
PABLO LUIZ MAIA NEPOMUCENO

**DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE COM
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SIG:**

Estudo de caso Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai

CURITIBA

2012

A detailed architectural line drawing of the main facade of the University of Paraná building. The drawing shows a grand neoclassical structure with a prominent portico supported by tall, fluted columns. The pediment above the columns is inscribed with the text 'UNIVERSIDADE DO PARANÁ'. The drawing is executed in a fine-line, hatched style, capturing the intricate details of the building's architecture, including decorative moldings, arched windows, and a central entrance.

PABLO LUIZ MAIA NEPOMUCENO

**DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE COM
UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SIG:**

Estudo de caso Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento no curso de Especialização em Geoprocessamento, Setor de Tecnologia, Departamento de Arquitetura, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Aurélio Nadal

CURITIBA

2012

TERMO DE APROVAÇÃO

PABLO LUIZ MAIA NEPOMUCENO

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA O DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL (*Guaratinguetá-SP*)

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista no Curso de Especialização em Geoprocessamento, Setor de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:



Prof. Dr. Carlos Aurélio Nadal

Departamento de Geomática – UFPR

Avaliador:



Esp. Wilson Anderson Holler

EMBRAPA Gestão Territorial

Curitiba, 09 de julho de 2012.

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Carlos Aurélio Nadal por se colocar prontamente à disposição para a orientação do trabalho, ao Professor Wilson Holler por toda a sua atenção e dedicação na coorientação do trabalho, um grande orientador! Muito Obrigado Professores!

Agradeço ao colega e amigo Mario Otavio Costa, físico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, pelo auxílio técnico e financeiro dispensado sem o qual eu não teria conseguido chegar até aqui.

Agradeço a toda a minha família: vó Francisca, vô Nico, vó Nina, vô Binho, mamãe, papai, irmãos, cunhada, sobrinhas e namorada, por todo o suporte emocional e intelectual que veem me dando ao longo de todos os anos da minha vida.

Agradeço também a todos os professores e funcionários do CIEG, sempre dispostos a ajudar no que fosse preciso, em especial à Maria Inês de Oliveira por toda a paciência e disposição demonstrada durante os meus mais de três anos de contato com o CIEG.

Muito Obrigado a todos!

Resumo

As Áreas de Preservação Permanente foram estabelecidas por lei como alternativas mitigadoras dos impactos da intervenção antrópica, funcionando como reguladores dos fluxos de água, sedimentos e nutrientes no solo; e assim, formando ecossistemas estabilizados às margens dos rios, lagos e nascentes, de maneira a atuar na diminuição do escoamento superficial e no carregamento de sedimentos para os sistemas aquáticos que acabam comprometendo as funções sociais e ambientais desempenhadas por esses sistemas. Esse trabalho teve como objetivo identificar e dimensionar as Áreas de Preservação Permanente (APP) existentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerál e analisar as diferentes formas de uso e ocupação da terra as quais elas estão atualmente submetidas, utilizando-se de técnicas de processamento e interpretação de imagens de satélites em Sistemas de Informações Geográficas, de maneira que permitisse localizar e quantificar estas informações, para a constatação ou não da ocorrência de desconformidades ambientais nessas áreas (APPs).

Abstract

The Permanent Preservation Areas were established by law as alternatives to mitigating the impacts of human intervention, acting as regulators of the flows of water, sediment, and nutrients in the soil, and thus, forming stable ecosystems on the edges of rivers, lakes, and springs, acting in reducing the runoff and the loading of sediment to the aquatic systems, that end up undermining the environmental and social functions performed by these systems. This study aimed to identify and measure the Areas of Permanent Preservation (APP) in the Watershed of Gomerál River and analyze the different forms of use and occupancy of the land to which they are currently subject, using processing techniques and satellite imagery interpretation in Geographic Information Systems, to check where and quantify this information and verify possible legal breach environmental in these areas (APPs).

Índice de Figuras

Figura 1: Vista parcial da jusante para a montante da Bacia do Ribeirão Gomerál	4
Figura 2: Vista parcial da montante para a jusante da Bacia do Ribeirão Gomerál	4
Figura 3: Fluxograma geral das etapas do trabalho	14
Figura 4: Nota-se a ausência de evidências de erosão na superfície da escarpa da Serra da Mantiqueira em áreas com vegetação preservada em contraposição às cicatrizes por deslizamentos nas encostas em áreas desmatadas submetidas ao uso de pastagens	21
Figura 5: Cicatrizes na superfície, ocasionadas por movimentos de massa em áreas desmatadas comprometendo inclusive culturas agrícolas e ameaçando moradias localizadas no setor de montante da Bacia	21
Figura 6: Floresta Ombrófila Densa e Afloramentos Rochosos na escarpa da Serra a montante da Bacia	29
Figura 7: Floresta Ombrófila Densa nas nascentes do Ribeirão Gomerál sendo suprimidas pelo avanço de pastagens agrícolas	30
Figura 8: Floresta Ombrófila Secundária bem regenerada às margens do Ribeirão Gomerál em setor de jusante do mesmo rio	30
Figura 9: Floresta Ombrófila Secundária bem regenerada sendo suprimida por pastagens no médio curso do Ribeirão Gomerál	31
Figura 10: Campos Naturais de Altitude no topo da Serra da Mantiqueira em local próximo as cabeceiras do Ribeirão Gomerál	31
Figura 11: Campo Natural de Altitude no alto topo da Serra da Mantiqueira, próximo às nascentes do Ribeirão Gomerál	32
Figura 12: Silvicultura de Pinus em estágio inicial na Bacia	32
Figura 13: Silvicultura de Pinus já em estágio de corte na Bacia	33
Figura 14: Cultivo agrícola de banana, atividade comum no setor médio e de montante da Bacia	33
Figura 15: Culturas de Banana próximas ao médio curso do Ribeirão Gomerál em área de alta declividade	34
Figura 16: Pastagem em setor de jusante da Bacia margeando a planície de inundação do Ribeirão Gomerál	34
Figura 17: Pastagem em encosta de alta declividade situada em setor de montante da Bacia	35

Figura 18: Casas de campo de alto padrão situadas na escarpa da Serra da Mantiqueira em setor de montante da Bacia	35
Figura 19: Casa de produtor rural local com características extremamente rudimentares, comuns na região, situada no setor médio da Bacia	36
Figura 20: Capela de São Lázaro: local o qual a comunidade, geralmente composta por produtores rurais e seus familiares, se reúnem aos domingos para exercerem atividades religiosas ligadas ao catolicismo	36
Figura 21: Grande acúmulo de sedimentos no leito do Ribeirão Gomerál, no seu setor de jusante, ocasionado pelo uso e ocupação indevido da APP de vegetação marginal e atividades antrópicas potencializadoras de processos erosivos a sua montante	55
Figura 22: Evidências de degradação ambiental e destruição de equipamentos públicos próximos a jusante do Ribeirão Gomerál ocorridos durante os eventos de cheia do rio, potencializados pelo uso inadequado das APPs da Bacia	56
Figura 23: Uso inadequado das APPs de vegetação marginal à jusante do Ribeirão Gomerál, a pastagem e a agricultura são atividades comuns neste setor do rio	56
Figura 24: Cicatrizes no solo em superfície que evidenciam a ocorrência de processos morfogenéticos intensos em APPs de topos de morros e de declividades altas submetidas à ocupação inadequada	57
Figura 25: Evidência de movimentos de massa em APPs de linhas de cumeada da Bacia submetidas a usos inadequados	57
Figura 26: Córrego sofrendo intenso processo de assoreamento potencializado pela ocupação inadequada nas APPs da Bacia	58
Figura 27: Formação de vossoroca em vertente submetida ao uso de pastagem na Bacia	58
Figura 28: Ravinamento em área desflorestada próxima a APP de vegetação marginal do Ribeirão Gomerál no seu médio curso	59

Índice de Mapas

1) Carta Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	23
2) Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	26
3) Carta de Clinográfica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	28
4) Uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	37
5) Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	45
6) Uso da Terra nas Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	47
7) Áreas em Desconformidades com a Legislação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	60

Índice de Tabelas

8.1.Área da Bacia	48
8.2 Áreas das Classes de Uso e Ocupação da Terra e Cobertura Vegetal em relação a área total da Bacia Hidrográfica	48
8.3 Área total das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomer al	48
8.4 Área de cada Tipo de Área de Preservação Permanente em relação a Área total de APPs e da Bacia	49
8.5 Áreas das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Nascente	49
8.6 Áreas das Classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Vegetação Marginal aos Cursos Fluviais	50
8.7 Áreas das Classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Encostas com Declividades superiores a 45°	50
8.8 Áreas das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Linhas de Cumeadas	51
8.9 Áreas das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Topos de Morro	51
8.10 Áreas das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Altitude superior a 1.800m	52

8.11 Áreas das Classes de Uso e Ocupação da Terra e Cobertura Vegetal nas APPs em relação a área total de cada Classe e ao total das APPs	52
8.12 Áreas de Preservação Permanente atualmente submetidas a Usos e Ocupações da Terra indevidas em relação às restrições impostas pela legislação ambiental	53

Sumário

1) Introdução.....	1
2) Objeto de Pesquisa.....	3
3) Objetivos.....	5
4) Materiais Utilizados.....	5
5) Metodologia.....	6
5. 1) Geração de Mapa de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerl.....	7
5. 2) Geração de Mapa de Áreas de Preservação Permanente.....	9
5. 3) Geração de Mapa de áreas em desconformidade legal ambiental.....	12
6) Caracterização Física da área.....	15
7) Procedimentos Técnico-Operacionais.....	22
7. 1) Topografia (curvas de nível).....	22
7. 2) Fusão de Imagens.....	24
7. 3) Rede Hidrográfica e Limites da Bacia.....	24
7. 4) Carta de Declividade.....	27
7. 5) Carta de Uso e Ocupação da Terra e Cobertura Vegetal.....	27
7. 6) Áreas de Preservação Permanente.....	38
7. 7) Carta de Uso e Ocupação da Terra nas Áreas de Preservação Permanente.....	44
8) Resultados Obtidos.....	48
9) Análise dos Resultados e Conclusão.....	53
10) Considerações Finais.....	61
11) Referências Bibliográficas.....	62

1) Introdução:

A região do Vale do Paraíba vem sofrendo a séculos um intenso processo de degradação ambiental desencadeado por sucessivos ciclos econômicos sustentados na exploração indiscriminada dos seus recursos naturais.

Entre estes ciclos, podem ser citados como sendo os de maior expressividade, o da Cana de Açúcar e do Café durante o século XIX e início do XX, que foram posteriormente substituídos pela Pecuária Leiteira, a partir da segunda década do século XX, conjuntamente com a industrialização, a partir das décadas de setenta e oitenta deste mesmo século. Isso muito se deve a localização geográfica desta região, que se encontra inserida exatamente no eixo de ligação entre as duas principais Metrópoles do País (São Paulo e Rio de Janeiro).

Os sucessivos ciclos econômicos desenvolvidos na região, sempre calcados na derrubada da floresta primitiva e uso e exploração dos solos, para fins agrícola e pecuário, até a exaustão da sua fertilidade natural, culminaram em resultados ambientais drásticos facilmente perceptíveis atualmente. Originalmente, o Estado de São Paulo possuía 81,8% em florestas (a maior parte constituídas por Florestas Ombrófilas Densas típicas de Mata Atlântica) e em 1980 restavam apenas 6,5% de floresta no Estado, espalhadas em estreitos fragmentos, predominantemente concentrados, nos relevos extremamente dissecados das Serras do Mar e da Mantiqueira; o Vale do Paraíba acabou por seguir também esta mesma tendência (Saito, 1995).

Por outro lado, o Código Florestal Brasileiro instituído em 1965, seguido por vários outros documentos legais, impõem restrições ambientais sobre o Uso e Ocupação das Áreas de Preservação Permanente (APP). Devido à tradição de uso intensivo do solo no passado, e a dificuldade de imposição desse Código, pouco se tem feito para se verificar os usos atuais dessas áreas em escalas de detalhamento capazes de realizar diagnósticos quanto ao estado atual de conservação das mesmas. O uso irracional e indiscriminado do solo, impulsionado por técnicas de cultivos agropecuários com maior potencial de intervenção,

continuou a avançar inclusive sobre os remanescentes das florestas primárias do Estado.

Nas últimas décadas (1990, 2000 e 2010), o Poder Público conjuntamente com as chamadas Organizações Não Governamentais estão gradualmente mudando de postura em relação às questões ambientais, refletindo o processo de conscientização por parte da sociedade quanto às necessidades de conservação e preservação dos recursos naturais; o que acabou por culminar em encontros, tratados e acordos internacionais visando a criação de alternativas sociais e econômicas para as relações, geralmente conflitantes, que se dão entre sociedade e natureza. Dentre estes encontros, acordos e tratados; podem ser citados de exemplo: a reunião de cúpula no Rio de Janeiro em 1992, quando foi assinada a Convenção sobre Mudanças Climáticas (MCT, 2002), e a instituição do Protocolo de Quioto (Miguez, 2002) sobre a redução da emissão de gases de efeito estufa e o crescimento da atuação das ONGs ambientalistas.

Seguindo essa tendência, o Ministério Público do Estado de São Paulo também vem atuando no sentido de fazer valer a legislação ambiental vigente.

Há que se ressaltar a importância da preservação das florestas e dos seus ecossistemas, para a manutenção e melhoria da qualidade dos recursos naturais de necessidade fundamental e imprescindível à sociedade, para garantir a qualidade de vida da população; dentre estes recursos, pode ser citada a “água” sob a forma de recursos hídricos, que já se encontra em crise de abastecimento na região (Rebouças et al., 2002).

Nessa perspectiva, as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto constituem hoje, num importante conjunto de ferramentas aplicáveis ao planejamento geográfico, bem como para a obtenção de dados a serem utilizados no planejamento e zoneamento, tanto em níveis regionais quanto municipais. De fato, tem havido um desenvolvimento marcante das geotecnologias (Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) que disponibilizam uma série de ferramentas que auxiliam sobremaneira a investigação da adequação do Uso e Ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente (Aulicino et al., 2000;

Corrêa et al., 1996). Entretanto, poucos trabalhos têm sido feitos na região para a investigação, delimitação e análise detalhada das áreas de usos restringidos pelo Código Florestal.

2) Objeto de Pesquisa:

O objeto de pesquisa consiste-se na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerl situada no interior do perímetro municipal de Guaratinguetá - SP, entre as coordenadas 7.492.000 e 7.482.000 no eixo "N" ou "Y", e as coordenadas 464.000 e 456.000 no eixo "E" ou "X", de acordo com o sistema de projeção U.T.M (Fuso 23 Sul), e utilizando como *datum* de referência o "SIRGAS 2000".

O Ribeirão Gomerl têm as suas nascentes localizadas nos altos topos da Serra da Mantiqueira, á cerca de 2000m de altitude, nos limites políticos administrativos do Município de Guaratinguetá com os Municípios de Campos do Jordão, a norte, e Pindamonhangaba, a leste; e se alonga por entre as falhas e linhas de fraqueza da grande estrutura rochosa soerguida que dá suporte à vertente oriental da Serra da Mantiqueira, na direção sudeste, por um percurso de cerca de 8km (em linha reta), até desaguar no Ribeirão Guaratinguetá, afluente da margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, á aproximadamente 650m de altitude (figuras 1 e 2).

O Município de Guaratinguetá está localizado na Região Administrativa do Vale do Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, e tem no Ribeirão Guaratinguetá a sua principal fonte de abastecimento hídrico: cerca de 80% da população do Município, em torno de 110 mil habitantes (Censo IBGE, 2010), são abastecidos por este rio.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerl, localizada no *front* oriental da Serra da Mantiqueira, consiste na principal fonte de recarga e manancial de nascentes do Ribeirão Guaratinguetá (Carvalho, 2008), daí a sua elevada importância para o Município.



Figura 1: Vista parcial da jusante para a montante da Bacia do Ribeirão Gomerai
Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011



Figura 2: Vista parcial da montante para a jusante da Bacia do Ribeirão Gomerai
Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011

3) Objetivo:

O objetivo do trabalho é estabelecer um conjunto de rotinas e procedimentos em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), utilizando-se de bases de dados produtos de sensores remotos que estão atualmente disponíveis na web, de tal maneira que possibilite identificar, localizar, quantificar e avaliar o atual estado de conservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) em Bacias Hidrográficas brasileiras, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro de 1965 e revistos na Resolução CONAMA n° 303 de 20 de março de 2002; e bem representar graficamente de forma geo-referenciada essas informações, por meio da elaboração de mapas temáticos na escala 1:50.000.

Para tanto, será tomado como exemplo o caso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai, importante tributário do Ribeirão Guaratinguetá que consiste na principal fonte de abastecimento hídrico do Município de Guaratinguetá-SP.

4) Materiais Utilizados:

- Imagem de Radar obtida pela missão da NASA: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), correspondente ao quadrante 23_465, que contém resolução espacial horizontal original de três segundos de arco da superfície geodésica da terra (aproximadamente 90m) e que foi posteriormente interpolada para a resolução espacial horizontal de um segundo de arco (aproximadamente 30m) (VALERIANO, 2004) que se encontra disponível no sítio: <http://www.dpi.inpe.br/topodata>.

Estudos recentes destinados a avaliação da acurácia dos dados SRTM têm apontado a compatibilidade dos mesmos com as exigências do padrão de exatidão cartográfico brasileiro (PEC) na classe A para até a escala 1:100.000 (BARROS; CRUZ, 2008); porém os próprios autores Barros (2008) e Oliveira (2008) atestam que estes dados, tanto na sua versão originalmente disponível (de resolução de três segundos de arco) quanto na sua versão interpolada (com

resolução espacial de um segundo de arco), podem ser utilizados pela cartografia para fins temáticos, até a escala 1:50.000 (ou inferiores), já que os resultados da avaliação destes dados são muito próximos dos exigidos para a classe C desta escala. Considerando tais premissas, para o caso específico da utilização destes dados neste trabalho deve-se portanto considerar que apesar de todas as medidas obtidas e apresentadas no decorrer do mesmo terem validade científica para a escala máxima de 1:100.000; a escala adotada para a representação destas informações foi a de 1:50.000.

- Imagem do satélite CBERS 2B, produto do sensor HRC, equivalente a Órbita/Ponto 153 A/125 1, com características pancromáticas, em níveis de cinza, possuindo resolução espacial de 2,7m, datada de 25/10/2009; disponível no sítio: <http://www.cbers.inpe.br>.

- Imagens do satélite CBERS 2B, produtos do sensor CCD, equivalentes a Órbita/Ponto 153/125, referentes às Bandas 1, 2, 3 e 4; cada uma contendo resolução espacial de 20m; datadas de 25/10/2009; e também disponíveis no sítio: <http://www.cbers.inpe.br>.

- *Software* de SIG ArcGis 9.2 da ESRI

- *Software* de SIG ENVI 4.5

5) Metodologia:

O Método utilizado para o desenvolvimento deste trabalho consiste em três fases complementares, porém distintas, a saber: geração do plano de informação de “Uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural” da Bacia Hidrográfica estudada, geração do plano de informação de “Áreas de Preservação Permanente” e por último a combinação destes dois planos de informação através da aplicação do método de análise booleano na geração da informação referente às ocorrências

de desconformidades legais ambientais no interior da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai que estão associados a práticas de usos da terra incompatíveis com as premissas estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro, no que se refere às Áreas de Preservação Permanente.

A seguir, consta a descrição mais detalhada dos procedimentos metodológicos que foram utilizados em cada uma destas etapas:

5.1) Geração de Mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural atual da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai:

Para a classificação do uso e ocupação da terra e cobertura vegetal atual da área objeto de análise, foi primeiramente realizada a caracterização física natural da área através de uma revisão bibliográfica de diversos estudos relativos à formação geológica, geomorfológica, climática e fitogeográfica da região que está inserida o objeto de estudo (vertente oriental da Serra da Mantiqueira), que serviram de base conceitual fundamental para a correta identificação dos padrões de coberturas vegetais originais e ainda em ocorrência no objeto de estudo.

Posteriormente a tal caracterização, foram realizadas algumas operações de processamento digital nas imagens CBERS 2B HRC e CCD adquiridas, tais como: o registro e fusão dessas Imagens no *software* ENVI 4.5, e a posterior filtragem da imagem fusionada em *passa alta (high pass)* para realçar os limites das diferentes classes de cobertura do terreno nela representada. Segundo FONSECA (2000) o objetivo do PDI (processamento digital de imagens) é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

A função primordial do processamento digital é fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação (CROSTA, 1992 apud MOTA, FONTANA e WEBER, 2001).

Conforme Florenzano (2002), é aceitável considerar as imagens obtidas por sensores remotos como dados brutos que, para serem transformados em informação, necessitam ser analisados e interpretados. Interpretar imagens é

identificar objetos nela representados e dar um significado a esses objetos. Ainda segundo a autora, o trabalho de campo é indispensável ao estudo e mapeamento do meio ambiente por meio de imagens de sensores remotos. Ele faz parte do processo de interpretação de imagens. Por meio dele o resultado da interpretação torna-se mais confiável.

A partir de tais premissas, foi realizado sobre a imagem fusionada, a classificação e vetorização das classes de uso da terra e cobertura vegetal identificadas na imagem; tal identificação foi realizada através da correlação dos padrões de tonalidade, forma, textura, cor, dimensão, sombra e aspecto da imagem fusionada, observados visualmente na tela do monitor utilizado; e que foram conjuntamente comparados com as variações de tipos de cobertura e usos, observados diretamente no campo. Através da aplicação de tal método, foi possível a realização da identificação dos padrões de formas representadas na imagem que correspondem diretamente a estas determinadas características reais do terreno.

O levantamento desses dados levou a constatação da presença de sete diferentes classes de uso da terra e cobertura vegetal natural atualmente presentes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerl, são elas: Floresta Ombrófila Densa; Florestas Ombrófilas Secundárias (em estágio de regeneração médio a avançado); Campos naturais de altitudes; Áreas de Silviculturas (reflorestamento produtivo); Áreas submetidas a cultivos agrícolas (não discriminando aqui nessa pesquisa os tipos de cultivos por não se fazer necessário ao alcance dos objetivos propostos); Campos Antrópicos, sejam eles compostos por vegetação rasteira em estágios iniciais de regeneração ou por pastagens agrícolas; e Edificações (habitações, galpões, etc).

Estas informações foram vetorizadas no *software* ArcGis 9.2, e posteriormente plotadas na forma de mapa temático na escala 1:50.000.

5.2) Geração de Mapa de Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai:

Para a identificação, localização e dimensionamento das Áreas de Preservação Permanente presentes no interior da Bacia Hidrográfica objeto do presente estudo, foi primeiramente realizado o levantamento de algumas das informações necessárias para subsidiar a delimitação dessas áreas, são elas: geração de Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir da manipulação da imagem de radar SRTM em ambiente SIG, obtenção de vetores isolinhas com atributos altimétricos (curvas de nível), vetorização dos cursos fluviais e corpos d'água que compõem o sistema de drenagem da Bacia, a delimitação da Bacia, e a obtenção de dados clinográficos (de declividade) para o objeto estudado; todos de maneira a ganharem representação cartográfica na escala 1:50.000 (PEC classe "C").

Tais dados foram obtidos através da extração das informações altimétricas presentes da imagem de radar SRTM interpolada para 30m de resolução espacial horizontal (VALERIANO, 2004) e, também, pela identificação das concavidades, convexidades e entalhamentos de fundos de vales passíveis de serem identificadas através da interpretação do MDE utilizado em correspondência com as informações espectrais da imagem fusionada..

Tais dados foram posteriormente analisados e correlacionados com as premissas da Resolução CONAMA 303 de 20 de Março de 2002, que dispõem sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (Art. 1º, Art. 2º, e Art. 3º); para a identificação dos aspectos físicos e ambientais encontrados na Bacia Hidrográfica objeto de estudo que assim configurem em "Áreas de Preservação Permanente", de acordo com as definições e parâmetros descritos na legislação ambiental pertinente, por exemplo:

APP de Nascentes

Definição: "nascente ou olho d'água: local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea":

Parâmetro para delimitação: “ao redor de nascente ou olho d’água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinqüenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte” (CONAMA, 2002);

Definição e Parâmetros de APP de vegetação marginal aos cursos fluviais:

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

a) trinta metros, para o curso d’água com menos de dez metros de largura;

b) cinqüenta metros, para o curso d’água com dez a cinqüenta metros de largura;

c) cem metros, para o curso d’água com cinqüenta a duzentos metros de largura;

d) duzentos metros, para o curso d’água com duzentos a seiscentos metros de largura;

e) quinhentos metros, para o curso d’água com mais de seiscentos metros de largura;

(CONAMA, 2002)

APP de Encostas com declividades superiores a 45°

Definição e Parâmetros de APP de Encostas com declividades superiores a 45°:

“Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive” (CONAMA, 2002);

APP de Linhas de Cumeada dos divisores de águas:

Definição: “linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas” (CONAMA, 2002);

Parâmetros para delimitação:

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros.

(CONAMA, 2002)

APP de topos de morros e de montanhas

Definição:

IV - morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

V - montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;

VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;

(CONAMA, 2002)

Parâmetro de delimitação: “no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base” (CONAMA, 2002); E ainda faz as seguintes considerações:

Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e
IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.
(CONAMA, 2002)

Definição e Parâmetros para delimitação de APPs de altitudes superiores a 1.800m: “Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada: em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente” (CONAMA, 2002);

5.3) Geração de Mapa de Áreas de Preservação Permanente Enfatizando as Desconformidades com a Legislação Vigente:

Para a apuração e identificação das Áreas de Preservação Permanente que se encontram submetidas a usos inadequados em relação às premissas da legislação foi realizada a combinação das informações relativas aos tipos de Áreas de Preservação Permanente a serem encontrados, com as classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal a serem identificadas, esta etapa do trabalho foi também realizada em ambiente SIG por meio da operação de intersecção dos *layers* (planos de informação).

A operação booleana talvez seja a mais importante classe de operações locais devido à sua importância na caracterização de critérios envolvendo diferentes campos e objetos. Muitas implementações de álgebras de mapas pressupõem a existência de um modelo de dados adicional que pode ser chamado de booleano por sua natureza binária. Resultados de operações booleanas são os campos obtidos a partir da comparação entre valores locais de outros campos quantitativos ou qualitativos, baseadas em relações de ordem ou igualdade. Além de comparações toda a riqueza da álgebra booleana baseada em operações primitivas como E, OU, NÃO também pode ser utilizada a fim de caracterizar as mais diversas situações que podem ocorrer em locais de uma área de estudo, com base em grades, imagens e mapas temáticos disponíveis em uma certa base de dados. (BARBOSA; CÂMARA; CORDEIRO, 2007).

Os novos atributos gerados na aplicação desta combinação de informações foram exportados para o *software* de processamento de dados tabulares (*Microsoft Excel*), no qual foram realizados os cálculos de quantificação e porcentagem das áreas relativas a cada combinação encontrada (Classe de Uso da Terra X Tipo de APP) por tabulação cruzada dos dados.

Tais informações quando geradas: Situação atual do Uso da terra e Cobertura Vegetal Natural nas Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai; foram reclassificadas de maneira a agrupar as classes de uso da terra que, através de qualquer uma das formas de intervenções antrópicas identificadas nessas áreas (Edificações, Silviculturas, Agriculturas e Campos Antrópicos), tenham provocado alterações na cobertura vegetal original das mesmas; e as classes que se constituem em coberturas vegetais naturais.

A operação de reclassificação consiste em obter um campo temático a partir de outro campo temático, que podem ou não, ser de categoria temáticas distintas. Cada local de uma área de estudo é associado a um valor de um conjunto de classes temáticas, segundo uma tabela que modela o mapeamento dos conjuntos de entrada e saída. (BARBOSA; CÂMARA; CORDEIRO, 2007).

A aplicação de tais operações permitiu que fossem identificadas as Áreas de Preservação Permanente que estão atualmente submetidas a usos incompatíveis com as determinações da Resolução CONAMA de 2002; conforme segue a seguir:

“A APP é constituída pela flora- florestas e demais formas de vegetação originais destes territórios (Art. 2º caput e 3º caput do Código Florestal) - fauna, solo, ar e águas. (Lei 4.771/1965 e 7.803/1989 e Resolução CONAMA 303 de 20/03/2002), e exercem a função 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. Esses espaços não poderão ser alterados ou suprimidos.(Art. 225, § 1º, III da CR/88).”

Tais informações, as Áreas de Preservação Permanente submetidas a usos inadequados e adequados às premissas legais ambientais acima

mencionadas; ganharam representação gráfica geo-referenciada, sob a forma de um Mapa Temático na escala 1:50.000.

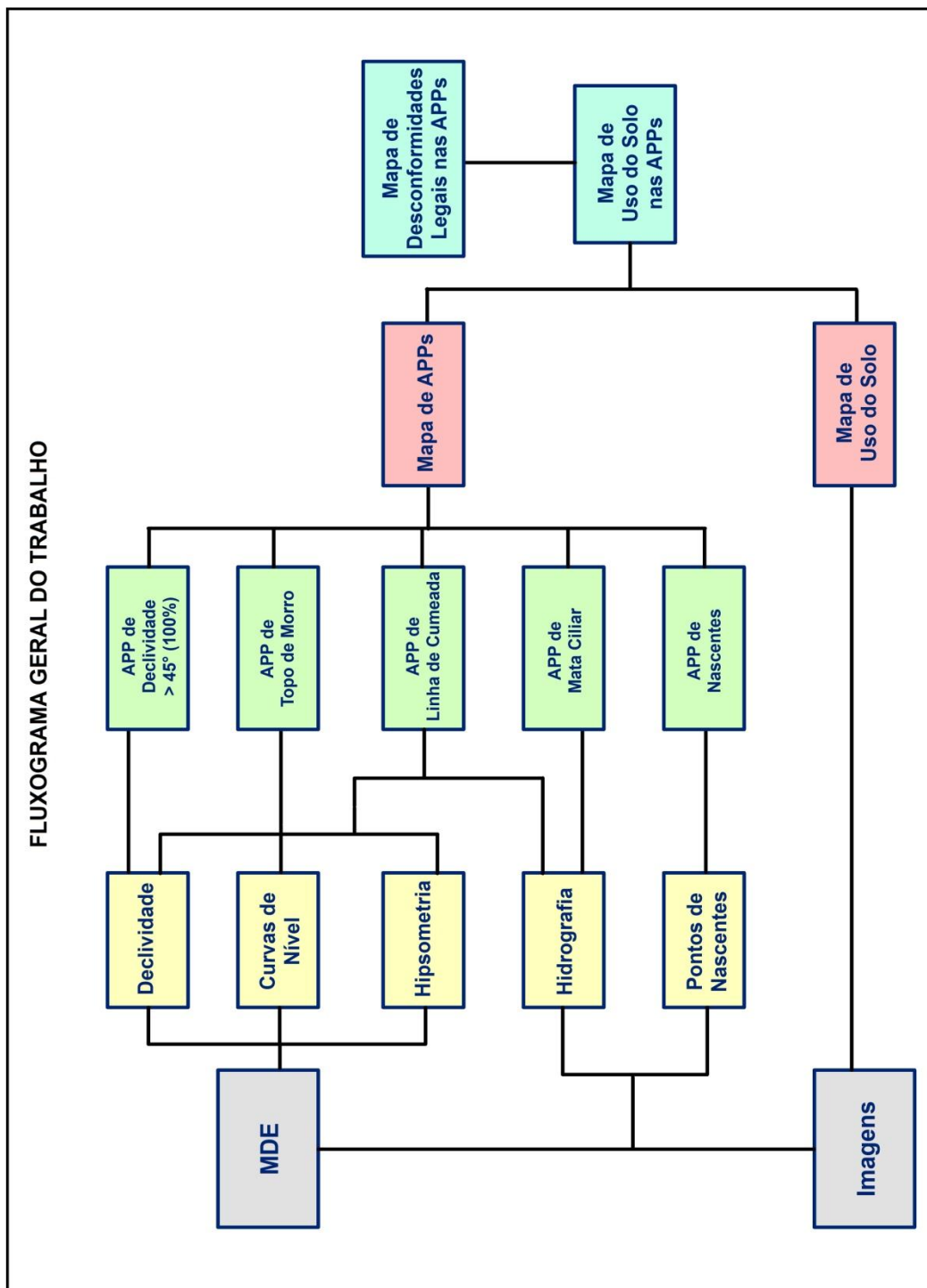


Figura 3: Fluxograma geral das etapas do trabalho

6) Caracterização Física da Área:

O Objeto de pesquisa está inserido dentro da unidade morfoescultural do Planalto e Serra da Mantiqueira do Planalto Atlântico Paulista, e contida na unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, que possui padrões de formas de relevo predominantemente escarpados, com declividades superiores a 30% (27°) e grande amplitude altimétrica (mais de 1000 metros de amplitude); compostos por solos tipo: cambissolos, litossolos e afloramentos rochosos; que são sustentados por uma litologia predominantemente composta por Granitos, Gnaisses e Migmatitos. (ROSS; MOROZ, 1997)

A formação geológica da Serra da Mantiqueira é bastante complexa e sua origem remonta a história de toda a Região Leste do Planalto Atlântico paulista que pode ser reconstituída, em termos de processos, a partir dos eventos ocorridos nos ciclos: Transamazônico, Brasileiro, e durante a reativação Wealdeliana, no período denominado de “ciclos de Weadel”.

Os primeiros eventos tectônicos ocorreram durante o ciclo Transamazônico que foi marcado pela ocorrência de grandes eventos tectônicos durante o Pré Cambriano Médio, quando se formaram os primeiros dobramentos e metamorfismos em toda a região leste do Planalto Atlântico Paulista, mais que, porém, acabaram tendo a maioria de suas faixas de dobramentos profundamente erodidas durante o Pré Cambriano Superior, antes da regeneração brasileira, como bem atestam e testemunham os *fácies* de anfíbolito alta e granulítica ainda observáveis.

A fase da “regeneração brasileira”, também foi marcada pela forte ocorrência de eventos de dobramentos, metamorfismos, formação de granitóides e migmatização ocorridas ao longo do período Pré Cambriano Superior até meados do período “Cambro-Ordoviciano” que marca o fim do ciclo Brasileiro. Os processos de migmatização e granitização, ocorridos nesse ciclo, acabaram atingindo também o embasamento pré-brasileiro. “Todos esses eventos, vistos principalmente à luz da sucessão de fases de deformação, parecem ter-se sucedido após a inversão geossinclinal”.

O último grande evento tectônico regional a afetar esta região a qual atualmente se assenta a porção leste do Estado de São Paulo, o leste paulista, foi a “Reativação Wealdeliana”. Sua atuação teve início em tempos juro-cretácios, quando foram injetados nas camadas subsuperficiais do solo, grandes quantidades de diques de diabásio; e, mais tarde, no Cretácio Terciário, deram-se as injeções de alcalino. Essas manifestações refletem uma ativação tectônica regional, com abertura de vias de acesso para ascensão do magma e ocorrência de soerguimentos, notadamente ao longo das antigas falhas transcorrentes onde também se originaram os eventos anteriores.

A atividade tectônica, de caráter rígido só recrudescceu no Terciário Médio e Superior quando se formaram o “*Graben* do Paraíba”, o “*horst* da Serra do Mar” e o “*Hemi-Horst* da Serra da Mantiqueira”, a partir de falhamentos normais que seccionaram uma feição de arqueamento desenvolvido nas rochas Cristalinas da porção leste do Estado de São Paulo. (IPT, 1978).

Durante boa parte do período Quaternário todo o compartimento geologicamente caracterizado como o *Hemi-Horst* da Serra da Mantiqueira veio sofrendo intensos desgastes em toda a sua estrutura rochosa devido às oscilações climáticas que marcaram o período, sobretudo entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno (entre 23000 anos à 12700 anos atrás, aproximadamente) e que tiveram como principais características: a diminuição da temperatura dos oceanos, o aumento das calotas polares, e o abaixamento do nível do mar; que acabaram por modificar a circulação atmosférica em geral, em todo o globo terrestre; causando o aumento do gradiente térmico e o resfriamento das temperaturas nas regiões situadas nas baixas e médias latitudes (incluindo aqui a área que está inserida o presente objeto de estudo). Esses fenômenos vieram a repercutir diretamente em toda a cobertura vegetal e sua distribuição, para a vegetação típica da mata atlântica que incorpora o objeto de estudo mais especificamente.

O “grande acontecimento” nas palavras de Aziz Nacib Ab’Saber, “foram os deslocamentos das correntes marítimas frias ao longo da face leste do continente, sujeito até então, apenas aos efeitos das correntes quentes, propiciadoras de

umidade.” Assim, “ as correntes frias projetando-se para norte – até a altura da Bahia, no caso brasileiro – contribuíram para barrar a entrada da umidade atlântica, devido a uma atomização das massas de ar úmido”... ..”contribuindo indiretamente para a expansão de climas semi-áridos ao longo do litoral recuado e na retroterra de algumas regiões situadas em depressões de escarpas e serranias, ou em transição forte da faixa sublitorânea na direção dos sertões da época .”... ..”concomitante com a progressão da semi-áridos houve recuo de espaços anteriormente florestados permanecendo matas biodiversas apenas nas “ilhas de umidade”, tendo as florestas anteriores ao avanço da semi-áridos permanecido em “redutos” sob a forma de um ecossistema espacialmente minoritário (AB’SABER, 2003).” É claro que dificilmente as florestas densas de mata atlântica do sudeste brasileiro mais próximas ao trópico de capricórne e ao litoral, e portanto, mais expostas á umidade proveniente do oceano atlântico, como o caso do local onde se encontra o objeto de pesquisa, não chegaram a se estabelecer fortemente uma vegetação com as características típicas de um clima semi-árido, apenas em algumas situações especiais como o próprio autor atesta: “regiões situadas em depressões de escarpas e serranias, ou em transição forte da faixa sublitorânea na direção dos sertões da época”, mas é claro que o local aqui em estudo não ficou alheio as grandes alterações ambientais globais desse período e, portanto, houve sim um grande refúgio das florestas tropicais densas permanecendo apenas em espaços relativamente restritos, como explica o professor Aziz Ab’Saber na sua teoria dos “redutos de vegetação”; baseada na “Teoria dos Refúgios” desenvolvidos por Haffer e Vanzoline na década de 1960; o que terminou por deixar a cobertura vegetal originalmente densa desse local, bem mais rarefeita. (AB’SABER, 2003)

O fenecimento de coberturas florestais anteriores a esses eventos, causou uma maior exposição dos solos às ações do intemperismo físico, principalmente, já que o principal agente químico de intemperismo: a água; estava bem menos disponível no interior dos continentes ao longo deste período, do que em períodos anteriores a esses eventos anteriormente relatados, e nos períodos atuais. Essa maior exposição dos solos às atividades climáticas de carácter mais mecânico,

como os ventos e a torrencialidade das chuvas, mais raras, porém concentradas, potencializou o efeito de processos morfogenéticos de desgastes e transportes mecânicos de materiais, tanto do solo quanto da rocha, devido à combinação de diversos fatores, tais como: altas taxas de declividades devido a forte dissecação do relevo soleado pelas atividades tectônicas, pequenas espessuras dos solos, e alta densidade de vales fortemente entalhados por cursos fluviais atuantes ou mesmo anteriores a essas mudanças climáticas naturais; tomando assim as próprias características físicas do compartimento geomorfológico da Serra da Mantiqueira e promovendo assim “uma generalizada dessolagem dos horizontes superficiais dos solos preexistentes” e um grande recuo na extensão de alguns quilômetros de suas posições originais, erodindo e aplainando superfícies suportadas principalmente por biotita-gnaisses e migmatitos. “Assim, em quase todo o trecho situado entre os vales dos rios Piquete a Piracuama, extenso de 50Km e dos mais notáveis da Mantiqueira pela regularidade dos seus cimos, a testa das escarpas é hoje suportada pelas resistentes estruturas quartzíticas-graníticas”, que contrastam com a baixa resistência ao intemperismo físico e químico das estruturas ditas anteriormente. (ALMEIDA, 1974)

E assim continua a atestar Almeida :“Qualquer que tenha sido a origem do desnivelamento manifestado pela Mantiqueira, é necessário reconhecer-se que a topografia ali hoje exposta, é fruto exclusivamente de fenômenos erosivos. As escarpas principais, recuadas em alguns quilômetros de suas posições originais, acham-se apoiadas em rochas resistentes, a testa das escarpas é suportada por poderosas estruturas quartzíticas.” E assim prossegue ao compará-la a Serra do Mar: “A sub-zona oriental da Serra da Mantiqueira equivale a Serra do Mar, em que houve menor recuo das escarpas, por logo encontrarem apoio em rochas resistentes.” (ALMEIDA, 1974.)

Com o término desse período de expansão das calotas polares, resfriamento de todo o planeta, diminuição do nível dos oceanos e diminuição da umidade e da quantidade de água disponível nos continentes que, de maneira geral, marcaram o último ciclo glacial (a aproximadamente 12.700 anos antes do presente), as condições ambientais naturais vieram gradualmente a tomar a sua

forma atual, e junto com elas a vegetação voltou a expandir-se espacialmente na direção de suas posições originais a partir de seus redutos em que ficaram refugiadas, e a mata atlântica pode alcançar seus domínios até a maior parte do litoral brasileiro e até o interior de Planaltos e Serras da Região Sudeste do Brasil, como no caso do próprio local do objeto de estudo, que nos seus altos topos possuem sim alguns redutos de bosques de araucárias espalhadas pelos campos tipicamente encontrados nas elevadas altitudes da região (como no planalto de Campos do Jordão, por exemplo) que servem como “relíquias de evidências de fenômenos ocasionados por períodos climáticos distintos do atual”, mais que desde o seu sopé e ao longo das vertentes da sua escarpa, até os seus altos topos também, possuem predominantemente uma vegetação rica em diversidade de espécies de diferentes extratos arbóreos distribuídas em Florestas Ombrófilas Densas, dependentes e armazenadoras de grande quantidade de umidade. (AB´SABER, 2003.)

Essa grande quantidade de umidade disponível no ambiente local é ocasionada pelo efeito orográfico que o enorme compartimento soerguido proporciona ao clima local, devido à barreira que este constitui para o avanço na direção do interior do continente das Massas de ar Tropicais provenientes do Oceano Atlântico, carregadoras de grande quantidade de umidade e que tem atuação predominante nessa faixa latitudinal do continente sul americano, principalmente nos seus períodos de maior umidade.

Tal fenômeno caracteriza-se por uma ascensão rápida do ar imposta por uma abrupta descontinuidade altitudinal do relevo, fazendo com que essa massa de ar carregada de umidade tenha a sua umidade induzida a condensação e a precipitação devido a rápida ascensão do ar, e, portanto, ao seu rápido resfriamento.

Esse fenômeno ocorre de maneira mais intensa, exatamente na sua vertente oriental situada a barlavento dos movimentos predominantes das massas de ar provenientes do atlântico sul, e que assim, acaba por proporcionar ao clima local uma taxa de pluviosidade média anual consideravelmente alta, entre 1600 e

2000mm por ano, que são ligeiramente concentradas no verão, no período que vai de novembro a março. (CONTI, 1975.).

Essa característica do clima atual local potencializa ainda mais a capacidade de ocorrência e a magnitude de processos morfogenéticos, porém, além da forte resistência encontrada na estrutura rochosa que dá suporte ao relevo da escarpa oriental da Serra da Mantiqueira composta por gnaisses graníticos, a vegetação original das encostas mais declivosas da escarpa da serra da Mantiqueira são compostas, predominantemente, por densas florestas ombrófilas decíduais que exercem um papel de suma importância na mitigação e mesmo na estabilização da morfodinâmica local, através, por exemplo, da: proteção que esta exerce sobre o solo pela interceptação das precipitações diminuindo os efeitos do splash e facilitando uma infiltração gradual de água no solo, pela sua rugosidade, que promove a dispersão da energia cinética dos ventos; pela contenção de diferentes camadas do solo com a fixação de um grande emaranhado de raízes em diferentes profundidades, características da subsuperfície de florestas de mata atlântica, pelo déficit hídrico do solo que essas proporcionam através da grande evapo-transpiração sofrida pela vegetação abundante; e diferentes outras formas de atuação que a vegetação pode exercer sobre o solo, e que se caracterizam como o fenômeno que foi bem descrito por Jean Paul Tricart, como o efeito da fitoestasia, o qual o famoso geógrafo propôs a partir do termo bioestasia, criado pelo pedólogo H.Erhart ao identificar os mesmos efeitos exercidos pela vegetação nos solos. (TRICART, 1977)

O problema é que o contínuo avanço de atividades antrópicas pautadas na retirada das vegetações originais dessas áreas para a conversão em atividades agropastoris vêm crescentemente potencializando as atividades morfogenéticas na região (figuras 3 e 4), comprometendo todo o reequilíbrio ecodinâmico gradualmente alcançado pela paisagem local durante, aproximadamente, os últimos 20 mil anos; desde ao menos o término dos eventos desencadeados pela última glaciação.



Figura 4: Nota-se a ausência de evidências de erosão na superfície da escarpa da Serra da Mantiqueira em áreas com vegetação preservada em contraposição às cicatrizes por deslizamentos nas encostas em áreas desmatadas submetidas ao uso de pastagens. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011



Figura 5: Cicatrizes na superfície, ocasionadas por movimentos de massa em áreas desmatadas comprometendo inclusive culturas agrícolas e ameaçando moradias localizadas no setor de montante da Bacia. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2012.

7) Procedimentos Técnico Operacionais:

7.1) Topografia (curvas de nível):

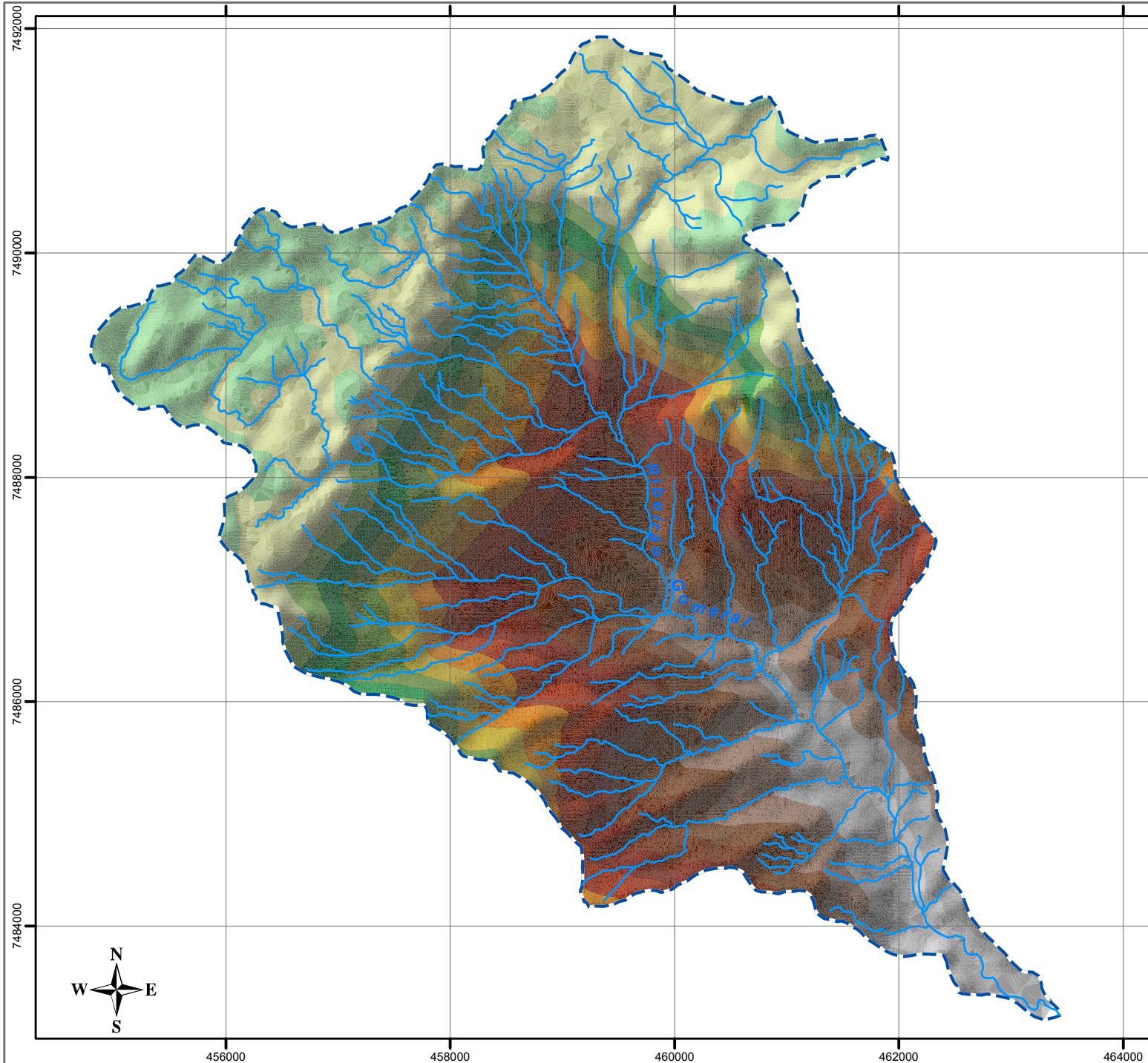
As curvas de nível correspondentes a área de abrangência do objeto de pesquisa, foram obtidas a partir das informações constantes na Imagem de radar gerada pela missão de levantamento topográfico altimétrico da superfície da Terra: “Shuttle Radar Topography Mission”, ou SRTM - quadrante 23_465. Tal imagem, que se encontra disponível para download no sítio do INPE, é obtida através da interferometria da Banda X e possui resolução espacial de 1 arco de segundo da superfície geodésica da terra em relação ao seu centro, o que correspondente a aproximadamente 30m de projeção da superfície terrestre.

Esta imagem foi importada para visualização no *software* ArcGis 9.2., no qual foi convertido o Sistema de Coordenadas Geográficas original do dado, “WGS 84”, para a “Projeção UTM, *datum* horizontal SIRGAS 2000 – Fuso 23 Sul”, esta última consistiu-se no sistema de projeção da superfície da Terra no qual se baseou toda a pesquisa aqui descrita.

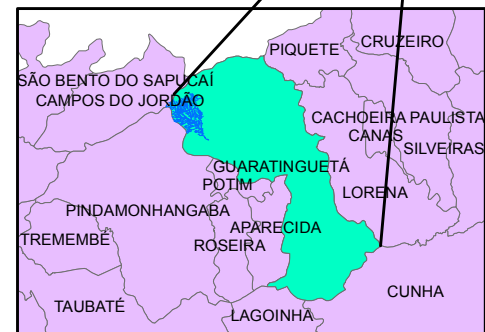
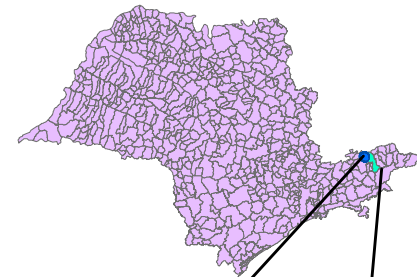
Posteriormente a conversão do Sistema de Coordenadas Geográficas para o Sistema de Projeção em coordenadas métricas UTM, foi aplicada a ferramenta: “*Surface Analysis/Contour*” constante na extensão “*3D Analyst*” do ArcGis 9.2; nesse procedimento foi selecionada a opção de se criar um arquivo vetorial (*shape file*) de contornos (*polyline*) correspondentes às cotas altimétricas do relevo (curvas de nível) a cada de 20m de altitude, equidistância entre curvas compatível com a escala 1:50.000.

Por último foi gerado um mapa temático hipsométrico conforme pode ser observado no mapa apresentado abaixo.



CARTA HIPSOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL



LOCALIZAÇÃO: ESTADO DE SÃO PAULO - LIMITES MUNICIPAIS

















Legenda:

-  Hidrografia
-  Limites da Bacia

MDE - SRTM

Cotas Altimétricas (em metros)

	640 - 700		1300 - 1400
	700 - 800		1400 - 1500
	800 - 900		1500 - 1600
	900 - 1000		1600 - 1700
	1000 - 1100		1700 - 1800
	1100 - 1200		1800 - 1900
	1200 - 1300		1900 - 2000

ESCALA: 1:50.000

0 0,5 1 Km

Projeção
Universal Transverso
de Mercator
Datum Horizontal:
SIRGAS 2000 - Fuso 23 Sul

Elaboração: Pablo Luiz Maia Nepomuceno - 2012

7.2) Fusão das imagens:

Após o *download* das imagens de satélite CBERS 2B HRC e CBERS 2B CCD, estas foram devidamente registradas no *software* ArcGis 9.2 na projeção UTM – Datum SIRGAS 2000 – Fuso 23 Sul, tomando como base nas cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 utilizadas (vide em “Materiais Utilizados”). Posteriormente ao registro das imagens, foi gerado um arquivo vetorial de polígono que coincide com os limites da imagem CBERS 2B HRC.

Concluído os processos mencionados acima e salvo as novas posições e projeções das imagens, a Imagem CBERS 2B CCD, foi importada ao *software* ENVI 4.5, no qual foi recortada através da utilização da ferramenta “*export layer to Roi*” utilizando-se do perímetro representativo dos limites da imagem CBERS 2B HRC, de maneira que assim permitisse coincidir as dimensões da imagem CBERS 2B CCD com as da CBERS 2B HRC.

Posteriormente a estes processos, as duas imagens foram submetidas ao processo de fusão, com a utilização da ferramenta “*PC Spectral Sharpening*” encontrada na opção “Transformação” - “Fusão de Imagem” do ENVI 4.5, durante este processo foi atribuído o valor de 2,7m para a resolução espacial da imagem gerada, mantendo-se assim a mesma resolução da imagem CBERS 2B HRC.

Como resultado, obteve-se uma imagem em Bandas RGB de resolução espacial de 2,7m; foi atribuída a Banda 3 ao *Red*, a Banda 2 ao *Green*, e a Banda 1 ao *Blue*. (ver mapa a seguir, página 26)

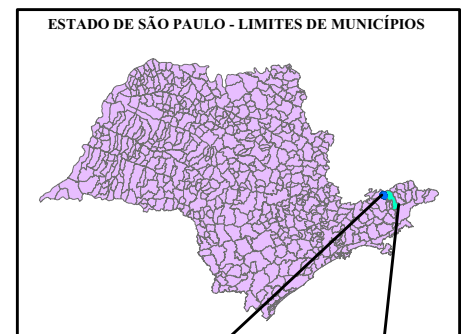
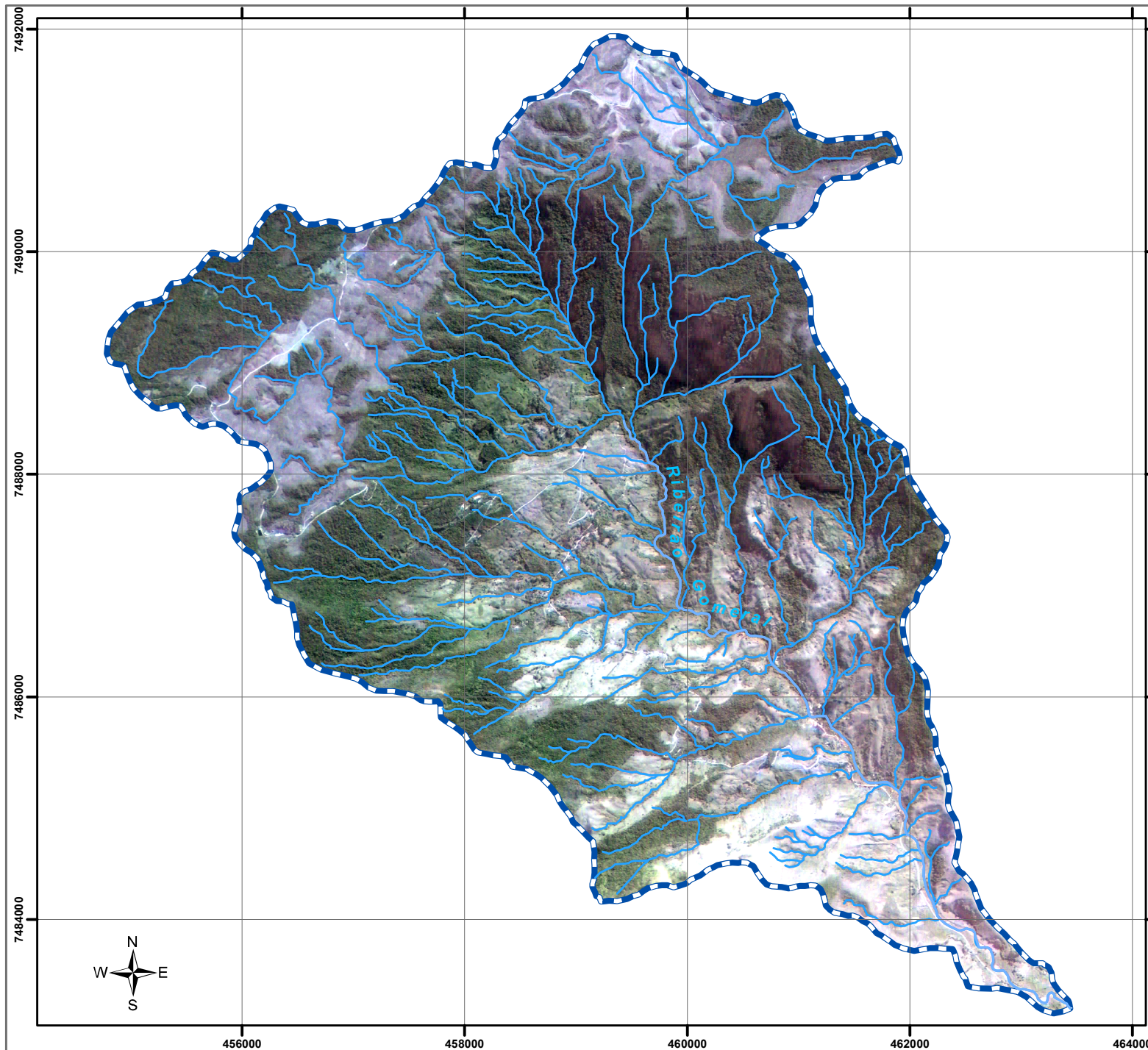
7.3) Rede de Drenagem e Limites da Bacia:

A rede de drenagem que compõe a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai, foi gerada a partir da interpretação da topografia do local, que está representada por curvas de níveis com cotas altimétricas de 20m em 20m; sobreposta à Imagem RGB e em concordância com as observações anteriormente levantadas em campo (correspondência das feições da imagem, em relação à realidade observada).

A interpretação da topografia local e da imagem obtida, aliada a estas observações de campo, permitiu a identificação e vetorização dos dados de malha hidrográfica e limites da Bacia em escala 1:50.000. Esta vetorização se deu de forma manual e a partir da interpretação dos dados base (topografia e imagem) com visualização na escala 1:25.000, para não comprometer a melhor representação dos dados levantados na escala 1:50.000.

Tais levantamentos permitiram uma representação cartográfica destes dados (cursos fluviais que compõem a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai e os seus Limites) na escala 1:50.000, conforme apresentado no mapa seguinte (página 26).

REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL



Legenda:

- Hidrografia
- ▭ Limite da Bacia

Imagens de Satélite CBERS 2B CCD/HRC
Fusionadas - Resolução Espacial = 2,7m

Escala 1:50.000

Projeção
Universal Transverso
de Mercator
Datum Horizontal:
SAD 69 - Fuso 23 Sul

7.4) Carta Clinográfica:

A Carta de Declividade foi obtida a partir da extração do modelo digital de terreno SRTM, obtidas pelo processamento da Imagem de Radar utilizada.

No *software* ArcGis 9.2, foi gerado um modelo digital de terreno por triangulação das informações de elevação (curvas de nível) TIN.

Tal modelo é obtido através do uso da ferramenta *3D Analyst*, em *Create/Modify TIN, Create TIN from Features*.

A partir do MDE criado, foi realizada a classificação da declividade correspondente ao mesmo, a partir de classes de declividade, são elas: declividades de até 10°; de 10° a 20°; de 20 a 30°; de 30 a 45°; e acima de 45°

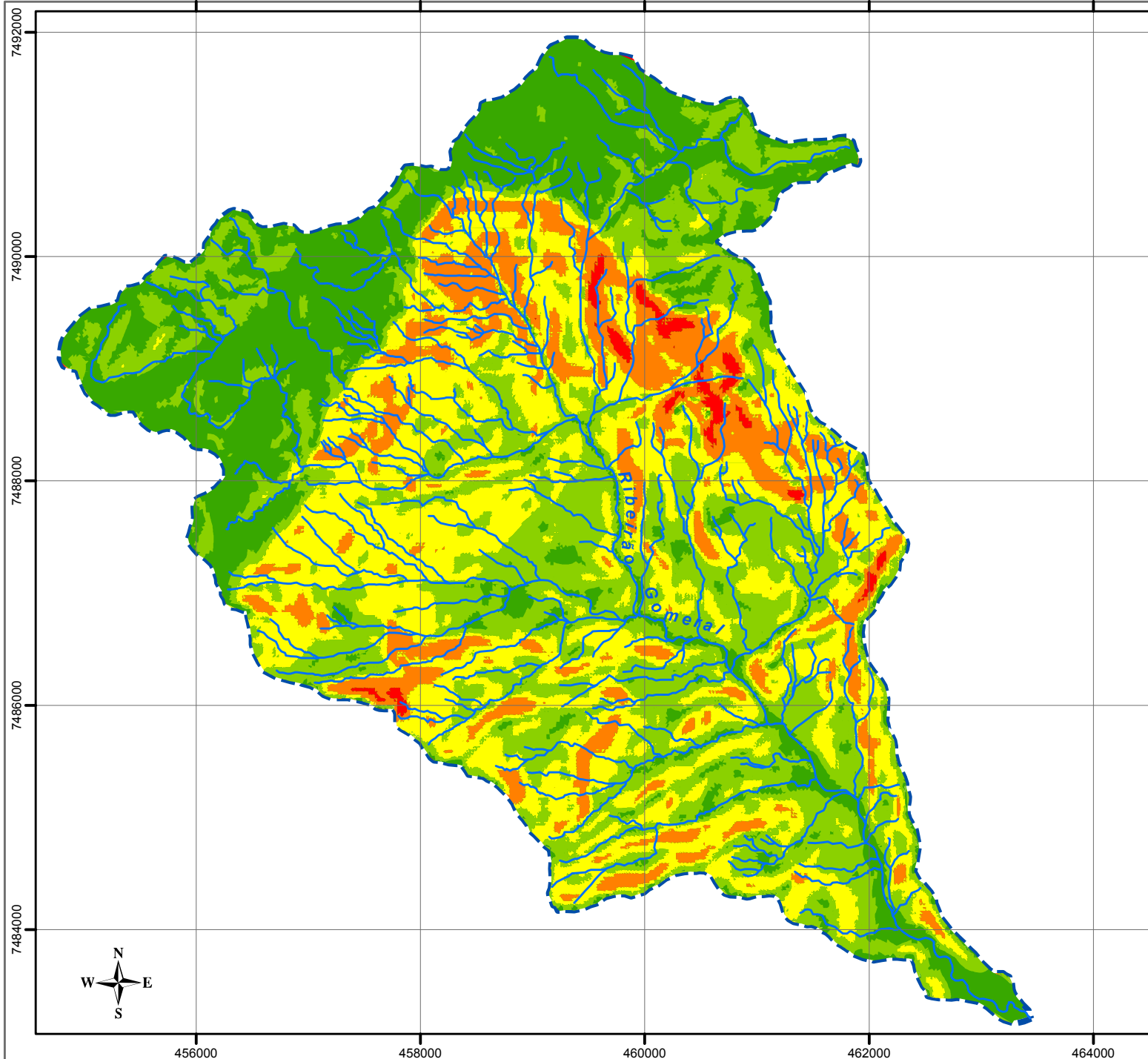
Gerado o TIN de declividade devidamente classificado, o mesmo foi convertido para o formato de arquivo vetorial (*shape file*) o qual ganhou representação gráfica com as cinco classes atribuídas, simbolizadas por cores diferentes (mais frias para declividades mais baixas e mais quentes para declividades mais altas); e foram apresentadas sob a forma de um mapa temático na escala 1:50.000, como pode ser observado no mapa seguinte (pág. 28).

7.5) Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural Atual:

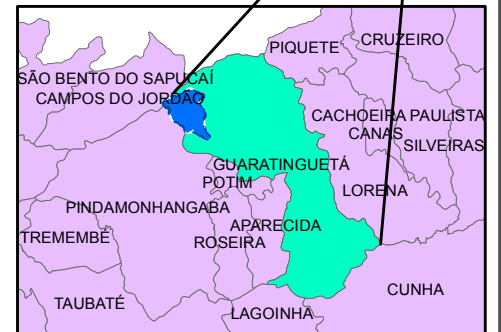
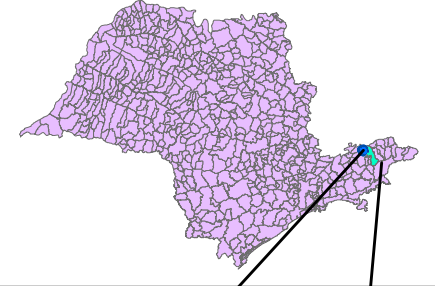
A carta de uso da terra foi obtida a partir da interpretação das feições observadas na imagem fusionada, comparada a observações levantadas no campo. Dessa maneira pode-se estabelecer as correspondências existentes entre os diferentes tipos de usos e ocupação do solo identificados no campo, com as feições que estes usos se apresentam na imagem fusionada.

O arquivo vetorial de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai foi gerado através da vetorização manual dos polígonos representativos das diferentes classes de uso e ocupação



CARTA CLINOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL



LOCALIZAÇÃO: ESTADO DE SÃO PAULO - LIMITES MUNICIPAIS








Legenda:

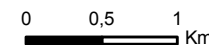
-  Hidrografia
-  Limites da Bacia

Declividade

CLASSES EM GRAUS

-  0,00 - 10,00
-  10,00 - 20,00
-  20,00 - 30,00
-  30,00 - 45,00
-  45,00 - 90,00

ESCALA: 1:50.000



Projeção
Universal Transverso
de Mercator
Datum Horizontal:
SIRGAS 2000- Fuso 23 Sul

Elaboração: Pablo Luiz Maia Nepomuceno - 2012

da terra identificadas na imagem utilizada, através da fotointerpretação da mesma imagem, relacionada às observações de campo.

Dessa forma, o Uso da Terra e Cobertura Vegetal Atual da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai foi classificada em cinco classes diferentes, a saber: Mata ou Floresta Ombrófila Densa; Capoeira ou Florestas Ombrófilas Secundárias (em estágio de regeneração médio a avançado); Áreas de Silviculturas (reflorestamento produtivo); Culturas agrícolas; Campo Antrópico ou Pastagem; e Edificações.

Cada uma dessas classes ganhou uma simbologia de identificação e representação própria e adequada em relação aos seus atributos; e foram espacialmente representadas em um mapa temático na escala de 1:50.000 conforme observável no mapa seguinte (página 37).



Figura 6: Floresta Ombrófila Densa e Afloramentos Rochosos na escarpa da Serra a montante da Bacia.
Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 7: Floresta Ombrófila Densa nas nascentes do Ribeirão Gomerai sendo suprimidas pelo avanço de pastagens agrícolas. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 8: Floresta Ombrófila Secundária bem regenerada às margens do Ribeirão Gomerai em setor de jusante do mesmo rio. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 9: Floresta Ombrófila Secundária bem regenerada sendo suprimida por pastagens no médio curso do Ribeirão Gomerál. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 10: Campos Naturais de Altitude no topo da Serra da Mantiqueira em local próximo as cabeceiras do Ribeirão Gomerál. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 11: Campo Natural de Altitude no alto topo da Serra da Mantiqueira, próximo às nascentes do Ribeirão Gomerai. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 12: Silvicultura de Pinus em estágio inicial na Bacia. Fonte Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 13: Silvicultura de Pinus já em estágio de corte na Bacia. Fonte Pablo Nepomuceno, 2011.

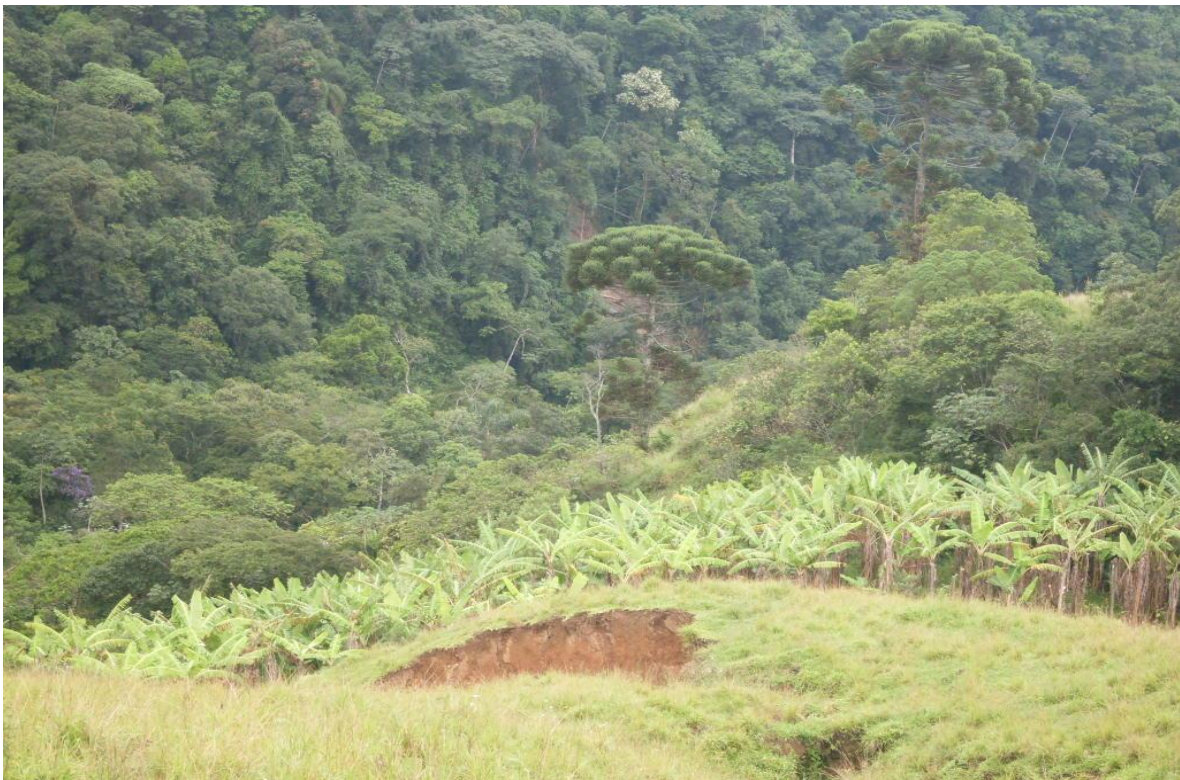


Figura 14: Cultivo agrícola de banana, atividade comum no setor médio e de montante da Bacia. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 15: Culturas de Bananas próximo ao médio curso do Ribeirão Gomerall em área de alta declividade. Fonte Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 16: Pastagem em setor de jusante da Bacia margeando a planície de inundação do Ribeirão Gomerall. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



**Figura 17: Pastagem em encosta de alta declividade situada em setor de montante da Bacia.
Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.**



Figura 18: Casas de campo de alto padrão situadas na escarpa da Serra da Mantiqueira em setor de montante da Bacia. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.

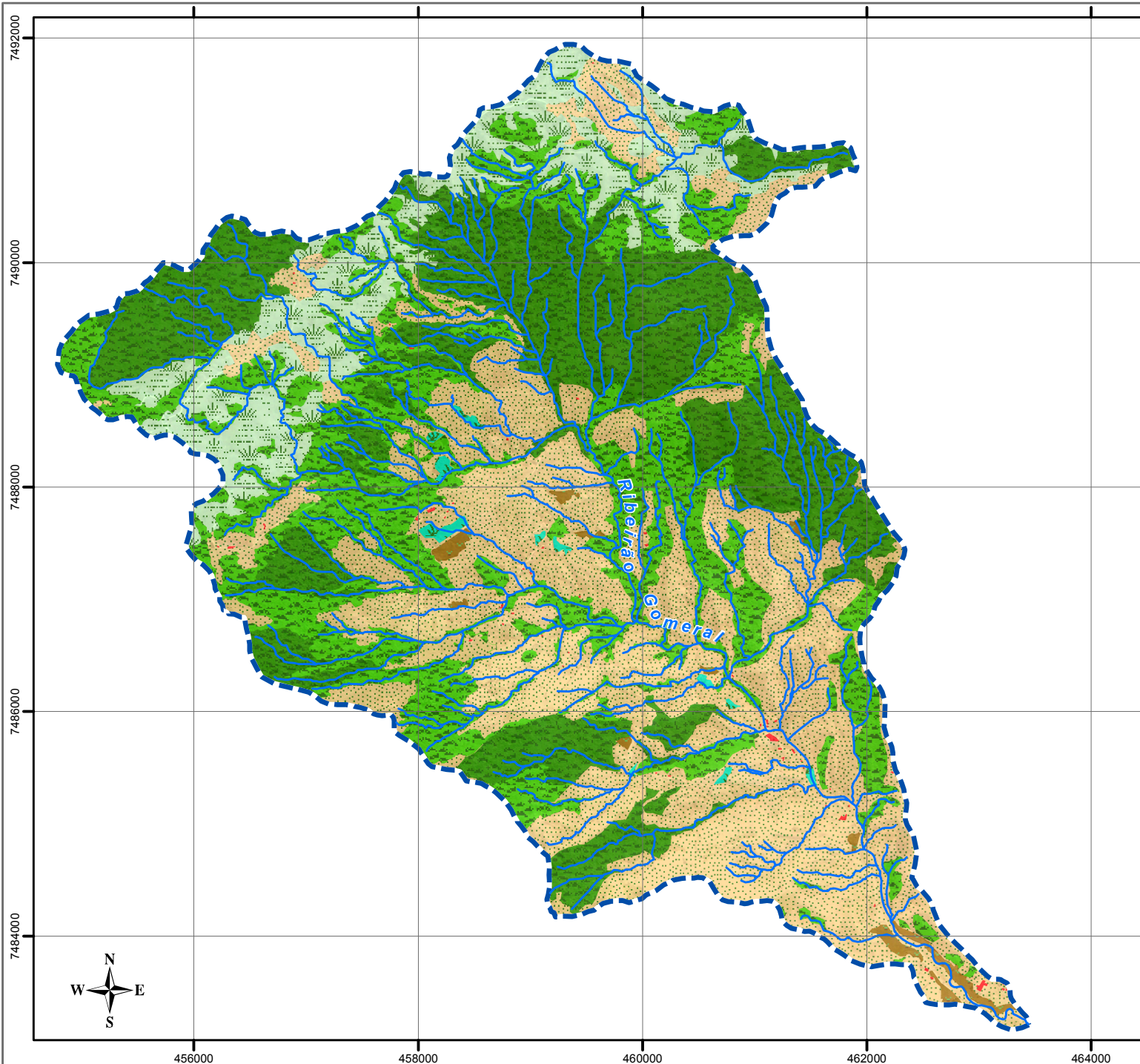


Figura 19: Casa de produtor rural local com características extremamente rudimentares, comuns na região, situada no setor médio da Bacia. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.

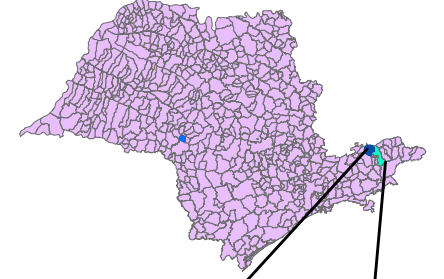


Figura 20: Capela de São Lázaro: local o qual a comunidade, geralmente composta por produtores rurais e seus familiares, se reúnem aos domingos para exercerem atividades religiosas ligadas ao catolicismo. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011

USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NATURAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL



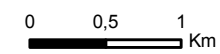
LOCALIZAÇÃO: ESTADO DE SÃO PAULO - LIMITES MUNICIPAIS



Legenda:

-  Hidrografia
-  Limites da Bacia
- Uso da Terra e Cobertura Vegetal:**
-  Campos Naturais de Altitude
-  Florestas Ombófilas Densas
-  Florestas Secundárias
-  Reflorestamentos por Silviculturas
-  Culturas Agrícolas
-  Campos Antrópicos ou Pastagens
-  Edificações

ESCALA: 1:50.000



Projeção
Universal Transverso
de Mercator
Datum Horizontal:
SIRGAS 2000 - Fuso 23 Sul

Elaboração: Pablo Luiz Maia Nepomuceno - 2012

7.6) Mapa das Áreas de Preservação Permanente:

Com o estudo dos parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente contidos nos Artigos 1º, 2º e 3º da Resolução CONAMA 303 de 20 de Março de 2002 e a correlação destes com as informações espaciais geradas, foi constatada a ocorrência de seis tipos de APP no interior da Bacia Hidrográfica estudada, são elas: nascentes, matas ciliares, encostas com declividades superiores a 45°, altitudes superiores a 1.800 metros; linhas de cumeada, topos de morros e de montanhas.

Para a delimitação das APP de nascentes foi criado um arquivo vetorial de pontos, e estes foram editados sobre os vértices iniciais de cada curso fluvial de primeira ordem encontrado na Bacia. Nestes pontos foi solicitado a geração de *buffers* de raio de 50 metros (no *Arctool box* do ArGis 9.2).

Método semelhante a este se sucedeu na geração das APP de Matas Ciliares (vegetação marginal aos cursos fluviais). Como, todos os cursos fluviais não ultrapassam a largura de 10 metros, a área de vegetação marginal preservada exigida pela Resolução CONAMA, é de 30 metros. Para a espacialização desta área, foi também utilizada a ferramenta de geração de *buffer*, isso, para todos os cursos fluviais vetorizados, através dos procedimentos descritos no item 7.3 dos “Procedimentos Técnico Operacionais”.

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente constituídas por encostas com declividades superiores a 45° foi realizada através da identificação dessas condições no processo de análise da Carta de Declividade anteriormente gerada. Com a identificação dessa condição na carta (declividade superior a 45°), foi extraído do arquivo vetorial.

A espacialização das Áreas de Preservação Permanente de Altitude Superior a 1.800 metros foi realizada de acordo com os atributos das Curvas de Nível anteriormente obtidos através do processamento da Imagem de Radar utilizada.

Para tanto, foi identificada a curva de nível de cota altimétrica igual a 1.800 metros, e que posteriormente foi convertido para a geometria de um

polígono que corresponde a toda a área que contém cotas altimétricas superiores a esta.

A vetorização das APPs caracterizadas por “Linhas de Cumeada” da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai; foram obtidas através da correspondência entre: as características do relevo presentes na área de estudo, informados com o uso analítico e interpretativo do layer de Curvas de Nível sobreposto ao layer de Classes de Declividade; com as definições e parâmetros previstos na Resolução CONAMA, para a delimitação das APP de Linhas de Cumeada, tais como:

Definição e parâmetros:

“VII - linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas

Limites:

“VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;”

Além destes, a delimitação desta forma de APP, foi também auxiliada pelas ilustrações e esclarecimentos conceituais referentes às mesmas, desenvolvidas pelo Departamento de Proteção dos Recursos Naturais da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; são elas:

3. No caso do **item 1.2.** (*FROA é parte de um divisor d'águas*) e do **item 1.3.** (*FROA é parte de um conjunto de morros e montanhas*), a análise se inicia pela verificação da existência ou não de APP de topo de morro ou montanha nas distâncias de investigação regulamentadas pela Res. CONAMA 302/02, Art. 3º, inciso VI *³ e parágrafo único *⁴.

*³ *1.000 m de linha de cumeada, ou seja, 500 m de cada lado do cume da forma de relevo mais baixa da cumeada.*

*⁴ *Conjunto de morros e montanhas com cumes separados entre si por distâncias inferiores a 500 m.*

4. Procedimento para o caso do **item 1.2.** - *FROA é parte de um divisor d'águas*

4.1. Identifica-se a forma de relevo individualizada na qual se insere a área solicitada para intervenção. *⁵, que passa a ser considerada a **Forma de Relevo Objeto de Análise (FROA)**.

*⁵ *Considera-se uma forma de relevo individualizada quando apresenta um topo definido, destacado topograficamente na linha de cumeada, e cursos d'água circunscrevendo seu sopé. Cursos d'água tributários e colos (selas topográficas), estes os rebaixamentos de cumeadas originados por erosão remontante de ramos de drenagens primárias de cabeceiras, individualizam sopés e cumes, portanto, formas de relevo individualizadas.*

4.2. A partir do **Cume da FROA (C)** traça-se um **círculo com 500 m de raio (Ø¹)***⁶.

*⁶ *500m de cada lado do cume, para atender as distâncias de investigação determinadas pela Res. CONAMA 302/02, Art. 3º, inciso VI.*

4.3. Identifica-se, na área do **Círculo Ø¹** e seus entornos necessários para a definição, o **divisor d'águas principal** ao qual pertence a FROA. *⁷. Traça-se a **linha do divisor d'águas principal** ou a **Linha de Cumeada (LC)** *⁸. Identifica-se os cursos d'água principais, **exatamente** aqueles que circunscvem o divisor d'águas principal ao seu sopé. Esses cursos d'água correspondem ao **Nível de Base da Linha de Cumeada (NB^{lc})**.

*⁷ *A FROA pode ser uma forma do Divisor d'Águas Principal ou de um Divisor d'Águas Secundário.*

*⁸ *Res. CONAMA 303/02, Art. 2º, inciso VII.*

4.4. Tendo-se a Linha de Cumeada (**LC**), identifica-se a **forma mais baixa da linha de cumeada (fb)** que se configura como morro ou montanha.

4.5. Se a forma mais baixa da linha de cumeada (**fb**) é individualizada em relação às demais formas da Linha de Cumeada (**LC**), seu nível de base pode ser diferente do Nível de Base da Linha de Cumeada (**NB^{lc}**) Identifica-se, então, os tributários do curso d'água principal que circunscvem a **fb** ao seu sopé*⁹. O plano horizontal definido pelo topo das margens desses cursos d'água tributários corresponde ao **Nível de Base da forma mais baixa da linha de cumeada (NB_{fb})**.

*⁹ *Definindo-se o NB_{fb} nos cursos d'água que circunscvem a fb ao sopé, elimina-se a possibilidade de considerar ramos de drenagem de cabeceiras como nível de base de uma forma de relevo. Ver, adicionalmente, item 2.*

4.6. No lado de maior declive da **fb** mede-se a cota do **NB_{fb}**. Essa é a **Cota da Base da fb (CB_{fb})**, que será considerada para o cálculo da **Amplitude da fb (A_{fb})**.

4.7. Determina-se o **Cume da fb (C_{fb})**, cuja cota representa a **Cota de Topo de fb (CT_{fb})**. Tendo **A_{fb}** e **CT_{fb}**, calcula-se a **Cota de Preservação de Topo da fb (CP^t_{fb})**, conforme procedimento descrito no **item 2**.

$$A_{fb} = CT_{fb} - CB_{fb} \quad CP^t_{fb} = CT_{fb} - (A_{fb} / 3)$$

4.8. A partir do **Cume da fb (C_{fb})** traça-se um outro círculo com 500 m de raio, **Círculo Ø2**.^{*10}

^{*10} Res. CONAMA 302/02, Art. 3º, inciso VI, que determina a definição da Cota da APP de Topo (CP^t) a partir da forma de relevo mais baixa da linha de cumeada (fb) e a 500 m de cada lado de seu cume (C_{fb}).

4.9. Traça-se a curva de nível correspondente à **Cota de Preservação de Topo da fb (CP^t_{fb})** até o limite de 500 m determinado pelo **Círculo Ø2**.^{*10}

Considera-se **Área de Preservação Permanente de Topo (APP^t)** toda a área acima da **Cota de Preservação de Topo da fb (CP^t_{fb})**.^{*11}

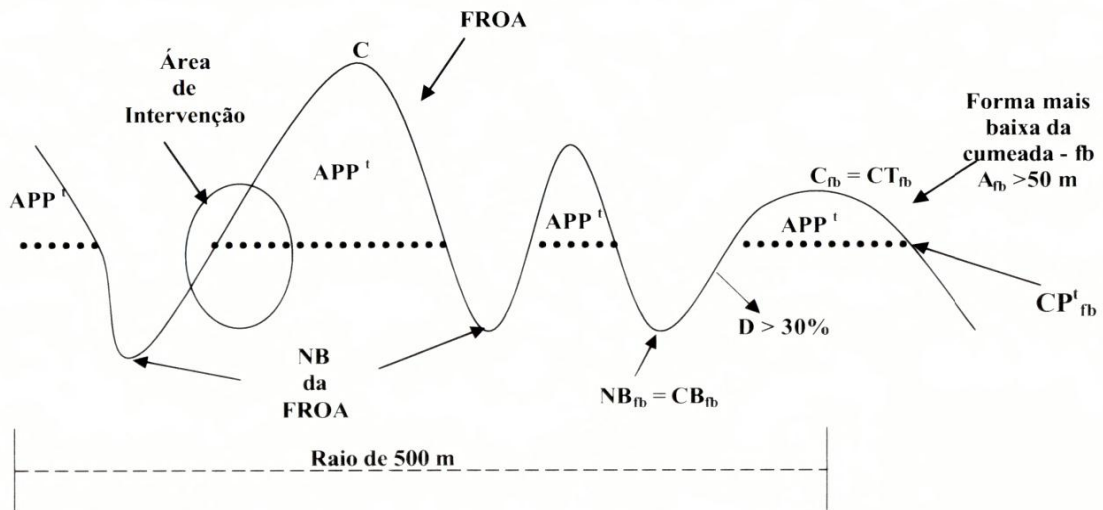
^{*11} Res. CONAMA 303/02, Art. 3º, inciso VI.

4.10. Na continuidade da mesma **Linha de Cumeada (LC)**, além do limite do **Círculo Ø2**, a **APP de Topo (APP^t)** é definida por outra **Cota de Preservação de Topo (CP^t)**, correspondente a outra **forma mais baixa da linha de cumeada (fb)**. Para isso, considera-se o **segmento subsequente de 1.000 m de linha de cumeada**.^{*12} e assim sucessivamente.

^{*12} Depois do primeiro trecho da linha de cumeada, definido por um círculo com 500 m de raio e com centro no Cume da fb (C_{fb}), os trechos subsequentes de cumeada são definidos por círculos de mesmo raio com centro sobre a Linha de Cumeada, traçados tangencialmente ao círculo precedente.

A **APP^t** assim definida será uma sucessão de níveis escalonados, com limites inferiores determinadas pela cota do terço superior das formas de relevo mais baixas presentes em cada segmento de 1.000 m da linha de cumeada.

No caso do segmento de linha de cumeada de 500 m dividir a forma de relevo em duas partes, a definição da **APP^t** deve considerar a **CP^t** da porção mais representativa da forma, em termos de área.



(Batista, 2006; Catelani, 2006; Oliveira, 2006)

Identificadas a localização dessas características na topografia da área de estudo (APPs), estas, foram delimitadas de maneira a se constituírem num arquivo vetorial próprio, possuidor de atributo de Área de Preservação Permanente.

A espacialização das Áreas de Preservação Permanente, definidas por Topos de Morro e Montanhas, também foram obtidas pela correspondência identificada entre as características do relevo presentes na área de estudo, informados com o uso analítico e interpretativo do *layer* de Curvas de Nível sobreposto ao *layer* de Classes de Declividade; com as definições e parâmetros previstos na Resolução CONAMA, para a delimitação das APP de Topos de Morro e Montanhas, são elas:

Definição e parâmetros:

“IV - morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade; V - montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;

VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;”

Limites:

“V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;”

Além destas definições, a delimitação dos Topos de Morro, também foram auxiliadas pelos esclarecimentos conceituais desenvolvidos pela Departamento de Proteção aos Recursos Naturais (DPRN) da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; são eles:

Determinação da Área de Preservação Permanente de Topo (APP^t)

Cota do Topo (CT) = altitude, cotada ou inferida, do Cume (C) da forma de relevo.

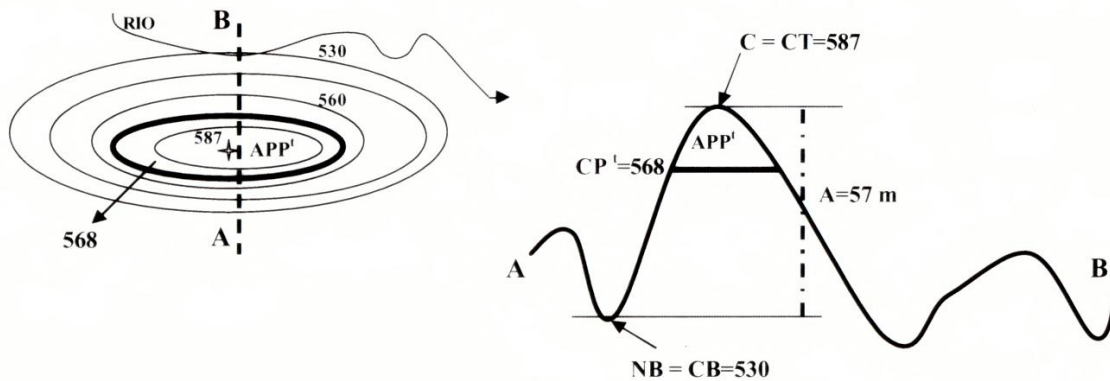
Cota da Base (CB)*² = altitude, cotada ou inferida, do plano horizontal definido como Nível de Base (NB) da forma de relevo, obtida no lado da forma com maior declive.

Amplitude (A) = altura da forma de relevo, dada pela diferença entre a Cota do Topo (CT) e a Cota da Base (CB).

$$A = CT - CB$$

Cota de Preservação de Topo (CP^t) = cota do limite inferior da APP de Topo, cota que define o terço superior da forma de relevo, a APP^t

$$CP^t = (CT) - (A / 3)$$



*² A Resolução CONAMA 303/02, em seu Art. 2º, inciso VI, estabelece a base da forma de relevo como sendo o plano horizontal definido por planície ou lençol d'água ou depressão mais baixa ao seu redor.

Corresponde, pois, ao topo da margem de um corpo d'água qualquer, seja do leito menor ou do leito maior de um curso d'água, seja de um lago natural ou mesmo de uma depressão seca, neste caso subentendida como uma calha de drenagem intermitente.

Os cursos d'água que circunscrevem a forma de relevo, parcial ou totalmente, ou seja, os cursos d'água que delimitam a forma de relevo em seu sopé, correspondem à base da mesma. Então, o plano horizontal definido pela cota de topo de suas margens corresponde ao Nível de Base (NB) da forma de relevo.

Em termos práticos, considerando o detalhe das cartografias oficiais disponíveis (1:10.000 e 1:50.000), o NB pode ser representado pela cota do talvegue de um leito menor ou pelo limite externo de um leito maior / planície de inundação.

(Batista, 2006; Catelani, 2006; Oliveira, 2006)

Identificadas as localizações dessas características na topografia da área de estudo (APPs), estas também foram delimitadas, de maneira a se constituírem num arquivo vetorial próprio, possuidor de atributo de Área de Preservação Permanente.

Cada uma destas APPs, devidamente identificadas, especializadas e armazenadas sob a forma de arquivos vetoriais poligonais, foram sobrepostas em camadas (*layers*) no *software* ArcGis 9.2 para a eliminação das sobreposições ocorrentes entre as mesmas.

A eliminação destas sobreposições, guiou-se pela seguinte hierarquia: APP de Nascentes, APP de Mata Ciliar, APP de declividade superiores a 45°, APPs de altitudes Superiores a 1.800 metros, APP de Linha de Cumeada e, por último, as APP de Topos de Morro; ou seja: as áreas onde ocorrem a sobreposição entre APP de Nascentes e de Mata Ciliar, foram consideradas como APP de Nascentes; entre APP de Mata Ciliar e Linha de Cumeada, foram consideradas como APP de Mata Ciliar; e assim sucessivamente.

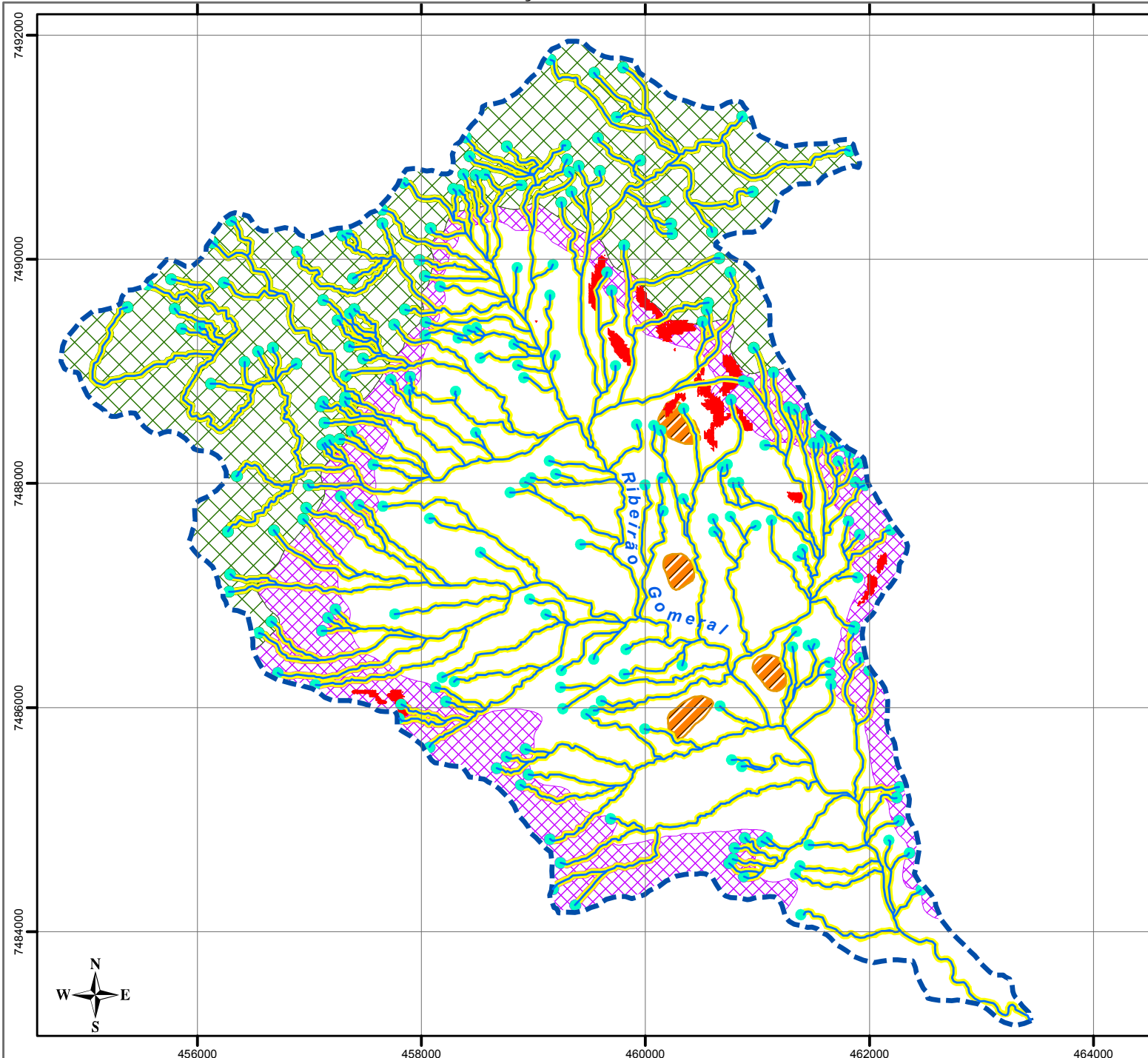
Após a eliminação das sobreposições seguindo a hierarquia arbitrária das classes de APPs explicitado acima, cada uma destas APPs, foram representadas por simbologias próprias e ganharam uma representação gráfica conjunta das suas respectivas distribuições e localizações num mapa temático na escala 1:50.000 gerado no próprio *software* ArcGis 9.2, e pode ser observado no mapa apresentado a seguir (página 45).

7.7) Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal Natural Atual nas Áreas de Preservação Permanente, combinação dos dados:

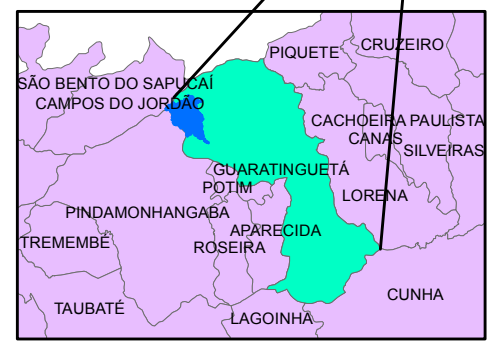
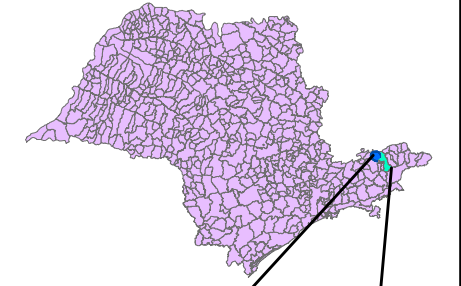
A carta de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal nas Áreas de Preservação Permanente foi obtida através da intersecção entre o arquivo vetorial de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal com o arquivo vetorial de Áreas de Preservação Permanente.

Durante o processo de intersecção dos *layers* (camadas) foi aplicado o método booleano para a identificação das classes de Uso que se encontram nas APP, atribuindo o valor 1 (um) para as APP e valor 0 (zero) para não APP. Dessa maneira, pode-se extrair somente as áreas de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal que se encontram dentro das áreas de APPs. (ver mapa a seguir, página 47)

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL



LOCALIZAÇÃO: ESTADO DE SÃO PAULO - LIMITES MUNICIPAIS



Legenda:

- Hidrografia
- Limites da Bacia
- APPs - Classes:**
- Nascentes (50m)
- Vegetação Marginal (30m)
- Declividade superior a 45°
- Topo de Morro
- Linha de Cumeada
- Altitude superior a 1800m



ESCALA: 1:50.000

Projeção Universal Transverso de Mercator

Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Fuso 23 Sul

Elaboração: Pablo Luiz Maia Nepomuceno - 2012

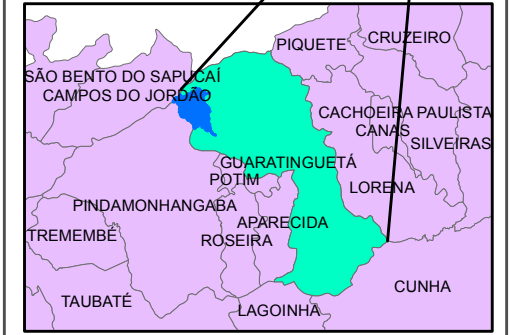
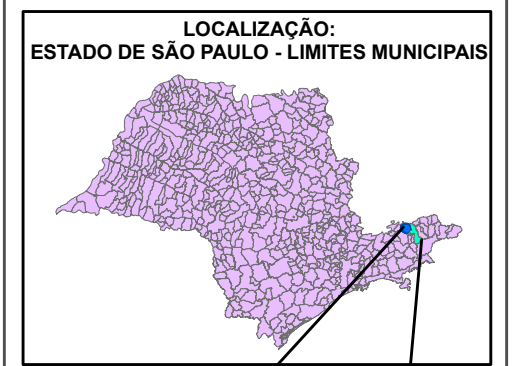
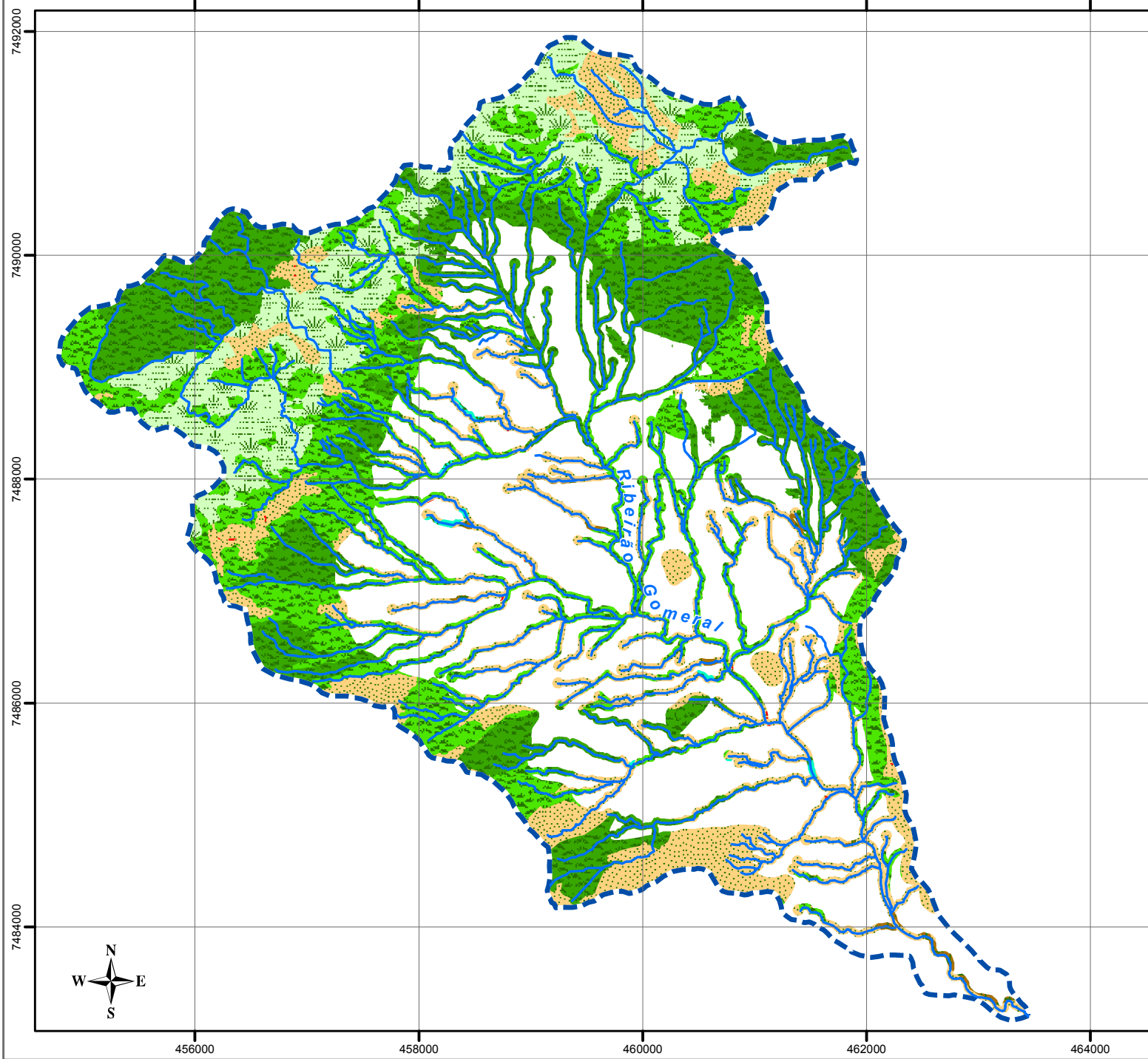
Posteriormente, para a identificação e localização, somente das Áreas que estão sob usos indevidos em relação às restrições impostas pela legislação ambiental relativa as Áreas de Preservação Permanente; foi atribuído o valor 1 (um, que corresponde a: verdadeiro) às áreas de APP que se encontram sob uso de: Silvicultura, Cultivo Agrícola, Pastagem ou Campo Antrópico, e Edificações; e valor 0 (zero, que corresponde a falso) às áreas de APP que compostas por: Matas Nativas ou Florestas Ombrófilas Densas, e Capoeira ou Floresta Ombrófila Densa Secundária (em estágios médios a altos de conservação).

Desta Maneira pode-se extrair somente as Áreas de Preservação Permanente que se encontram submetidas a usos inadequados em relação às premissas de restrições ambientais impostas pela Resolução CONAMA de 20 de março de 2002 (ver mapa apresentado na página 60).

Em cada um dos resultados obtidos foram realizados os cálculos de áreas de cada entidade/atributo gerada; estes atributos que contêm as informações de: Classe de uso do solo, Tipo de APP, e Área (em hectares) foram exportadas para o *software* Excel onde foram realizados os cálculos de somatória das áreas de cada combinação: Classe de Uso do Solo X Tipo de APP; encontrada, e as suas respectivas porcentagens em relação a: área total de APP, área total do tipo de APP, e a área total da classe de Uso e Ocupação do Solo em questão (ver tabelas constantes nas páginas 48 a 53).

Tais cálculos foram realizados através da aplicação do método de tabulação cruzada no *software* Excel, e permitiram alcançar os objetivos últimos a que se propôs este trabalho: Identificar as diferentes classes de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal que estão inseridas nas Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerl atualmente, de tal maneira a permitir a realização da: constatação, localização e quantificação da ocorrência de desconformidades legais ambientais ocasionados pela utilização indevida dessas áreas em relação às normas impostas pela lei federal: Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002; Para servir de suporte técnico, científico, e informacional às ações de: fiscalização, controle, disciplinamento do Uso e Ocupa-

USO DA TERRA NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL



Legenda:

- Hidrografia
- Limites da Bacia
- Uso da Terra e Cobertura Vegetal:**
- Campos Naturais de Altitude
- Florestas Ombrófilas Densas
- Florestas Secundárias
- Reflorestamentos por Silviculturas
- Culturas Agrícolas
- Campos Antrópicos ou Pastagens
- Edificações

ESCALA: 1:50.000

0 0,5 1 Km

Projeção
Universal Transverso
de Mercator
Datum Horizontal:
SIRGAS 2000 - Fuso 23 Sul

Elaboração: Pablo Luiz Maia Nepomuceno - 2012

-ção do solo e Planejamento sócio-ambiental; a serem tomadas pelo poder público responsável, na sua esfera: municipal, estadual e federal; ou ainda, por ONGs orientadas por práticas conservacionistas.

8) Resultados Obtidos:

8.1) Área da Bacia:

Entidade	Área total (hectares)
Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai	3.620,294

8.2) Área total das Classes de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal em relação a área total da Bacia Hidrográfica:

Classe	Área total (hectares)	% do total da Bacia
Florestas Ombrófilas Densas	960,402	26,53
Florestas Secundárias bem regeneradas	905,142	25,00
Campos Naturais de Altitude	380,277	10,50
Reflorestamentos - Silviculturas	15,754	0,44
Culturas Agrícolas	30,160	0,83
Pastagens ou Campos Antrópicos	1.325,001	36,60
Edificações	3,558	0,10

8.3) Área total das Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerai:

Entidade	Área total (hectares)	% do total da Bacia
APPs	2.403,984	66,40

8.4) Área de cada Tipo de Área de Preservação Permanente em relação à Área total de APPs e a área da Bacia:

Tipo de APP	Área (hectares)	% do Total de APP	% do total da Bacia
Nascente	173,418	7,21	4,79
Vegetação Marginal	945,553	39,33	26,12
Declividade > 45°	28,276	1,18	0,78
Linha de Cumeada	417,129	17,35	11,52
Topo de Morro	28,396	1,18	0,78
Altitude > 1.800m	811,212	33,75	22,40

8.5) Área das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Nascentes:

Classe	Área na APP (hectares)	% do total da Classe	% da APP de Nascente
Floresta Ombrófila Densa	49,898	5,20	28,77
Floresta Secundária	46,098	5,09	26,58
Campos de Altitude	20,587	5,41	11,87
Reflorestamento -Silvicultura	0,285	1,80	0,16
Cultura Agrícola	0,193	0,65	0,11
Pastagem ou Campo Antrópico	56,333	4,25	32,50
Edificações	0,025	0,01	0,70

8.6) Área das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Vegetação Marginal aos Cursos Fluviais:

Classe	Área (hectares) na APP	% do total da Classe	% da APP de Vegetação Marginal
Floresta Ombrófila Densa	306,840	31,95	32,45
Floresta Secundária	322,100	35,59	34,06
Campos de Altitude	55,780	14,67	5,90
Reflorestamento -Silvicultura	5,331	33,84	0,56
Cultura Agrícola	8,704	28,86	0,92
Pastagem ou Campo Antrópico	246,280	18,59	26,05
Edificações	0,554	15,57	0,06

8.7) Área das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Encostas com Declividades superiores a 45°:

Classe	Área (hectares) na APP	% do total da Classe	% da APP de Declividades superiores a 45°
Floresta Ombrófila Densa	17,987	1,87	63,61
Floresta Secundária	4,765	0,53	16,85
Campos de Altitude	0,124	0,03	0,44
Reflorestamento -Silvicultura	-	-	-
Cultura Agrícola	-	-	-
Pastagem ou Campo Antrópico	5,4	0,40	19,10
Edificações	-	-	-

8.8) Área das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Linhas de Cumeada:

Classe	Área (hectares) na APP	% do total da Classe	% da APP de Linhas de Cumeada
Floresta Ombrófila Densa	166,243	17,30	39,85
Floresta Secundária	123,984	13,70	29,72
Campos de Altitude	0,329	0,09	0,09
Reflorestamento -Silvicultura	-	-	-
Cultura Agrícola	-	-	-
Pastagem ou Campo Antrópico	126,534	9,55	30,33
Edificações	0,039	1,10	0,01

8.9) Área das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Topos de Morro:

Classe	Área (hectares) na APP	% do total da Classe	% da APP de Topos de Morro
Floresta Ombrófila Densa	7,495	0,78	26,40
Floresta Secundária	6,080	0,67	21,41
Campos de Altitude	-	-	-
Reflorestamento -Silvicultura	-	-	-
Cultura Agrícola	-	-	-
Pastagem ou Campo Antrópico	14,821	1,12	52,19
Edificações	-	-	-

8.10) Área das Classes de Uso da terra e Cobertura Vegetal nas APPs de Altitude superior a 1.800m:

Classe	Área (hectares) na APP	% do total da Classe	% da APP de Altitude superior a 1.800m
Floresta Ombrófila Densa	202,924	21,13	25,01
Floresta Secundária	188,740	20,85	23,27
Campos de Altitude	303,347	79,77	37,39
Reflorestamento -Silvicultura	-	-	-
Cultura Agrícola	-	-	-
Pastagem ou Campo Antrópico	115,893	8,75	14,29
Edificações	0,308	8,67	0,04

8.11) Áreas das Classes de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal dentro das APPs em relação a área total de cada Classe e ao total das APPs:

Classe	Área (hectares) nas APPs	% do total da Classe	% do total das APPs
Floresta Ombrófila Densa	751,350	78,23	31,25
Floresta Secundária - Capoeira	691,767	76,43	28,78
Campos de Altitude	380,167	99,97	15,81
Reflorestamento -Silvicultura	5,616	35,65	0,23
Cultura Agrícola	8,897	29,5	0,37
Pastagem ou Campo Antrópico	565,261	42,66	23,51
Edificações	0,925	26,00	0,05

8.12) Áreas de Preservação Permanente atualmente submetidas a Usos e Ocupações do Solo indevidas em relação às restrições impostas pela legislação ambiental:

Entidade	Área (hectares)	% do Total das APPs
Usos indevidos (desconformidades legais nas APPs)	580,699	24,16

9) Análise dos Resultados e Conclusão:

Os resultados do trabalho evidenciam a grande importância que a legislação ambiental proveniente do Código Florestal brasileiro possui na orientação de preservação de locais de enorme valor ambiental para a sociedade, como o caso do objeto aqui estudado, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Gomerl que se consiste no principal manancial de nascentes que abastece o Município de Guaratinguetá, e que tem mais da metade da sua área de abrangência caracterizadas como Áreas de Preservação Permanente, 66,40% da Bacia é constituída por APPs.

Apesar da grande proporção das áreas de uso restritivo na Bacia e da sua grande importância para o Município, o uso da terra observado como sendo o de maior expressividade na Bacia constitui-se por Pastagens agrícolas ou Campos Antropizados (36,60% da Bacia ou 1.325,00ha e 23,51% das APPs ou cerca de 565ha). Esta forma de uso e ocupação da terra, que pressupõe a retirada da vegetação original, acabam por configurarem um quadro alarmante quanto ao potencial e emergência de degradação dos seus ecossistemas, dado o comprometimento da ação de estabilização de processos morfogenéticos (erosivos) que a vegetação, principalmente a constituída por florestas ombrófilas densas típicas de Mata Atlântica, exercem sobre essas áreas. que atuam e que podem vir a atuarem com maior frequência, intensidade e magnitude na Bacia em questão, o que invariavelmente acarreta na: aceleração da perda de solo, diminuição da capacidade de armazenamento (nos períodos chuvosos) e recarga

hídrica (nos períodos de estiagem) deste solo, comprometimento da biodiversidade, entre outros.

Tal potencial e emergência de degradação ambiental, se torna ainda mais alarmante quando se considera a soma total da área que abrange as classes de Uso e Ocupação do Solo (Silvicultura, Cultivo Agrícola, Pastagem ou Campo Antrópico e edificações), consideradas como sendo inadequadas às premissas de conservação ambiental dessas áreas determinadas pela Resolução CONAMA 303 de 20 de março de 2002; que atingem um total de 580,699ha, o que correspondem a praticamente um quarto (24,16% mais precisamente) da área total submetidas às restrições ambientais de uso por APPs. Tais números configuram um quadro de grande agressão ao meio ambiente local e considerável comprometimento da estabilidade do ecossistema e dos sistemas aquáticos por ele suportados (figuras 20 até 27), dada as suas principais funções ambientais 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” (RESOLUÇÃO CONAMA, 20 de março se 2002) e a importância que esta Bacia possui no abastecimento hídrico do Município de Guaratinguetá, constituindo-se no principal Manancial de Nascentes para o abastecimento hídrico do Município.

Tão expressivas são as intervenções antrópicas sofridas pelas Áreas de Preservação Permanente desta Bacia que, mesmo as áreas que estão submetidas á práticas de “Uso e Ocupação do Solo” adequadas às normas impostas pela Resolução CONAMA 303, as áreas cobertas por Florestas Ombrófilas Densas e Campos de naturais de altitude, que cobrem um total de 1435,91ha das APPs, ou 60,06% do total dessas áreas (APP); 684,71ha, ou cerca de 50% das mesmas, são compostas por Florestas Secundárias que se encontram em estágios médios a altos de regeneração, ou sucessão; o que indica a ocorrência de algum grau de intervenções ambientalmente destrutivas nessas áreas, mesmo que tendo sido praticadas no passado e cessadas a tempo suficiente para atingirem estágios elevados de regeneração e recomposição do ecossistema original.

Portanto, estas áreas cobertas por Florestas Secundárias, mesmo estando atualmente de acordo às normas de Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal em Áreas de Preservação Permanente determinadas pela Resolução CONAMA 303 de 2002, merecem um considerável destaque e atenção nas práticas de fiscalização e controle ambiental por parte dos órgãos responsáveis.



Figura 21: Grande acúmulo de sedimentos no leito do Ribeirão Gomerl, no seu setor de jusante, ocasionado pelo uso e ocupação indevido da APP de vegetação marginal e atividades antrópicas potencializadoras de processos erosivos a sua montante. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 22: Evidências de degradação ambiental e destruição de equipamentos públicos próximos a jusante do Ribeirão Gomerai ocorridos durante os eventos de cheia do rio, potencializados pelo uso inadequado das APPs da Bacia. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 23: Uso inadequado das APPs de vegetação marginal à jusante do Ribeirão Gomerai, a pastagem e a agricultura são atividades comuns neste setor do rio. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 24: Cicatrizes no solo em superfície que evidenciam a ocorrência de processos morfogenéticos intensos em APPs de topos de morros e de declividades altas submetidas à ocupação inadequada. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 25: Evidência de movimentos de massa em APPs de linhas de cumeeada da Bacia submetidas a usos inadequados. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.



Figura 26: Córrego sofrendo intenso processo de assoreamento potencializado pela ocupação inadequada nas APPs da Bacia. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.

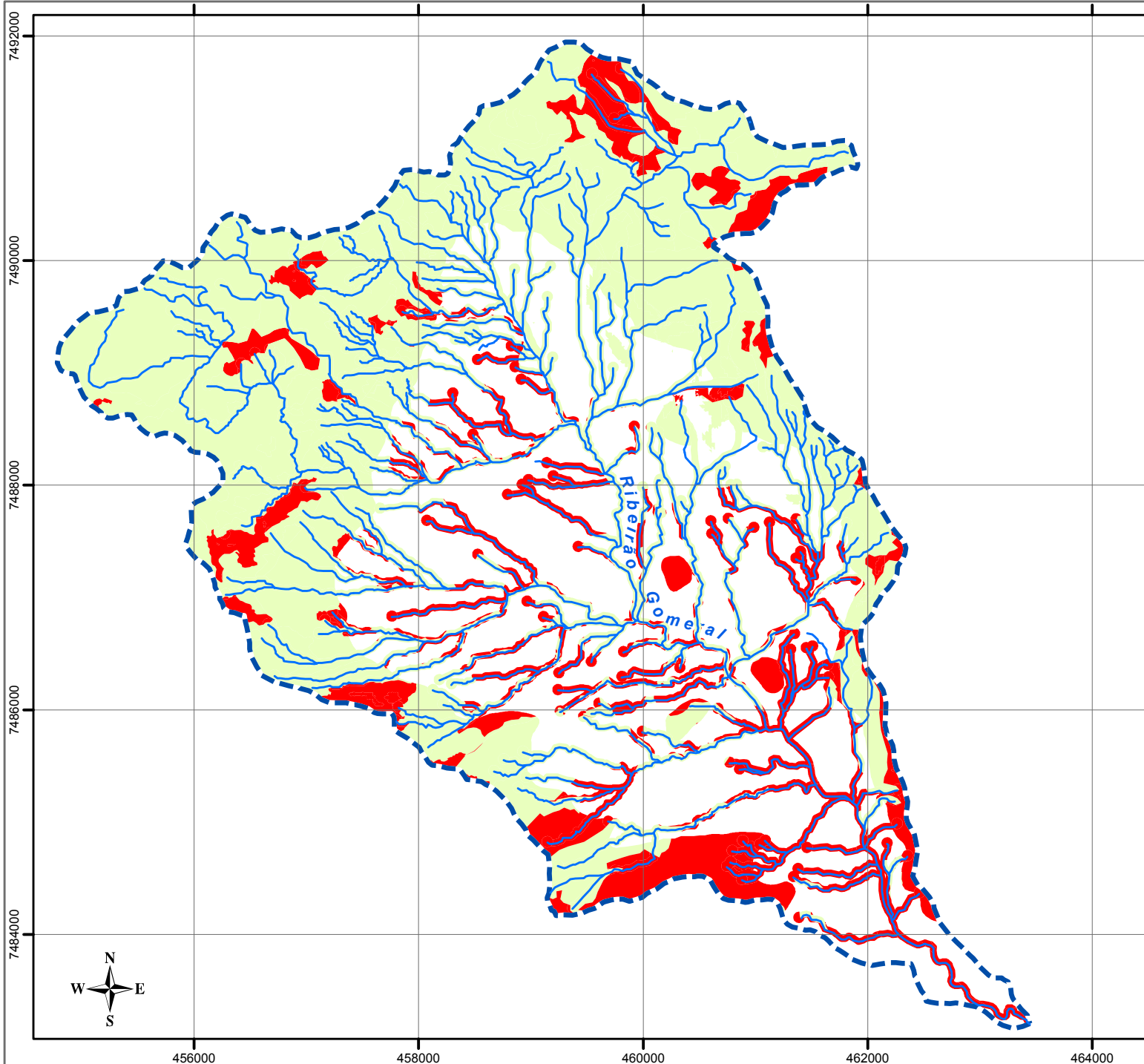


Figura 27: Formação de vossoroca em vertente submetida ao uso de pastagem na Bacia. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.

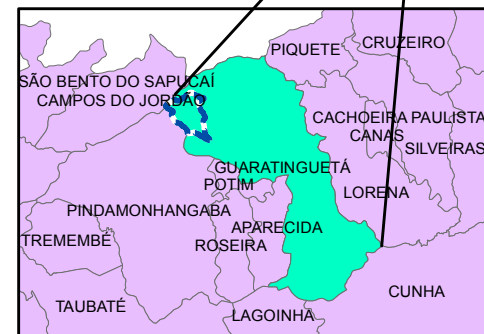
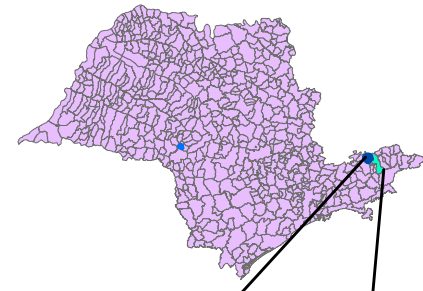


Figura 28: Ravinamento em área desflorestada próxima a APP de vegetação marginal do Ribeirão Gomerai no seu médio curso. Fonte: Pablo Nepomuceno, 2011.

ÁREAS EM DESCONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GOMERAL



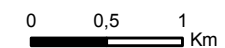
LOCALIZAÇÃO: ESTADO DE SÃO PAULO - LIMITES MUNICIPAIS



Legenda:

- Hidrografia
- Limites da Bacia
- Áreas sem restrição legal ambiental
- Áreas sob usos adequados às APPs
- Áreas sob usos inadequados às APPs

ESCALA: 1:50.000



Projeção
Universal Transverso
de Mercator
Datum Horizontal:
SIRGAS 2000 - Fuso 23 Sul

Elaboração: Pablo Luiz Maia Nepomuceno - 2012

10) Considerações Finais:

Apesar da legislação ambiental brasileira ser considerada bastante ampla, alguns fatores têm contribuído para torná-la pouco ágil (Crestana et al., 1993). Dentre esses, destaca-se a deficiência em meios e materiais para apurar com rigor as agressões ao meio ambiente. Diante desse fato, as metodologias possíveis de serem implementadas, por meio do geoprocessamento, tornam-se alternativas viáveis e vantajosas para reduzir de maneira significativa as deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes. As condições oferecidas permitem integrar informação cartográfica e tabular, possibilitando por meio da análise ambiental estabelecer correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais que antes eram impraticáveis pelos meios tradicionais existentes (Townshend, 1992; Xavier-da-Silva, 1992), auxiliando de maneira decisiva a investigação da adequação do Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Preservação Permanente (Aulicino et al., 2000; Costa et al., 1996).

Outro aspecto relevante é que o uso dessa opção tecnológica adquire maior importância à medida que o problema a ser analisado apresenta-se em grandes dimensões, complexidade e com custos para operacionalização em campo bastante elevados (Pessoa et al., 1997). Nesse sentido, o monitoramento das áreas de preservação permanente tem sido um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico, pois os critérios de delimitação com base na topografia exigem o envolvimento de pessoal especializado e de informações detalhadas da unidade espacial em análise. Entretanto, com o desenvolvimento de algoritmos e a sua incorporação ao conjunto de funções dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem sido possível o processamento rápido e eficiente dos dados necessários para caracterização das variáveis morfométricas do terreno (Oliveira, 2002), essenciais para análise das intervenções antrópicas em bacias hidrográficas.

A abordagem com base em produtos derivados a partir desses algoritmos, tem substituído, com vantagens, os métodos manuais tradicionalmente utilizados (Ribeiro et al., 2002), permitindo a obtenção de resultados menos subjetivos, em

menor tempo (Tribe, 1992) e apresentado níveis de exatidão comparáveis aos obtidos por métodos manuais (Garbrecht e Martz, 1993; Eash, 1994).

A funcionalidade e eficácia desses procedimentos, integrada às informações produzidas pelas imagens de satélite, sobretudo, as de alta resolução espacial, podem produzir diagnósticos e fornecer subsídios capazes de identificar e mensurar a ocorrência de conflitos de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente, fortalecendo as ações ambientais de monitoramento como suporte para os instrumentos jurídicos de controle e fiscalização desses ambientes.

Dessa maneira, este trabalho aqui apresentado pode contribuir não apenas para servir como subsídio de informações geo-ambientais atualizadas da área nele pesquisada, como também no oferecimento de alternativas metodológicas modernas e de baixo custo para a execução de trabalhos futuros sobre outras áreas que também se apresentem em condições ambientalmente e socialmente relevantes.

11) Referências Bibliográficas:

AB´SABER, A.N., Os Domínios de Natureza do Brasil, Ateiliê Editorial, São Paulo-SP, p. 52 e 53, 2003.

ALMEIDA, F.F.M., Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista, IGEOG séries Teses e Monografias nº14, São Paulo-SP, p. 36 e 37, 1974.

AULICINO, L.C.M; RUDORFF, B.F.T; MOREIRA, M.A; MEDEIROS, J.S; SIMI JÚNIOR, R. Subsídios para o Manejo Sustentável da Bacia Hidrográfica do Rio Una através do uso de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 9., 2000, Puerto Iguazu, Misiones, Argentina. Anais Argentina, 2000.

BARROS, R.S; CRUZ, C.B.M. Avaliação da Altimetria do Modelo Digital de Elevação do SRTM. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianopolis, Brasil, INPE, p. 1243-1250, 21-26 abril 2007.

BARBOSA, C.C.F; CÂMARA, G; CORDEIRO, J.P. Análise Espacial de Dados Geográficos. INPE. São José dos Campos, cap.8 p.3 – 11, 2007.

BATISTA, G.T; CATELANI, C.S; OLIVEIRA, I.S. Mini Curso: Área de Preservação Permanente (APP). In: Anais do Encontro "ÁGUA & FLORESTA: O Estado da Arte em Educação Ambiental", BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 9 de novembro de 2006, p. 74-75, 2006.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 303, Dispõe sobre as áreas de preservação permanente, 20 de Março de 2002.

CONTI J.B., Circulação Secundária e Efeito Orográfico na Gênese das Chuvas na Região Lesnordeste Paulista, Tese de Doutorado Instituto de Geografia Universidade de São Paulo - São Paulo-SP, 1975.

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

CORRÊA, T., COSTA, C., SOUZA, M. G., BRITES, R. S. Delimitação e Caracterização de Áreas de Preservação Permanente por Meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Revista Árvore. Viçosa - MG, v.20, n.1, p.129 - 135, 1996.

CRÓSTA, A.P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: Instituto de Geociências, UNICAMP, p.170, 1992.

ENGESPAÇO. Manual do usuário: SITIM 340/SIG. São José dos Campos: INPE, 1989.

GARBRECHT J; MARTZ, L. W. Network and subwatershed parameters extracted from digital elevation models: the bills creek experience. Water Resources Bulletin, v. 29, p.909-916, 1993.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, Mapa Geológico da Região Administrativa do Vale do Paraíba do Estado de São Paulo, São Paulo, p.69,70 e 71, 1978.

MIGUEZ, J.D.G. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: a proposta e as perspectivas brasileiras. In: Anais do Encontro "Sustentabilidade na Geração e Uso de Energia no Brasil: os Próximos Vinte Anos", UNICAMP, 18 a 20 de fevereiro de 2002, p.11, 2002.

OLIVEIRA, M. J. Proposta metodológica para delimitação automática de Áreas de Preservação Permanente em topos de morro e em linha de cumeada. 2002. p.53, Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

PESSOA, M. C. P. Y; LUCHIARI, A. J; FERNANDES, E. N.; LIMA, M. A. Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos

ambientais das atividades agrícolas. Jaguariúna, EMBRAPA/CNPMA, 1997. p.83 (EMBRAPA, CNPMA. Documentos, 8), 1997.

REBOUÇAS, A.C., B. BRAGA, E J.G. TUNDISI, Organizadores. "Águas Doces no Brasil - capital ecológico, usos e conservação". Ed. Escrituras Editora e Livraria da Vila. 2a .edição, 2002.

RIBEIRO, C. A. A. S.; OLIVEIRA, M. J; SOARES, V. P.; PINTO, F. A. C., Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros e em linhas de cumeada: metodologia e estudo de caso. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADAS À ENGENHARIA FLORESTAL, 5., 2002. Curitiba, PR. Anais Curitiba, p. 7-18, 2002.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C., Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - Revista do Depto. Geografia – FFLCH-USP, nº 10 – São Paulo-SP, p.49, 50 e 51, 1997

SAITO, M.A., DIVISÃO REGIONAL AGRÍCOLA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - S.P. 1995. Manejo de Pastagens - Recursos Naturais: Caracterização e Conservação; cap.1, p. 143, 1995.

TOWSHEND, J. R. G. Environmental database and GIS. In: MAGUIRE, D.J., GOODCHILD, M.F., 14. RHIND, D.W. Geographical information systems : principles and applications. New York: Longman Scientific & Technical, p. 201-205, 1992.

TRICART J.P., Ecodinâmica, IBGE , cap.1, 1977.

TRIBE, A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. Journal of Hydrology, v. 139, p. 263-293, 1992.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos, SP, INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). P.72, 2004.

XAVIER DA SILVA. Geoprocessamento e análise ambiental. Revista Brasileira de Geografia. v. 54, p.47-61, 1992.