1. Material 35
3.1.1. Caracterização da Área de Estudo 35
3.1.2. Municípios que Constituem a Área de Estudo 37
3.1.2. Cartas Planialtimétricas 40
3.1.3. Imagens de Satélite 41
3.1.4. Modelo Digital de Elevação 43
3.1.5. Computadores e Softwares 45
3.2. Métodos 45
3.2.1. Mapas Temáticos 45
3.2.2. Mapa de Uso e a Ocupação do Solo 49
3.2.3. Mapa das Áreas de Preservação Permanente 50
3.2.4. Mapa de Conflito do Uso do Solo com as APP´s da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico 52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **53**
4.1. Mapa de Hidrografia 53
4.2. Mapa de Compartimentos Hidrológicos 56
4.3. Mapa de Solos 61
4.4. Mapa de Declividade 65
4.5. Mapa de Uso e Ocupação do Solo 68
4.6. Mapa de Áreas de Preservação Permanente 73
4.7. Mapa de Conflito 77
5. CONCLUSÕES **86**
6. RECOMENDAÇÕES **87**
7. REFERÊNCIAS **88**

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO RICO, JABOTICABAL - SP

RESUMO - Os estudos de caracterização, diagnóstico e prognóstico de bacias hidrográficas visando o manejo dos recursos naturais têm sido realizados para compreender e implantar práticas conservacionistas no sistema produtivo agrícola. A ocupação do meio é uma ação antrópica que ocorre ao longo dos anos, dado ao crescimento populacional e o conhecimento territorial é o primeiro passo para o planejamento ambiental. Este trabalho teve como objetivo principal caracterizar ambientalmente a bacia hidrográfica do Córrego Rico utilizando técnicas de geoprocessamento. Mapas da rede de drenagem, solos, uso e ocupação e declividade da área foram analisados utilizando técnicas estatísticas e sistema de informação geográfica. A divisão da bacia foi realizada em compartimentos hidrológicos e foram determinadas as principais características geomórficas. Nas áreas de preservação permanente foram identificadas as ocorrências de conflito de uso, tendo como referência a legislação ambiental. Os resultados analíticos obtidos refletiram características ambientais dos recursos hídricos, com sistema drenante de fluxo superficial na área para o Rio Mogi-Guaçú. No que refere a sua degradação ambiental, vem ocorrendo uma diminuição na cobertura vegetal original nos mananciais, causada pelo desmatamento da mata ciliar decorrente da expansão da área urbana, e um abandono destas áreas na área agrícola. Em algumas regiões ocorreram reflorestamentos, tanto nas nascentes como ao longo da rede de drenagem. A Bacia Hidrográfica do Córrego Rico apresenta uma área de 563,13 km^2, e foi dividida em 25 compartimentos hidrológicos para o planejamento da implantação de práticas conservacionistas. As declividades predominantes foram de 3 a 8%, em 55,3% da área total, e o principal uso observado foi a cultura de cana-de-açúcar. Os solos que predominam na área são: Latossolos no sentido da foz no rio Mogi-Guaçú e Argissolos na região à montante da bacia. Da área total da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, 6,12% são áreas que deveriam estar ocupadas com áreas de preservação permanente. Do total de 34,51 km² relativos às áreas de preservação permanente, 6,16 km² (17,87%) estão sendo ocupados por mata, 8,40 km² (24,35%) ocupados pela cana em estágio inicial e 3,9391 km² (11,41%) cobertos por cana no estágio maduro. A metodologia empregada permitiu obter um conjunto de informações georreferenciadas, possibilitando a caracterização ambiental da bacia hidrográfica para a tomada de decisão quanto à exploração do solo e as áreas prioritárias para a recomposição vegetal.

Palavras-chave: áreas conflitantes, legislação ambiental, ordenamento territorial

ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF CÓRREGO RICO WATERSHED, JABOTICABAL - SP.

ABSTRACT - The characterization, diagnosis and prognosis studies on watersheds aimed to manage the natural resource have been performed to understand and implement conservation practices on agricultural production system. The occupation is a means of human action that occurs over the years, due to population growth, and the land use and land use change knowledge is the first step to environmental planning. This study aimed to characterize the environment of the Córrego Rico watershed using geographic information system techniques. Maps of the drainage network, soils, land use and land use change and slope were analyzed using statistical techniques and geographic information system. The division of the basin was performed in hydrological areas and the main physical characteristics were determined. In the permanent preservation areas were identified areas of land use conflict, with reference to Brazilian environmental legislation. Analytical results reflected environmental characteristics of water resources, with the drainage system in the area flowing to the Rio Mogi Guaçú. In terms of its environmental degradation, there has been a decrease in vegetation cover in the watershed caused by deforestation of riparian vegetation due to the expansion of the urban area, and an abandonment of these areas was observed. In some regions reforestation occurred in both the springs and along the drainage network. The watershed has an area of 563.13 km^2, and was divided into 25 hydrological areas for planning the conservation practices. The predominant slopes were 3 - 8%, in 55,3% of the total area, and the main use was sugar cane. The soils that predominate at the downstream area was Oxisoil and Ultisols at upstream region. Of the total area, 6.12% are occupied with permanent preservation area totalizing 34,51 km ². Of these area 17,87% was occupied by forest, 24.35% was occupied by sugarcane at an early stage and 11.41% covered by sugarcane in the mature stage. The methodology yielded a set of georeferenced information, enabling the characterization of environmental watershed for decision making regarding the exploitation of the soil and the priority areas for conservation management.

Keywords: conflicting areas, environmental legislation, spatial planning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo Evolutivo das mudanças quanto a Largura de APP. (Fonte: DTE/FAEP – Federação de Agricultura do Estado do Paraná). 09

Figura 2: Vista do Sensor Liss III. (Fonte: EMBRAPA, 2012). 28

Figura 3: Características do sensor LISS III a bordo do satélite IRS – 1C e IRS – 1D. (Fonte: EMBRAPA, 2012). 29

Figura 4: Características do sensor LISS III a bordo do satélite IRS – P6. (Fonte: EMBRAPA, 2012). 29

Figura 5: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal – SP. 36

Figura 6: Imagens de satélites obtidas do Programa Indiano de Sensoriamento Remoto (IRS), do sistema *Linear Self-Scanning System III* - LISS III. 42

Figura 7: Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 44

Figura 8: Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 55

Figura 9a: Localização de alguns Córregos que constituem a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 58

Figura 9: Compartimentos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 60

Figura 10: Unidades de Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 64

Figura 11: Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 67

Figura 12: Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 72

Figura 13: Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 76

Figura 14: Porcentagem das áreas conflitantes nas APPs. 78

Figura 15: Conflito do Uso e Ocupação do Solo com as APPs da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 79

Figura 16: Zoom das Áreas de Conflitos nas APPs da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Recomposição de áreas de preservação permanente de cursos d´água (BRASIL, 2012 com as alterações da MP 571/12). 21

Tabela 2: Módulos Fiscais dos Municípios do Estado de São Paulo, que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico. 22

Tabela 3: Cartas que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico. 40

Tabela 4: Características Geomórficas dos Compartimentos Hidrológicos para a implantação de cenários para o manejo sustentável. 57

Tabela 5: Principais Unidades de Solos na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 62

Tabela 6: Declividade predominante na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 65

Tabela 7: Principais Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo (Ano 2009). 69

Tabela 8: Principais Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo (Ano 2012). 70

Tabela 9: Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo. 75

Tabela 10: Largura da faixa marginal a ser recomposta, conforme tamanho do imóvel rural e largura do curso d'água. 84

Tabela 11: Raio mínimo a ser recomposto, conforme tamanho do imóvel rural. 84

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de estudar o ambiente é preponderante no que se refere ao recurso natural tais como solo, vegetação e hidrografia, pois o ambiente de uma determinada região deve ser reconhecido e monitorado para manter os níveis de qualidades ambientais desejados.

Assim, o levantamento das informações de variáveis ambientais que servem de base para elaboração de um plano de ação é necessário e representa um estágio importante nos estudos ambientais para fins de zoneamento ambiental, proporcionando aspectos relevantes do espaço utilizado pelo homem.

A degradação das áreas de preservação permanente, em especial as formações ciliares, não pode ser discutida sem considerar a sua inserção no contexto do uso e da ocupação do solo brasileiro. No Brasil, a degradação destas áreas foi e continua sendo fruto da expansão desordenada das fronteiras agrícolas e áreas urbanas não planejadas. Esta tem se caracterizado pela inexistência (ou ineficiência) do planejamento ambiental prévio, que possibilite delimitar as áreas que deveriam ser efetivamente ocupadas pela atividade agrícola e as que deveriam ser preservadas em função de suas características ambientais ou mesmo legais.

O Código Florestal de 1965 institui as Áreas de Preservação Permanente (APPs) com intuito de proteger a diversidade biológica e garantir a qualidade ambiental dos ecossistemas, principalmente no tocante à integridade dos solos e à disponibilidade dos recursos hídricos. Estas áreas funcionam como filtros, retendo defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos, que seriam transportados para os cursos d'corpos d'água, afetando diretamente a quantidade e a qualidade dos corpos d'água e consequentemente a fauna aquática e a população humana.

Para o Novo Código Florestal, 2012 - Áreas de Preservação Permanente (APPs) são locais vulneráveis, como beira de rios, topo de morros e encostas, que não podem ser desmatados. Atualmente, produtores devem recompor 30 metros de mata ciliar para rios com até 10 metros de largura. O texto prevê redução para 15 metros de recuperação de mata para rios com largura de até 10 metros - a mudança foi feita na Câmara. A novidade no Senado foi à obrigação, aos proprietários com até quatro módulos fiscais - o módulo varia entre Estados de 20 a 440 hectares -, de

não exceder a recuperação em 20% da área da propriedade. Para propriedades maiores que quatro módulos fiscais em margem de rios, os conselhos estaduais de meio ambiente estabelecerão as áreas mínimas de matas ciliares, respeitando o limite correspondente à metade da largura do rio e observando o mínimo de 30 metros e máximo de 100 metros. O novo texto também assegura a todas as propriedades rurais a manutenção de atividades agrossilvopastoris nas margens dos rios, desde que consolidadas até 2008, e autoriza o uso de áreas de preservação permanente para alguns tipos de cultivos, como maçã e café. A pecuária também ficaria permitida em encostas de até 45 graus. No texto aprovado na Câmara, a atividade precisaria ser regulamentada em lei posterior (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2012).

A elaboração de zoneamento ambiental nestas áreas pode ser utilizada com vistas ao desenvolvimento sustentável, uma vez que aponta áreas de risco ambiental e em conflito com a legislação.

Portanto, o diagnóstico dos recursos naturais associado à sua utilização é uma excelente ferramenta na determinação de problemas, como os conflitos de uso, os quais podem auxiliar no planejamento racional, em escalas adequadas, de todo o espaço em questão. Uma forma de representação eficiente dessas informações espaciais é pela descrição de forma gráfica (mapas), para auxiliar no planejamento e monitoramento ambiental. Para tais objetivos, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) apresenta um enorme potencial, pois proporciona uma análise rápida, econômica e eficiente dos dados em períodos curtos de tempo, já que constantemente o ambiente sofre modificações.

Este trabalho teve como objetivo principal caracterizar ambientalmente a bacia hidrográfica do Córrego Rico, utilizando técnicas de geoprocessamento. delimitar as APPs e identificar a ocorrência de conflitos de uso, tendo como referência a legislação ambiental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Inúmeros esquemas ou representações gráficas deixam também de apresentar, por exemplo, os limites internos do sistema de uma bacia hidrográfica, por onde circula e atua grande parte da água envolvida. Para não ocorrer em tais equívocos, é possível definir bacia hidrográfica como: ... um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos à superfície terrestre, delimitado interno e externamente por processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas de água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais (HORTON, 1945; GUERRA, 1978; VENTURI, 2005).

A rede fluvial, também chamada de rede de drenagem ou de rede hidrográfica, é constituída por rios de uma bacia hidrográfica, hierarquicamente interligados. É um dos principais mecanismos de saída (output) da água, principal matéria em circulação na bacia hidrográfica. Tanto a bacia hidrográfica quanto a rede hidrográfica não possuem dimensões fixas. Pode-se subdividir uma bacia hidrográfica considerando-se as ordens hierárquicas de seus canais (VENTURI, 2005) e seu uso do solo (Pissarra, 2002).

A bacia hidrográfica como unidade de planejamento já é de aceitação mundial, uma vez que esta se constitui num sistema natural bem delimitado geograficamente, onde os fenômenos e interações podem ser integrados a priori pelo input e output. As bacias podem ser tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além disso, constitui-se numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, onde a área de terra, por menor que seja se integra formando uma bacia hidrográfica e, quando o problema central é água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção (SANTOS, 2004).

O gerenciamento de recursos hídricos envolve um conjunto de ações estratégicas de planejamento, com a participação de usuários, a organização institucional e a implantação de tecnologias diferenciadas, avançadas e de baixo custo. É imprescindível uma visão integrada de economia regional, global e das relações do desenvolvimento sustentável, com uma política pública de desenvolvimento (NASCIMENTO e VILLAÇA, 2008).

No tocante às questões legais e às questões da política ambiental nacional, vive-se um novo ciclo que abrange uma abordagem integrada. A política ambiental não é para a natureza uma política setorial, mas uma política global, onde o planejamento e a gestão ambiental fundamentam-se na decisão do governo em níveis (NASCIMENTO e VILLAÇA, 2008).

2.2. Zoneamento Ambiental aplicado às Bacias Hidrográficas

Zoneamento é a compartimentalização de uma região em porções territoriais, obtido pela avaliação dos atributos mais relevantes e suas dinâmicas. Cada compartimento é apresentado como uma área homogênea, ou seja, uma zona (ou unidade de zoneamento) delimitada pelo espaço, com estrutura e funcionamento uniforme. Cada unidade tem, assim, alto grau de associação entre si, com variáveis solidamente ligadas, mais significativas diferenças entre ela e os outros compartimentos. Isso pressupõe que o zoneamento faz uma análise por agrupamentos, passiveis de serem desenhados no eixo horizontal do território e numa escala definida (SANTOS, 2004).

Para promover um zoneamento, o planejador deve reconhecer, suficientemente, a organização do espaço e as similaridades dos elementos componentes de um grupo. Ao mesmo tempo, deve perceber claras distinções entre os grupos vizinhos, fazendo uso de uma analise múltipla e integradora. No exercício de agrupar e dividir os elementos que se obtém a integração das informações e o diagnóstico da região planejada (SANTOS, 2004).

Considerando o termo “zoneamento ambiental”, pode-se considerá-lo como um instrumento de ordenação espacial, com base em um conceito geográfico de divisão do espaço em zonas ou áreas específicas. Os zoneamentos ambientais tem

como base aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, florestais, entre outros, ou como no caso deste trabalho: zoneamentos ambientais com base na integração das informações da legislação ambiental brasileira. A escolha desta base depende do objetivo a ser alcançado com o zoneamento (CASSOL, 1996).

Neste trabalho, o instrumento de zoneamento ambiental teve como recorte espacial os limites da bacia hidrográfica, entendida como unidade de gestão e planejamento dos recursos ambientais e especialmente, dos recursos hídricos e uso e ocupação do solo.

Na literatura que enfoca a gestão e o manejo ambiental, frequentemente as bacias hidrográficas são consideradas como a base territorial mais adequada para o desenvolvimento dos processos de gestão ambiental. É uma área da superfície que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial, que variam de tamanho e articulam-se a partir de divisores de drenagens principais, drenando em direção a um canal-tronco ou coletor principal e constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado, que podem ainda ser desmembrado (COELHO NETTO, 2005).

A compreensão dos impactos diretos causados por diferentes usos, configurando-se como um instrumento mediador dos mecanismos político-institucionais constituindo-se uma atividade de estímulo à interação (CASTRO, 1995).

Um dos instrumentos utilizados para essa interação é o zoneamento ambiental. Esse instrumento e previsto na Politica Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81, artigo 9º, inciso II), onde o zoneamento ambiental passa a ser instrumento de planejamento e gestão, e considerado como “uma integração sistemática interdisciplinar de analise ambiental ao planejamento do uso do solo, com o objetivo de definir a gestão dos recursos ambientais”.

O Zoneamento Ambiental, portanto possui vantagens, tais como:

a) Permitir que se determine limite de possíveis irreversibilidades, devido a conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica, antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área, que de outra forma podem causar danos irreversíveis; tendo, portanto, caráter preventivo;

b) Identificar as atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão;
c) Pelo fato da metodologia do Zoneamento Ambiental ser flexível, permite que se adapte a definição e manejo de uma zona (EMBRAPA, 1991).

2.3. Zoneamento Ambiental: Considerações Ambientais

O zoneamento ambiental, instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), consiste em procedimento de divisão de determinado território em áreas onde “se autorizam determinadas atividades ou interdita-se, de modo absoluto ou relativo, o exercício de outras em razão das características ambientais e socioeconômicas do local. Pelo zoneamento ambiental são instituídos diferentes tipos de zonas nas quais o Poder Público estabelece regimes especiais de uso, gozo e fruição da propriedade na busca da melhoria e recuperação da qualidade ambiental e do bem-estar da população. Suas normas, que deverão obrigatoriamente respeitar o disposto em legislação ambiental, vinculam todas as atividades exercidas na região de sua incidência, o que implica na inadmissibilidade de ali serem exercidas atividades contrárias a elas (MACHADO, 2003).

A regulamentação desse instrumento se deu pelo Decreto 4.297 de 10 de julho de 2002 que estabelece os critérios para o zoneamento ecológico-econômico – ZEE do Brasil, ou seja, um zoneamento de abrangência nacional. É importante ressaltar que ambas as expressões, ou seja, zoneamento ambiental e zoneamento ecológico-econômico devem ser entendidos como sinônimas, mesmo que se possam existir acepções distintas em relação ao próprio ZEE (indicativo de condutas, instrumentos de planejamento territorial, ou ainda a própria política de ordenamento territorial).

A definição legal do zoneamento ambiental encontra-se no art. 2º do referido decreto que o descreve como sendo “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” com vistas à “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". Isso implica que o zoneamento ambiental é fruto de um planejamento que deve sempre ser pensado a partir de estudo prévio e minucioso, feito por equipe técnica e habilitada, das características ambientais e sócio-econômicas da região a ser zoneada. Desta forma, ao distribuir espacialmente as atividades econômicas, o zoneamento ambiental levará em conta a importância ecológica, as potencialidades, limitações e fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território podendo, até mesmo, determinar, sendo o caso, que atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais sejam relocadas (Decreto 4.297/02).

Apesar de o decreto que regulamentou o zoneamento ambiental ter versado sobre um zoneamento de abrangência nacional, é importante ressaltar que esse instrumento tem enorme importância e aplicabilidade nas esferas locais e regionais, tanto que também foi previsto como instrumento de política urbana no Estatuto da Cidade (Lei 10.257/01). A participação da sociedade civil no processo de elaboração e implementação do zoneamento está garantida por força do disposto no inciso II do Art. 4º do Decreto 4.297/02, e deverá ocorrer de forma democrática.

No âmbito municipal a Constituição Federal de 1988 conferiu ao Poder Público competência para, a partir do Plano Diretor, promover o adequado ordenamento territorial (zoneamento urbano) mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano, visando a proteção da qualidade de vida da população. As decisões sobre zoneamento ambiental podem ser tomadas nos vários níveis, ou seja, municipal, regional, estadual ou federal. O zoneamento deve buscar a repartição do território e a regulação dos usos dos recursos naturais que possibilite a melhor composição dos conflitos socioambientais.

Apesar de ser o zoneamento ambiental resultado de um processo político-administrativo, os conhecimentos técnicos e científicos, bem como, a participação dos setores privados e da sociedade civil são imprescindíveis para que ele seja adequado à realidade ambiental e socioeconômica da área a ser zoneada e também para que o mesmo seja passível de ser executado em sua plenitude. É importante que o zoneamento passe por um debate amplo e aberto, visto que o aceite das vontades individuais, em que todos os setores poderão expressar seus pontos de

vista, contribuirá para que o desenvolvimento local se faça sem agressão aos recursos naturais (MACHADO, 2003).

2.4. Aspectos Legais das Áreas de Preservação Permanente – Código Florestal de 1965

A idéia de proteger as áreas representativas dos ecossistemas naturais de um determinado ambiente, no território brasileiro, vem desde a criação do Código Florestal de 1934 (BRASIL, 1934). Este Código apresentava algumas características preservacionistas, estabelecendo o uso da propriedade em função do tipo florestal existente, definindo as categorias de florestas protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento. As florestas protetoras apresentavam, para a época, um indício do que seria o instituto das florestas de preservação permanente, instituído pelo Código Florestal de 1965 (BORGES et al. 2011).

Já em 1965, com a edição do Segundo Código Florestal (BRASIL, 1965), o antigo Código Florestal de 1934 foi aperfeiçoado. Este novo Código representou importante instrumento disciplinador das atividades florestais ao declarar as florestas existentes no território nacional como bens de interesse comum a toda a população e limitou o uso da propriedade rural por seus proprietários (Figura 1).

Mudanças na Largura de Área de Preservação Permanente			
Largura do Rio	**Largura da Faixa Marginal de Preservação Permanente**		
	***1965**	****1986**	*****1989**
Menor que 10	5 metros	30 metros	30 metros
De 10 a 50 metros	A metade da largura do rio	50 metros	50 metros
De 50 a 100 metros	A metade da largura do rio	100 metros	100 metros
De 100 a 200 metros	100 metros	150 metros	100 metros
De 200 a 600	100 metros	150 metros	200 metros
Maior que 600	100 metros	150 metros	500 metros

* Lei 4771/1965**Lei 7511/1986***Lei 7803/1989 Elaboração: DTE/FAEP

Figura 1: Processo Evolutivo das mudanças quanto a Largura de APP. (Fonte: DTE/FAEP – Federação de Agricultura do Estado do Paraná).

As áreas proteção passaram a ser chamadas de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal. Essas modificações foram editadas pela Medida Provisória 2.166-67 de 2001, (BRASIL, 2001). As áreas de preservação permanente estão ligadas diretamente às funções ambientais, por meio do fornecimento de bens e serviços fundamentais para toda população. Esses bens e serviços estão relacionados à regularização da vazão, retenção de sedimentos, conservação do solo, recarga do lençol freático, ecoturismo, biodiversidade, enfim, a uma infinidade de benefícios.

De acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65, alterado pelas Lei 7.803/89 e Lei 7.875/89), áreas de preservação permanente (APP) são áreas "...*cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas*".

O Código Florestal de 1965 considera as beiras de rios e lagoas como áreas de preservação permanente, estipulando as faixas marginais a serem respeitadas,

de acordo com a largura dos rios. Consideram-se, de acordo com esta legislação, de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação situadas (artigo 2°):

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

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50
(cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais;

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

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

i) nas áreas metropolitanas definidas em lei.

Parágrafo único. No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões

metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo (BRASIL, 1965).

Visando a tornar o Código Florestal e as normas que tratam do meio ambiente exequíveis, foi instituído, no Brasil, pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (BORGES et al. 2011).

O CONAMA é um importante norteador e disciplinador das exigências legais e, por meio das Resoluções editadas, tornam as normas claras e aplicáveis à realidade. As normas surgem da necessidade de orientar o cidadão a seguir ou a coibir-lhe certos comportamentos. A norma jurídica existe para regular o que é permitido e o que é proibido fazer. Com relação às APPs, as normas evoluíram da simples proteção ambiental de certos locais para algo mais abrangente, que realça a inter-relação homem-meio ambiente (BORGES et al. 2011).

A Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002 dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de APP de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. A Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, que regulamenta o art. 2º da Lei 4.771/65, no que concerne às Áreas de Preservação Permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações, dispõe sobre parâmetros, definições e limites das APP.

A preservação das APP é de fundamental importância na gestão de bacias hidrográficas, pois contribuem para a estabilidade dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos visando a dar condições de sustentabilidade à agricultura. Intervenções nas APP para abertura de novas áreas agrícolas comprometerá, no futuro, a reposição de água nos aquíferos, a qualidade de água superficial e subterrânea, perda de solo, ameaças à saúde humana e degradação dos mananciais, além de comprometer a produção de alimentos. O papel regulador dos ciclos naturais realizado pelas APP é fundamental para a manutenção do equilíbrio ecológico (TUNDISI e TUNDISI, 2010; BORGES et al. 2011).

A redução do grau de exigência preservacionista dessas áreas por meio das normas jurídicas poderia trazer graves prejuízos ao patrimônio biológico e genético brasileiro (METZGER, 2010).

Para tornar o entendimento das APPs mais evidente, em 2001, foi promulgada a Medida Provisória 2.166-67, que consagrou a terminologia APP. Na antiga redação, áreas que não tinham cobertura florestal poderiam ser sujeitas a intervenção humana, sem a obrigatoriedade da preservação (BRANDÃO, 2001). Já com a redação da MP 2.166-67 de 2001, toda área, mesmo aquela desprovida de vegetação, passou a ser, definitivamente, considerada de preservação permanente. A área de preservação permanente foi definida como a área coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2001).

Dessa forma, a Medida Provisória sanou as dúvidas e afastou qualquer controvérsia no entendimento das APPs (BRANDÃO, 2001). Assim, as áreas de preservação permanente são realmente de preservação e não apenas de conservação e afiguram-se como de caráter permanente e não provisório ou transitório independentemente de possuir ou não cobertura vegetal (MENDONÇA e NAVES, 2011).

A lei não exige a averbação das APPs em cartório de registro de imóveis, ao contrário do que ocorre com as áreas de Reserva Legal. A Lei, por si só, já caracteriza a importância que deve ser dada a essas áreas, daí a não obrigatoriedade de sua averbação. Deve ficar evidente que são áreas que, de qualquer maneira, de acordo com a localização, são insusceptíveis de intervenção, com exceção dos casos descritos no próximo item. O legislador deve ter entendido que o marcante caráter topográfico e locacional das APPs dispensava sua averbação (BORGES et al. 2011).

No entanto, quando o imóvel adquirido após a promulgação do Código Florestal (Lei 4.771/65) não tiver sua APP protegida, ele estará gravado pelo passivo ambiental e responderá pelas obrigações constituídas antes da aquisição da propriedade, isto é, a responsabilidade pela regularização ambiental é do

proprietário. Dessa forma, em todo o processo de transferência de propriedade, seja a modalidade *inter vivos* ou *causa mortis*, o novo proprietário terá que arcar com o ônus de ter que se adequar ao Código Florestal, limitando o uso da propriedade rural por meio da averbação da RL e preservação das APPs, ambos constituintes da função social estabelecida pela Constituição Federal de 1988.

Por ser bem restritiva em suas normas, a legislação carece de regulamentos claros que possibilitem a intervenção nas APPs. Assim, a intervenção ilegal em APP parece ocorrer com grande intensidade. Isso se dá em função dos bens e serviços auferidos pelo seu uso, já que, em certas situações, é impossível e inevitável mantê-las intocadas (BORGES et al. 2011).

A primeira normatização para a permissão do uso das APPs foi disposta no art. 4°do Código Florestal alterado pela Medida Provisória 2.166-67 de 2001. Nessa norma, a supressão de vegetação em APP era permitida desde que devidamente caracterizada a utilidade pública ou o interesse social da área. Também regulamentou o procedimento administrativo de autorização da supressão, uma vez que a permissão somente poderá ocorrer se inexistir alternativa técnica e locacional do empreendimento (BRASIL, 2001).

No entanto, esse regulamento recebeu várias críticas por considerar apenas a "supressão de vegetação" em APP. O regulamento não trouxe e nem definiu os critérios que permitiriam promover a alteração de uma APP quando desprovida de vegetação, ficando estas últimas entendidas como áreas livres para qualquer tipo de intervenção (BORGES et al. 2011).

Visando a sanar essa polêmica, o CONAMA, através da edição da Resolução n.369/06, acrescentou ao termo "supressão de vegetação" o termo "intervenção". Assim, o termo intervenção em APP pode ser considerado tanto para atividades em APPs desprovidas de vegetação, bem como aquelas com ocorrência de vegetação (BORGES et al. 2011).

No entanto, a intervenção ou supressão de vegetação eventual e de baixo impacto ambiental em APP, além de autorizada pelo órgão ambiental, não poderá comprometer as funções ambientais naturais. Nessa modalidade de intervenção, a estabilidade das encostas e margens dos corpos de água, os corredores de fauna, a drenagem e os cursos de água intermitentes, a manutenção da biota, a regeneração

e a manutenção da vegetação nativa e a qualidade das águas deverão ser mantidos. Essa resolução pretendeu regulamentar as pequenas atividades cometidas em APPs. No entanto, poderão ser permitidas desde que não promovam impactos significativos ou irreversíveis. Enfim, o objetivo principal dessa Resolução foi definir os critérios de intervenção em APPs (BORGES et al. 2011).

Ela surgiu em decorrência, dentre outros fatores, de uma liminar concedida pelo STF em 2005, que suspendeu todas as atividades em APPs. A liminar se tornou importante porque pressionou o CONAMA a definir os critérios para que se pudessem fazer tais intervenções, já que a legislação até então não dispunha de parâmetros e dispositivos específicos (BORGES et al. 2011).

A reconstituição das APPs em propriedades privadas é obrigatória. Caso o proprietário não assuma o compromisso de recuperá-la, conforme a lei, o Poder Público poderá fazê-lo. Sobre esse assunto, o art. 18 do Código Florestal de 1965 diz que, nas propriedades privadas, onde seria necessário o florestamento ou o reflorestamento de preservação permanente, o Poder Público Federal fará a recuperação, caso o proprietário não fizer. Ainda ressaltou que se tais áreas estivessem sendo utilizadas com alguma cultura, de seu valor o proprietário seria indenizado (BRASIL, 1965).

Apenas a legislação brasileira proíbe o aproveitamento nas áreas de APP, enquanto em outros países, como os EUA, Canadá, Finlândia, Suécia e Noruega, são permitidas usos sustentáveis. Porém, tais usos vão se restringindo à medida que se aproxima das margens dos cursos d'água, de forma que o volume de madeira e as espécies que podem ser exploradas são liberados somente por meio de planos de manejos específicos de cortes seletivos (VALVERDE, 2001).

As condições climáticas apresentam-se diferenciadas tanto no Brasil quanto nos EUA, por possuírem dimensões continentais. Nos EUA, a legislação é mais detalhada em cada Estado, enquanto, no Brasil, as peculiaridades estaduais não são levadas em consideração e não podem ser contrárias ao mínimo estabelecido na legislação federal (BORGES et al. 2011).

Com relação às áreas urbanas, o parágrafo único do art. 2° do Código Florestal de 1965, alterado pela Lei 7.803/89, estabelece que as áreas de preservação permanente (APPs) devem respeitar os planos diretores e leis de uso

do solo. Diz também que deve atender a todos os princípios e limites trazidos no caput do art. 2° do Código Florestal (BRASIL, 1989). Ao trazer um novo ordenamento que não o Código Florestal, o entendimento das APPs em áreas urbanas se tornou ainda mais confuso.

O estabelecimento de limite mínimo menos rigoroso para as áreas urbanas, proposta constante de alguns dos projetos de lei, é desaconselhável do ponto de vista do meio ambiental, mas não é totalmente desprovido de justificativa. O Código Florestal de 1965 atribui aos próprios municípios o poder para regulamentar a questão das APPs, impondo algumas limitações.

Com essa regulamentação, as áreas de preservação permanente têm sido simplesmente ignoradas na maioria dos núcleos urbanos. É uma realidade que se associa a graves prejuízos ambientais, como o assoreamento dos corpos d´água e a eventos que acarretam sérios riscos para as populações humanas, como as enchentes e os deslizamentos de encostas, que ocorrem justamente nas APPs (MAGRI e BORGES, 1996).

A melhor solução técnica, não apenas em áreas urbanas, mas também válida em áreas rurais passa por uma análise caso a caso, a partir de um plano de ocupação da bacia hidrográfica. Para cada situação, seriam analisados os regimes hídricos, a geologia, as atividades econômicas e sociais, e, principalmente, a densidade populacional e interesse industrial que porventura possam se estabelecer no local, respeitando-se os limites mínimos estabelecidos pelas Leis Federais (BORGES et al. 2011).

2.5. Aspectos Legais das Áreas de Preservação Permanente – Novo Código Florestal de 2012

O CÓDIGO FLORESTAL de 2012 após anos de debate e muita discussão política, foi publicado no Diário Oficial da União de 25 de Maio de 2012, como a Lei 12.651/12 (Novo Código Florestal). A lei publicada é significativamente diferente daquela aprovada no Congresso Nacional, amplamente discutida e negociada na Câmara dos Deputados (BUENO, 2012).

O art. 3º do Novo Código Florestal traz o conceito de diversas áreas ambientais ou termos utilizados nos dispositivos de seu conteúdo.

1. Reserva Legal - área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.
2. Área de Preservação Permanente - área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.
3. Área Rural Consolidada - área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio.
4. Pequena propriedade ou posse rural familiar - aquela explorada mediante o trabalho pessoal do agricultor familiar e empreendedor familiar rural, incluindo os assentamentos e projetos de reforma agrária, e que atenda ao disposto no art. 3º da Lei 11.326, de 24 de julho de 2006.
5. Vereda - fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com as palmáceas, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas.
6. Nascente - afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água.
7. Olho d’água - afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente.
8. Várzea de inundação ou planície de inundação - áreas marginais a cursos d’água sujeitas a enchentes e inundações periódicas.
9. Pousio – prática de interrupção de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais, por no máximo 5 anos, em até 25% da área produtiva da propriedade ou posse, para possibilitar a recuperação da capacidade de uso ou da estrutura física do solo (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2012).

A proteção do meio ambiente natural continua sendo obrigação do proprietário mediante a manutenção de espaços protegidos de propriedade privada,

divididos entre Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) (BUENO, 2012).

A grande novidade está, na verdade na implementação e na fiscalização desses espaços, agora sujeito ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) (BUENO, 2012).

As áreas de preservação permanente são aquelas que devem ser mantidas intactas pelo proprietário ou possuidor de imóvel rural, independentemente de qualquer outra providência ou condição em virtude da sua natural “função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

Não houve grandes alterações do que eram as APPs sob a égide da Lei 4.771 e o que determina a Lei 12.561/12. Apenas algumas situações ficaram mais claras, tais como:

a) ficaram expressamente previsto que somente devem ser protegidas como APPs as faixas marginais dos cursos d’água naturais, eliminando a dúvida quanto aos regos e canais artificiais;

b) a medição das faixas marginais de APPs passou a ser da borda da calha do leito regular dos cursos d’água, deixando de ser a partir do nível mais alto em faixa marginal, como acontecia sob a égide da antiga lei, o que dificultava muito a sua delimitação;

c) a situação dos lagos e lagoas naturais passou a ser expressamente definida por lei, o que não acontecia, ficando claro que, quanto aos reservatórios artificiais prevalece o disposto no respectivo licenciamento ambiental, que continua obrigatório para qualquer intervenção em curso d’água;

Além das mencionadas APPs hídricas, de aplicação certamente generalizada, mantiveram-se, com alguns esclarecimentos, a proteção das encostas, dos topos de morros, restingas, manguezais, bordas de tabuleiros e chapadas e de altitude superior a 1800 metros (BUENO, 2012).

A Medida Provisória fez muito bem em esclarecer que a as áreas de preservação permanente em Veredas é a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado (BUENO, 2012).

Sem prejuízo de serem áreas de preservação permanente as encostas, com declividade maior que 45°, foram declaradas de uso restritos, não passíveis de supressão da vegetação natural, as áreas com declividade entre 25° e 45º, garantida a manutenção das atividades atualmente existentes, bem como da infraestrutura instalada (BRASIL, 2012).

As áreas de Reserva Legal também continuam seguindo a mesma lógica daquela da Lei de 1.965, alterada pela Medida Provisória 2166/01. Ou seja, se traduz na obrigação legal do proprietário de preservar uma área de floresta nativa equivalente a um percentual da sua área total, variável de 20% a 80%, conforme a localização e o bioma (BUENO, 2012).

Quanto à Reserva Legal, a única novidade que entendemos ser relevante é a possibilidade do cômputo da APP na reserva legal. Esse benefício, que poderá ser muito útil à regularização de imóveis rurais, está, no entanto, limitado às hipóteses em que:

a) o cômputo não implique a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo;

b) a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação; e

c) o proprietário ou possuidor tenha requerido inclusão do imóvel no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

A Reserva Legal continua sendo passível de exploração limitada, mediante manejo sustentável, sendo que sua averbação no Cartório de Registro de Imóveis não será obrigatório a partir da sua declaração e inclusão no CAR – Cadastro Ambiental Rural (BUENO, 2012).

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é a grande novidade do Código Florestal. Da maneira com que está proposto, será a importante ferramenta que falta ao Poder Público para a gestão do uso e ocupação do solo quanto às questões ambientais (BUENO, 2012).

Inscrição obrigatória para todos os proprietários rurais, o CAR será um novo registro público, onde deverão ser inscritas as propriedades, com seu perímetro identificado e delimitado com coordenadas geográficas, assim como todos os espaços protegidos no interior do imóvel, especialmente APPs e Reserva Legal (BUENO, 2012).

Pelo que se anuncia e se planeja nos órgãos especializados do Poder Executivo, o Cadastro deterá não só o perímetro dos imóveis georreferenciado, mas também a delimitação geográfica das áreas do interior das propriedades, cujo acompanhamento e fiscalização poderão passar a ser feito por imagens de satélite (BUENO, 2012).

O Principal da Reforma do Código Florestal estava na regularização das situações consolidadas pelo tempo, colocadas na ilegalidade pela inflexibilidade aos usos e costumes e à evolução histórica da ocupação agrária do país. Essas "consolidações" constavam das Disposições Transitórias e sofreram grandes alterações pelo Poder Executivo e certamente serão os principais objetos da apreciação dos vetos e da Medida Provisória 571/2012 pelo Congresso Nacional (BUENO, 2012).

Apesar do alarde, a Lei 12.651/12 não permite a consolidação da Reserva Legal. Ou seja, todos os imóveis rurais, independentemente do uso consolidado das áreas para cultivo ou criação de animais estão sujeitos à obrigação de manter reserva legal.

Sendo assim, tal como já vinha sendo exigido sob a égide da Lei 4.771/65, todos aqueles proprietários que não tiverem área correspondente aos percentuais mencionados no art. 12 da nova Lei (20%, 35% ou 80%, conforme o caso) com vegetação nativa preservada (incluindo, como se disse, as APPs), estão obrigados a fazê-lo mediante:

a) recomposição da reserva legal;

b) regeneração natural da vegetação de reserva legal; ou

c) compensação da reserva legal.

O dispositivo art. 66 do Código Florestal é praticamente idêntico ao revogado art. 44, do Código anterior, que também previa como faz a nova lei, instrumentos facilitadores para a compensação ambiental, a saber:

a) a compensação mediante aquisição de cotas. Trata-se de uma excelente oportunidade para a criação de um mercado organizado de serviços ambientais, com negociação de títulos correspondentes a áreas de vegetação nativa para

compensação. Em mais de 10 anos da previsão legal sob a égide da Medida Provisória 2.166/01 o dispositivo nunca foi regulamentado, pelo que somos céticos dessa solução;

b) instituição de servidão ambiental (ou arrendamento de reserva ambiental). Trata-se de um instituto de efetividade e que já vinha funcionando como solução eficaz para a cessão precária, temporária e reversível de excedentes florestais para compensação ambiental;

c) doação ao órgão ambiental competente de área localizada no interior de unidade de conservação de domínio público, pendente de regularização fundiária.

Diante da dificuldade de negociação entre os interessados, proprietários prejudicados com a criação de unidades de conservação sem a prévia e justa desapropriação e indenização de suas propriedades, é também uma alternativa de difícil implementação.

A única novidade é a possibilidade de compensação mediante o cadastramento de outra área, equivalente e excedente à Reserva Legal, localizada no mesmo bioma (art. 66), sendo certo que a lei anterior só previa que a compensação poderia utilizar área na mesma microbacia hidrográfica (art. 44) (BUENO, 2012).

A consolidação da utilização antrópica das Áreas de Preservação Permanente foi aspecto principal da Medida Provisória 571/12 e dos vetos da Presidente da República ao projeto de lei aprovado no Congresso Nacional.

A regra geral determina que nas Áreas de Preservação Permanente seja autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, (art. 61). Mas, foram estabelecidas diversas condicionantes e limitações para a continuidade do uso dessas áreas.

Em primeiro lugar, relativamente às APPs hídricas (aquelas nas faixas marginais de cursos d’água naturais, nascentes e olhos d’água) a continuação das atividades foi permitida desde que uma parte dessas áreas de preservação permanente seja recomposta com vegetação nativa (Tabela 1) (BUENO, 2012).

Tabela 1: Recomposição de áreas de preservação permanente de cursos d´água (BRASIL, 2012 com as alterações da MP 571/12).

Módulo Fiscal	**Largura do curso d´água (m)**	**Faixa de recomposição (m)**
Até 1	Indiferente	5
Entre 1 e 2	Indiferente	8
Entre 2 e 4	Indiferente	15
Entre 4 e 10	Até 10 m	20
Superior a 4	Superior a 10 m	Metade da largura do curso d´ água, respeitando os limites entre 30 e 100 m

A faixa dessa contrapartida à consolidação é variável de acordo com o tamanho do curso d'água, cuja APP pretende proteger e com o tamanho da propriedade que está sujeita à contraprestação, de modo que pequenas propriedades são menos oneradas que propriedades com área maior que 4 módulos fiscais, assim considerada a área da propriedade em 22 de Julho de 2008 (BUENO, 2012).

Como exemplo, citamos o caso de uma propriedade com mais de 4 módulos fiscais, categoria mais representativa do Território Nacional considerando a abrangência territorial. Nessas propriedades poderão se manter as atividades agrárias nas áreas de preservação permanente desde que feita à recomposição:

a) da faixa marginal de 20 metros, nos cursos d'água com até 10 (dez) metros de largura,

b) da faixa marginal de metade da largura do rio nos demais casos, obedecido o mínimo de 30 metros e o máximo de 100 metros;

c) da faixa de 15 metros no entorno de nascentes e olhos d'água perenes;

d) da faixa de 30 metros no entorno de lagos e lagoas naturais;

e) da faixa marginal de 50 metros, em projeção horizontal, delimitadas a partir do espaço brejoso e encharcado das veredas (BUENO, 2012).

No caso dos Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico os valores dos módulos fiscais são (Tabela 2).

Tabela 2: Módulos Fiscais dos Municípios do Estado de São Paulo, que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico.

Município	Modulo Fiscal (ha)	4 Módulos Fiscais (ha)
Jaboticabal	14	56
Guariba	14	56
Santa Ernestina	14	56
Taquaritinga	14	56
Monte Alto	14	56

A autorização do uso dessas áreas que deveriam ser de Preservação Permanente, bem como a contrapartida em recomposição florestal deverão constar de Projeto de Regularização Ambiental e estar inscritas no CAR – Cadastro Ambiental Rural. Sendo assim, mais uma vez, a efetividade das medidas dependerá muito da regulamentação dos dispositivos e implementação dos projetos pelo Poder Executivo (BUENO, 2012).

Estabelecida à área de preservação permanente é que a preocupação deve se voltar à Reserva Legal. Como é possível o cômputo das áreas de preservação permanente para o cálculo da área de preservação obrigatória, deverá ser calculado o excedente ou a área faltante para se atingir o mínimo exigido (BUENO, 2012).

As áreas excedentes poderão ser oferecidas ao mercado de recomposição. As áreas faltantes deverão ser analisadas com mais cuidado, através de um histórico da ocupação da área, do momento temporal do desmatamento e da legislação aplicável à época. Somente será necessária a recomposição das áreas de reserva legal se o desmatamento tiver sido efetuado em desacordo com legislação vigente à época do desmatamento (BUENO, 2012).

2.6. Classificação Supervisionada

A classificação apresenta-se de dois tipos: supervisionada e não supervisionada. A classificação supervisionada depende de amostras de treinamento que sejam representativas das classes presentes na imagem. Assim, o

algoritmo classifica os pixels para cada classe. As amostras de treinamento devem ser em número, representativas e uniformes, ficando ao próprio manipulador definir quantas e quais classes serão utilizadas, enquanto que a classificação não supervisionada dispensa a definição do número de classes e das amostras de treinamento, uma vez que o próprio Software por meio de algoritmos realizará a extração, identificação e classificação dos pixels, e o intérprete identificará as classes geradas pelo algoritmo (SILVA e PEREIRA, 2007).

A classificação supervisionada pode ser informalmente definida como o processo no quais amostras de identidade conhecida é utilizado para classificar pixels de identidade desconhecida (CAMPBELL, 1996).

Neste processo, um analista identifica na imagem as classes de informação de seu interesse e separa regiões que melhor representem estas classes. Dentro destas regiões ele separa áreas de treinamento que contêm os pixels que serão usados como representantes da classe. A partir destes pixels são extraídas determinadas características das classes, que serão usadas para a classificação dos demais pixels (MAXIMO e FERNANDES, 2003).

O processo de classificação supervisionada apresenta vantagens e desvantagens em relação à classificação não-supervisionada (CAMPBELL, 1996).

As principais vantagens são:

a) O analista tem maior controle sobre o processo (escolhe o número e o tipo de classes, as regiões de amostragem e o número de amostras). Esta característica é importante principalmente quando a classificação visa a um objetivo específico;

b) a classificação supervisionada é balizada pelas classes pré-definidas pelo analista, desta forma, não é necessário concatenar a imagem classificada com as classes de interesse; e

c) o analista tem condições de identificar possíveis imprecisões graves pela análise das áreas de treinamento (MAXIMO e FERNANDES, 2003).

As principais desvantagens são:

a) O analista impõe uma determinada estrutura de classificação aos dados, através da definição prévia das classes de informação. Estas classes podem não corresponder às classes reais existentes na cena imageada, ou não ser separáveis no espaço n-dimensional;

b) As áreas de treinamento selecionadas podem não apresentar todas as características das classes que representam. Esta característica pode ter muita influência, principalmente quando a área a ser classificada é grande, complexa ou inacessível (MAXIMO e FERNANDES, 2003).

2.7. Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG)

O termo sensoriamento remoto foi introduzido a partir de 1960, ampliando a abrangência da capacidade das, já bem difundidas, fotografias aéreas. Sensoriamento remoto pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele. As informações sobre o objeto, neste caso, são derivadas da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Estes campos de força podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais (NOVO, 2008).

Sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio da análise de dados adquiridos por um sistema que não está em contato com esse objeto, área ou fenômeno sob investigação (LILLESAND e KIEFER, 1994).

A dinâmica do uso da terra tem alterado significativamente as paisagens e os ecossistemas. Tais mudanças têm exigido que o monitoramento ambiental seja efetuado com maior rapidez e eficácia, gerando um aumento significativo no volume dos dados resultantes de sensoriamento remoto (EHLERS, 2005).

Uma imagem é o resultado do registro da energia refletida, emitida e/ou transmitida das diferentes partes do espectro eletromagnético. Pela variedade de situações possíveis, conhecimentos básicos de interpretação de imagem são essenciais para o uso efetivo dos dados disponíveis (GARCIA, 1982).

A energia refletida ou emitida por um determinado objeto na superfície é registrada pelos sensores que operam em certas faixas espectrais do espectro eletromagnético, como a região do visível, do infravermelho próximo, médio e distante, etc. Estes sensores podem registrar estas informações em condições de campo, aerotransportados ou colocados em plataformas orbitais. Quando colocado

em plataformas orbitais, os dados coletados apresentam algumas vantagens em relação àqueles coletados no campo ou aerotransportados. Os sensores orbitais permitem realizar um imageamento sinóptico (visão ampla da área imageada) e periódico. Além disso, a energia refletida ou emitida pelo alvo pode ser gravada em diferentes faixas espectrais, permitindo assim, fazer uma análise do comportamento espectral em diferentes bandas do espectro eletromagnético (DAINESE, 2001).

O desenvolvimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de imagens vem influenciando de maneira crescente as áreas de mapeamento, análise de recursos naturais, planejamento urbano e regional. Esta tecnologia automatiza tarefas realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes e da criação de um banco de dados geocodificado. Os sistemas para tal fim são denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ASSAD e SANO, 1998).

A utilização das geotecnologias pode ser considerada como um importante aliado para analisar, diagnosticar e propor o monitoramento das Áreas de Preservação Permanente e das Reservas Legais em várias escalas (propriedade, bacia, município), mostrando-se instrumentos indispensáveis na detecção de conflitos de uso e no planejamento da restauração e/ou recuperação dos usos adequados e cumprimento da legislação (AZEVEDO, 2008).

2.8. LISS III

O programa indiano de Satélites de Observação da Terra IRS (*Indian Remote Sensing Satellite*) oferece uma ampla possibilidade de acesso às imagens em diversas resoluções e consequentemente aplicações, com satélites especializados em coletar dados de forma temática (EMBRAPA, 2012).

O objetivo principal da missão é fornecer dados de sensoriamento remoto para a *National Natural Resource Management System* (NNRMS) e apoiar o desenvolvimento econômico indiano, mas os dados do IRS também são distribuídos para outros países, inclusive para o Brasil (EMBRAPA, 2012).

A missão, em sua maioria desenvolvida e operada pela *Indian Space Research Organization* (ISRO), lançou os primeiros satélites experimentais Bhaskara

1 e Bhaskara 2 em 1979 e 1981, respectivamente. A primeira geração de satélites operacionais iniciou-se em 1988 com o lançamento do IRS-1A, seguido pelo IRS-1B em 1991, ambos equipados com sensores multiespectrais idênticos que operaram até a década de 90. O terceiro satélite da série (IRS-1E) não conseguiu entrar em órbita e foi perdido no lançamento que ocorreu em 1993, com o veículo lançador indiano PSLV (*Polar Satellite Launch Vehicle*). Em outubro de 1994, o PSLV obteve sucesso e lançou o IRS-P2 que levou a bordo os sensores LISS-IIA e LISS-IIB com câmera CCD, que operou nas faixas no visível e infravermelho próximo (EMBRAPA, 2012).

A segunda geração de satélites iniciou-se com o lançamento do IRS-1C em 1996, que levou a bordo sensores multiespectrais e pancromáticos, capazes de gerar imagens com melhor resolução espacial (5 metros) e possibilitar estudos inéditos em áreas urbanas, além de contribuir para estimativas de safras agrícolas e levantamentos de recursos naturais. Na época do lançamento o IRS-1C foi considerado o mais avançado satélite disponível no mercado de observação da terra e operou por mais de 10 anos. Em 1997 a ISRO lançou o satélite IRS-1D, que continua em atividade até hoje e possui as mesmas especificações do IRS-1C (EMBRAPA, 2012).

Em 1996 foi lançado o sexto satélite da série IRS, denominado IRS-P3 que levou a bordo instrumentos experimentais para contribuir no estudo do sistema oceano-atmosfera. Essa experiência serviu de apoio para o desenvolvimento do satélite IRS-P4 (também denominado *OCEANSAT-1*), lançado em 1999 e operacional, especializado em coleta de dados de parâmetros físicos e biológicos dos oceanos (EMBRAPA, 2012).

O nono satélite da série IRS foi lançado de forma experimental em 2001 e denomina-se TES (*Technology Experiment Satellite*). Esse satélite foi projetado para testar as tecnologias desenvolvidas pela ISRO e aprimorar o desempenho dos satélites especializados em cartografia que seriam lançados nas missões futuras, no que diz respeito à estrutura física dos componentes do satélite, controle de atitude, sistema de comunicação, transmissão de dados, sensores, etc. Ele continua operacional e leva a bordo uma câmera pancromática, que obtém imagens com 1 metro de resolução espacial, para viabilizar experimentos em sensoriamento remoto,

com aplicações estratégicas na área de defesa de território e inserção da Índia no mercado de imagens de alta resolução espacial (EMBRAPA, 2012).

Para substituir as missões IRS-1C e IRS-1D e manter a continuidade dos dados oferecidos, a ISRO lançou em 2003 o décimo satélite da série, denominado IRS-P6 ou *RESOURCESAT-1*. Esse sistema de observação da terra é próprio para trabalhos na área de agricultura, levantamentos de uso e cobertura das terras, monitoramento de safras, além de atuar em estudos de áreas urbanas e cartografia. Opera com três instrumentos sensores semelhantes aos oferecidos por seus antecessores, com atualizações tecnológicas para viabilizar maior qualidade dos dados oferecidos (EMBRAPA, 2012).

O décimo primeiro satélite da série IRS, lançado em 2005, foi denominado *CARTOSAT-1* (IRS-P5) e possui aplicação direta na área de cartografia de precisão, pois foi projetado para levar a bordo duas câmeras pancromáticas posicionadas em ângulos diferentes com o objetivo de fornecer imagens com estereoscopia, com 2,5 metros de resolução e período de revisita de 5 dias. Com esses atributos, os dados do satélite podem contribuir para realização de mapeamentos em escalas detalhadas tanto em ambientes rurais quanto urbanos, além de servir de apoio na geração de mapas topográficos em grande escala. A série *CARTOSAT* também lançou satélites idênticos em 2007 *(CARTOSAT-2)* e em 2008 *(CARTOSAT-2A)* equipados com câmeras pancromáticas de alta resolução espacial (1 metro), revisitas de 4 dias e com possibilidade de visadas de até 45º tornando-os aptos a oferecer dados com menor período de revisita (EMBRAPA, 2012).

Em 2008 também foi lançado o satélite IMS-1 (*Indian Mini Satellite*-1) da série IRS que incorpora novas tecnologias e subsistemas miniaturizados. Esse satélite leva dois sensores ópticos para aplicações em sensoriamento remoto: Multiespectral Camera (Mx) e *Hiperspectral Camera* (HySI), que adquirem dados nas regiões do visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (EMBRAPA, 2012).

A missão IRS mantém em órbita 8 satélites em atividade e existe a expectativa de que nos próximos cinco anos ocorram mais lançamentos, como os satélites *Risat, Resourcesat-2 e 3, Cartosat-3 e Oceansat-2* e 3 que estão em desenvolvimento (EMBRAPA, 2012).

O sensor LISS-III (Figura 2) foi desenvolvido em duas versões: a primeira a bordo dos satélites IRS-1C e IRS-1D, (Figura 3) operando em quatro comprimentos de onda e oferecendo resoluções espaciais diferenciadas, variando entre 23,6 a 180 metros em cenas de 142 ou 148 km; a segunda versão do LISS-III foi lançada a bordo do satélite IRS-P6 ou *RESOURCESAT-1* (Figura 4) onde as principais mudanças apresentadas foram na resolução espacial que passou a ser de 23,5 metros para todos os canais espectrais, em faixas imageadas de 141 km. Os satélites que possuem este sensor a bordo fornecem informações relacionadas a vegetação, caracterização de culturas e espécies vegetais (EMBRAPA, 2012).

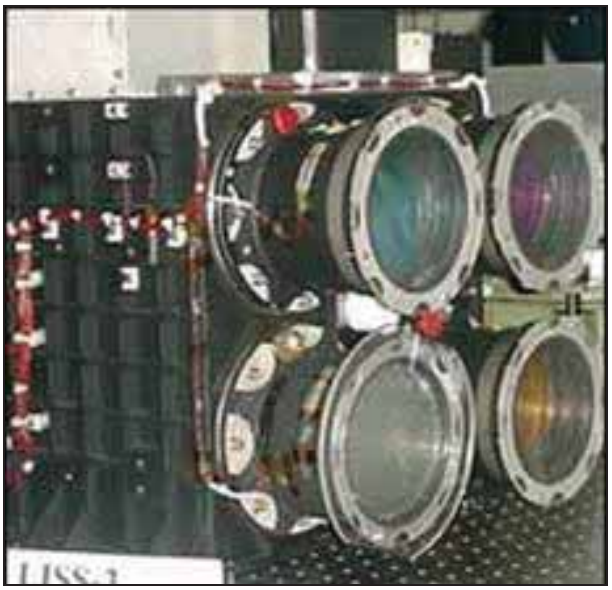


Figura 2: Vista do Sensor LISS III. (Fonte: EMBRAPA, 2012).

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada
LISS-III (Linear Imaging Self -Scanner) Satélite IRS-1C e IRS-1D	VERDE	0.52-0.59 µm	23,6 m	25 dias	142 km
	VERMELHO	0.62-0.68 µm			
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.77-0.86 µm			
	INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55-1.70 µm	70,8 m		148 km
	VERMELHO	0.62-0.68 µm	180 m		142 km
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.77-0.86 µm			

Figura 3: Características do sensor LISS III a bordo do satélite IRS – 1C e IRS – 1D. (Fonte: EMBRAPA, 2012).

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
LISS III (Linear Imaging Self -Scanner) Satélite IRS-P6 (RESOURCESAT-1)	VERDE	0.52-0.59 µm	23,5 m	24 dias	141 km	7 bits
	VERMELHO	0.62-0.68 µm				
	INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.77-0.86 µm				
	INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55-1.70 µm				

Figura 4: Características do sensor LISS III a bordo do satélite IRS – P6. (Fonte: EMBRAPA, 2012).

2.9. SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas)

Augusto et al. (2005), descreveram a mudança de um sistema local para um sistema geocêntrico, decorrente das novas tecnologias, produz grandes benefícios, principalmente quanto à compatibilidade das informações a nível internacional. O Brasil, através do Projeto de Mudança do Referencial Geodésico (PRMG), segue as recomendações do Projeto Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, o SIRGAS, cujo propósito é o estabelecimento de um sistema geodésico único para as

Américas. O PMRG objetiva promover a adoção de um novo sistema de referência, mais moderno e de concepção geocêntrica, compatível com as modernas tecnologias de posicionamento.

O desenvolvimento do Projeto SIRGAS compreende as atividades necessárias à adoção no continente de sistema de referência de precisão compatível com as técnicas atuais de posicionamento, notadamente as associadas ao Sistema de Posicionamento Global (GPS) (SILVEIRA, 2005).

O Projeto Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), esta sendo desenvolvido com a participação de diversos países sul americano, sob coordenação do IBGE. No contexto deste projeto foi determinada em 1997 uma rede geodésica continental de precisão científica, a partir da qual estarão apoiadas as redes nacionais sul-americanas. A integração entre a rede de referência SIRGAS com as redes existentes em outras regiões do planeta está garantida pela existência no continente de estações de operação contínua pertencentes à Rede Global do Internacional GPS *Service for Geodynamics* (IGS) (SILVEIRA, 2004).

Segundo Silveira (2004), a adoção de um referencial geocêntrico no Brasil se constitui em uma necessidade, objetivando o atendimento dos padrões globais de posicionamento. Com isto, fica garantida a manutenção da qualidade dos levantamentos GPS realizados em território nacional, uma vez que manter o seu referenciamento ao SAD-69 implica na degradação da precisão. Outro fator determinante diz respeito à necessidade de se buscar uma compatibilidade com os demais países sul-americanos, adotando-se no continente um referencial único para as atividades cartográficas.

Associado a essa mudança necessária e inevitável tem-se grandes benefícios e vantagens, dentre as quais pode-se citar: alcance de precisões a níveis muito melhores que no passado, compatibilidade de informações a nível internacional, maior confiabilidade nos resultados e, principalmente, uma maior facilidade para os usuários quando da integração de novos levantamentos ao Sistema Geodésico Brasileiro (COSTA, 2000).

2.10. Histórico da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico

Há mais de cinco décadas pesquisadores, alunos de graduação e pós-graduação da UNESP/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP e parcerias, com equipes de técnicos, têm realizado estudos ambientais na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico e Região de Jaboticabal. Pode-se verificar que a atuação em estudos na área denota-se com o Dr. Mario Benincasa, professor aposentado do Departamento de Engenharia Rural pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, trabalho intitulado - Estudo Hidrológico Preliminar da Região de Jaboticabal. Revista Científica (São Paulo), 1973.

Seguindo posteriormente o Dr. Walter Politano, também professor aposentado do Departamento de Engenharia Rural pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, com inúmeros trabalhos na área de estudo. Um dos seus primeiros trabalhos ficou intitulado de Caracterização e mapeamento da erosão antropogenética da superfície do Município de Monte Alto, SP. Científica (São Paulo), 1980. Verificando o histórico de trabalhos do professor com parceria de outros pesquisadores e professores renomados, como o Prof. Dr. Paulo César Corsini, Prof. Dr. Itamar Andrioli (Departamento de Solos de Adubos – UNESP, Jaboticabal), Prof. Newton Casteganoli, entre outros, denota-se que, na área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico e os Municípios que a constituem, foi realizado muitos trabalhos e pesquisas. Podem-se citar alguns:

- Ocupação do solo no Município de Jaboticabal, SP. Revista Científica (São Paulo), 1980;

- Caracterização e mapeamento das principais formações superficiais do Município de Jaboticabal, SP. Revista Científica (São Paulo), 1983;

- Caracterização por fotointerpretação da erosão acelerada do Município de Taquaritinga, SP. Revista Científica (São Paulo), 1983;

- Caracterização por fotointerpretação da ocupação do solo no Município de Monte Alto, SP. Engenharia Agrícola, Botucatu, 1983.

Seguindo os estudos nesta área, encontram-se os nomes de outros renomados pesquisadores e instituições parceiras: Prof. Dr. João Antônio Galbiatti, Profa Dra Teresa Cristina Tarlé Pissarra, (Departamento de Engenharia Rural –

UNESP, Jaboticabal), Prof. Dr. Luiz Augusto do Amaral (Departamento. Med. Veterinária Preventiva e Rep. Animal – UNESP, Jaboticabal), Prof. Dr. Antônio Sérgio Ferraudo (Departamento de Ciências Exatas – UNESP, Jaboticabal), Serviço Autônomo de Água e Esgoto/Jaboticabal, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral-CATI-Regional Jaboticabal, Defesa Agropecuária, Prefeituras Municipais de Jaboticabal, Monte Alto, Taquaritinga, Guariba e Santa Ernestina, Centro de Estudos Ambientais de Jaboticabal, Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal entre vários alunos e demais parceiros.

No ano de 2001, esta área foi contemplada no Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas em São Paulo – PEMH/CATI, que vem sendo implantado em diversos municípios, desde o ano 2000. Esse programa conta com recursos do Banco Mundial e do Governo do Estado, com a finalidade de promover o desenvolvimento rural sustentável na agricultura paulista. Em seguida, o trabalho de Pissarra (2002), descreve as características físicas da bacia de acordo com a geomorfologia e relação solo-paisagem.

Com os objetivos de reunir os pesquisadores e trabalhos desenvolvidos na bacia hidrográfica do Córrego Rico organizou em 2009 o I Workshop da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico. Estes Encontros Científicos que tiveram continuidade em 2010, 2011 e 2012 com a quarta edição do Workshop que foi realizado no Município de Taquaritinga, com a adesão da FATEC e apoio da Prefeitura local, dando continuidade à apresentação de trabalhos de pesquisa e também palestras de pesquisadores científicos renomados e orientadores, com relatos de experiências e atividades afins conduzidas nessa área.

Com base em trabalhos realizados na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico tem-se como resultados e conclusões:

- O Córrego Rico apresenta riqueza de peixes semelhante a outros tributários do Rio Mogi-Guaçu (TAKAHASHI, 2010);

- Períodos de maior chuva, a quantidade de material suspenso em água aumenta de forma acentuada (turbidez) e há indícios de que há lixiviação de fósforo e cloreto; para período de seca, a redução da vazão do Córrego Rico eleva a concentração de alguns contaminantes oriundos principalmente de lançamento de esgoto tais como mostrado pelo nitrogênio amoniacal e o nitrato, a turbidez e o

nitrogênio amoniacal se mostraram os melhores indicadores para os impactos sofridos por esta bacia (LOPES et al. 2005);

- Definido pontos de coleta da água nas nascentes e a longo dos cursos d'água (entre 0 a 50 m da nascente), em dois períodos (chuvoso e seco), analisou as seguintes variáveis: cor, pH, temperatura, turbidez, alcalinidade, dureza total, dureza em magnésio, dureza em cálcio, fósforo, nitrogênio e demanda bioquímica de oxigênio e de maneira geral, ocorreu agrupamento por nascentes e também por períodos, confirmando que os períodos de amostragem, assim como as características e diferentes usos do solo influenciam na qualidade da água das microbacias. As variáveis cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total foram as que apresentaram maior importância relativa nas variáveis canônicas (DONADIO et al. 2005);

- Áreas de remanescentes de fragmentos florestais do Município de Jaboticabal, SP, com a evolução temporal, entre 1971 e 2000, diminuíram, mas o número de fragmentos não. Os fragmentos florestais de maior área, observados em 1971, apresentaram áreas extremamente menores em 2000 e os fragmentos florestais tiveram, em 2000, índice de circularidade ideal, com efeito de borda acentuado (GREGGIO et al. 2009);

- As características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego da Glória, importante região da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, demonstraram que ocorreu uma redução do número de segmentos de rios de 1^{a} ordem e comprimento da rede de drenagem ao longo do período analisado, o que influencia diretamente na vazão, estando relacionadas às diversas influências que a evolução sofreu, indicando comportamento hidrológico desigual (RODRIGUES et al. 2008).

- A distribuição da extensão da abrangência dos estados de erosão da Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória durante o período analisado indica a potencialidade que esse mapeamento apresenta em termos de fiscalização ambiental no que tange à legislação brasileira de conservação do solo. Tem-se observado, ao longo dos anos, aumento significativo no estado de erosão intensa 1: sulcos raros ou ocasionais em detrimento do estado de erosão laminar: ligeira/moderada. Esse cenário reflete a diferença entre o impacto causado anteriormente nas práticas agrícolas e nos processos naturais e a crescente perda

de solo no meio. Os estados de erosão intensa 2: sulcos comuns e erosão muito intensa 3: sulcos frequentes/muito frequentes também foram crescentes, refletindo o manejo inadequado na área e a suscetibilidade ao processo erosivo mais intenso. Tal fato foi observado, principalmente, nas áreas a montante da microbacia, em relevos mais acidentados (RODRIGUES et al. 2011).

Todos estes trabalhos entre outros que foram discutidos neste estudo justificam-se pela dimensão ambiental que configura-se crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade numa perspectiva interdisciplinar.

Os resultados encontrados têm como princípio nortear a participação da comunidade para a expansão e comprometimento da continuidade das atividades, que visarão, além de conhecer o uso e ocupação do solo, minimizar com ações a poluição do recurso hídrico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Córrego Rico está localizada na região nordeste do Estado de São Paulo, constituída pelos Municípios de Jaboticabal, Taquaritinga, Monte Alto, Guariba e Santa Ernestina (Figura 5), ocupando uma área de aproximadamente 563 km^2, com posição geográfica entre as coordenadas UTM, longitudes 762.000 e 766.000 m E, latitudes 7.664.000 e 7.945.000 m N, MC 51^oW Gr, com altitude variando entre 754 a 498 metros (PISSARRA et al. 2009).

O clima da região é classificado como Aw (Sistema de Köppen), com precipitação média entre 1.100 mm a 1.700 mm anuais e temperaturas médias do mês mais quente 22ºC e do mês mais frio 18ºC.

A área encontra-se na província geomórfica V - Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. Nas cotas superiores da bacia, os solos que predominam são os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) cujo material geológico é constituído de arenitos com cimento calcário, classificado como Formação Bauru e, nas cotas inferiores, predominam os Latossolos Vermelhos (LV) originários das rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral (SÃO PAULO, 1974).

As unidades de solos segundo a classificação da Embrapa (1999), Latossolos (LV-distroférricos/distróficos, A moderado e proeminente, textura argilosa, relevo suave ondulado) e Argissolos (PVA3-relevo suave ondulado, textura arenosa/média e média, A moderado e eutróficos e PVA4-relevo suave ondulado e ondulado, abrupto, textura arenosa/média, A moderado e eutróficos) que aparecem, respectivamente, nas cotas inferiores, intermediáriase superiores da bacia (POLITANO, 1992).

As áreas com fragmentos remanescentes da cobertura original são compostas por Floresta Tropical Latifoliada, Cerradão e Cerrados (ROMARIZ, 1968).

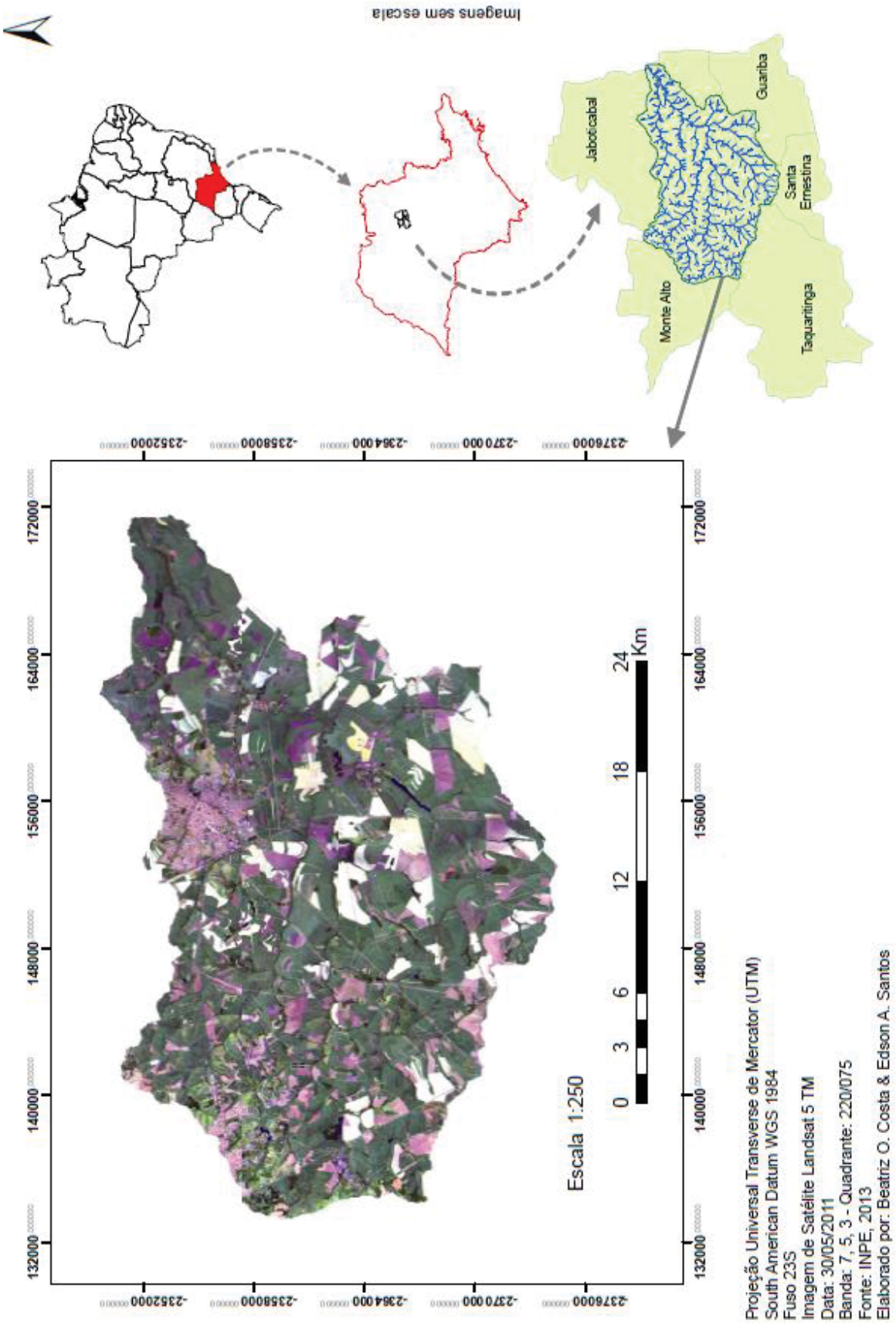


Figura 5: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal – SP.

A Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foi selecionada neste estudo, tendo em vista ser de grande importância na área de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu e por apresentar áreas urbanas e agropecuárias. Com base nos resultados apresentados poderá ser previstos ações sintonizadas na melhoria da qualidade da água e do solo da bacia hidrográfica, bem como incentivar as boas práticas de manejo da comunidade produtiva, com vistas à sustentabilidade ambiental rural, no intuito de minimizar o impacto negativo ao recurso hídrico, na proposta de recuperar a área ao longo da rede de drenagem, analisar o uso e ocupação do solo, aprimorar a educação ambiental e a reversão do cenário de degradação.

3.1.2. Municípios que Constituem a Área de Estudo

- O Município de **JABOTICABAL** está localizado na região nordeste do Estado de São Paulo, com os municípios limítrofes de Guariba, Taquaritinga, Monte Alto, Taiúva, Pitangueiras, Sertãozinho, Barrinha e Pradópolis. Está a uma distância aproximada de 330 km da cidade de São Paulo, ocupando uma área de aproximadamente 707 km^2, com posição geográfica definida entre as coordenadas UTM, longitudes 768.000 e 792.000 m E, latitudes 7.668.000 e 7.638.000 m N, MC 51ºW Gr (Figura 9).

O clima do Município de Jaboticabal foi classificado, segundo Köepen, como sendo do tipo Aw, definido como tropical de verão chuvoso e inverno seco com temperatura variando de 19,1º, no mês mais frio, a 24,8º, no mês mais quente (CEPAGRI, 2013).

As principais vias de acesso rodoviário são: a Rodovia Brigadeiro Faria Lima (Federal BR-364 e Estadual SP-326), que interliga Jaboticabal à Rodovia Washington Luiz e a Brasília; a Rodovia Carlos Tonanni (Estadual SP-333), que interliga Jaboticabal a Marília e a Ribeirão Preto; a Rodovia José Pizarro (Estadual SP-305), que interliga Jaboticabal a Monte Alto; a Rodovia Cunha Bueno (Estadual SP-253), que interliga Jaboticabal a Rodovia Anhanguera, passando por Pradópolis; e a Rodovia José Corona (Estadual SP-212), que interliga a Rodovia Cunha Bueno a Rodovia Brigadeiro Faria Lima, passando por Guariba. A esta malha viária é

acrescentada a Estrada Vicinal JBT-010 (pavimentada), que interliga Jaboticabal a Pitangueiras.

Ao longo dessas rodovias, o município apresenta uma malha ramificada de estradas secundárias e estradas vicinais que interligam as principais áreas urbanas com a área rural. Dentre estas destacam-se as estradas JBT 020; 435; 160; 440; 060; 050; 155 e 368 (PISSARRA et al. 2009).

- O Município de **TAQUARITINGA** está situado entre as coordenadas geográficas 48º29´53”W, 21º24´24”S. Sua extensão territorial do Município de Taquaritinga é de 594,22 km ², incluindo os distritos de Guariroba, Jurupema e Vila Negri (PREFEITURA MUNICIPAL DE TAQUARITINGA, 2012).

O tipo de solo predominante em Taquaritinga é o Arenito Bauru, datado da era cenozóica, e seu terreno é ondulado. A altitude média do município é de 512 metros e seu ponto mais alto é o Monte do Broa, com 718 metros, na Serra do Jabuticabal (PREFEITURA MUNICIPAL DE TAQUARITINGA, 2012).

O clima do Município de Taquaritinga foi classificado, segundo Köepen, como sendo do tipo Aw. Temperatura média anual de 24ºC e precipitação pluviométrica de 1.600 mm (CEPAGRI, 2013).

Taquaritinga está localizada na Bacia Hidrográfica do Tietê-Batalha, porque o Ribeirão dos Porcos, rio que corta o município e faz parte do potencial hidrográfico da bacia, juntamente com os rios Tietê, Batalha, São Lourenço e Dourado. Os principais cursos d’água em Taquaritinga são o rio Ribeirão dos Porcos, os ribeirões Dobrada e Jurema e os córregos Guariroba, Rico e Ribeirãozinho, (PREFEITURA MUNICIPAL DE TAQUARITINGA, 2012).

O Município de Taquaritinga é servido pelas rodovias estaduais Carlos Tonani (SP-333), Washington Luiz (SP-310) e Anhanguera (SP-330). Taquaritinga está distante das seguintes localidades na seguinte medida, aproximadamente, considerando como percurso a via rodoviária: Jaboticabal: 30 km, Araraquara: 80 km, Ribeirão Preto: 100 km, São José do Rio Preto: 110 km, São Paulo: 330 km e Brasília: 762 km (PREFEITURA MUNICIPAL DE TAQUARITINGA, 2012).

- O Município de **MONTE ALTO** entre longitudes de 48° 26’ e 48° 29’ W e latitudes de 21° 15’ e 21° 19’ S, numa altitude média de 650 m. O principal solo avaliado na região de Monte Alto é o Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico textura arenosa a média, relevo ondulado (PVA), desenvolvidos da alteração dos arenitos da Formação Marília, do Grupo Bauru, inserido no Planalto Ocidental Paulista.

O clima do Município de Monte Alto foi classificado, segundo Köepen, como sendo do tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18ºC, com precipitação total de 1400 mm e temperatura média variando de 21,5 a 24,7°C (CEPAGRI, 2013).

O território do Município de Monte Alto está inserido em três bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica Turvo/Grande, Bacia Hidrográfica Mogi-Guaçú e Bacia Hidrográfica Tietê-Batalha. Na área de abrangência dessas bacias hidrográficas dentro do município, há vários rios e córregos, dentre eles: Turvo (nascente), Rio da Onça, Córrego Rico (nascente) (PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTE ALTO, 2012).

Os Municípios limítrofes de Monte Alto são: ao Norte: Taiaçu e Taiúva, ao Sul: Taquaritinga, à Leste: Jaboticabal, e à Oeste: Fernando Prestes, Cândido Rodrigues, Vista Alegre do Alto e Ariranha. A Topografia do terreno é irregular, solo constituído na maioria de arenito, de média fertilidade, com exceção das terras várzeas ou terrenas onde são férteis e próprias para culturas. O Relevo é Formação Grupo Bauru, período cretáceo superior, ligeiramente ondulado. Na parte superior da serra possui Formação Marília 65 a 70 milhões de anos, arenito grosseiros, abundantes, módulos calcíferos e na parte inferior da serra é Formação Adamantina 80 milhões de anos arenitos finos (PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTE ALTO, 2012).

A vegetação é formada por grandes árvores margeando a serra, predominando angicos, jequitibás, aroeiras, perobas e jacarandás (PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTE ALTO, 2012).

- O Município de **GUARIBA** se encontra localizada na região Nordeste do Estado de São Paulo, distando 345 km da Capital. Esta localizado em Latitude: -21º 21´36´´ e Longitude: -48º 13´42´´, com altitude de 618 metros.

O clima do Município de Guariba foi classificado, segundo Köepen, como sendo do tipo Aw com precipitação média de 1400 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a fevereiro. A vegetação natural era constituída por floresta tropical subcaducifólia e mata ciliar (CEPAGRI, 2013).

O relevo é predominantemente suave ondulado com declividades médias variando de 3 a 8%. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999).

- O Município de **SANTA ERNESTINA** localiza-se na latitude 21º27'46" sul e a uma longitude 48º23'27" oeste, estando a uma altitude de 570 metros. O clima do Município foi classificado, segundo Köepen, como sendo do tipo Aw com precipitação média de 1300 mm (CEPAGRI, 2013).

De acordo com o CENSO de 2010 possui uma população de 5.568 habitantes.

3.1.2. Cartas Planialtimétricas

Foram utilizadas cartas planialtimétricas digitalizadas do IBGE (1971), Datum horizontal Córrego Alegre, MG; e Datum vertical marégrafo Imbituba, MG. Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, com origem da quilometragem no Equador e Meridiano 51^{o} W Gr., acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente. Equidistância das curvas de nível 20 metros, (Tabela 3).

Tabela 3: Cartas que compõem a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico.

Carta do Brasil - Escala 1:50.000 Ano:1971	**Quadrícula**
Taiuva	SF 22 X D III 1
Jaboticabal	SF 22 X D III 3
Pirangi	SF 22 X D II 2
Taquaritinga	SF 22 X D II 4
Pitangueiras	SF 22 X D III 2
Guariba	SF 22 X D III 4

As cartas foram adicionadas no ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®). No menu *View*, clique em *Toolbars* e posteriormente na opção

Georeferencing. Em seguida foi realizada a entrada dos pontos de controle X e Y para o Georreferenciamento. Clicou-se com o botão direito do mouse e, na janela de menu rápido, sobre a opção Input X and Y. Na caixa de diálogo *Enter Coordinates*, entre com as coordenadas UTM para as caixas de entrada X e Y, respectivamente. Clique sobre o botão Ok. Foi repetido os passos para aproximadamente 4 pontos de cada carta planialtimétrica. Após esta etapa foi realizado o Mosaico das cartas pela opção *Raster Dataset* e dois cliques em *Mosaic to New Raster*.

O limite da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foi realizado por vetorização. Na barra de ferramentas Editor, clique sobre o botão Editor e, posteriormente, sobre a opção *Start Editing*.

O limite da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico e o Mosaico das cartas devem estar na mesma projeção. Para verificar ou fazer esta mudança, foi expandido a opção *Data Management Tools*, posteriormente *Projections and Transformations* e em seguida *Feature*. Um clique duplo sobre a opção *Project*. Na janela *Spatial Reference Properties*, clicou sobre o botão *Select* para selecionar o sistema de referência.

Na janela *Browse* for *Coordinate System*, clicou-se sobre a pasta *Projected Coordinate System*, em seguida na pasta UTM, *South America* e selecionado o sistema de projeção SIRGAS 2000, UTM Zone 22S. O recorte da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (BASIN) foi realizado pela ferramenta *Extract* e na opção *Clip*.

3.1.3. Imagens de Satélite

As imagens de satélite (Figura 16) do ano de 2010 foram obtidas do Programa Indiano de Sensoriamento Remoto (IRS), do sistema *Linear Self-Scanning System III* - LISS III, na versão aprimorada do sensor a bordo do IRS 1-D com quatro bandas espectrais (Vermelho, Verde, Infra-Vermelho Próximo e *Short Wave Infrared*), todas com 23,5 metros de resolução, faixa de imagem de 141 km.

O recorte da imagem da área da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foi realizado com base no *BASIN* realizado pelo ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®), com o procedimento da ferramenta *Extract* e na opção *Clip*.

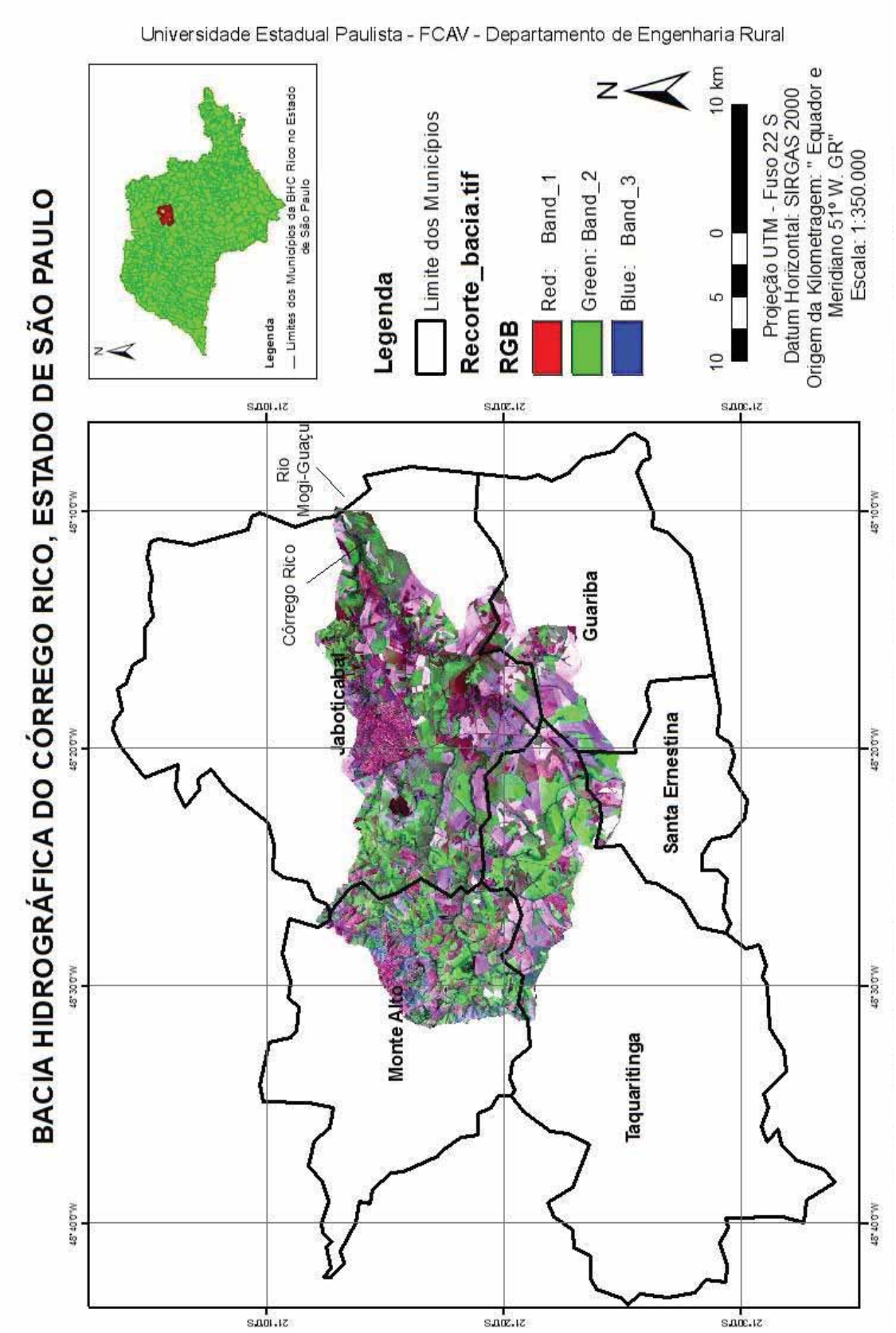


Figura 6: Imagens de satélites obtidas do Programa Indiano de Sensoriamento Remoto (IRS), do sistema Linear Self-Scanning System III - LISS III.

3.1.4. Modelo Digital de Elevação

O modelo digital de elevação (*The Digital Elevation Model - DEM*) foi obtido para a bacia hidrográfica do programa da EMBRAPA, produzido pela NASA, NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), DOD (*United States' Department of Defense*) e Agências Espacias da Alemanha e Itália, e depois refinada pelo Projeto Embrapa Relevo (MIRANDA et al. 2011).

O recorte do DEM da área da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foi realizado com base no *BASIN* realizado pelo ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®), com o procedimento da ferramenta *Extract* e na opção Clip. Todos os recortes gerados foram atualizados para o Datum Horizontal SIRGAS 2000, com projeção UTM, Fuso 22S (Figura 7).

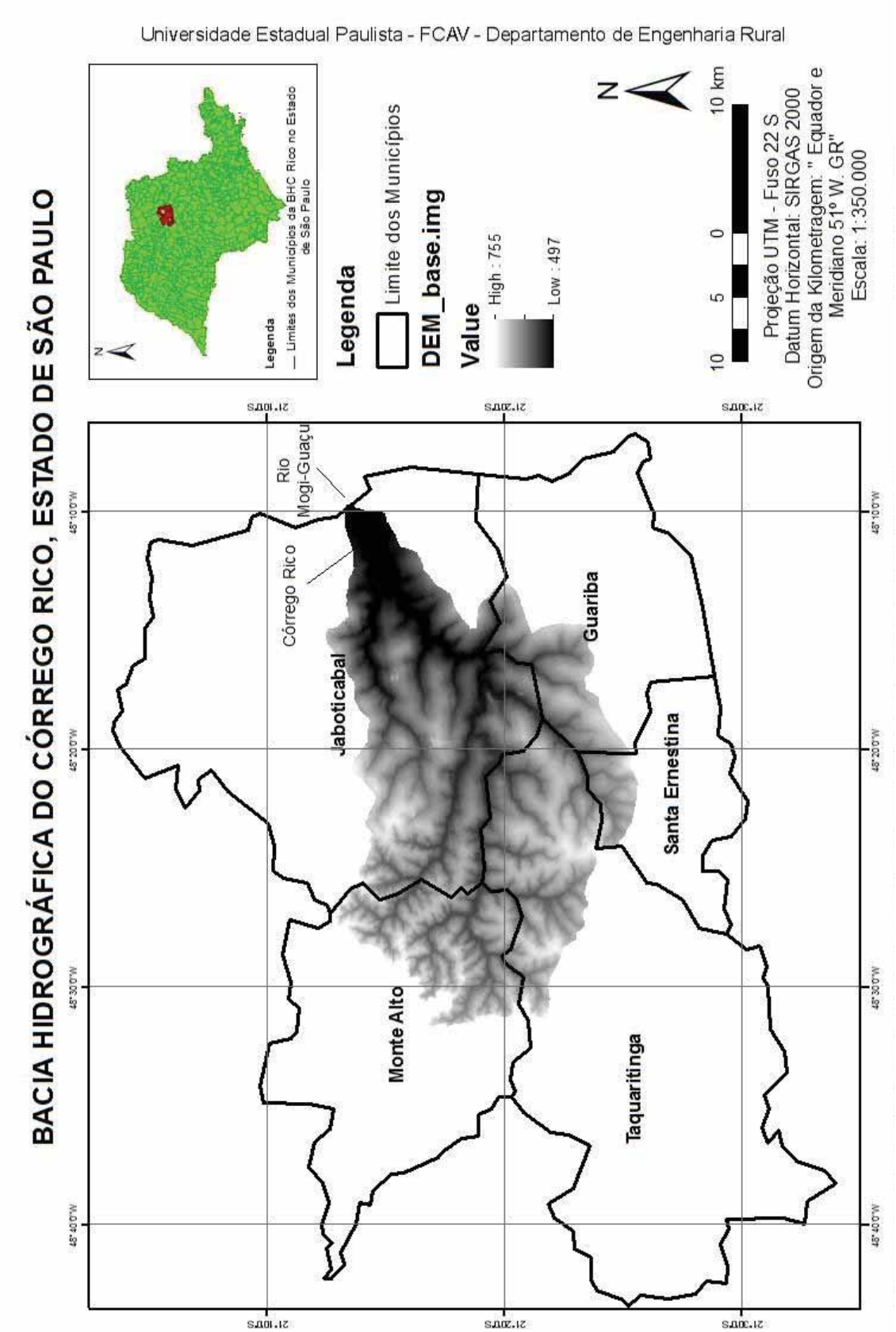


Figura 7: Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

3.1.5. Computadores e Softwares

Utilizou-se como base de processamento e armazenamento dos dados um microcomputador com HD de 500 GB, memória RAM 4 GB e processador INTEL DUALCORE G630 1155. Foi também utilizado impressoras e *plottes* para a confecção dos mapas.

Os softwares empregados neste trabalho foram versões originais com licença de uso. Buscou-se escolher o *software* mais adequado a cada etapa dos trabalhos. Foram utilizados: ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®) e ArcSWAT 2009 (*Soil and Water Assessment Tool*).

3.2. Métodos

A metodologia utilizada neste trabalho consiste na aplicação de recursos do geoprocessamento para a constituição de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), na organização de bases georreferenciadas da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, no processamento digital de imagens para análise ambiental e na confecção de mapas temáticos que retratam os resultados obtidos.

3.2.1. Mapas Temáticos

Os mapas temáticos de hidrografia, compartimentos hidrológicos, solo e declividade foram gerados empregando-se técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica, permitindo a quantificação e distribuição na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico. Todos os mapas temáticos gerados foram atualizados para o Datum Horizontal SIRGAS 2000, com projeção UTM, Fuso 22S.

- **Mapa de Hidrografia**

Na base do modelo digital de elevação (DEM) obtido pelo Projeto Embrapa Relevo, (MIRANDA et al. 2011), foi gerado em sistema de informação geográfica

ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®) a rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico.

A primeira etapa do trabalho consistiu em corrigir o modelo numérico do terreno, removendo as depressões fechadas que interrompem o escoamento na rede de drenagem. Sobre a ferramenta *ArcToolbox*, expandiu a opção *Spatial Analyst Tools*, posteriormente a opção *Hydrology* e clique duplo em *Fill*.

Na caixa de diálogo *Fill*, selecionou o modelo digital de elevação na caixa de entrada da opção *Input surface raster*. Na caixa de saída, *Output surface raster*, digitou o nome DEM_FILL.

Após a correção do DEM, determinou-se a direção do fluxo de escoamento da água baseado nas direções do escoamento para cada célula que compõem o DEM.

Continuando na opção *Hidrology*, foi realizado o *Flow Direction*, como referência o arquivo feito anteriormente, que será adicionado na opção *Input surface raster*. Em seguida a determinação da direção de fluxo, foi determinado o fluxo acumulado que depende da direção de fluxo. Ainda na opção *Hidrology*, foi realizado o *Flow Accumulations*, como referência o arquivo feito anteriormente, que será adicionado na opção *Input surface raster*.

Ao término desta etapa foi visualizada a rede de drenagem da área estudada.

- **Mapa de Compartimentos Hidrológicos**

O modelo hidrológico para análise das características físicas da bacia foi gerado no programa ArcSWAT 2009 (*Soil and Water Assessment Tool*), na base DEM (Miranda et al., 2011), com a interface em sistema de informação geográfica ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®). Toda a metodologia seguiu os preceitos dos trabalhos desenvolvidos por Neitsch et al. (2010).

A configuração da bacia hidrográfica foi realizada em compartimentos hidrológicos, possuindo uma posição geográfica espacialmente relacionada nos pontos de confluência e vazão para outro curso do rio, convergindo toda a vazão da bacia para o exutório da bacia do córrego Rico no Rio Mogi-Guaçú. Esse processo simula a fase hidrológica do meio e determina o canal principal e seus tributários, permitindo a configuração de compartimento hidrológico.

Cada compartimentos hidrológicos foi correlacionado a um banco de dados e um número específico.

Na caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foram coletadas as coordenadas de cada ponto de junção de rede de drenagem entre os principais córregos. Os pontos de controle nesse trabalho foram obtidos nas cartas topográficas (escala 1:50.000) e com GPS de navegação coletados no campo. Todas essas informações apresentam coordenadas que são armazenados em um banco de dados e são trabalhadas em Planos de Informações (PIs), o que facilita a manipulação e cruzamento de dados temáticos.

Os principais compartimentos hidrológicos foram delineados com o objetivo de gestão agropecuária e no ponto de junção entre as redes de drenagem de cada um foi determinado um algoritmo que requer três pontos conhecidos de coordenadas: X; Y; elevação, respectivamente.

A configuração dos compartimentos hidrológicos foi de acordo com os trabalhos realizados na área desde o início de 1996 nos Departamentos de Engenharia Rural/Unesp/Câmpus de Jaboticabal e Câmpus de Botucatu. Para a seleção das subbacias foi considerada a premissa que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Como a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, foi realizado ampla discussão e verificou-se a grande importância do manejo conservacionista considerando a bacia com unidade de trabalho, não tendo fronteiras administrativas e políticas de entes federados. Assim, foram realizados contatos com os gestores municipais das Prefeituras de Monte Alto, Jaboticabal, Taquaritinga, Guariba e Santa Ernestina, e com Órgãos Públicos que trabalham na Bacia Hidrográfica para verificar a importância do mapeamento para o planejamento ambiental.

- **Mapa de Solo**

As principais ocorrências de solos foram elaboradas de acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al. 1999). Todo o procedimento

de vetorização do limite de cada solo foi realizado no programa se sistema de informação geográfica ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®), na barra de ferramentas *Editor*, e posteriormente, sobre a opção *Start Editing*.

O recorte dos solos da área da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foi realizado com base no *BASIN* realizado pelo ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®), com o procedimento da ferramenta *Extract* e na opção *Clip*. Todos os recortes gerados foram atualizados para o Datum Horizontal SIRGAS 2000, com projeção UTM, Fuso 22S.

- **Mapa de Declividade**

Uma possibilidade de representar o relevo é por meio da declividade do terreno que é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa. O modelo digital de elevação foi utilizado como imagem de entrada para a geração do mapa de declividade. A imagem de declividade gerada é do tipo contínua, por apresentar valores reais.

As definições de cada classe seguiram os preceitos dos trabalhos realizados na EMBRAPA (1999):

Plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%. No mapa, foi identificado o relevo de várzea que corresponde aos terrenos situados em planície aluvial.

Suave Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m), apresentando declives suaves, variando de 3 a 8%.

Moderadamente Ondulado: superfície de topografia moderadamente movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros apresentando declives moderados, variando de 8 a 13%.

Ondulado: superfície de topografia movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros apresentando declives moderados, variando de 13 a 20%.

Forte Ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100 metros e de 100 a 200 metros de altitudes relativas) e raramente colinas com declives fortes, variando de 20 a 45%.

Montanhoso: superfície de topografia movimentada com declives fortes, >45%.

Na base do modelo digital (DEM) foi gerado em sistema de informação geográfica ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®) a declividade segundo os intervalos discutidos anteriormente da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico.

Clicou-se no menu *Spatial Analyst*, apontou para *Surface Analysis* e na opção *Slope*. Na caixa de diálogo *Slope*, selecionou o DEM_Fill no *Input surface*. Posteriormente selecionou-se a opção *Percent* em *Output measurement*. No menu *Spatial Analyst*, clicou-se na opção *Reclassify* e selecionou declive da opção *Input raster*. Na caixa de diálogo *Classification*, foi selecionado a opção Classes e no painel *Break Values* preenchido os intervalos de valores de declividade.

3.2.2. Mapa de Uso e a Ocupação do Solo

A classificação digital das imagens de satélites, que envolve a utilização de métodos pelos quais pixels são associados a classes de uso e cobertura do solo, foi realizada de forma supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança Gaussiana. Este classificador utiliza apenas a informação espectral de cada pixel para definir regiões homogenias e se fundamenta em métodos estatísticos (PONZONI e CHIMABUKURU, 2007).

O mapa de ocupação dos solos foi obtido pela classificação da imagem “pixel a pixel” pelo método MAXVER (Máxima Verossimilhança) considerado o método de classificação mais comum desta modalidade.

As imagens de satélite do ano de 2010 foram obtidas do Programa Indiano de Sensoriamento Remoto (IRS), do sistema *Linear Self-Scanning System III* - LISS III, na versão aprimorada do sensor a bordo do IRS 1-D com quatro bandas espectrais (Vermelho, Verde, Infra-Vermelho Próximo e Short Wave Infrared), todas com 23,5 metros de resolução, faixa de imageamento de 141 km. Os sensores a bordo do

satélite fornecem dados com ampla aplicação relacionada a vegetação e a caracterização de culturas e espécies vegetais. A análise visual das imagens fundamentou-se nas relações existentes entre os elementos das imagens e nas características fisionômicas das comunidades de plantas e alvos, identificando-se a fisionomia em campo e na imagem de satélite. Os procedimentos foram baseados no manual do usuário do ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®). Toda a base de dados foi georreferenciada na base cartográfica do IBGE (1971), Datum horizontal Córrego Alegre, MG; e Datum vertical marégrafo Imbituba, SC. Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, com origem da quilometragem no Equador e Meridiano 51^{o} WGr., acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente. Equidistância das curvas de nível de 20 metros, escala 1:50.000. As ocorrências e distribuições foram classificadas em mata, eucalipto, citrus, pastagem, solo sem cobertura vegetal, cana-de-açúcar e áreas urbanas. Na elaboração da legenda foi utilizada informação proveniente da imagem analisada e trabalho de campo.

A modelagem infere vários cenários com diferentes tipos de manejo e práticas conservacionistas (GASSMAN et al. 2007; MIGLIACCIO e CHAUBEY, 2008), assim, tendo em vista o predomínio da cultura de cana-de-açúcar na área, foram identificados 5 cenários com sistemas de manejo: solo nu, após queimada e colheita da cana-de-açúcar; cana em estágio inicial de emergência e perfilhamento; cana madura, crescimento dos colmos; cana para colher; colheita mecanizada (palhada); e foram identificados também mais 4 cenários com outros usos: área de mata; corpos d'água; áreas urbanas e pastagem.

3.2.3. Mapa das Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram delimitadas pelos critérios estabelecidos pela Lei 7.803, de 18 de julho de 1989, que alterou a redação do Novo Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965).

De acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro foram consideradas APPs, as florestas e demais formas de vegetação natural,

situadas ao longo dos rios ou qualquer curso de água, desde o seu nível mais alto em uma faixa marginal variável (30 a 500 metros) em função da largura do curso e nas encostas com declividade superior a 45º (BRASIL, 1965).

Para a delimitação das áreas de preservação permanente foi utilizado o sistema de informação geográfica ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®).

Após adicionar o Mapa de Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, a delimitação das áreas de preservação no entorno das nascentes (50 metros) e das faixas ao longo dos cursos d´água (30 metros para ambas as margens), conforme legislação ambiental.

Foi criado um *layer* Nascentes, no qual foram vetorizadas todas as nascentes existentes na área de estudo, pela barra de ferramenta *Editor*. Posteriormente os pontos representativos das nascentes foram dissolvidos em uma única linha. Na barra de ferramentas *Standard*, clicou-se na opção *Data Management Tools*, expandiu a opção G*eneralization* e a ferramenta *Dissolve*. Em seguida foi verificado na opção *Open Attribute Table* que apenas uma única linha representa todos os pontos de nascentes vetoriais.

Com esta etapa cumprida, foi realizada uma análise de proximidade, também conhecida como operação de *Buffer* que consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa, neste caso 50 metros. No *ArcToolbox,* expandiu a opção *Analysis Tools* e *Proximity*, dando um duplo clique na ferramenta *Buffer*. Na caixa de diálogo *Buffer*, selecionou a unidade metros e o valor 50. Para o *layer* Cursos d´água o procedimento repetiu-se, apenas sendo colocado na caixa de diálogo *Buffer* o valor de 30 metros.

Na prática, sabe-se que algumas áreas de preservação permanente se sobrepõem, como é o caso da APP das nascentes com a APP do início dos cursos d´ água. A área gerada da APP das nascentes foi calculada e subtraída da APP do início dos rios.

Os dados obtidos individualmente no mapeamento de cada classe de APP foram agrupados em um único plano de informação, obedecendo a uma ordem de prioridade: APPs_Nascentes e APPs_Cursos d´água. Do agrupamento destas

classes em um único plano de informação, foi obtido o mapa final das áreas de preservação permanente sem que e exista uma sobreposição de áreas.

Na opção *Analysis Tools*, expandiu-se a opção *Overlay* e foi utilizada a ferramenta *Update*. Em seguida foi realizada o cálculo de área e porcentagem das áreas em relação à área total de APP e da área de estudo, seguindo as ferramentas da tabela *Attribute* of APPs_Nascentes_Cursos d´água. Sobre o botão *Options* e, na janela de menu rápido, clicou-se sobre a opção *Add Field*. Na caixa de diálogo *Add Field*, digitou ÁREA e com o botão direito do *mouse* sobre o cabeçalho do campo ÁREA, selecionou-se a opção *Calculate Geometry*.

Para o cálculo das áreas de APPs (nascente e curso d´água) em relação à área total de APPs, foi selecionada a opção *Field Calculator* e por meio de uma fórmula relacionando ÁREA e o somatório da área total das APPs sem sobreposição, chegou-se ao resultado. Para o cálculo da porcentagem das áreas de APP em relação á área da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foi realizada os mesmos procedimentos, apenas modificando na fórmula o valor da área de estudo.

3.2.4. Mapa de Conflito do Uso do Solo com as APP´s da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico

A partir da elaboração do mapa das APP's de acordo com a legislação vigente e do mapa de uso e ocupação do solo foi possível elaborar o mapa de conflitos na APP. O respectivo mapa foi elaborado mediante uso do SIG ArcGIS 10, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®) através da sobreposição dos mapas de uso do solo e de APP's.

As áreas de "conflito" são as que apresentam usos antrópicos localizados em área de preservação permanente. Foi considerada como "conflito" a região que, de acordo com a classificação, não correspondia à classe de uso da terra esperada na zona delimitada; por exemplo, agricultura na área de proteção permanente.

Foi necessário adicionar o mapa de uso e ocupação do solo e APP´s das nascentes e cursos d´água. Expandiu-se o menu *Analysis Tools*, posteriormente *Extract* e no comando *Clip*. Na caixa de mensagem *Calculate Geometry* foi possível o cálculo das áreas que estão conflitando com as áreas de APP´s.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapa de Hidrografia

O estudo da hidrografia é fundamental para a identificação dos componentes naturais e antropogênicos envolvidos no fluxo hidráulico. A rede de drenagem (Figura 8) foi extraída do Modelo de Elevação Digital do Terreno (DEM). Constata-se uma área total de 563, 13 km², com elevações de 754 metros junto a Serra do Jabuticabal, com rede de drenagem mais ramificada e altitude de 498 metros no exutório na calha do Rio Mogi Guaçu.

O córrego principal chama-se Córrego Rico e segue a direção leste, desaguando a oeste da Bacia Hidrográfica do Médio-Mogi. Compreende da montante a jusante, a sua margem direita, das Microbacias da nascente do Córrego Rico (12,21 km²), microbacias do Córrego da Fazenda Glória (20 km²), Córrego do Rumo (39 km²), Córrego do Vivã (12,5 km^2), Córrego do Carretão (22,4 km^2), Córrego do Coco (72,5 km^2), Córrego do Fundo (32,6 km^2) e Córrego do Gordura (13,2 km^2). À margem direita, observa-se o Córrego do Gambá (27,7 km^2), Córrego do Tijuco (39 km^2), Córrego das Éguas (10 km^2) e Córrego do Jabuticabal (74 km^2), (PISSARRA et al. 2009).

A rede de drenagem da nascente do Córrego Rico, do Córrego do Gambá e do Córrego do Tijuco nasce no Município de Monte Alto, na serra do Jabuticabal, em altitudes de 740 metros. O Córrego do Jabuticabal nasce no Município de Jaboticabal, a uma altitude de 670 metros.

O Córrego Rico é um tributário de 6ª ordem (Pissarra, 2002) da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná localizado no norte do estado de São Paulo. Ele atravessa cinco municípios e percorre cerca de 60 km até encontrar o Rio Mogi Guaçu. Ainda em seu alto curso o Córrego Rico recebe parte da descarga de esgoto tratado da cidade de Monte Alto (45 mil habitantes). No seu médio curso ele abastece parte da cidade de Jaboticabal (70 mil habitantes) e recebe o efluente de esgoto tratado, justificando a importância de estudos nesta área.

A rede hidrográfica do Município de Jaboticabal é um platô que distribui água que drena a Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu.

A Bacia Hidrográfica do Córrego Rico apresenta relevante importância agrícola e socioeconômica, compreendendo, na parte superior, a cidade de Monte Alto e, na parte intermediária, a cidade de Jaboticabal, o distrito de Córrego Rico e o Câmpus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/Unesp). Ressalta-se nestas áreas a importância de um manejo e um monitoramento adequado para que a atividade humana sobre os rios não ocorra alteração nas características físicas dos canais, mudanças na qualidade e nas características físico-químicas da água, alteração da dinâmica da biota, acarretando, paralelamente, perdas econômicas, riscos para a saúde e deterioração das cidades.

O planejamento consciente do uso dos recursos hídricos deve ser de forma a considerar os múltiplos usos, respeitando as premissas da gestão global, de forma racional, no manejo integrado de bacias hidrográficas, com o objetivo de promover desenvolvimento econômico e social para as respectivas regiões, respeitando-se as características que lhe são peculiares.

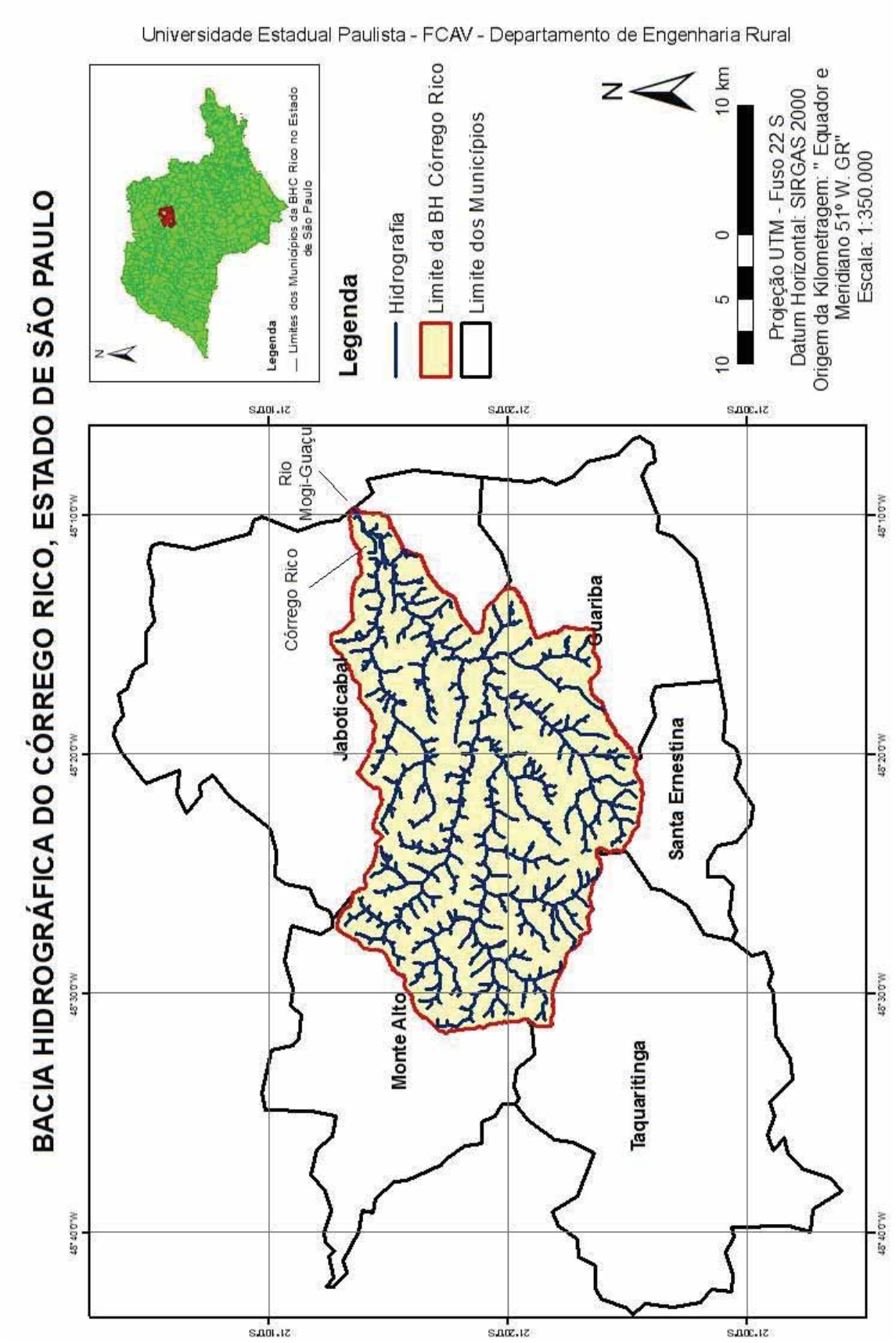


Figura 8: Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

4.2. Mapa de Compartimentos Hidrológicos

A partir de diretrizes do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, neste trabalho, a unidade físico-territorial de bacia hidrográfica foi adotada para o planejamento e gerenciamento, com a identificação de compartimentos hidrológicos com dimensões e características peculiares quanto ao uso e à ocupação do solo, relevo, solo e questões político-administrativas.

O compartimento hidrológico deve ser considerado como uma unidade de trabalho quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água. Constitui-se na mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área.

Com vistas a subsidiar a administração das informações ambientais e o estado de deterioração em que se encontra a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, a compartimentalização teve como objetivo principal com o auxílio de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica, facilitar a atuação pública ao manejo sustentável da área e a tomada de decisão, buscando a conservação do solo e da água.

A direção do fluxo de água foi gerada e a área limite para definir os compartimentos hidrológicos foi de 2500 hectares, perfazendo um total de 25 compartimentos hidrológicos. Cada compartimentos hidrológicos foi correlacionado a um banco de dados e um número específico (Tabela 4). Na caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico foram coletadas as coordenadas de cada ponto de junção de rede de drenagem entre os principais córregos.

Tabela 4: Características Geomórficas dos Compartimentos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

Compartimento Hidrológico	Área (ha)	Elev (m)	ElevMin (m)	ElevMax (m)	M.C. (m)
1	961,16	523,0	498,0	567,0	18560,0
2	1213,52	635,0	585,0	694,0	19680,0
3	2716,28	641,8	585,0	722,0	36120,0
4	8164,92	605,4	503,0	687,0	75600,0
5	2853,44	558,5	503,0	644,0	30560,0
6	1433,52	595,1	522,0	648,0	25280,0
7	2886,40	648,2	586,0	754,0	33960,0
8	4044,88	612,3	556,0	685,0	50800,0
9	2239,48	583,4	522,0	662,0	33760,0
10	658,76	618,1	580,0	659,0	16760,0
11	1213,64	610,0	533,0	669,0	19920,0
12	821,84	613,2	576,0	651,0	17520,0
13	897,52	622,0	586,0	673,0	18240,0
14	673,36	573,9	542,0	625,0	15880,0
15	35,84	546,2	533,0	574,0	4720,0
16	2064,32	644,7	590,0	747,0	28600,0
17	391,16	566,2	534,0	619,0	12120,0
18	1310,00	631,0	576,0	685,0	23960,0
19	1691,24	602,1	569,0	664,0	27760,0
20	795,56	598,6	556,0	660,0	17920,0
21	2387,04	623,2	569,0	685,0	31480,0
22	1941,40	644,1	590,0	724,0	26600,0
23	3315,76	618,6	534,0	671,0	38600,0
24	3931,32	631,9	580,0	687,0	37880,0
25	7671,32	623,7	542,0	686,0	58640,0
Total	**56313,68**	**	**	**	**720920,00**
Média	**2253**	**607**	**554**	670	**28837**

Elev: elevação média (m); Elev.Mim: elevação mínima; Elev.Max: elevação máxima; M.C. maior comprimento (metros).

Na Tabela 4 pode-se observar que o compartimento 4 possui a maior área (8164.92 hectares) e consequentemente o maior comprimento de rio, observa-se a importância desta área para o planejamento e gerenciamento do município, uma vez que apresenta áreas de intensa urbanização, como a cidade de Jaboticabal e o Câmpus da Unesp, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV.

O menor compartimento hidrológico é o de número 15, com 35,84 hectares.

Com base na Figura 9a e em trabalhos relevantes, a área do Município de Monte Alto é de grande relevância na questão de planejamento e monitoramento ambiental, visando uma proteção adequada dos recursos naturais, pois a área

urbana de Monte Alto situa-se no espigão divisor de águas das Bacias dos Rios Turvo/Grande e Mogi-Guaçu/Pardo. Sua drenagem natural se dá ao norte pelas vertentes do Rio Turvo; a leste nas nascentes do Córrego Tijuco; ao sul no Córrego do Gambá. Os córregos do Gambá e do Rumo se juntam formando o Córrego Rico, que por sua vez conflui com o Córrego Tijuco a montante da cidade de Jaboticabal. No contexto rural, a poluição difusa de origem agrícola tem uma forte relevância para a proteção dos mananciais, através do seu impacto sobre o comportamento trófico dos cursos d'água (riscos de eutrofização). Isto se deve por grande parte a evolução do manejo cultural, que vem priorizando uso em grande escala de adubos, bem como de produtos de grande solubilidade que parcialmente escoam das terras agrícolas e migram rumo aos rios.

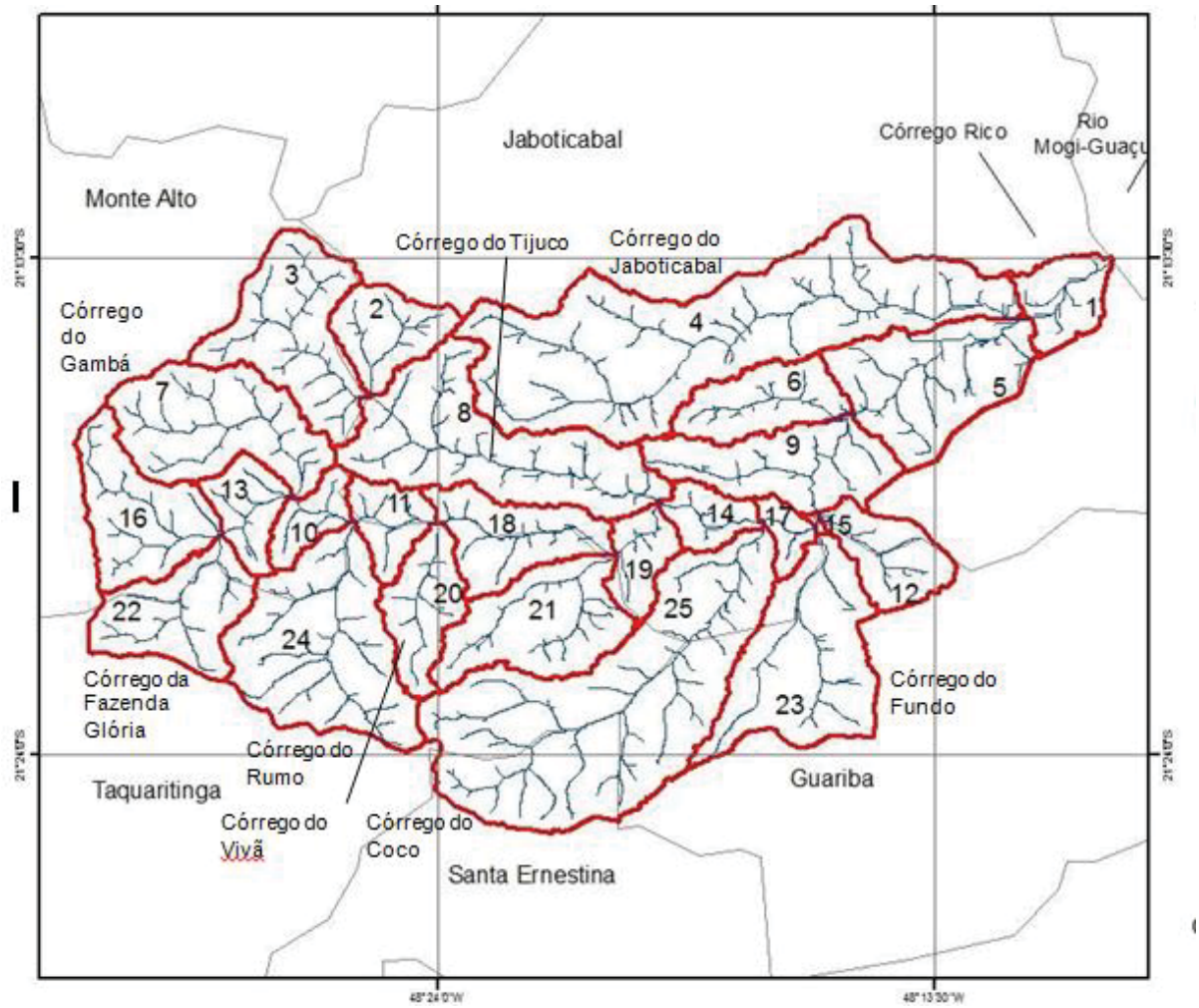


Figura 9a: Localização de alguns Córregos que constituem a Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

Observa-se também que as maiores elevações encontram-se nos compartimentos hidrológicos 3, 7 e 16 do Município de Monte Alto, áreas de nascentes do Córrego Rico, apresentam também os maiores valores de densidade de drenagem, frequência de rios, e amplitude altimétrica, denotando formas das microbacias a montante menores e mais acidentadas, com maior comprimento da rede por área drenada, com superfícies de menor resistência e com características do relevo forte-ondulado a montanhoso. Como essas áreas são de cabeceira, a degradação das vertentes, gerada pelo escoamento de enxurradas das águas provenientes da chuva e área urbana da cidade de Monte Alto, afeta drasticamente a qualidade ambiental, representada pela degradação do solo e poluição da água. Portanto, os processos atuantes nessa região hoje em dia irão influenciar as formas das microbacias no futuro. Assim, sugere-se nesses ambientes um manejo conservacionista que minimize o escoamento superficial das águas das chuvas e o consequente processo de erosão intenso (Figura 9).

Especialmente no compartimento hidrológico 7, o Córrego do Gambá possui alta representatividade na região de Monte Alto, revela-se de alta importância agrícola, com importantes características socioeconômicas. Destaca-se por propiciar o abastecimento de reservatórios artificiais presentes em aglomerados habitacionais e também utilizado para o uso público como recreação e lazer, além da pesca artesanal para consumo humano, sendo igualmente importante na área rural por servir como uma importante fonte para dessedentação de animais. Neste compartimento a maior parte da área é utilizada com a cultura da cana-de-açúcar; forte ausência de matas nativas nas áreas de preservação permanente; em algumas áreas verifica-se o lançamento de esgoto industrial e animal a céu aberto e sem tratamento; observam-se intensos processos erosivos, agravados pela ação antrópica, soterramento de nascentes e assoreamento de corpos d’água, acarretando contaminação de nascentes; foram observadas algumas voçorocas, expandindo-se lateralmente. Observa-se que com estes dados é possível uma atuação dos órgãos públicos de medidas mitigadoras de impactos ambientais e reafirmando o motivo de tal posicionamento dos compartimentos hidrológicos.

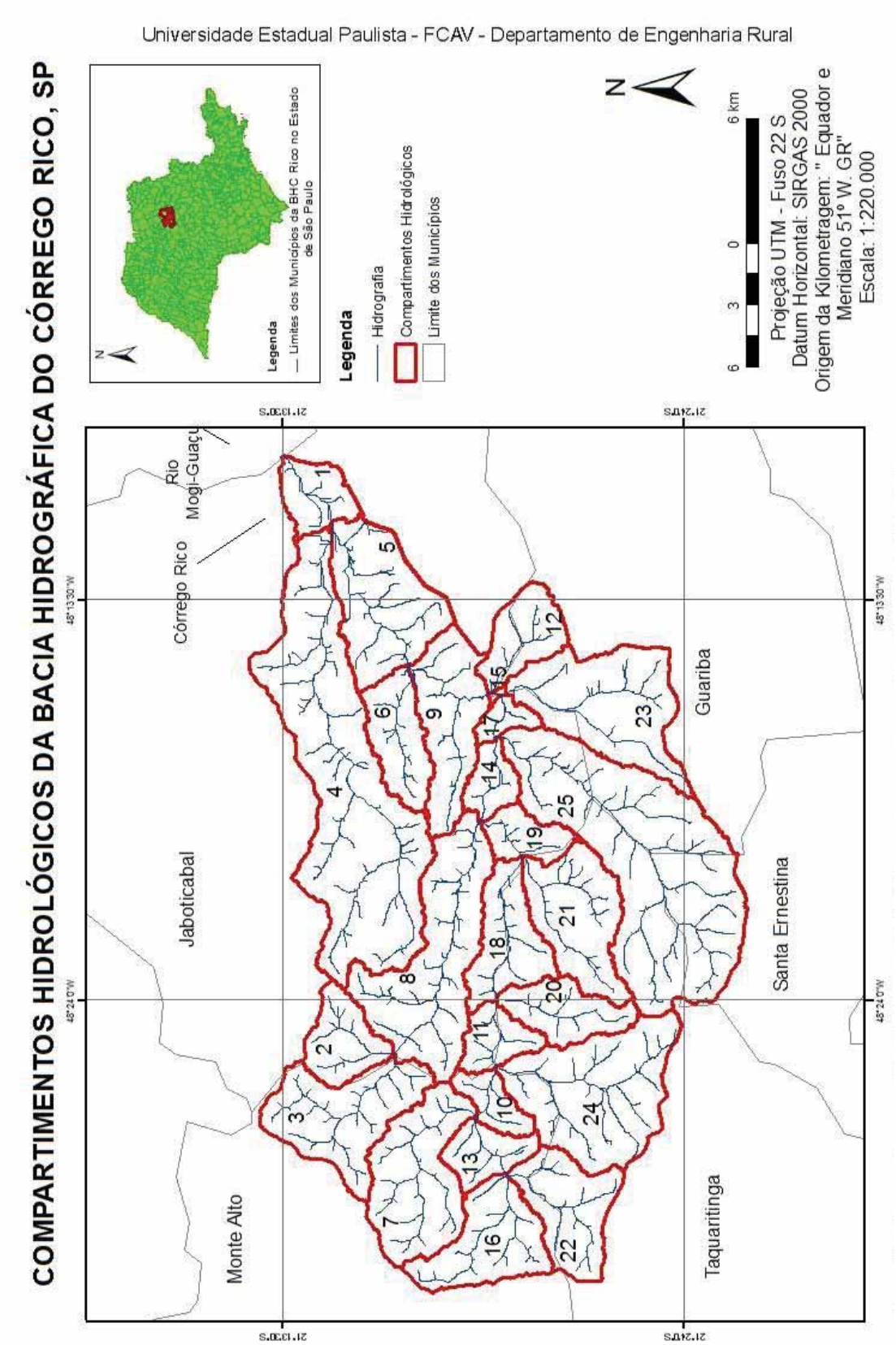


Figura 9: Compartimentos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

Nos compartimentos hidrológicos 21, 23 e 25 apresentam os menores valores da densidade de drenagem, frequência de rios e amplitude altimétrica. Portanto, são áreas mais recomendadas para a implantação de sistemas produtivos agrícolas.

4.3. Mapa de Solos

No Mapa de Solos nota-se que a área da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico apresenta:

- Duas associações de Argissolos Vermelho-Amarelos:

PV3: Argissolos Vermelhos eutróficos A chernozêmico relevo ondulado e forte ondulado + Latossolos Vermelhos distróficos A moderado relevo ondulado ambos textura argilosa,

PV4: Argissolos Vermelhos distróficos A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado;

- Duas associações de Latossolos Vermelhos:

LV15: Latossolos Vermelhos distroférricos A moderado e A proeminente textura argilosa relevo suave ondulado e plano,

LV45: Latossolos Vermelhos distróficos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado e;

- Neossolos Flúvicos (NF): solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B. São solos derivados de sedimentos aluviais com distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico em profundidade não relacionada a processos pedogenéticos; e (ou) camadas estratificadas e 25% mais do volume do solo. Compreendem áreas destinadas a preservação permanente representada basicamente por várzeas ao longo dos últimos quilômetros dos cursos d'água principais, correspondendo aos segmentos de maior vazão da bacia em direção a foz no Rio Mogi-Guaçu. Estes solos localizam-se entre as altitudes de 500 metros e 480 metros. Nestas áreas ocorrem também os Gleissolos. Solos constituídos por material mineral com horizonte glei, isto é, horizonte mineral subsuperficial com espessura de 15 centímetros ou mais, caracterizados por redução de Fe e prevalência do estado reduzido, devido principalmente à água

estagnada, evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte.

Nas áreas de ocorrência dos basaltos e arenitos encontram-se, também, os Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos. Os Neossolos Litólicos têm como principal característica a presença de horizonte A assentado diretamente sobre a rocha. Os Neossolos Regolíticos apresentam o horizonte A sobrejacente ao horizonte C ou Cr, (OLIVEIRA et al.1999). Considerou-se o detalhamento do traçado dos limites do solo em escala 1:50.000 (Figura 10 e Tabela 5).

Os Argissolos são menos profundos e intemperizados que os Latossolos, interferindo na permeabilidade e na relação infiltração/deflúvio, a qual influencia na espessura, textura, agregação e estrutura do solo.

Tabela 5: Principais Unidades de Solos na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

Solos	**Área (ha)**	**%**
PV4	8103,48	14,38
PV3	11237,38	19,95
LV45	21377,38	37,96
LV15	15169,38	26,93
NF	425,98	0,75
Área total	**56313,6**	**100,00**

Estudos realizados por Demattê e Demétrio (1996 a,b) mostram que os Latossolos apresentaram processo avançado de intemperismo, com condição de alta permeabilidade que concorre para uma drenagem menos dissecada na bacia hidrográfica. Assim, o conhecimento da relação solo-superfície é imprescindível para o monitoramento e planejamento conservacionista do meio.

Observando conjuntamente hidrografia e solos, percebe-se que densidade de drenagem, a frequência de rios variaram em função das unidades de solos, com valores significativamente crescentes de Latossolo para Argissolo. À medida que o relevo sofre evolução de ondulado para forte ondulado, os valores médios dessas características morfométricas aumentaram, refletindo nesse ambiente morfológico maior dificuldade de infiltração e melhor condição para escoamento intenso

superficial, causando maior esculturação hídrica do terreno, conforme observações de Campos et al. (1993); Pissarra (1998) e Silva (1999). Quanto maior os valores médios de densidade de drenagem e frequência de rios, mais intenso é o processo erosivo, o que indica uma mudança morfológica esperada em condições de baixa resistência da superfície, sendo um parâmetro que auxilia na identificação do correto uso da terra em bacias hidrográficas (ROCHA, 1991).

No limite do Município de Monte Alto, observa-se processo erosivo mais intenso, sulcos profundo e voçorocas. Nos trabalhos de campo, foi detectado e definido como a área mais crítica da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, visto que ocorre crescimento de loteamentos em decorrência da expansão da cidade e por estar inserida na unidade Argissolo. No Município de Taquaritinga, predominam os Argissolos e em Guariba os Latossolos.

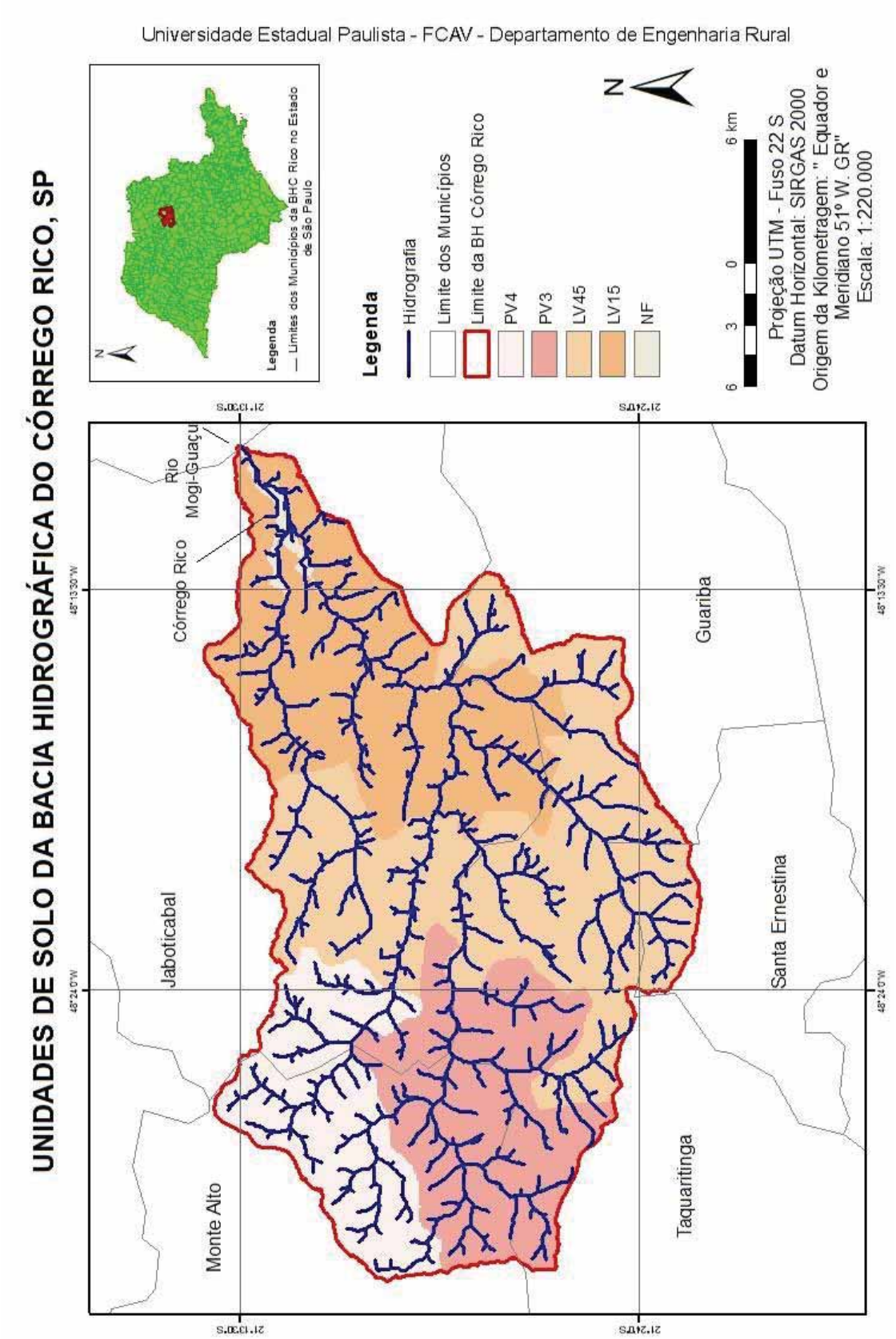


Figura 10: Unidades de Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

4.4. Mapa de Declividade

A altitude média da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico é de aproximadamente 650 metros. A declividade é uma característica que infere no deslocamento de partículas do solo e, portanto, a intensidade do processo erosivo.

Na área da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico predomina a classe de relevo suave ondulado, superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 metros e de 50 a 100 metros), apresentando declives suaves, variando de 3 a 8% (Figura 11, Tabela 6).

Tabela 6: Declividade predominante na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

Declividade (%)	Área (ha)	%
0-3	11641,59	20,60
3-8	31156,69	55,29
8-20	13275,50	23,61
20-45	239,60	0,40
>45	0,30	0,10
Área total	**56313,68**	**100,00**

Analisando conjuntamente com o Mapa de Solos verifica-se que um relevo predominantemente suave ondulado nas áreas de Latossolos e mais acidentado nos Argissolos.

Segundo Caldas (2007) o modelo digital de elevação gerado contribuiu para a delimitação da microbacia hidrográfica, definição da drenagem, elaboração do mapa de declividade e delimitação das unidades de mapeamento de solos.

É importante ressaltar que nas áreas à montante da bacia hidrográfica a erosão é mais intensa, devido principalmente às características físicas do solo, com franco e acelerado processo de dissecação, por isso, contribui com alta carga de detritos para assoreamento dos rios. Assim, se faz necessário a recomposição das áreas ao longo das cabeceiras e canais de drenagem com espécies vegetais naturais da região. Em algumas áreas que apresentam relevo mais acentuado, nem

mesmo as vertentes mais íngremes e as cabeceiras de drenagem são preservadas, contribuindo para o voçorocamento, concordando com os dados de Pissarra (2002).

O estudo de Feltran Filho e Lima (2007) sobre declividade da bacia do rio Uberabinha em Minas Gerais e de Mesa (2006) na Argentina apresentou resultados semelhantes, confirmando que, à medida que a morfologia do terreno vai-se tornando mais movimentada e os canais mais encaixados, o número de canais aumenta proporcionalmente e o processo erosivo fica mais intenso.

Cardoso et al. (2006); Feltran Filho e Lima (2007) e Dinesh (2008) relataram que a declividade influencia a relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia em razão, principalmente, da maior velocidade de escoamento superficial das águas das chuvas. Assim, os valores denotam densidade de canais rica, com mananciais geradores de água a montante, local de maior declividade e, portanto, região necessária da aplicação de melhores práticas conservacionistas.

Práticas para conter o processo erosivo são necessárias, principalmente nas áreas de maior impermeabilização do solo, decorrente do desenvolvimento da urbanização do Município de Monte Alto.

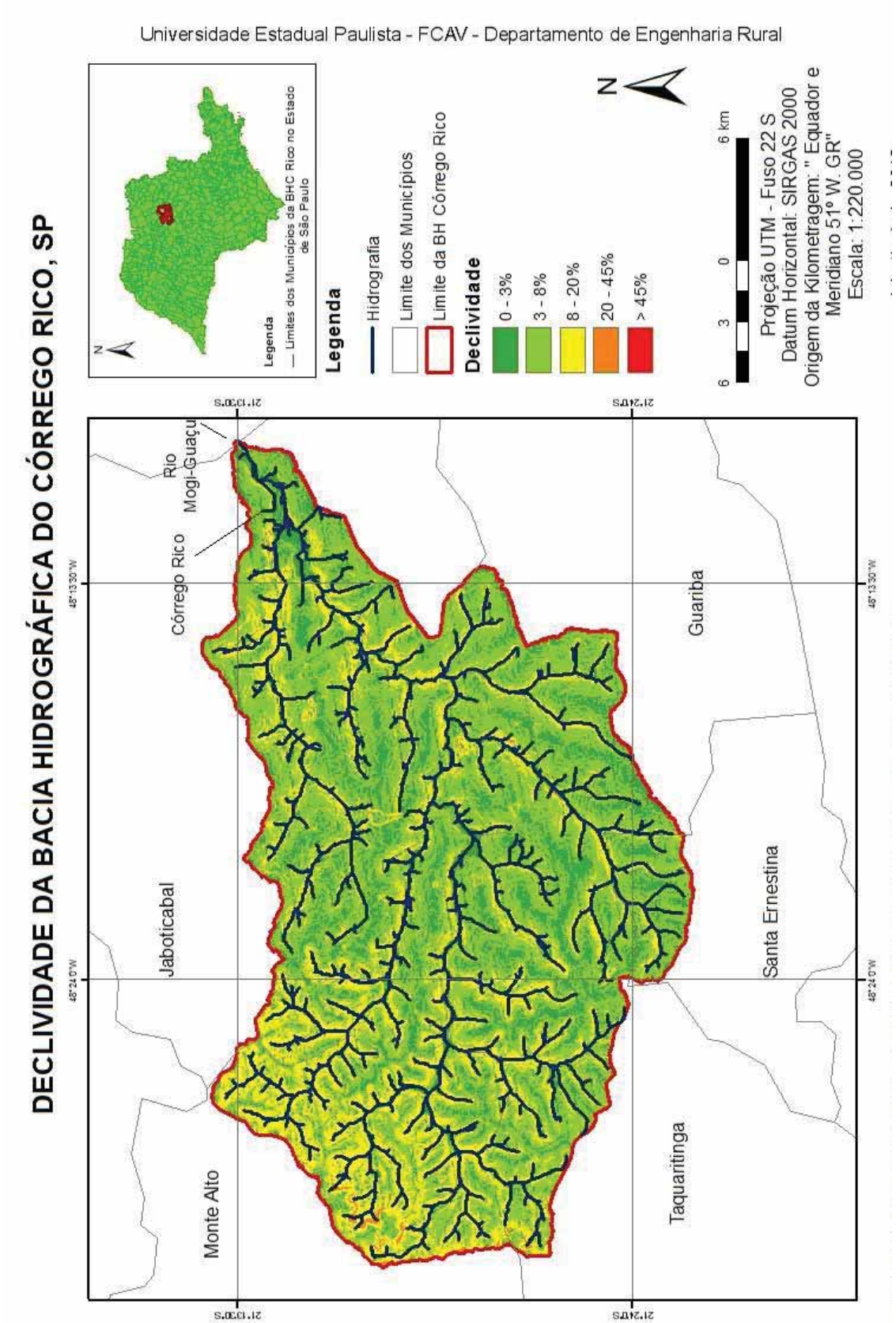


Figura 11: Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

4.5. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

A análise visual das imagens de satélite fundamentou-se nas relações existentes entre os elementos das imagens e nas características fisionômicas das comunidades de plantas e alvos, identificando-se a fisionomia em campo e na imagem de satélite.

Segundo Italiano et al. (2003), os principais fatores impactantes na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico ao meio ambiente são a monocultura da cana-de-açúcar, desmatamento das áreas de preservação permanente, lançamento de esgoto industrial e animal a céu aberto e sem tratamento, processo erosivo, soterramento de nascentes e assoreamento de rios e corpos d'água. Alguns estudos, com diferentes enfoques, foram realizados na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (BORGES et al. 2003; PISSARRA et al. 2004).

O projeto "Córrego Rico Limpo", que visou à revitalização e recuperação dessa bacia, e o projeto de políticas públicas financiado pela FAPESP "Estudo piloto da poluição antrópica da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico" realizaram estudos preliminares da poluição e qualidade de água da bacia do Córrego Rico (AMARAL, 2005).

Segundo Donadio et al. (2005) no Município de Taquaritinga, a nascente com vegetação natural remanescente está inserida em um fragmento florestal com área aproximada de 8 hectares, sendo a área de preservação permanente maior que os 50 metros previstos no Código Florestal e, ao entorno da vegetação natural remanescente, existe uma área de 200 metros de pastagem formada seguida de cana-de-açúcar. No Município de Guariba, o fragmento florestal onde está inserida a nascente com vegetação natural remanescente apresenta aproximadamente 5 hectares, também com a faixa de vegetação natural dentro do exigido na legislação florestal e, ao seu redor, a cultura dominante é a cana-de-açúcar. Nas nascentes com predomínio da agricultura, a cana-de-açúcar é a principal cultura e, em Taquaritinga, a cana está a aproximadamente 10 metros da nascente e, em Guariba, a 20 metros. Nas duas áreas, a cana-de-açúcar é a cobertura vegetal predominante há mais de 10 anos.

Os dados apresentados em seguida foram com base em dados existentes de estudos realizados anteriormente na área para uma complementação destes usos e ocupação do solo atual (Tabela 7). No processo de uso e ocupação do solo, a cultura predominante é cana-de-açúcar, seguido de culturas anuais - cultura do amendoim, por ser uma área de grande produção tendo em vista as reformas das áreas de canaviais -, seguido de citrus e áreas urbanas como Jaboticabal, Monte Alto e Distrito de Córrego Rico.

Tabela 7: Principais Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo (Ano 2009).

Usos do Solo	Área (ha)	% Área
Mata	697,61	1,29
Capoeira	34,83	0,21
Campo Sujo	929,96	1,80
Campo Limpo Pastagem	2943,84	5,30
Reflorestamento	342,05	0,69
Citrus	5542,15	8,81
Outras Culturas Permanentes	741,69	1,40
Cana	34204,43	60,80
Culturas Ciclo Curto	6219,84	11,20
Várzea não Cultivada	430,77	0,90
Area Urbana	4226,51	7,60
Área total	**56313,68**	**100,00**

Utilizando como ferramenta o sistema de informação geográfica, foi realizada na Modelagem Hidrológica SWAT - *Soil and Water Assesment Tool* vários cenários com diferentes tipos de manejo e práticas conservacionistas. Foram identificados 5 cenários com sistemas de manejo para a cultura da cana-de-açúcar; Área de cana: solo nú, após queimada e colheita da cana-de-açúcar; Cana em estágio inicial de emergência e perfilhamento; Cana madura, crescimento dos colmos; Cana para colher; Colheita mecanizada (palhada); e foram identificados também mais 4 cenários com outros usos: Mata; Pastagem; Corpos d'água; Áreas urbanas e outros usos (Figura 12, Tabela 8).

Para esta data de mapeamento da imagem de satélite foi observado que ocorre aproximadamente em 26% da área o uso com cana de açúcar em estágio inicial de emergência.

Os Outros Usos podem ser definidos como áreas com culturas permanentes, reflorestamento, campo sujo e associações.

Tabela 8: Principais Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo (Ano 2012).

Usos do Solo	Área (ha)	% Área
Área de cana: solo nú	6779,15	12,04
Cana em estágio inicial	14959,94	26,57
Cana madura	3540,08	6,29
Cana para colher	3128,54	5,56
Colheita mecanizada (palhada)	6370,21	11,31
Mata	3472,93	6,17
Corpos d´água	121,93	0,22
Pastagem	3693,62	6,56
Áreas Urbanas e Outros Usos	14247,27	25,30
Total	**56313,68**	**100,00**

Verificando os resultados, em conjunto com trabalho de campo pode-se concluir que se destacam os fatos impactantes ao meio ambiente: maior parte da área utilizada com a monocultura da cana-de-açúcar; forte desmatamento das áreas de preservação permanente; em algumas áreas verifica-se o lançamento de esgoto industrial e animal lançado a céu aberto e sem tratamento; intenso processo erosivo, principalmente nas áreas do Córrego do Gambá, (Município de Monte Alto) agravado pela ação antrópica, soterramento de nascentes e assoreamento de rios e corpos d'água, acarretando contaminação de nascentes; e observação de voçorocas, expandindo-se lateralmente. Neste caso, o material proveniente das paredes laterais é carreado com os esgotos lançados, assoreando e poluindo as águas superficiais.

Segundo Costa et al. (2012) o mapeamento do uso e ocupação do solo das áreas do município, associado a estudos da declividade e capacidade suporte do solo podem auxiliar no estudo e planejamento das áreas de riscos de erosão. A partir do uso do georreferenciamento e imagens de satélite é possível prevenir a

instauração de grandes processos erosivos que gerem risco de morte ou prejuízos econômicos para a população local.

Recomenda-se continuar o processo de monitoramento e dar continuidade as ações corretivas na área prioritárias, como a implantação de projetos de reflorestamento principalmente nas áreas de nascentes e de educação ambiental, sendo envolvido nesta fase os produtores rurais, usinas de cana-de-açúcar e a população do Município de Jaboticabal, de forma a minimizar sua contribuição negativa à comunidade local, às águas do Córrego Rico e, por sua vez, do Rio Mogi-Guaçu.

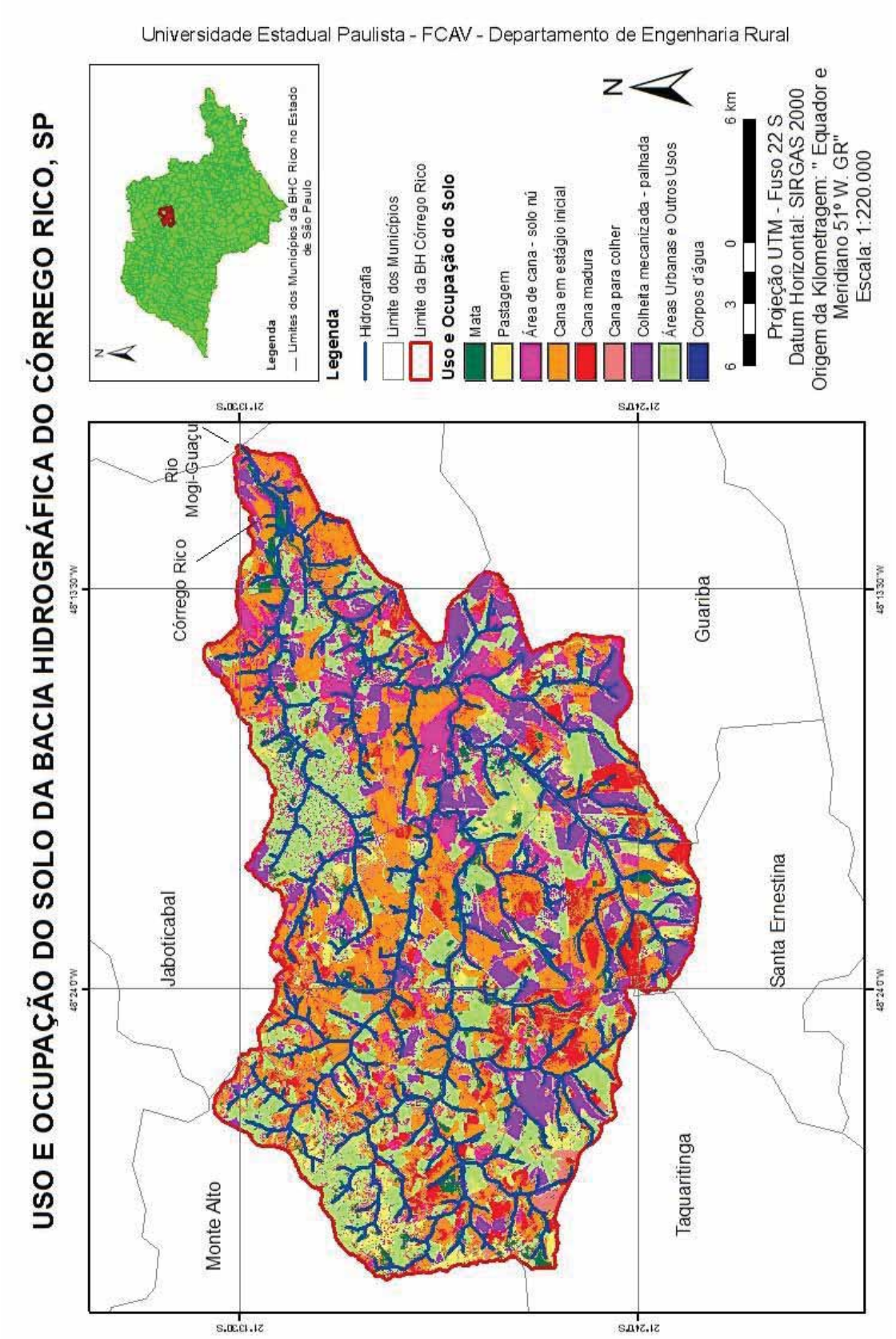


Figura 12: Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

4.6. Mapa de Áreas de Preservação Permanente

O Artigo 225 da Constituição Federal (1988) aponta o direito ao Meio Ambiente equilibrado e incumbe ao Poder público e a todos a sua manutenção e defesa, e aponta ainda os territórios e seus elementos que devem ser protegidos, proibindo sua utilização imprópria. A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) representa o marco legal para a correta priorização das ações e programas governamentais. Para tanto é preciso proceder a um mapeamento acurado das áreas a serem protegidas (RIBEIRO, 2002).

As áreas de preservação permanentes são legalmente protegidas pelo Código Florestal de 1965 e pelas Resoluções Conama nº 302 e 303 de março de 2002 e recentemente atualizada em 2012.

O planejamento adequado de sistemas de drenagem pode minimizar os impactos ambientais gerados pela urbanização desordenada e o balanço hídrico modificado por ela. Quanto maior a compreensão a respeito da relação espaço urbano-ciclo hidrológico maior será o potencial do planejamento em minimizar os impactos negativos (PARKINSON et al. 2003). Sendo assim, faz-se necessária a busca de novos métodos para monitorar a expansão urbana e a ocupação de áreas de bacias hidrográficas, empregando-se tecnologias mais adequadas (ONO, 2008).

A dificuldade na delimitação de APPs através de métodos convencionais implica no não cumprimento da lei e explica o motivo pelo qual, apesar de passadas quatro décadas da promulgação do Código Florestal Brasileiro, ainda não há qualquer demarcação oficial das Áreas de Preservação Permanente no Brasil. Fatores como a morosidade, o alto custo e a baixa confiabilidade inerentes à delimitação manual das Áreas de Preservação Permanente impõe, assim, a busca por outras soluções que contemplem, necessariamente, a automatização desses procedimentos (RIBEIRO, 2002).

O uso de geotecnologias, entre as quais o Sensoriamento Remoto, que possibilita a aquisição de informações sobre o uso atual do solo, e os Sistemas de Informações Geográficas, instrumentos destinados à análise e modelagem do espaço geográfico, têm mostrado bastante eficiente na delimitação de APPs (GONÇALVES, 2009).

Assim, num país de dimensões continentais como o Brasil, torna-se imprescindível a delimitação confiável dessas áreas para auxiliar na aplicação e cumprimento das leis, bem como para a proteção dessas áreas.

Para tanto, na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (Figura 13) pode-se visualizar a distribuição das áreas de preservação permanente, o que esta seguindo a legislação ambiental brasileira, ou seja, as áreas de preservação presente ao longo dos rios apresentam uma faixa de mata ciliar mínimas de 30 metros estipuladas pela legislação, pois grande parte da malha hídrica da bacia apresenta rios menores ou iguais a 10 metros, no entanto os rios que influenciam na maior contribuição para o deflúvio hidráulico da bacia que deve ser preservada.

A categoria de nascentes apresenta um formato circular com raio de cobertura para faixa de mata ciliar de 50 metros, totalizando uma área de 1, 63 km² para todas as nascentes representando 4,72% da área total de preservação permanente.

Segundo Skorupa (2003) áreas onde existe nascentes, a vegetação evita que a chuva atinja diretamente o solo e este sejam gradativamente compactadas, garantindo, assim, a sua porosidade. Esta, por sua vez, juntamente com o sistema de raízes das plantas, facilita a absorção da água das chuvas que alimentam os lençóis freáticos, evitando o escoamento superficial excessivo, pois o mesmo pode carregar partículas de solo e resíduos tóxicos para os cursos d'água, assoreando-os e poluindo-os.

Extraindo os dados da Tabela 9 verifica-se que um total de 32,88 km² de área sendo com área de preservação permanente marginal aos cursos d´água. Estes dados formariam o mapa legal de área de preservação permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico.

Ainda segundo Skorupa (2003) as APPs nas margens dos cursos d'água garantem a estabilização do solo evitando que partículas do mesmo sejam levadas para o leito dos cursos. Esses "filtros" impedem que a qualidade da água seja afetada, aumentando, assim, a vida útil de reservatórios, instalações hidroelétricas e sistemas de irrigação. A vegetação funciona também no controle hidrológico de uma bacia hidrográfica, através da regulação do fluxo de água superficial e subsuperficial.

Segundo Castro et al.(2009) o estudo realizado na microbacia do ribeirão Pouso Alegre – Jaú (SP) mostrou que o uso inadequado da terra em áreas de preservação permanente é consideravelmente alto, pois o uso antrópico (inadequado) chega a 80,15% das APPs,

Em relação à área total da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (563,13 km²), observa-se que 6,12% deveriam estar ocupadas com áreas de preservação permanente (Figura 13).

Tabela 9: Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

APP	Área (Km²)	% Área
Nascente	1,63	0,28
Curso d´água	32,88	5,83
Total de APP ideal	34,51	6,12
Área Total da BHC Rico	**563,13**	**100,00**

Desta forma, este trabalho demonstra sua importância ao servir como subsídio aos municípios na elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental, necessário para a implantação da Lei Específica, evitando o comprometimento significativo do manancial de abastecimento de água da região.

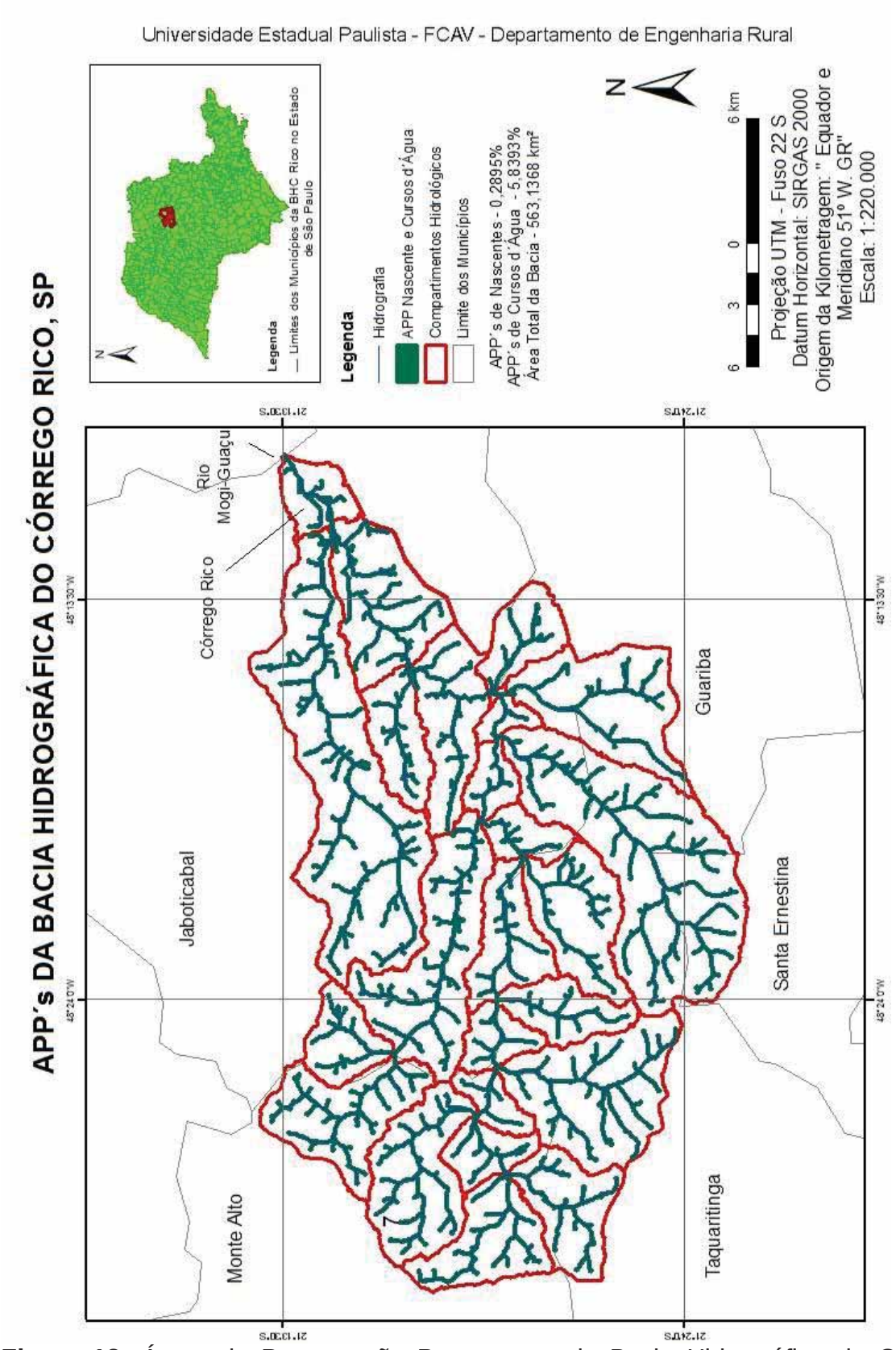


Figura 13: Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

4.7. Mapa de Conflito

De maneira geral, para melhor visualização das áreas de preservação permanente que estão sendo impactadas na área, foi gerado o mapa de conflito entre área de preservação permanente e uso do solo (Figura 14), onde demonstra o uso indevido do solo nas faixas de preservação de cada categoria de área protegida, estando essas áreas em desacordo com o CONAMA nº 303 e Código Florestal, resultantes de ações antrópicas. Contudo, apenas as classes pertencentes ao sistema antrópico caracterizam o conflito de uso, pois resultam da intervenção humana.

Do total de 34,51 km² relativos às APPs, 6,16 km² (17,87%) estavam sendo ocupados por mata, 8,40 km² (24,35%) ocupados pela cana em estágio inicial e 3,93 km² (11,41%) cobertos por cana no estágio maduro. Pode-se então verificar que o uso da cana soma-se aproximadamente 60% em áreas de preservação permanente, (Figura 14, 15 e 16). Isto demonstra a falta de preservação do solo e o descumprimento da legislação referente ao uso do solo em áreas de preservação permanente dos cursos d'água, nascentes. Por esses resultados evidencia-se, assim, a necessidade de um plano de recomposição da vegetação dessas áreas, pois o desmatamento e outros usos incorretos do solo refletem diretamente na qualidade e quantidade da água da bacia hidrográfica e para isto deve ter conhecimento e base na legislação ambiental vigente.

Em estudo desenvolvido por Soares et al. (2002) em uma microbacia localizada no Município de Viçosa, MG, a análise do uso do solo indicou que 24,56% da área encontrava-se em conflito de uso.

Segundo Valle Junior (2008) a análise da classe de conflitos mostra que 363,80 km^2 da Bacia do Rio Uberaba (15,03%) apresentam conflito classe1 - (terras que apresentam riscos ou limitações significativas quando usadas para culturas anuais e pastagem), 43,92 km^2 (1,82%) classe 2 - (terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagem, reflorestamento ou preservação ambiental) e 5,41 km^2 (0,22%) classe 3 - (terras impróprias para cultivos intensivos e pastagem, mas ainda adaptadas para reflorestamento ou preservação ambiental).

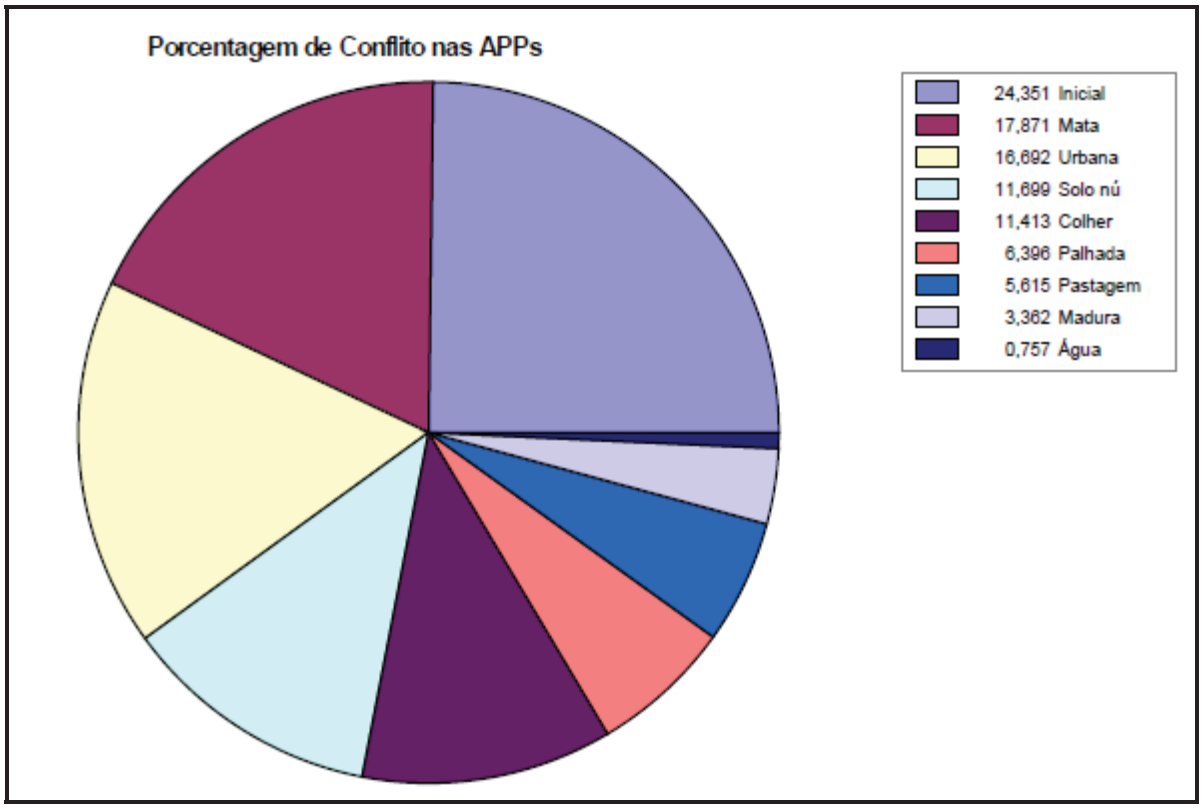


Figura 14: Porcentagem das áreas conflitantes nas APPs.

Oliveira (2009) observou que as áreas de preservação permanentes presentaram-se em conflito principalmente com a cana-de-açúcar e solo em preparo que ocupam 73,4% da área total do município e 60,2% da área de preservação permanente (APP). O uso inadequado da APP foi quantificado em 59,5% da área total.

Estima-se que uma parcela considerável das terras atualmente destinadas à produção agropecuária situe-se em Áreas de Preservação Permanente, fato que caracteriza crime ambiental pela Lei 9.605/98. Por isso, faz se necessário a clara delimitação dessas áreas de preservação a fim da aplicação correta da lei, facilitando as atividades de fiscalização e planejamento territorial, e consequentemente o aumento e a proteção da qualidade ambiental para a região, (WERTZKANOUNNIKOFF, 2005).

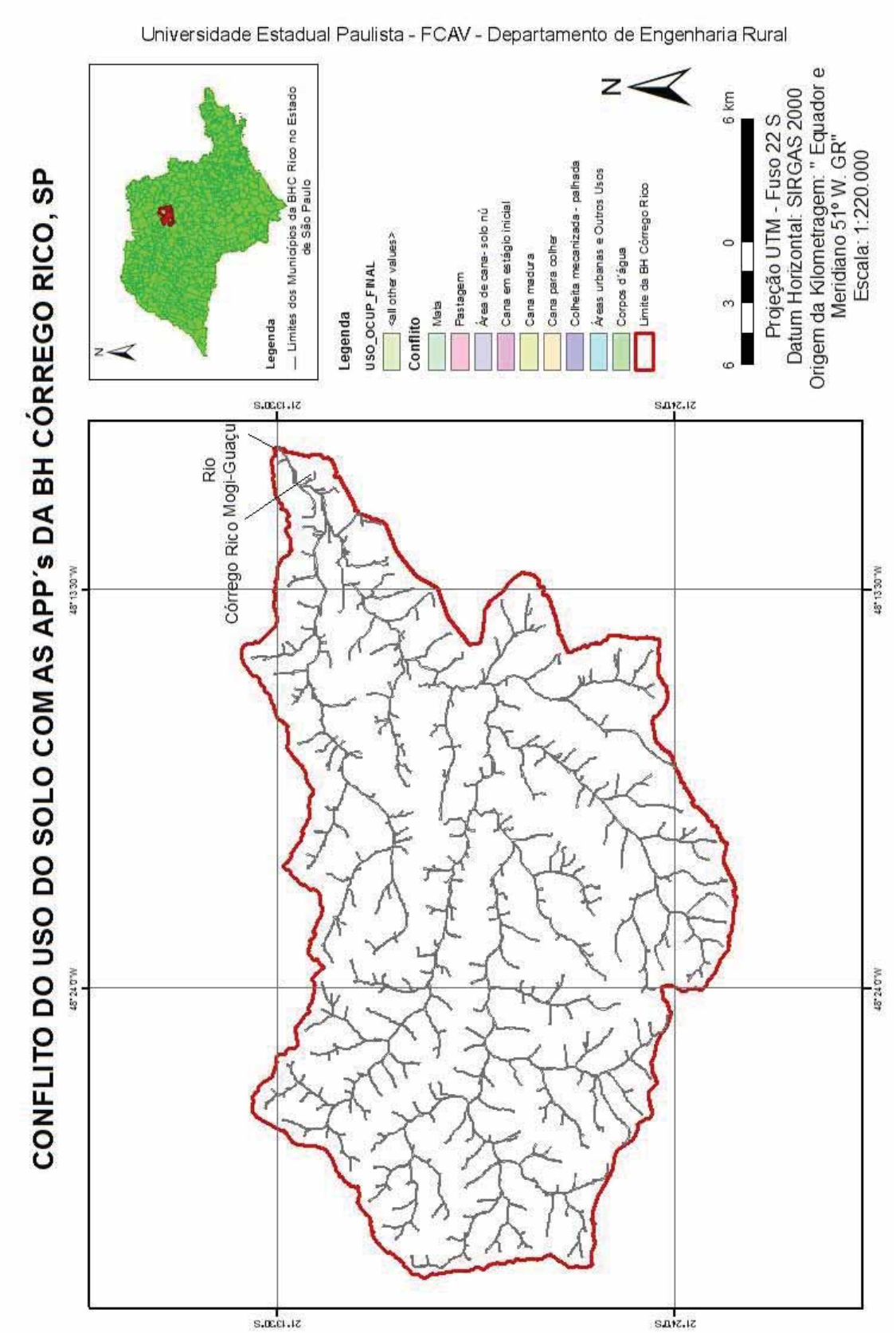


Figura 15: Conflito do Uso e Ocupação do Solo com as APPs da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo.

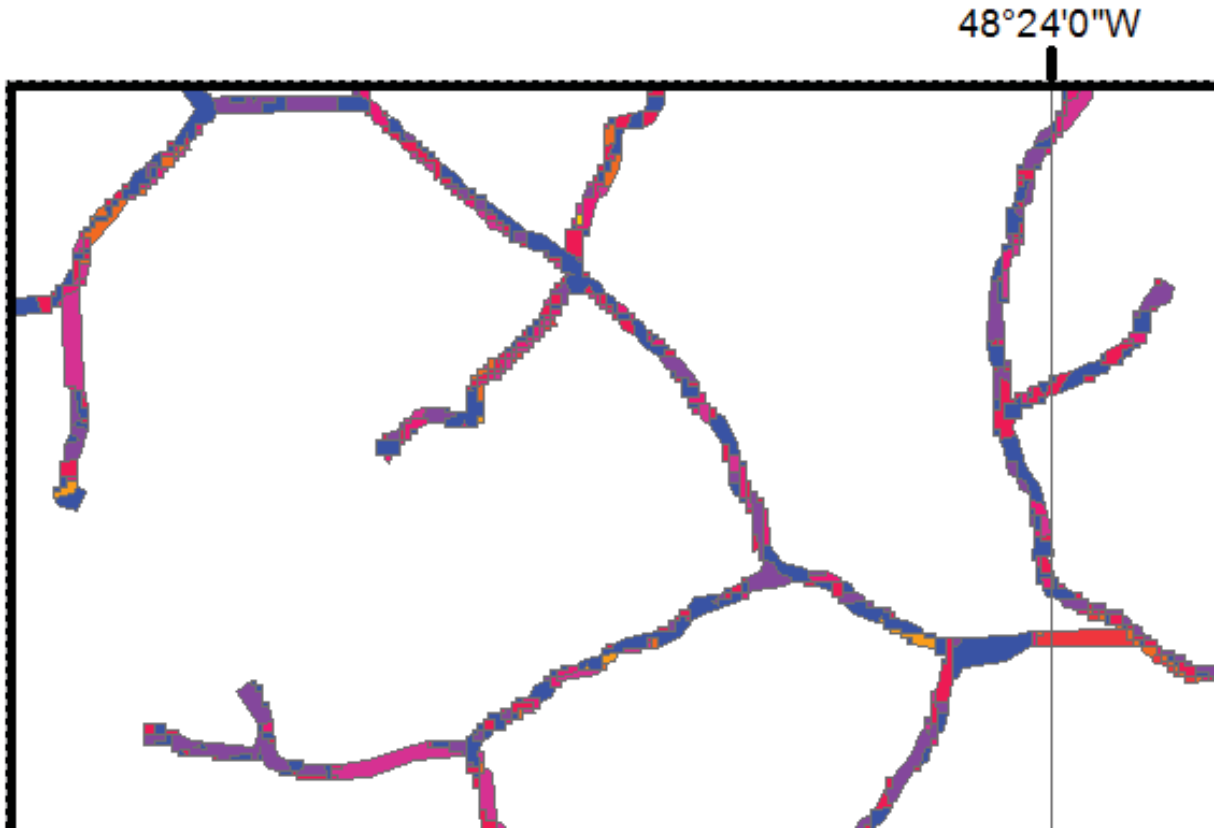


Figura 16: Zoom das Áreas de Conflitos nas APPs da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Estado de São Paulo**.**

Infere-se deste estudo que é fundamental dar importância ao zoneamento ambiental e a caracterização da área como instrumento do planejamento ambiental porque contribui nas ações corretivas e preventivas quanto à degradação do meio ambiente.

Conclui-se ainda que esse instrumento esteja aliado ao contexto da sociedade, natureza e desenvolvimento diante do planejamento ambiental. Percebe-se a necessidade de organizar as cidades, para evitar possíveis problemas ambientais.

A atuação antrópica provoca profundas alterações no uso e ocupação do solo que modificam os comportamentos hidráulicos e hidrológicos das bacias hidrográficas. Este processo de transformação da bacia pode ocorrer muito rapidamente, gerando impactos na qualidade das águas, nos níveis e frequência de inundações e no transporte de sedimentos (BARROS, 2004).

Segundo Silva et al. (2011) os diagnósticos realizados demonstram que existe um passivo da ordem de 83 milhões de hectares de áreas de preservação ocupadas irregularmente, de acordo com a legislação ambiental em vigor. Estima-se que o impacto da erosão ocasionado pelo uso agrícola das terras no Brasil é da ordem de R$ 9,3 bilhões anuais, que poderiam ser revertidos pelo uso de tecnologias conservacionistas e pelo planejamento de uso da paisagem, gerando benefícios ambientais.

O diagnóstico ambiental proposto contribui não apenas para o mapeamento e análise da situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, mas também possibilitou a aquisição de informações necessárias para uma posterior análise ambiental pontual da bacia.

As técnicas de geoprocessamento mostraram-se eficientes no mapeamento e identificação de áreas em desacordo com o Código Florestal e CONAMA nº 303, pois permitiu a quantificação total das categorias de APPs segundo as legislações ambientais vigentes, onde o resultado final da classificação de uso do solo das imagens para o ano de 2010, assim como o conflitante entre APPs e uso do solo, foi considerado satisfatórias, permitindo a real situação da área no ano analisado.

Os dados apresentados em relação a legislação ambiental pode-se verificar que no que se refere às áreas de preservação permanente, os dois Códigos Ambientais consideram APPs:

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

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

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

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

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

IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

Nota-se que na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico essas áreas não são respeitadas legalmente.

Realizando uma comparação com o Antigo Código Florestal e o Atual Código Florestal de 2012, pode-se verificar que ocorre uma alteração na largura da APP para rios até 5 metros de largura, reduzindo de 30 metros para 15 metros, mantendo a largura de 30 metros das APPs para os rios entre 5 e 10 metros de largura e as demais metragens para rios maiores iguais ao estabelecido no código vigente.

Antigo Código

Art. 2° Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) – ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal, cuja largura mínima será (Redação da Lei 7.803/89):

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (Redação dada pela Lei 7.803/89);

Novo Código

Art. 4.º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, pelo só efeito desta Lei:

I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda do leito menor, em largura mínima de:

a) 15 (quinze) metros, para os cursos d'água de menos de 5 (cinco) metros de largura;

b) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água que tenham de 5 (cinco) a 10 (dez) metros de largura;

Outro ponto a ser observado é que no Antigo Código considera-se área de preservação permanente ao longo dos rios desde o seu nível mais alto em faixa marginal e no Novo Código é desde a borda do leito menor. Observa-se que desta maneira deixa-se de levar em consideração que os solos e a vegetação nas zonas de influência de rios e lagos são sistemas de reconhecida importância no condicionamento de fluxos, na regulação de nutrientes minerais e condicionamento da qualidade da água, no abrigo da biodiversidade, com seu provimento de serviços ambientais e na manutenção de canais.

A zona compreendida entre a água mais alta e o leito menor contém as várzeas, igapós, mangues e outros ecossistemas inundáveis, constituindo a parte oscilante do corpo d'água.

Vastas regiões são submetidas a inundações periódicas (na Amazônia, um estudo estimou área inundável em 11,9% do total), estando essas áreas protegidas no Antigo Código e com a transposição pelo Novo Código das faixas ciliares da água mais alta para o leito menor, as áreas inundáveis perderiam, na Amazônia, até 60% de sua proteção. A perda de proteção em 60% das áreas inundáveis e o desaparecimento das APPs ciliares indica o significativo impacto da alteração proposta (SILVA et al. 2011).

Ainda segundo Silva et al. (2011) os rios de primeira ordem, que chegam até a 5 m de largura, compõem mais de 50% em extensão da rede de drenagem. Com o Novo Código, a redução da faixa ripária de 30 para 15 metros nesses rios resulta numa redução bruta de 31% na área protegida em relação ao código vigente.

Neste estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico e em outras áreas se faz necessário uma fiscalização mais rígida com técnicos capacitados para efetuar as medições e esclarecer para o proprietário as novas regras legais. Os mapas confeccionados irão auxiliar na identificação das áreas irregulares e cabe os Poder Público treinar esses fiscais, pois a lei ainda possui muitas falhas em conceitos e entendimentos.

Segundo o Novo Código nas APPs é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, havendo, entretanto, a obrigatoriedade de uma recomposição mínima, de acordo com o tamanho do imóvel rural na referida data. Nesses casos, o proprietário ou possuidor é responsável pela conservação do solo e da água, por meio de adoção de boas práticas agronômicas.
As situações de exceções deverão ser informadas no CAR e será exigida a adoção de técnicas de conservação do solo e da água. Será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais ao longo de cursos d'água naturais, conforme descrito na Tabela 10 e no entorno de nascentes e olhos d'água perenes. Será obrigatória a recomposição do raio mínimo, conforme descrito na Tabela 11.

Tabela 10: Largura da faixa marginal a ser recomposta, conforme tamanho do imóvel rural e largura do curso d'água.

Módulo Fiscal	Largura do curso d´água (metros)	Faixa de recomposição (metros)
Até 1	Indiferente	5
Entre 1 e 2	Indiferente	8
Entre 2 e 4	Indiferente	15
Entre 4 e 10	Até 10 m	20
Superior a 4	Superior a 10 m	Metade da largura do curso d´ água, respeitando os limites entre 30 e 100 m

Tabela 11: Raio mínimo a ser recomposto, conforme tamanho do imóvel rural.

Módulo Fiscal	Raio mínimo de recomposição (metros)
Até 1	5
Entre 1 e 2	8
Entre 2	15

O Novo Código ainda permite (art. 61) aos proprietários e possuidores dos imóveis rurais que, em 22 de julho de 2008, detinham até 4 módulos fiscais e desenvolviam atividades agrossilvipastoris nas áreas consolidadas em APPs, é garantido que a exigência de recomposição, nos termos desta Lei, somadas todas as Áreas de Preservação Permanente do imóvel, não ultrapassará:

I - 10% (dez por cento) da área total do imóvel, para imóveis rurais com área de até 2 (dois) módulos fiscais; e

II - 20% (vinte por cento) da área total do imóvel, para imóveis rurais com área superior a 2 (dois) e de até 4 (quatro) módulos fiscais.

No Novo Código alguns pontos ainda devem ser ressaltados:

- Art. 8º. A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.

- Art. 9º. É permitido o acesso de pessoas e animais às Áreas de Preservação Permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental.

- Art. 29º. É criado o Cadastro Ambiental Rural - CAR, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. - Todos os produtores, independente do tamanho, serão obrigados a se cadastrar no CAR, no órgão florestal, no prazo de 02 anos. Após terão que aderir ao PRA e terão um prazo de 02 anos para implantar o projeto. Após 05 anos (22 de julho de 2017) só terá direito ao crédito rural o produtor que tiver inscrito no CAR.

De acordo com Carrega (2011) o diagnóstico em APP da Bacia do Rio Capivara, Município de Botucatu, SP aponta a necessidade urgente de uma intervenção vinculada ao plano de proteção ambiental que vise recuperar as áreas degradadas retirando os conflitos de uso e permitindo a regeneração natural da vegetação e em casos de maior urgência efetuando a revegetação com espécies nativas da região.

Tendo como base as novas modificações da legislação ambiental, torna-se possível observar que de um modo geral, a fiscalização para o cumprimento da lei dependerá da quantidade de módulos fiscais que a propriedade possui e suas condições particulares como, por exemplo: área de Reserva Legal, condições da bacia hidrográfica, como será a recomposição, exploração econômica entre outros.

5. CONCLUSÕES

1. A Bacia Hidrográfica do Córrego Rico apresenta uma área de 563,13 km^2 e foi dividida em 25 compartimentos hidrológicos.

2. Os compartimentos hidrológicos variam de 36 hectares (compartimento 15) a 8165 hectares (compartimento 4).

3. Foram identificados três unidades de solos: Latossolo, Argissolo e Neossolos, sendo que o Latossolo representa a maior parte da área de estudo.

4. As declividades predominantes estão entre 3 e 8 %, relevo suave ondulado.

5. Da área total da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, 6,12% são áreas de preservação permanente, embora não são ocupadas conforme a legislação ambiental.

6. Do total de 34,51 km² relativos às APPs, 6,16 km² (17,87%) estavam sendo ocupados por mata, 8,40 km² (24,35%) ocupados pela cana em estágio inicial e 3,93 km² (11,41%) cobertos por cana no estágio maduro. Pode-se então verificar que o uso do solo com a cultura da cana soma-se aproximadamente 60% em áreas de preservação permanente.

6. RECOMENDAÇÕES

O trabalho apresentou dados topográficos e hidrológicos, considerados adequados para análise das áreas de APPs, podendo ser utilizados pelos Municípios da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico para um posterior gerenciamento de compartimentos hidrológicos. Entretanto, devem ser realizados estudos mais detalhados da bacia em questão para a montagem de um banco de dados da área, que auxilie futuras pesquisas e gerenciamento da área.

As análises de áreas de preservação permanente devem ser elaboradas frequentemente, assim como a classificação do uso do solo da bacia por imagens de satélite, com isso os municípios terá uma fiscalização mais rigorosa dessas áreas protegidas por lei, outro aspecto fundamental é considerar a proposta de readequação dessas áreas, para elaboração de um plano de recuperação de área degradadas priorizando as áreas que sofrem maior ação antrópica negativa.

O Sistema de Informação Geográfica - SIG é uma ferramenta útil no auxílio para o planejamento agrícola e ambiental em bacias hidrográficas. Os resultados demonstram que a ausência de mapas acurados contendo os limites das áreas de preservação permanente dificulta se não impede tanto o agricultor de cumprir quanto os órgãos fiscalizadores de fazerem cumprir fielmente o Código Florestal.

Tendo como base as novas modificações da legislação ambiental, torna-se possível observar que de um modo geral, a fiscalização para o cumprimento da Lei dependerá da quantidade de módulos fiscais que a propriedade possui e suas condições particulares.

7. REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A. **Estudo piloto da poluição antrópica da microbacia hidrográfica do Córrego Rico**. Jaboticabal: FCAV, Unesp, 2005. (Relatório FAPESP)

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. 434 p.

AZEVEDO, T. S. **Legislação e Geotecnologias na Definição das Áreas de Preservação Permanente e das Reservas Legais: Aplicação à Bacia do Córrego das Posses, município de Extrema – MG**. 2008. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2008.

BORGES, M. J.; GALBIATI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos na bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 161-171, 2003.

BARROS, M.T.L.. **Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas em Áreas Urbanas - Sistema de Suporte ao Gerenciamento da Água Urbana - Estudo de Caso: Rio Cabuçu de Baixo, Cidade de São Paulo**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2004. Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/GestaoComites.aspx>. Acesso em: 17 jan.2012.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO J. L. M.; BARROS, D. A.. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, July 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782011000700016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 ago. 2012.

BRANDÃO, J.C.L. Aspectos jurídicos das florestas de preservação permanente e das reservas legais: propriedade e meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v.22, p.114-146, 2001.

BRASIL. Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Brasília, DF, 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/ 1930-1949/d23793.htm>. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. Código Florestal - Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União**, Brasília: 18 de Setembro de 1965. Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2012.

BRASIL. Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Brasília,1981. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. Constituição Federal. In: BRASIL. Casa Civil: Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília, 1988.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrosocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1991.

BRASIL. Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14], 16º e 44º, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771 de 1965: Código Florestal. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/ 2166-67.htm>. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama-res/res02\0res30202.html>. Acesso em: 12 mar. 2012.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama-res/res02\0res30302.html>. Acesso em: 12 mar. 2012.

BRASIL. Lei 10.257 de 10 de julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Brasília, 2001. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Brasília, 2012. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. Decreto 4.297 de 10 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm>. Brasília, 2012. Acesso em: 20 jan. 2012.

BUENO, F.G. O novo código florestal entenda ponto-aponto. Disponível em: <http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/agronegocio/106770-o-novo-codigo-florestal--entenda-ponto-aponto--na-analise-do-escritorio-csmg.html>. Acesso em: 26 ago. 2012.

CALDAS, A. M. **Solos, antropização e morfometria da microbacia do Prata, Recife, PE**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Informativo Online. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/>. Acesso em: 02 jul. 2012.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press, 1996. 622 p.

CAMPOS, S.; GENEVICIUS, A.; VETTORAZZI, C. A.; BARROS, Z. X. de, CARDOSO, L. G. Índices quantitativos do padrão de drenagem, obtidos por meio de interpretação de imagens TM/LANDSAT-5, na caracterização de unidades de solo no município de Piracicaba-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus**. Anais**... Ilhéus: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C.T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S.V.. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2. 2006.

CARREGA, E.F. B.; CAMPOS, S.; DE BARROS, Z. X.. Diagnóstico de conflitos em áreas de preservação permanente na Bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 4, 2011.

CASTRO, D. M. M. **Aspectos Técnico-Científicos e Político-Institucionais:** caso Região dos Lagos, RJ. Tese (Doutorado). IGEO, UFRJ, Rio de Janeiro, 1995.

CASTRO, L. I. S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C. R. L.; DE BARROS, Z. X.; DE BARROS, B. S. X. Sig aplicado no conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, **Anais...**Natal. p. 3651-3656.

CASSOL, R. **Zoneamento ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente, geradas por técnicas cartográficas**. 1996. 292 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Classificação de clima. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_060.html>. Acesso em 15 set. 2013.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA S. B. (Org). "Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos". 6.ed: Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2005. Cap. 3, p 93-148.

COSTA, S.M.A.; FORTES, L.P.S. **Nova hierarquia da rede planimétrica do sistema geodésico brasileiro**. IBGE. Rio de Janeiro, 2000.

COSTA, R. C. A.; RODRIGUES, F.M.; MAXIMO, B.C.; PISSARRA, T.C.T. Impacto da degradação das áreas de app em bacias hidrográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS, 2012, **Anais...**Rio Claro. p1-10.

DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

DEMATTÊ, J. A. M.; DEMÉTRIO, V. A. Padrões de drenagem em áreas de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas ácidas na região de Guarapuava. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, n.2, p.305-311, 1996a.

DEMATTÊ, J. A. M.; DEMÉTRIO, V. A. Fotointerpretação de padrões de drenagem em amostras circulares na caracterização de solos basálticos do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, n.1, p.109-115, 1996b.

DINESH, S. Computation and characterization of basic morphometric measures of catchments extracted from digital elevation models. **Journal of Applied Sciences Research,** n.4, v.11, p.1488-1495, 2008.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil**. Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Mapa de Solos do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/irs.htm>. Acesso em: 20 jan. 2012.

EHLERS, M. Sensoriamento remoto para usuários em SIG In: BLASCHKE, T.; KUX, H. (Ed.). **Sensoriamento remoto e sig avançados**: novos sistemas sensores métodos inovadores,São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 19-32.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.1. 2012.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha - Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 19, v.1, p.65-80, 2007.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto:** princípios e interpretação de imagens. São Paulo: Nobel, 1982. 357 p.

GASSMAN, P.W., REYES, M.R., GREEN, C.H., ARNOLD, J.G. (2007). **The Soil and Water Assessment Tool: Historical development, applications, and future research directions.** Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers. St Joseph, v. 50 n. 4, p. 1211-1250, 2007.

GONÇALVES, A.B. **Delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente e identificação dos conflitos de uso do terra na sub-bacia hidrográfica do rio Camapuã/Brumado.** 2009. 57f. Dissertação (Metrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

GREGGIO, T. C.; PISSARRA, T. C. T; RODRIGUES, F. M. Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal-SP. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 33, n.1, p.117-124, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Carta do Brasil**. Escala 1:50.000. 1971.

ITALIANO, W. L. A.; HOJAIJ, L. L.; GIACOMETTI, L.; ZANETTI, L. M. F.; GALBIATTI, J. A.; PISSARRA, T. C. T.; PALLA, V. L. Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica aplicadas no projeto de gestão hídrica do município de Jaboticabal-córrego rico limpo. In: 11. SBSR, 2003, **Anais**... Belo Horizonte, p.575-581.

LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W. **Remote sensing and image interpretation**. New York.John Miley & Sons, 1994. 721p.

LOPES, L.G.; AMARAL, L.A.; HOJAIJ, A. Seleção de indicadores para gestão da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal - SP. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DE SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO, 1, 2005, Jaboticabal.

MACHADO, P. A. L.. **Direito ambiental brasileiro**. 11. ed. São Paulo: Malheiros, 2003. p. 177.

MAGRI, R.V.R.; BORGES, A.L.M. Vegetação de preservação permanente e área urbana: uma interpretação do parágrafo único do art. 2º do Código Florestal. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, ano 1, n.2, p.71-76, 1996.

MÁXIMO, O.A.; FERNANDES, D. Uso de graus de confiança das classes em classificadores Bayesianos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais**... São José dos campos: INPE, 2003. p. 2083-2090. Disponível em: < ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.11.53>.

MENDONÇA, J.G.C.; NAVES, F.S. **Edificações irregulares às margens de cursos d'água: dever de demolir e reparar o dano ambiental**. Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/portalweb/7/noticia/5a46137a7b47d5fea2760e3c8d1b143f.html>.Acesso em: 25 jul. 2011.

MESA, L. M. Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucumán, Argentina). **Environmental Geology**, New York, n.50, p.1235-1242, 2006.

METZGER, J. O Código Florestal tem base científica? **Conservação e Natureza**, Curitiba, v.8, n.1, 92-99, 2010.

MIGLIACCIO K.W., CHAUBEY I. Spatial distributions and stochastic parameter influences on SWAT flow and sediment predictions. Journal of Hydrologic Engineering**,** Reston, v. 13, n. 4, p. 258–269, 2008.

MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil em relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: http://www.relevobr.cnpm. embrapa. br>. Acesso em: 23 mar. 2011.

NASCIMENTO; W.M.; VILLAÇA; M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 5, n. 7, 2008.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo. Ed.Edgard Blucher, 2008.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas: Instituto Agronômico/EMBRAPA. Solos, 1999. 64p.

OLIVEIRA, F.G.. **Diagnóstico da Expansão da Cultura Canavieira e dos Conflitos Ambientais de Uso do Solo no Município de Barra Bonita/SP**. 2009. 57f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

ONO, S. Sistema de suporte a decisão para gestão de água urbana. São Paulo: **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,** Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2008. 148p.

PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L. C.; CAMPOS, R. Drenagem urbana sustentável no Brasil. In: RELATÓRIO DO WORKSHOP, Goiânia, 2003.

PISSARRA, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem.** Jaboticabal. 1998. 124f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

PISSARRA, T.C.T. **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP: comparação entre imagens TM-Landsat 5 e fotografias aéreas verticais.** 2002. 132f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal (sp). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 297-305, 2004.

PISSARRA, T.C.T. **Informações básicas para o planejamento ambiental: Município de Jaboticabal** -- Jaboticabal: Funep, 2009. 70 p.

POLITANO, W. **Estudo da adequabilidade do emprego de bacias hidrográficas de 3ª, 2ª e 1ª ordem de magnitude na análise morfométrica aplicada a solos**. 1992. 331f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

PONZONI, F. J.; CHIMABUKURU, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 136 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TAQUARITINGA. Disponível em: <http://www.taquaritinga.sp.gov.br/loc_geo.php>. Acesso em 28 ago. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTE ALTO. Disponível em: <http://www.montealto.sp.gov.br/>. Acesso em 28 ago. 2012

RIBEIRO, C.A.A.S. **Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada: metodologia e estudo de caso.** In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS A ENGENHARIA FLORESTAL, 5., 2002, Curitiba. **Anais**... Curitiba: FUPEF, 2002.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 1991. 181p.

RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; CAMPOS, Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n.3, p. 310-322, 2008.

RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; CAMPOS, Análise temporal dos processos erosivos na microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP, Brasil. **Revista Árvore,** Viçosa-MG, v.35, n.3, Edição Especial, p.745-750, 2011.

ROMARIZ, D. A. A Vegetação. In: AZEVEDO, A. **Brasil:** a terra e o homem. São Paulo: Companhia Editora Nacional, v.1. 1968. p.521-572.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SÃO PAULO. Instituto Geográfico e Geológico. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico - IGG, 1974. Esc.1: 1.000.000. Color.

SILVA, H. R. **Influência da posição da microbacia de 2ª ordem de magnitude no sistema natural de drenagem sobre a variabilidade das suas características morfométricas.** 1999. 186f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1999.

SILVA, J.A.A.; NOBRE, A.D.; MANZATTO, C.V.; JOLY, C.A.; RODRIGUES, R.R.; SKORUPA, L.A.; NOBRE, C.A.; AHRENS, S.; MAY, P.H.; SÁ, T.D.A ; CUNHA, M.C.; RECH FILHO, E.L. **O Código Florestal e a Ciência:** contribuições para o diálogo. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, 2011. 124p.

SILVA, M. L.M.; PEREIRA, G. P. M. Avaliação de algoritmos de classificação supervisionada para imagens do Cbers-2 da Região do Parque Estadual do Rio Doce-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2007. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.20.25/doc/6223-6228.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2012.

SILVEIRA, L.C. Notícias do IBGE. A Mira, Criciúma, v. 14, n. 123, set – out. 2004.

SILVEIRA, A.C.; **Geodésia aplicada ao georreferenciamento**. Curso de Formação continuada em Georreferenciamento de imóveis rurais, 2005.

SOARES, V. P. et al. Avaliação das áreas de uso indevido da terra em uma microbacia no município de Viçosa-MG, através de fotografias aéreas e sistema de informação geográfica. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.26, n.2, p.243-251, 2002.

SKORUPA, L. A **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável.** Jaguariúna: Departamento de Meio Ambiente da EMBRAPA, 2003. Disponível em: <http://cediap.ourinhos.unesp.br/material/apps_e_desenvolvimento_sustentavel_-_embrapa.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2012.

TAKAHASHI, E. L.H. **Ictiofauna do Córrego Rico, Bacia do Rio Mogi Guaçu, alto Paraná**. 2010. 77f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica,** Campinas. v.10, n. 4, p. 67-76. 2010.

VALLE JUNIOR, R. F. do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba.** 2008. 222f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VALVERDE, S.R.. **Comparação entre as legislações sobre áreas de preservação permanente do Brasil, Canadá, EUA, Suécia e Finlândia**. Belo Horizonte: CEMIG, 2001. 26p.

VENTURI, L. A. B. **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

WERTZKANOUNNIKOFF, S. A. **Forest policy enforcement at the Amazon frontier: the case of Mato Grosso, Brazil.** 2005. 141f. Tese (Doutorado) - Institute for Environmental Economics, University of Heidelberg, Heidelberg, 2005.