

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE OURINHOS

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DO USO DA TERRA
DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DOS CORPOS D’ÁGUA
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO**

EDSON LUÍS PIROLI

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Livre Docente no conjunto de disciplinas Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Ourinhos – SP

Abril de 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE OURINHOS

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DO USO DA TERRA
DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DOS CORPOS D’ÁGUA
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO**

EDSON LUÍS PIROLI

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Livre Docente no conjunto de disciplinas Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Ourinhos – SP

Abril de 2013

“... A límpida água que percorre os regatos e rios não é apenas água, mas o sangue de nossos ancestrais. Se vos vendermos a terra, tereis de lembrar a vossos filhos que ela é sagrada, e que qualquer reflexo espectral sobre a superfície dos lagos evoca eventos e fases da vida do meu povo. O marulhar das águas é a voz dos nossos ancestrais. Os rios são nossos irmãos, eles nos saciam a sede. Levam as nossas canoas e alimentam nossas crianças. Se vendermos nossa terra a vós, deveis vos lembrar e ensinar a vossas crianças que os rios são nossos irmãos, vossos irmãos também, e deveis a partir de então dispensar aos rios a mesma espécie de afeição que dispensais a um irmão...”

Parte do pronunciamento do Cacique das tribos Suquamish e Duwamish, Seattle, em resposta à proposta do presidente estadunidense Franklin Pierce, de compra do território das tribos em 1854.

Agradecimentos

Neste momento da carreira, após mais de uma década de docência, após ter ministrado inúmeras aulas e ter orientado muitos alunos de graduação e pós-graduação, resta uma certeza. É preciso agradecer aos professores. A todos eles. Sobretudo aos que com seu exemplo e dedicação me fizeram escolher este caminho. Mas, também àqueles que com sua falta de compromisso, me fizeram ver o tamanho do prejuízo que é inculcado em toda uma geração de estudantes, quando o Mestre lava as mãos ao seu sacerdócio.

Dos muitos professores que tive, destaco como exemplo de profissionalismo, as professoras da Escola Municipal Coelho Neto e da Escola Rural de Paiol Queimado. A primeira, na localidade do Rio do Peixe, no município de Passo Fundo (atualmente Coxilha) e a segunda na localidade de Paiol Queimado, no município de Sertão, ambas no Estado do Rio Grande do Sul, e, atualmente, fechadas. Nestas escolas atuavam diariamente, após andarem (a pé) muitos quilômetros, as professoras Mari Rosa Teixeira (Rio do Peixe), Nelda Bianchi de Quadros e Aldi Teixeira Adler (Paiol Queimado). Foram estas docentes, com salário baixo, com pouca infraestrutura e poucas condições para o ensino, e, com filhos e família pra cuidar, que me ensinaram a ler, que me fizeram entender os fundamentos da matemática, e que me mostraram desde o princípio que sem educação não há futuro, não há progresso, não há nação. Esta base sólida permitiu a sequência dos estudos e o alcance do ponto atual na carreira acadêmica. Elas foram tão importantes, que lembro os seus nomes mais de 30 anos depois de ter sido seu aluno. E certamente jamais os esquecerei.

“Se um dia pude ver mais longe, foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes”.

Isaac Newton

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE QUADROS.....	XI
RESUMO.....	XII
SUMMARY	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 <i>CONSIDERAÇÕES ACERCA DA IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE</i>	<i>6</i>
2.2 <i>CONSIDERAÇÕES SOBRE A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E APP</i>	<i>10</i>
2.3 <i>GEOPROCESSAMENTO: APLICAÇÃO EM ESTUDOS AMBIENTAIS.....</i>	<i>13</i>
2.4 <i>O RECORTE ESPACIAL DA PESQUISA: A BACIA HIDROGRÁFICA</i>	<i>21</i>
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 <i>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</i>	<i>24</i>
3.1.1 <i>Características físicas e biológicas da bacia do rio Pardo</i>	<i>24</i>
3.1.1.1. <i>Características climáticas</i>	<i>24</i>
3.1.1.2. <i>Características geomorfológicas.....</i>	<i>24</i>
3.1.1.3. <i>Características pedológicas</i>	<i>25</i>
3.1.1.4. <i>Características geológicas</i>	<i>25</i>
3.1.1.5. <i>Características hidrográficas.....</i>	<i>26</i>
3.1.1.6. <i>Características da vegetação nativa</i>	<i>26</i>
3.1.1.7. <i>Características do uso da terra</i>	<i>27</i>
3.1.2 – <i>Materiais utilizados</i>	<i>27</i>
3.2 <i>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</i>	<i>28</i>
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 <i>CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E FÍSICAS DA BACIA DO RIO PARDO.....</i>	<i>38</i>
4.1.1 <i>Área de drenagem total</i>	<i>38</i>
4.1.2 <i>Perímetro total.....</i>	<i>38</i>
4.1.3 <i>Coefficiente de compacidade da bacia do rio Pardo</i>	<i>38</i>
4.1.4 <i>Fator de forma da bacia do rio Pardo</i>	<i>38</i>
4.1.5 <i>Índice de circularidade.....</i>	<i>38</i>
4.1.6 <i>Comprimento da bacia</i>	<i>39</i>
4.1.7 <i>Hipsometria da bacia</i>	<i>39</i>
4.1.8 – <i>Geomorfologia da bacia.....</i>	<i>42</i>
4.1.9 – <i>Geologia da bacia</i>	<i>43</i>
4.1.10 – <i>Classes de solos predominantes na bacia hidrográfica do rio Pardo</i>	<i>46</i>
4.2 – <i>CARACTERÍSTICAS DAS APP DAS SUB-BACIAS DO RIO PARDO.....</i>	<i>48</i>
4.2.1 – <i>Características das Áreas de Preservação Permanente da sub-bacia do rio Novo ..</i>	<i>48</i>
4.2.2 – <i>Características das Áreas de Preservação Permanente do Baixo Pardo.....</i>	<i>58</i>
4.2.3 – <i>Características das Áreas de Preservação Permanente do Alto Pardo</i>	<i>66</i>
4.2.4 – <i>Características das Áreas de Preservação Permanente do rio Claro</i>	<i>72</i>
4.2.5 – <i>Características dos recursos naturais das APP do rio Pardo.</i>	<i>79</i>

<i>4.2.5.1 – Características da vegetação nativa</i>	<i>90</i>
<i>4.2.5.2 – Características dos solos da área de estudo</i>	<i>92</i>
<i>4.2.5.3 – Características das águas do rio Pardo nos pontos analisados</i>	<i>95</i>
<i>4.2.5.4 – Características da fauna silvestre observada nas APP do rio Pardo.....</i>	<i>97</i>
<i>4.2.6 – O homem e suas ações sobre as APP da bacia do Pardo</i>	<i>99</i>
<i>4.2.7 – As bases de dados e a necessidade de atualização</i>	<i>101</i>
<i>4.2.8 – As geotecnologias e sua aplicação na análise do uso da terra em APP.....</i>	<i>110</i>
<i>4.2.9 – A bacia hidrográfica como espaço de análise.....</i>	<i>111</i>
5 CONCLUSÕES.....	113
6. REFERÊNCIAS	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Bandas espectrais do satélite ALOS e suas respectivas resoluções espaciais.....	28
Tabela 2 – Características morfométricas da bacia do rio Pardo.....	39
Tabela 3 – Classes de declive e respectivas áreas na bacia do rio Pardo.....	42
Tabela 4 – Áreas cobertas por cada uso da terra na sub-bacia do rio Novo.....	51
Tabela 5 – Áreas cobertas por cada classe de declive nas APP da sub-bacia do rio Novo..	55
Tabela 6 – Áreas cobertas por cada classe de uso nas declividades iguais ou superiores a 12%.....	56
Tabela 7 – Áreas cobertas por cada uso da terra nas APP do Baixo Pardo.....	61
Tabela 8 – Áreas cobertas por cada classe de declive no baixo Pardo.....	63
Tabela 9 – Áreas cobertas por cada classe de uso nas declividades iguais ou superiores a 12%.....	65
Tabela 10 – Áreas cobertas por cada uso da terra na sub-bacia do Alto Pardo.....	69
Tabela 11 – Áreas cobertas por cada classe de declive na sub-bacia do Alto Pardo.....	70
Tabela 12 – Áreas cobertas por cada classe de uso nos declives iguais ou superiores a 12%.....	71
Tabela 13 – Áreas cobertas por cada uso da terra na sub-bacia do rio Claro.....	74
Tabela 14 – Áreas cobertas por cada classe de declive.....	75
Tabela 15 – Áreas cobertas por cada classe de uso nas declividades iguais ou superiores a 12%.....	76
Tabela 16 – Síntese dos dados identificados em cada sub-bacia e totais da bacia do rio Pardo.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Região Hidrográfica do Paraná, Bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (Federal), Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – 17 (Médio Paranapanema) e Unidades Hidrográficas principais da UGRHI – 17.....	25
Figura 2 – Bacia hidrográfica do rio Pardo, e suas principais sub-bacias.....	30
Figura 3 – Destaque do córrego Ribeirão da Boa Vista e de parte de seu banco de dados.....	31
Figura 4 – Exemplo de buffers gerados a partir dos corpos d'água do rio Pardo.....	32
Figura 5 – Buffers delimitando as APP do córrego Espraiado (linha preta). A linha branca representa a localização do leito do rio.....	32
Figura 6 – Mapa hipsométrico mostrando as variações de altitudes da bacia do Rio Pardo.....	40
Figura 7 – Modelo digital de elevação da área de estudo.....	41
Figura 8 – Mapa geológico da bacia do rio Pardo.....	45
Figura 9 – Mapa de solos da bacia hidrográfica do Pardo, na escala de 1:500.000.....	47
Figura 10 – localização da sub-bacia do rio Novo na bacia hidrográfica do rio Pardo.....	48
Figura 11 – Exemplo da distribuição do uso da terra das APP de parte da sub-bacia do rio Novo.....	50
Figura 12 – Exemplo da distribuição do uso da terra das APP de parte da sub-bacia do rio Novo, ampliada.....	51
Figura 13 – Assoreamento da APP causado pelo manejo inadequado do solo.....	53
Figura 14 – Ampliação do mapa de usos adequados e inadequados.....	54
Figura 15 – Destaque das classes de declive das APP na região centro-sul da sub-bacia.....	56
Figura 16 – Exemplo de usos da terra nas APP do rio Novo nos declives maiores que 12%.....	57
Figura 17 – Localização da sub-bacia do Baixo Pardo na bacia hidrográfica do rio Pardo.....	58
Figura 18 – Exemplar adulto de Angico da mata na margem do Baixo Pardo.....	60
Figura 19 – Destaque do uso da terra nas APP do baixo Pardo na região do Córrego São José, no Norte do município de Ourinhos.....	62

Figura 20 – Destaque do mapa de usos adequados e inadequados da terra das APP do baixo Pardo, na região Norte do município de Ourinhos.....	63
Figura 21 – Destaque das classes de declive nas APP do Baixo Pardo.....	64
Figura 22 – Exemplo de uso da terra nas APP do baixo Pardo nos declives iguais ou superiores a 12%.....	66
Figura 23 – Bacia do rio Pardo, com destaque para a sub-bacia do Alto Pardo.....	67
Figura 24 – Destaque do uso da terra nas APP da região da nascente principal do rio Pardo.	69
Figura 25 – Destaque do mapa apresentado no Anexo 9, mostrando os locais onde está localizado cada uso.....	70
Figura 26 – Uso da terra das APP nos declives iguais ou superiores a 12%.....	71
Figura 27 – Área de estudo, com destaque para a sub-bacia do rio Claro.....	72
Figura 28 – Destaque de área à Sudoeste da sub-bacia, mostrando os diferentes usos da terra nas APP do rio Claro.....	74
Figura 29 – Destaque do uso da terra nas APP com declives iguais ou superiores a 12%.....	76
Figura 30 – Mapa demonstrando as áreas de maior interesse para incremento de conectividade.	79
Figura 31 – Limite da bacia do Rio Pardo (linha branca maior) e demarcação da localização de sua nascente principal (círculo branco a Sudoeste da imagem).	80
Figura 32 – Mata ciliar ao redor da nascente principal do rio Pardo, localizada na floresta, à direita da fotografia.....	81
Figura 33 – Nascente principal do rio Pardo, em Pardinho.....	82
Figura 34 – Caixas d'água para armazenamento da água da primeira nascente do rio Pardo.	82
Figura 35 (esquerda) – Rio Pardo atravessando a área urbana de Pardinho.....	84
Figura 36 (direita) - Rio Pardo logo após passar por Pardinho.....	84
Figura 37 – Queda de solo na margem do rio Pardo destruída, e acúmulo de detritos no arame da cerca que outrora havia no local.....	84
Figura 38 - Afluente da margem direita do rio Pardo (inexistente na carta topográfica em escala 1:50.000).....	85

Figura 39 (esquerda) e 53 (direita) - exemplos de córregos sem mata ciliar, com livre acesso do gado às suas margens.....	86
Figura 40 (direita) - exemplos de córregos sem mata ciliar, com livre acesso do gado às suas margens.....	86
Figura 41 – Exemplo de pequeno reservatório sem mata ciliar.....	86
Figura 42 - Exemplo de reservatório sem mata ciliar, com agricultura dentro da APP....	87
Figura 43 – Foz do rio Pardo, no município de Salto Grande, onde deságua no rio Paranapanema.....	88
Figura 44 – Trecho final do rio Pardo visto da foz em direção a montante.....	89
Figura 45 – Foz do rio Pardo vista da imagem ALOS, sensor PRISM.....	89
Figura 46 – <i>Schizolobium Paraiba</i> , espécie comum na área de estudo, no município de Itatinga.	91
Figura 47 – Eucaliptos plantados na APP do rio Pardo em Águas de Santa Bárbara.....	91
Figura 48 – Argissolo no Alto Pardo, município de Itatinga.....	95
Figura 49 – Gaturamo verdadeiro na APP do rio Pardo, próximo a sua foz.....	98
Figura 50 – Exemplar da fauna silvestre avistada (Arimamba de cauda verde).....	98
Figura 51 – Recomposição da mata ciliar do córrego Cebolão.....	100
Figura 52 – Preá em meio à recomposição da mata ciliar.....	101
Figura 53 (esquerda) – recomposição da mata ciliar do córrego Canudos.....	101
Figura 54 (direita) – recomposição da mata ciliar do córrego Canudos.....	101
Figura 55 - Hidrografia na escala de 1:250.000 em vermelho e hidrografia identificada e vetorizada sobre as imagens ALOS (sensor PRISM) nesta pesquisa, em cor preta).....	103
Figura 56 (esquerda) – Córregos representados na carta topográfica (em cor azul).....	104
Figura 57 (direita) - Córregos vetorizados sobre a imagem do satélite ALOS, em cor vermelha.....	104
Figura 58 (esquerda) – Área atualmente ocupada pelo núcleo urbano de Pardinho.....	105
Figura 59 (direita) – Aspectos da hidrografia identificada a partir da imagem de satélite, destacada com linhas brancas.....	105
Figura 60 – Parte da carta topográfica de Bofete, mostrando um afluente do córrego Janeirinho “subindo” a Serra.....	106
Figura 61 – Áreas de preservação permanente delimitadas por buffers sobre a imagem	

do satélite ALOS-PRISM, permitindo a identificação do seu uso da terra.... 109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Córregos identificados na margem esquerda do rio Novo.....	49
Quadro 2 – Córregos identificados na margem direita do rio Novo.	49
Quadro 3 – Córregos identificados na margem esquerda do Baixo Pardo.....	59
Quadro 4 – Córregos identificados na margem direita do Baixo Pardo.....	59
Quadro 5 – Córregos identificados na margem esquerda do Alto Pardo.....	67
Quadro 6 – Córregos identificados na margem direita do Alto Pardo.....	68
Quadro 7 – Córregos identificados na margem esquerda do rio Claro.....	73
Quadro 8 – Córregos identificados na margem direita do rio Claro.....	73

RESUMO

Esta pesquisa foi desenvolvida em um momento de intensos debates sobre mudanças no Código Florestal. Nela se realizou o levantamento de informações sobre o uso da terra nas Áreas de Preservação permanente (APP) dos corpos d'água da bacia do rio Pardo, afluente do Médio Paranapanema, no Centro-Sul do Estado de São Paulo. Para sua execução foram utilizadas imagens do sensor PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) do satélite japonês ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), com resolução espacial de 2,5 metros, como base de dados, e técnicas de geoprocessamento para a realização das análises e da cartografia final. Os usos da terra foram delimitados a partir da geração de buffers ao redor das nascentes e drenagens, e especializados por sub-bacias. As classes de cobertura foram definidas conforme IBGE (2006). Verificou-se que na área compreendida pela bacia hidrográfica do rio Pardo, existem 3.281 nascentes, 437 tributários de primeira a quinta ordem e 992 represas, sendo 15 com área alagada superior a 20 hectares. Este conjunto de corpos d'água origina área total de APP de 29.741,60 hectares (6,19% de toda área da bacia). Destes, 7.513,34 ha (1,56% de toda área da bacia e 25,26% da área total de APP) estão sendo usados de maneira inadequada, com as mais diversas ocupações. Verificou-se também que existem na bacia do rio Pardo, 2.109,11 ha de APP com declives iguais ou superiores a 12% ocupados de maneira inadequada. Por apresentarem maior risco de degradação, estes devem ser considerados os locais prioritários para desenvolvimento de projetos e programas de sensibilização dos proprietários e de recuperação das matas ciliares e do ecossistema, visando sua adequação à legislação atual. Durante a elaboração das análises referentes a esta pesquisa, observou-se ainda que as bases de dados atualmente utilizadas pelos órgãos atuantes na proteção dos recursos naturais, estão desatualizadas e contém erros que comprometem a qualidade dos projetos que nelas se baseiem. Após a conclusão de todas as fases deste trabalho, se pode afirmar que as imagens de sensores remotos, principalmente as de alta resolução espacial e radiométrica, tem potencial para sanar esta deficiência, uma vez que com seu uso se pode corrigir e atualizar a cartografia da área, inclusive para escalas de maior detalhamento, ampliando a possibilidade de realização de análises precisas, atuais, e com custos acessíveis.

Palavras chave: Matas ciliares, Sensoriamento Remoto, Rio Pardo, ALOS, Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

SUMMARY

This research was developed at a time of intense debate about changes in the Forest Code. It was carried out the survey information on land use in the Areas of Permanent Preservation (APP) of water bodies of the Pardo River basin, a tributary of the Medium Paranapanema, in the Center-South of the State of São Paulo. For its execution, images from PRISM sensor (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) from the Japanese satellite ALOS (Advanced Land Observing Satellite), with spatial resolution of 2.5 meters were used as database and Geoprocessing techniques were used for the realization of final cartography analysis. The land uses were delimited from the generation of buffers around the springs and drainages, and specialized by sub-basins. Cover classes were defined according to IBGE (2006). It has been found that in the area covered by the Pardo River basin, there are 3281 springs, 437 tributaries from first to fifth order and 992 dams, being 15 with over 20 hectares of wetland. This set of water bodies originates total area of 29741.60 hectares of PPA (6.19% of all basin area). Of these, 7513.34 ha (1.56% of the entire basin area and 25.26% of the total area of PPA) are being used improperly, with the most diverse occupations. It was also found that there are in the Pardo River basin, 2109.11 ha of PPA with slopes greater than or equal to 12% occupied improperly. Because of a higher risk of degradation, these must be considered priority sites for project development and awareness programs for the owners and restoration of riparian forests and ecosystem, for their appropriateness to the current legislation. During the preparation of the analysis related to this research, it was found that the databases currently used by agencies working in protection of natural resources, are outdated and contain errors that compromise the quality of the projects that are based on them. After the completion of all phases of this work, it can be said that the remote sensing images, especially the high-resolution spatial and radiometric ones, have the potential to remedy this deficiency, considering that its use can correct and update the mapping of the area, including for more detailed scales, increasing the possibility of accurate analysis, updated, and affordable.

Key words: Riparian forests, Remote Sensing, Pardo River, ALOS, Geographical Information Systems (GIS).

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo, que foi financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), via o Projeto Regular 2009/53932-2, aplicou produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento na análise do uso e cobertura da terra das Áreas de Preservação Permanente (APP) dos corpos d'água existentes na bacia hidrográfica do rio Pardo, para avaliar o grau de preservação de suas matas ciliares ou para indicar sua inexistência. Esta tarefa passou a ter importância em nossa sociedade, a partir do momento em que a legislação ambiental brasileira definiu que as áreas localizadas ao redor de nascentes, ao longo de córregos e ao redor de reservatórios e represas, não podem ser ocupadas com atividades econômicas ou produtivas, a não ser que estas sejam de interesse público. Conforme esta legislação, estes locais devem ser mantidos cobertos com espécies vegetais nativas do ecossistema onde estão inseridos.

Além disso, as APP tem despertado interesse em seu conhecimento por serem ecossistemas únicos, dotados de características peculiares que as diferenciam dos ecossistemas maiores, nos quais estão inseridas. Este interesse, no caso do Estado Brasileiro, se iniciou já na primeira metade do Século XX, com o Decreto 23.793 de 23 de janeiro de 1934, que aprovou o Código Florestal. Naquela época, porém, a preocupação maior era de manter uma reserva de madeira, considerada estratégica, nas propriedades e consequentemente no país.

Em 1965 foi aprovado o Novo Código Florestal (Lei 4.771/65) que trazia em seu bojo uma evidente preocupação com a população humana e com a relação desta com os recursos naturais. Naquele momento da história, as questões ambientais já começavam a se disseminar e ser debatidas em vários países do mundo.

Esta Lei, no entanto, foi praticamente ignorada durante todo o período da ditadura militar, inclusive pelo próprio governo brasileiro, que em algumas regiões chegou a estimular a ocupação das florestas, sem exigir a observação desta legislação por parte dos responsáveis pelas áreas.

No final da década de 1980, com a ampliação dos debates sobre as questões ambientais, no mundo e no Brasil, foram aprovadas importantes mudanças relativas ao tema APP na Lei 7.803 (1989), que alterou a redação da Lei nº 4.771 e aumentou as APP para no mínimo 30 metros de cada lado dos cursos d'água.

Mesmo com esta ampliação, a sociedade praticamente não se manifestou nem favoravelmente, nem contrariamente, simplesmente porque desconhecia esta legislação, a sua abrangência e o impacto no seu cotidiano.

A partir do ano de 1992, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) - conhecida também como ECO-92 ou Rio-92 - evento que contou com a participação de representantes de governos de mais de cem países e de ambientalistas de todo mundo, e que foi transmitido para o planeta todo, incluindo o Brasil inteiro, as questões ambientais passaram a fazer parte das agendas de governantes, partidos políticos e da sociedade civil brasileira.

Assim, esta sociedade começou a se organizar, e em função de avanços na Constituição Federal de 1988, criar ONGs (Organizações Não Governamentais) e outras associações, que finalmente perceberam a importância e o alcance da legislação ambiental, principalmente do Código Florestal. Neste processo também foram importantes as atuações de indivíduos, partidos políticos, sindicatos e alas de algumas igrejas.

A partir de 1998, com a aprovação da Lei 9.605 (Lei de Crimes Ambientais), estava completo o arcabouço legal para a proteção real e definitiva das APP.

Esta condição, porém, revelou alguns entraves importantes, que ao longo do tempo, levaram ao intenso debate ocorrido nos últimos anos sobre a legislação ambiental brasileira, principalmente sobre o Código Florestal.

Os principais problemas debatidos foram relacionados às áreas já ocupadas, anteriormente à legislação ou mesmo após a publicação desta, no período em que era completamente desconhecida. Assim, ao mesmo tempo em que uma parte da sociedade passou a exigir o cumprimento da legislação, outra passou a questionar os impactos desta sobre as atividades produtivas e, principalmente sobre os proprietários rurais e suas finanças.

Todo este debate culminou na aprovação da Lei 12.651/12, modificada pela Medida Provisória 571/12 e complementada pela Lei 12.727/12, que estabelece a normatização sobre a proteção da vegetação nativa de nosso país.

Estas Leis foram aprovadas em função de que, pela definição dada pela legislação anterior às mesmas, em várias regiões brasileiras, importantes atividades econômicas eram desenvolvidas em APP, como por exemplo, os plantios de arroz nas várzeas de muitos rios no Rio Grande do Sul e as criações extensivas de gado bovino nas planícies alagáveis do rio Paraguai e de seus afluentes, sobretudo no Pantanal. Além destas, muitas áreas urbanas foram implantadas e tinham suas infraestruturas em APP de rios. Isto, sem falar nas APP de encostas de morros, que não serão aqui discutidas por não ser objeto deste trabalho.

Foi em função destas condições e como consequência do aumento da pressão interna e externa pelo cumprimento da legislação, surgido a partir de seu conhecimento, por parte da sociedade, além do aprofundamento do saber relativo à importância das APP, que surgiram no

Congresso Nacional, várias propostas de alteração da legislação ambiental brasileira, algumas com o propósito de acertar as situações irregulares e outras com a intenção de revogar esta legislação e deixar o caminho livre para a ocupação dos espaços atualmente protegidos por direito, mas em muitos casos, desprotegidos de fato.

A grandeza do debate que se estabeleceu desde então, com as propostas de mudanças no Código Florestal Brasileiro indica a dimensão da importância que estes ecossistemas tem para a natureza, para a sociedade e para a comunidade científica.

A partir dos dados levantados nesta pesquisa e da ampla literatura consultada ao longo do desenvolvimento das diversas etapas da mesma, considera-se que as áreas de preservação permanente devem ser mantidas por serem locais onde a vida floresce em seu maior esplendor. Todos os seres vivos precisam de água para viver. E, é ao redor das nascentes, ao longo dos córregos, riachos, ribeirões e rios que a imensa maioria das espécies de animais prefere viver, pelo simples fato de que a água, vital para todas, está próxima.

Quando se analisa a espécie humana, vê-se que embora um número cada vez maior de pessoas more nas grandes cidades, sempre que surge uma oportunidade, estas se deslocam para as praias (do mar ou de rios), ou seja, para as áreas de preservação permanente de algum corpo d'água.

Ao estudar as APP do rio Pardo, verificou-se que este é um dos maiores rios do Sul do Estado de São Paulo, que abastece diversas cidades distribuídas ao longo de suas margens, gerando inclusive energia com algumas usinas instaladas em seu leito.

Desde suas principais nascentes, localizadas no município de Pardinho, até sua foz localizada no município de Salto Grande, o rio Pardo percorre mais de duzentos quilômetros, fornecendo suas águas para a dessedentação de animais, para matar a sede das pessoas, para irrigação de culturas agrícolas e pastagens, e ainda, para o desenvolvimento de atividades turísticas, principalmente em suas inúmeras cachoeiras ou dos seus afluentes (como nos municípios de Botucatu e Iaras). No município de Santa Cruz do Rio Pardo, é realizada anualmente a descida do rio Pardo em bóias, normalmente feitas de câmaras de ar, onde muitas pessoas cultuam a importância deste rio para o município, ao qual empresta inclusive o nome.

Em Ourinhos, a captação de água que serve à população está instalada no rio Pardo, assim como em suas margens está uma das estações de tratamento de esgotos, que tem o rio Pardo como destino final.

Estes são apenas alguns exemplos da importância do rio e de suas APP para a sociedade e para a manutenção dos recursos naturais água, solo, flora e fauna.

Para que o rio Pardo e suas APP fossem estudados detalhadamente, optou-se por adotar o sensoriamento remoto como fonte de dados e o geoprocessamento como base das técnicas utilizadas para as análises e para a elaboração dos produtos oriundos destas.

De acordo com Piroli (2012) o sensoriamento remoto tal como conhecemos atualmente, surgiu em meados do século XIX, com a instalação de câmaras fotográficas em balões para registrar informações referentes a alvos localizados na superfície terrestre. No início do Século XX, com o uso de balões e aviões para levantamentos relacionados à localização de alvos de interesse, principalmente militares, passou a ser estratégico para os países e suas ambições territoriais. Ao longo daquele século muitos avanços foram feitos nesta área. Porém, somente em 1972 foi colocado em órbita o primeiro satélite com interesse exclusivamente ambiental, o ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite-1*), denominado posteriormente de Landsat 1.

A partir daquele momento, muitos países, e nos últimos anos, muitas empresas tem investido esforços e recursos financeiros em pesquisas para terem seus sistemas de satélite operacionais, gerando imagens da superfície de todo planeta.

As imagens da série Landsat (1, 2, 3, 5 e 7) contribuíram sobremaneira para o estudo da distribuição dos recursos naturais da terra, bem como para análises do seu uso e cobertura. Nesta utilização cada vez mais intensa, foi se observando que as imagens com resolução espacial mediana (de 80, 30 e 15 metros), destes e de outros satélites, apresentavam limitações quando havia necessidade de detalhamento de informações.

Ao mesmo tempo, com o avanço da ciência no domínio de técnicas, com a intensificação da divulgação dos resultados de pesquisas, e consequentemente, com a conscientização da sociedade sobre a importância da preservação dos recursos naturais, começou a surgir a necessidade de aprofundar os estudos, aumentando também as escalas de observação e registro de dados.

A partir desta constatação, aquelas imagens que ofereciam uma visão sinóptica e repetitiva da superfície de nosso planeta (Piroli et al, 2002) já não serviam mais, surgindo a necessidade de desenvolvimento de novos sensores, com maior resolução espacial, que permitissem a análise mais detalhada de fenômenos específicos.

A partir do início do Século XXI, houve o aumento do número de satélites equipados com sensores de alta resolução espacial, ampliando a gama de produtos disponíveis aos usuários que atuam na área. Como consequência, houve a popularização do uso destes produtos, principalmente após a inserção de imagens de alta resolução em aplicativos disponibilizados gratuitamente, via internet.

De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2009), a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no Brasil teve início com os primeiros mapeamentos temáticos realizados na década de 1940, a partir do uso de fotografias aéreas.

Para a análise das imagens provenientes dos sensores remotos tem sido utilizadas, cada vez com maior frequência, as técnicas de geoprocessamento.

Pirolí (2010) afirma que o Geoprocessamento tem como uma de suas principais características integrar uma série de conhecimentos específicos, que quando unidos possibilitam ao profissional desenvolver atividades em diversas áreas do conhecimento, tornando-se um campo promissor e bastante atraente profissionalmente. Esta característica, no entanto, o torna relativamente complexo, exigindo que o profissional entenda e posteriormente domine conceitos e técnicas de várias ciências.

Segundo Fitz (2008) o estudo do espaço geográfico e dos aspectos ambientais nele inseridos pressupõe uma série de conhecimentos e informações que podem ser trabalhados de maneira mais ágil, fácil e rápida com novas tecnologias [...]. As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

Assim, partindo-se da hipótese de que as imagens de satélite de alta resolução espacial podem ser efetivas no mapeamento e na caracterização das APP tanto no que diz respeito ao uso da terra quanto com relação à identificação e representação dos corpos d'água e na atualização da cartografia básica, buscou-se nesta pesquisa avaliar o uso das APP dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo, caracterizando-se os componentes fundamentais da natureza (flora, água, solo e fauna) nelas existentes. Analisaram-se também as condições ambientais – de conservação ou de degradação - destas APP e destes elementos. Como fonte de dados foram utilizadas imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), através do uso de produtos do seu sensor PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) que coleta imagens com resolução espacial de 2,5 m em uma banda pancromática (abrangendo o intervalo de 0,52 μm a 0,77 μm do espectro eletromagnético). Para as análises espaciais (georreferência, processamento das imagens, geração de buffers, classificação do uso da terra e elaboração dos mapas) foram utilizadas técnicas de geoprocessamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *CONSIDERAÇÕES ACERCA DA IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE*

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011) as Áreas de Preservação Permanente (APP) são espaços territoriais especialmente protegidos de acordo com o disposto no inciso III § 1º, do art. 225 da Constituição Federal.

O MMA afirma ainda que as APP são aquelas áreas protegidas nos termos dos arts. 2º e 3º do Código Florestal. O conceito legal de APP relaciona tais áreas, independente de cobertura vegetal, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O mesmo texto descreve as funções ambientais das APP, como sendo de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e de flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

A SBPC (2011) afirma que entre os pesquisadores há consenso de que as áreas marginais a corpos d'água (sejam elas várzeas ou florestas ripárias) são áreas insubstituíveis em razão da biodiversidade e de seu alto grau de especialização e de endemismo, além dos serviços ecossistêmicos essenciais que desempenham, tais como a regularização hidrológica, a estabilização de encostas, a manutenção da população de polinizadores e de ictiofauna, o controle natural de pragas, das doenças e das espécies invasoras.

SBPC (2011) afirma ainda que:

na zona ripária, além do abrigo da biodiversidade com seu provimento de serviços ambientais, os solos úmidos e sua vegetação nas zonas de influência de rios e lagos são ecossistemas de reconhecida importância na atenuação de cheias e vazantes, na redução da erosão superficial, no condicionamento da qualidade da água e na manutenção de canais pela proteção de margens e redução do assoreamento (SBPC, 2011, p. 12).

Tundisi & Tundisi (2010) informam que diversos estudos tem demonstrado que o volume de água dos rios mantêm-se aproximadamente constante durante o ciclo estacional devido ao fator regulador da vegetação na quantidade de água escoada. Afirmam também que em bacias desmatadas e degradadas o custo de tratamento da água para o consumo humano pode aumentar em mais de 100 vezes, quando comparado com aquelas manejadas adequadamente e mantidas com matas ciliares.

Ab'Saber (2010b) destacou que não se faz qualquer projeto de interesse nacional pensando apenas em favorecer de imediato só uma geração do presente, em termos de

especulação com espaços ecológicos, sem pensar no sucesso de todos os grupos humanos, ao longo de muito tempo. O autor afirmou ser esta uma questão de bioética com o futuro.

Na mesma linha de raciocínio, Marques e Barbosa (2006) afirmam que a ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e consequente destruição dos recursos naturais, devido à falsa ideia de que estes eram inesgotáveis. Isto estimulou o chamado “desenvolvimento” desordenado, sem compromisso com o futuro. Desta forma, o processo de eliminação e fragmentação florestal, que é mais intenso nas regiões economicamente mais desenvolvidas, resultou num conjunto de problemas ambientais como a extinção de várias espécies da fauna e da flora, as mudanças climáticas locais, a erosão dos solos e o assoreamento dos cursos d'água. Neste contexto, as matas ciliares, mesmo protegidas por lei, não escaparam da degradação. Pelo contrário, pela sua localização, por estarem sobre solos férteis e por margearem cursos d'água, elas foram alvo de todo tipo de agressão, resultando em vários problemas ambientais que exigem ações corretivas de caráter multidisciplinar.

Marques e Barbosa (2006) afirmam ainda que considerando o quadro atual, de impacto antrópico nas matas ciliares do interior paulista, e sabendo da importância delas para o equilíbrio ambiental, a execução de projetos de recuperação desses ambientes passa a ser extremamente necessária, uma vez que as Áreas de Preservação Permanente exercem funções fundamentais para manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Concordando com os mesmos, diversos autores tem citado as influências positivas das matas ciliares na dinâmica do meio ambiente, tais como Bigarella e Suguio (1990), Motta (1995), Rodriguez e Sheperd (2001), Barrella et al. (2001), Lima e Zakia (2000), Tundisi (2005) e Boin (2005).

Estes autores afirmam que as matas ciliares atuam no controle climático, regulação da entrada e saída de energia, contenção de ribanceiras, diminuição da entrada de sedimentos, regulação da vazão e do fluxo corrente, influenciam na contenção de elementos químicos na água, formação de habitats e abrigos, corredores de migração, áreas de reprodução, fornecimento de material orgânico, sombreamento, valorização econômica das propriedades e formação da memória e do patrimônio cultural regional.

Para Criado (2012) o acúmulo de galhos e troncos de árvores, além de dificultar o fluxo da água, provoca pequenos represamentos da mesma, formando ambientes heterogêneos onde se abrigam diferentes espécies de peixes. A variação dos tipos de habitats ao longo da bacia hidrográfica aumenta a heterogeneidade ambiental e conseqüentemente a biodiversidade regional. Assim, a vegetação nas áreas de preservação permanente é a principal defesa física deste habitat, atuando na proteção das margens dos rios e das nascentes. Desta forma, o autor afirma que a preservação das APP é a maneira correta para a conservação dos rios,

possibilitando que estes cumpram o seu papel ecológico, mantendo a continuidade dos ciclos ecossistêmicos. Tricart (1977) salienta que a vegetação funciona como um pente, diminuindo a velocidade das partículas. Por conta disso, afirma que regiões morfologicamente estáveis, como as áreas de deposição de sedimentos, criam condições para o surgimento de vegetação pioneira e florestas estratificadas.

Em relação ao solo, Bigarella e Suguio (1990) informam que a mata ciliar auxilia na infiltração da água da chuva difundindo o fluxo, além de impedir através da proteção física e estabilizadora de raízes e da interceptação de gotas de chuva pela folhagem, o impacto direto da água pluvial sobre o mesmo. Esse amortecimento das gotas da chuva regula o escoamento superficial da água contribuindo para reduzir a erosão do solo, os assoreamentos, a poluição dos mananciais e controla as enchentes (MOTA, 1995). Além disso, conforme Boin (2005) a estabilização das margens dos rios pelas matas ciliares eleva a taxa de infiltração de água no solo florestal.

Barrella et al. (2001, p.195) destacam que:

São muitas as relações existentes entre os sistemas terrestres e aquáticos. As áreas ripárias apresentam importantes funções hidrológicas, ecológicas e limnológicas para a integridade biótica e abiótica do sistema. Do ponto de vista da biologia dos peixes, a mata ciliar possui as seguintes funções ecológicas: 1) proteção estrutural dos habitats; 2) regulação do fluxo e vazão de água; 3) abrigo e sombra; 4) manutenção da qualidade da água; 5) filtragem de substâncias que chegam ao rio; e 6) fornecimento de matéria orgânica de fixação de algas e perifíton.

Reconhecendo a importância e função dessas áreas, a legislação brasileira permite a supressão das Áreas de Preservação Permanente apenas em casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, conforme a resolução CONAMA 369/2006.

Embora a legislação especifique a necessidade de preservação dessas áreas e as normas para supressão em casos excepcionais, as ocupações em Áreas de Preservação Permanente são comuns, ocorrendo em muitos casos em função da busca por alimentos, água potável, madeira e combustível (BOIN, 2005). O mesmo autor afirma ainda que pela facilidade de acesso à água, as Áreas de Preservação Permanente se tornam um atrativo para a expansão da agricultura e pecuária, atingindo também o interior do corpo d'água, nas áreas de várzea.

Na mesma linha, Ribeiro et al. (2005) afirmam que o declínio da produtividade agrícola, aliado a visão míope da abundância dos recursos naturais, força, continuamente, a conversão de mais e mais terras para a agricultura, deixando um rastro de áreas degradadas, incluindo as APP.

Barbosa (2001) afirma que a drástica redução das matas ciliares e a fragmentação das florestas em geral, verificadas nos últimos anos no Brasil, têm causado aumento significativo dos processos de erosão dos solos, com prejuízos à hidrologia regional, evidente redução da biodiversidade e a degradação de imensas áreas.

Confirmando o exposto por Ab'Saber (2010a) identificou-se durante os trabalhos desta pesquisa que originalmente as margens dos rios da região abrangida pela bacia hidrográfica do rio Pardo eram cobertas por matas ciliares ou de galeria, predominantemente de Mata Atlântica, porém, com inserções de espécies típicas de Cerrado. Esta situação, que se manteve até o início do século XX, passou a ser modificada com a ocupação promovida pelas frentes de colonização. A partir deste período as matas ciliares começaram a ser derrubadas para a construção de moradias, plantio de roças e criações de gado. A proximidade com a água facilitava estas tarefas e a sobrevivência. Além disso, o rio Pardo servia como local de diversão, e próximo de sua foz, no rio Paranapanema, também possibilitava a navegação em alguns trechos.

A ocupação da região permitiu o desenvolvimento de cidades e a ampliação e o fortalecimento da agricultura e da pecuária. Porém, trouxe como consequência a destruição de praticamente toda cobertura vegetal nativa, incluindo aquela presente nas margens dos rios, sem que no entanto, as características da vegetação natural e sua influência nos demais componentes da natureza tivesse sido estudada. Conforme Dean (1996) a ocupação da região, a exemplo da maior parte da ocupação do Estado de São Paulo, foi feita de maneira agressiva, sem considerar as características ambientais, da vegetação natural, nem seus habitantes primitivos.

Por vegetação natural, neste trabalho, entende-se:

[...] áreas que preservam boa parte de sua cobertura vegetal natural, seja ela floresta, caatinga, pampa ou outra fisionomia. Estas áreas podem ter utilização produtiva como pastagens, extrativismo, podem estar em processo de regeneração ou ocupadas com atividades agrícolas pouco intensivas nas quais não houve a remoção completa da cobertura vegetal original em grandes extensões. Elas possuem elevado valor ecológico porque preservam a biodiversidade da flora, e são ambientes favoráveis para a preservação da fauna e outras formas de vida. São importantes também no contexto de diversos serviços ambientais como a preservação dos recursos hídricos, do ciclo hidrológico, e ajudam na assimilação do CO₂ emitido pelos combustíveis fósseis, entre outros. (SPAROVEK et al., 2010, p.184)

Considerando e concordando com este conjunto de exposições, verificou-se através do desenvolvimento das atividades desta pesquisa que atualmente as matas ciliares despertam o interesse pelo seu conhecimento por serem ecossistemas únicos, dotados de características peculiares que os diferenciam dos ecossistemas maiores, nos quais estão inseridas. No

entanto, tem-se ainda pouco conhecimento científico capaz de esclarecer as múltiplas relações ocorrentes entre o meio biótico e abiótico destes locais.

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E APP

No ano de 2010 as propostas de mudança no Código Florestal tiveram sua discussão ampliada para toda sociedade brasileira e aprofundada pelo meio acadêmico e por pesquisadores, que pouco foram ouvidos pelos propositores das alterações e pela comissão que analisou as propostas.

Quando o projeto desta pesquisa foi proposto à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) no ano de 2009, os debates estavam se tornando públicos, mas ainda não se poderia imaginar a proporção que a discussão sobre o uso e a ocupação da terra nas APP tomaria. Havia já a proposta de alteração do Código Florestal pelo Projeto de Lei (PL) 1.876/1999, complementado pelos PLs 4.524/04, 4.395/08, 5.020/09, 5.226/09 e 5.367/09, mas que, no entanto, não haviam sido ainda votados, e por conta disso, a comunidade científica e a comunidade preocupada com a relação homem/natureza ainda não tinham noção do tamanho e do alcance que as propostas de mudança trariam.

O Código Florestal Brasileiro teve sua concepção há mais de 70 anos, ainda no início da década de 1930, com o Decreto número 23.793/34 (BRASIL, 1934), que pode ser considerado o principal precursor da legislação ambiental do Brasil. Este teve como uma de suas principais características a definição do que são Áreas de Preservação Permanente (APP) e de sua importância para a preservação dos recursos naturais, sobretudo da proteção dos recursos hídricos.

O Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65, BRASIL, 1965) atualizou diversas questões importantes relativas à proteção das florestas e demais vegetações nativas. Posteriormente, esta Lei sofreu ainda mudanças com a Lei 7.803/89 (BRASIL, 1989) e com a Medida Provisória 1956-50 de 26 de maio de 2000 (BRASIL, 2000).

Todo este conjunto de normas e legislações foi sintetizado nas Leis 12.651/12 (BRASIL, 2012) e 12.727/12 (BRASIL, 2012) que

...estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos, tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável, atendendo aos princípios:

I - afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras;

II - reafirmação da importância da função estratégica da atividade agropecuária e do papel das florestas e demais formas de vegetação nativa na sustentabilidade, no crescimento econômico, na melhoria da qualidade de vida da população brasileira e na presença do País nos mercados nacional e internacional de alimentos e bioenergia;

III - ação governamental de proteção e uso sustentável de florestas, consagrando o compromisso do País com a compatibilização e harmonização entre o uso produtivo da terra e a preservação da água, do solo e da vegetação;

IV - responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais;

V - fomento à pesquisa científica e tecnológica na busca da inovação para o uso sustentável do solo e da água, a recuperação e a preservação das florestas e demais formas de vegetação nativa;

VI - criação e mobilização de incentivos econômicos para fomentar a preservação e a recuperação da vegetação nativa e para promover o desenvolvimento de atividades produtivas sustentáveis.

A Lei 12.651/12 em seu Artigo 4º, complementada pela Lei 12.727/12, considera Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

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

¹V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

¹ Os parágrafos V, VI, VII, VIII, IX, X e XI não foram considerados nesta pesquisa por não ser o objetivo da mesma. As letras c, d e "e" do parágrafo I não foram aplicadas nesta pesquisa por não existirem corpos d'água com as dimensões descritas na área estudada.

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

§ 1º Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais.

A partir do debate gerado sobre a importância das APP, tanto ecológicas quanto sobre sua influência na economia do Brasil, verifica-se que as mesmas são consideradas fundamentais para a sociedade e para o ambiente. No entanto, muitas das informações tidas como base para os argumentos de ambos os lados da contenda havida, são contraditórias e imprecisas, uma vez que nosso país não tem bases de dados confiáveis na escala que esta discussão exige.

As informações sobre APP são difíceis de serem obtidas e trabalhadas com exatidão devido à falta de dados precisos e nas escalas adequadas, uma vez que a maior parte das mesmas é formada por margens de nascentes e pequenos córregos (que tem número maior do que os grandes rios) e estas abrangem larguras de 30 metros (para corpos d'água com até 10 metros de largura) ou 50 metros de raio ao redor de nascentes.

Desta forma, conforme Piroli (2011) o trabalho com áreas de preservação permanente tem sido dificultado pela ausência ou pela inadequação da base cartográfica disponível. No desenvolvimento das diferentes fases deste estudo, observou-se que a base cartográfica utilizada pelo CBH-MP (Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema) em suas tarefas rotineiras encontra-se na escala de 1:250.000, o que inviabiliza o planejamento e a simples obtenção de informações precisas sobre nascentes, córregos e pequenos reservatórios. A segunda opção, em termos de base cartográfica encontrada, foi a utilização das cartas topográficas na escala de 1:50.000, disponíveis para a maior parte das regiões brasileiras. Estas, no entanto, estão na sua maioria, desatualizadas, e em muitos casos, contém erros de inclusão e de omissão de informações, principalmente relativas à hidrografia.

O mesmo autor coloca a questão: como trabalhar com áreas pequenas (raio de cinquenta metros ao redor de nascentes e larguras de trinta metros ao longo dos córregos), se não existe a base adequada para esta atividade? Além disso, se é sabido que há problemas com relação à representação das informações, como desenvolver atividades de planejamento, sem a confiança na base de dados existente?

É neste contexto que o sensoriamento remoto, através das imagens de satélite, passa a contribuir de maneira efetiva para o estudo e a avaliação dos recursos naturais nas bacias hidrográficas. Esta tecnologia, que tem evoluído constantemente, hoje conta com sensores

capazes de detectar informações em áreas cada vez menores da superfície terrestre (com alta resolução espacial e radiométrica), o que faz com que se tornem habilitados para serem usados nas tarefas de atualização das bases de dados, por permitirem estudos mais detalhados, como aqueles necessários para a análise das APP.

Além das imagens de satélite de alta resolução, tem-se atualmente a possibilidade do processamento das mesmas buscando a maximização do seu aproveitamento, através do geoprocessamento.

2.3 GEOPROCESSAMENTO: APLICAÇÃO EM ESTUDOS AMBIENTAIS

O termo Geoprocessamento pode ser separado em geo (terra – superfície – espaço) e processamento (de informações – informática). Desta forma, pode ser definido como um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIG), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra (PIROLI, 2010, p.6).

Para o mesmo autor, o objetivo do Geoprocessamento é utilizar o conjunto de conhecimentos, métodos, equipamentos e técnicas relacionados à informática, aos SIG (Sistemas de Informações Geográficas), ao sensoriamento remoto, ao GPS (Sistema de Posicionamento Global), à cartografia digital, ao processamento de imagens digitais, à topografia e demais levantamentos de campo e ao profissional capacitado, fornecendo opções para que os diferentes usuários determinem as características, e a evolução espacial e temporal de um fenômeno geográfico, permitindo a análise das inter-relações entre diferentes fenômenos de interesse.

O geoprocessamento, de acordo com Fitz (2009), evoluiu a partir dos avanços da informática e dos SIG, tendo se tornado nos últimos anos um instrumento essencial para o desenvolvimento de trabalhos que requerem a espacialização de informações. O autor destaca que produtos de geoprocessamento estão superando em uso os mapas analógicos. Câmara & Davis (2004) também afirmaram que o geoprocessamento surgiu a partir dos avanços da tecnologia da informática que tornou possível armazenar e representar informações geográficas em ambiente computacional.

Este tem tido aplicação em diversas áreas do conhecimento, contribuindo para a realização de estudos, sejam de caráter ambiental, social, econômico, entre outros. De acordo com Moreira (2011, p. 202)

[...] o geoprocessamento é um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objeto específico, ou seja, uma informação atrelada a um atributo geográfico. Por isso, tem sido empregado em

diversas áreas da ciência, entre elas a cartografia, a geografia, a agricultura e floresta e a geologia.

Para Veiga e Xavier da Silva

O geoprocessamento permite individualizar cada espaço através de suas características ou assinaturas, para que se possa nele atuar mais confiavelmente, além de discernir e explicitar os fenômenos que nele ocorrem, com base em análises mais concretas e rigorosas, minimizando interferências. (VEIGA; XAVIER-DA-SILVA, 2004, p. 189).

Por ter grande eficiência em diagnósticos ambientais, o geoprocessamento apresenta grande potencialidade no que se refere ao monitoramento dos problemas ambientais, permitindo a manipulação de diversos dados e informações e também a representação cartográfica destes. Brites et al. (1998) afirmaram que o geoprocessamento vem se tornando uma ferramenta importante para a execução de projetos relacionados à área de meio ambiente. As vastas áreas normalmente abrangidas por estes projetos, bem como o grande número de variáveis contempladas por eles, fazem do uso do geoprocessamento o principal recurso para o manuseio das grandes bases de dados envolvidas neles, sejam elas de natureza espacial ou não.

Assim, para auxiliar no levantamento de dados básicos sobre os recursos naturais, o uso do geoprocessamento torna-se mecanismo viável para as análises ambientais e base para futuras tomadas de decisões. Diversos trabalhos utilizando as geotecnologias (que dão suporte ao geoprocessamento) tem sido desenvolvidos para analisar o uso e ocupação das APP e avaliar seus impactos sobre os recursos naturais.

Nascimento et al. (2005) utilizaram o geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. Na mesma linha, Simões (1996) avaliou as áreas de preservação permanente da bacia do ribeirão Lavapés, em Botucatu-SP, através do uso do Sistema de Informações Geográficas Idrisi.

Sartori et al. (2009) mapearam as áreas de conflito de uso na bacia experimental do Alto Pardo utilizando imagem orbital do sensor CCD do satélite CBERS-2, e verificaram que mais de 50% da área está sob atividades antrópicas, desenvolvidas em áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental.

Na mesma linha, Kauano & Passos (2008) realizaram o levantamento do uso da terra em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio da Gama em Tijucas do Sul, no Paraná, verificando que as técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento foram satisfatórias para a realização do trabalho.

Pires Luiz et al. (2009) após analisarem o uso de imagens de satélite para o monitoramento das matas ciliares em rios com largura acima de 10 metros, verificaram que as mesmas são adequadas para este fim. Recomendam, no entanto, que os responsáveis por este tipo de trabalho devem ter o cuidado de fazer um maior detalhamento da área estudada com análises de campo, a fim de elaborar mapas que estejam o mais próximo possível da realidade. Afirmam ainda que ferramentas para o controle mais eficiente das APP existem. Cabe agora às iniciativas públicas ou privadas o interesse em fiscalizar e preservar uma vegetação tão importante para a manutenção dos recursos hídricos e do ecossistema ripário.

Piroli et al. (2012) afirmam que o uso das geotecnologias demonstrou-se fundamental para a localização precisa das áreas de preservação permanente do rio Pardo, para o acesso a estas áreas, para a elaboração de bancos de dados contendo as informações de diferentes épocas analisadas e para a sua representação cartográfica. Afirmam que esta característica permite que seja feito acompanhamento da evolução das características ambientais de toda área estudada ao longo de qualquer período de interesse, atualizando-se os dados sempre que necessário.

A partir deste conjunto de exemplos, verifica-se que o uso do geoprocessamento tem se tornado comum neste tipo de análise, pois possibilita a espacialização das informações com a criação de bancos de dados que podem ser gerenciados e manipulados em qualquer época e em qualquer tempo, e disponibilizados ao poder público, a pesquisadores e a outras instituições com atuação na área.

Por ser um instrumento de processamento de dados rápido e eficiente, este tem sido utilizado cada vez mais nas análises ambientais, possibilitando acompanhar fenômenos naturais dinâmicos da natureza, como também o desenvolvimento de fenômenos antrópicos em tempo real. Também tem colaborado na investigação da adequação do uso da terra, principalmente nas Áreas de Preservação Permanente (APP), em função da importância destas para a preservação da biodiversidade.

Contudo, de acordo com Delatorre e Piroli (2012) não se deve confundir o termo Geoprocessamento com SIG, pois o primeiro está relacionado a um termo mais abrangente referente a qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto SIG se refere a sistemas específicos que executam aplicações que envolvem o Geoprocessamento, ou seja, o SIG está relacionado a um conjunto de ferramentas reunidas para a aquisição, armazenamento, manipulação, visualização e análise de dados e informações geográficas.

Dentre os componentes do geoprocessamento, os mais importantes utilizados neste estudo são os sistemas de informações geográficas (SIG), que de acordo com Mendes e Cirilo

(2001) oferecem ferramentas operacionais para o suporte ao planejamento, gerenciamento, tomada de decisões e definição de políticas apresentando um avanço inequívoco na geração de informações mais precisas e com enorme redução de trabalho de aquisição, organização e processamento de dados; e o sensoriamento remoto que conforme Jensen (2009) trata da coleta de informações sobre um objeto ou área geográfica a partir de um ponto distante privilegiado.

2.3.1 – Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto surgiu em meados do século XIX, com a instalação de câmaras fotográficas em balões para registrar informações referentes a alvos localizados na superfície terrestre, de modo rudimentar, sem precisão espacial, mas trazendo a possibilidade de visualização dos alvos de uma posição elevada, com vantagem sobre quem se encontrava no solo. No início do século XX, com o uso de balões e aviões para levantamentos relacionados à localização de alvos de interesse, principalmente militares, passou a ser estratégico para os países e suas ambições territoriais. Ao longo daquele século muitos avanços foram feitos nesta área, tanto com relação aos filmes para fotografias aéreas e posteriormente aos demais dispositivos sensores, quanto com relação aos satélites e suas órbitas (PIROLI, 2012).

O Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como o processo de aquisição de informações sobre um determinado fenômeno ou componente da superfície terrestre sem haver o contato físico com ele (Jensen, 2009). Também pode ser considerado “a ciência e a arte de obtenção de informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por dispositivos que não estão em contato com os mesmos” (LILLESAND et al., 2004).

Para Liu (2007) o sensoriamento remoto é definido como a técnica de aquisição e de aplicações das informações sobre um objeto, sem nenhum contato físico com ele. Estas informações são adquiridas a partir da detecção e medição das mudanças que o objeto impõe ao campo eletromagnético.

Novo (1992) definiu sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de modernos equipamentos *sensores, equipamentos para processamento dos dados, equipamentos de transmissão, aeronaves, espaçonaves, satélites*, etc, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do *registro* e das *interações entre as radiações*

eletromagnéticas e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Rosa (2009) complementa os conceitos anteriores acrescentando que as informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais, como por exemplo, o radar. Assim, afirma que o sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades cujo objetivo consiste na caracterização das propriedades físico-químicas de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante por eles refletido e/ou emitido.

A principal fonte de energia para os sistemas sensores atualmente em operação é o Sol. Este gera a radiação a partir das reações termonucleares, ocorridas na fusão nuclear (MOREIRA, 2011). Esta energia chega até nosso planeta através das ondas eletromagnéticas, que após interagirem com a atmosfera e com os componentes da superfície, são refletidas e tem sua intensidade registrada pelos sistemas sensores.

O fluxo de radiação eletromagnética, ao se propagar pelo espaço, pode interagir com superfícies ou objetos, sendo por estes refletido, absorvido e/ou reemitido. Este fluxo depende das propriedades físico-químicas dos elementos irradiados, e o fluxo resultante constitui uma valiosa fonte de informações a respeito daquelas superfícies ou objetos (ROSA, 2009).

Estas informações chegam até os detectores instalados nos sensores na forma de diferentes intensidades de radiação, que são registradas como níveis de sinais, a partir da focalização da luz proveniente da cena sobre a matriz de detectores. Os fótons de luz que iluminam cada um dos detectores produzem uma carga elétrica diretamente relacionada com a quantidade de energia radiante incidente. Este sinal é eletronicamente amostrado e convertido num valor digital de brilho que varia de 8 bits (valores de 0-255) a 12 bits (valores de 0 a 4095).

Este valor de brilho pode ser armazenado e lido por um computador na forma de imagens de satélite.

Estas imagens tem tido aplicação cada vez mais intensa na sociedade atual, à medida que sua existência foi sendo divulgada e as suas aplicações conhecidas. Colaborou para esta intensificação também a melhora nas resoluções espacial, radiométrica, temporal e espectral.

A resolução espacial pode ser definida como sendo a habilidade do sensor de distinguir os alvos entre si. Ou seja, a capacidade do sensor discriminar a menor área do terreno. Jensen (2009) informa que é uma medida da menor separação angular ou linear entre dois objetos que pode ser determinada pelo sistema de sensoriamento remoto.

A resolução radiométrica refere-se à capacidade que um sensor tem de poder discriminar, numa área imageada, alvos com pequenas diferenças de radiação refletida e/ou emitida.

A resolução temporal indica o intervalo de tempo que o satélite leva para voltar a recobrir determinada área de interesse. Esta resolução depende da largura da faixa imageada no solo por um sensor ou pelo número de sensores instalados na plataforma orbital.

Já a resolução espectral refere-se à capacidade do sensor em caracterizar alvos em função da largura da banda espectral em que opera. Quanto mais fina for a largura da banda que opera um determinado sensor, e quanto maior for o número de bandas, melhor é sua resolução espectral. Se um sistema sensor possui detectores operando em mais de uma faixa espectral, é denominado multiespectral.

Weiers (1999) e Güls (1999), citados por Lang e Blaschke (2009) afirmam que o sensoriamento remoto por satélite possibilita o levantamento de dados sobre mudanças em extensas áreas. Por isso consideram interessante utilizar o potencial deste para o monitoramento regular e intenso. Afirmam que com o uso desta tecnologia é possível determinar áreas que apresentam mudanças relevantes para a proteção ambiental. Assim, o sensoriamento remoto atua como filtro ou como foco.

No caso desta pesquisa, os produtos do sensoriamento remoto utilizados, foram as imagens do satélite japonês ALOS, através do uso de produtos de seu sensor PRISM e do sensor AVNIR-2, do ano de 2007. Além destas imagens, foram utilizadas cenas disponíveis no Google Earth, para confirmação de informações em locais onde as imagens ALOS apresentavam algum tipo de problema, como nuvens, por exemplo.

Estas imagens foram georreferenciadas em sistemas de informações geográficas (SIG), para em seguida serem trabalhadas utilizando-se geotecnologias e técnicas de geoprocessamento.

Pirola *et al.* (2002) afirmaram que para o manuseio e análise dos dados provenientes de sensores remotos, os aplicativos mais usados são os de processamento digital de imagens e os denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes aplicativos são capazes de armazenar, analisar e localizar espacialmente dados de um fenômeno. Além disso, permitem o manuseio e a saída de dados já analisados e tratados.

Neste projeto, para o processamento dos dados provenientes dos sensores remotos e para integração destes com os dados obtidos nos trabalhos de campo, foram utilizados os SIG Idrisi Taiga e o ArcGIS 9.3.1.

2.3.2 – Sistemas de Informações Geográficas

Os SIG são aplicativos computacionais que permitem o levantamento, o manuseio e a análise de dados geográficos espacializados.

Fitz (2008) define SIG como

Um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008, p. 23).

O mesmo autor afirma que

Os produtos gerados por um SIG vinculam-se ao espaço físico, podendo, entretanto, trabalhar fenômenos climáticos humanos, sociais e econômicos, entre outros. A partir desses espaços devidamente “mapeados” e trabalhados pelo SIG, pode – se conhecer melhor uma região, possibilitando, assim, o fornecimento de subsídios para uma futura tomada de decisões [...] o próprio desenrolar das atividades desenvolvidas no decorrer do uso de um SIG pode fazer parte de um processo decisório mais consistente. (FITZ, 2008, p.25).

De acordo com Burrough & McDonnell (2004) SIG é “um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico” Já Eastman (1998) define SIG como “um sistema assistido por computador para a aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos”.

Rocha (2000) define SIG como

Um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanumérico (ROCHA, 2000, p. 48).

Para Teixeira et al. (1992) um SIG é um sistema de informação geográfica que utiliza uma base de dados computadorizada contendo informação espacial, sobre a qual atuam diversos operadores espaciais. Desta forma, estes sistemas são constituídos por vários programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial.

Assim, um SIG para desenvolver as atividades necessárias à sua aplicação em um projeto, deve permitir a integração, em uma mesma base, de imagens de satélites, dados provenientes de mapas e cartas topográficas, dados de censo, informações de cadastro urbano e rural, informações de redes e modelos numéricos de terreno. Deve ter ainda algoritmos para

manipular, analisar, consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Diante deste contexto, Veiga e Xavier-da-Silva argumentam que o uso dessas novas tecnologias

[...] de informação e de tratamento de dados espaciais digitais (redes, internet, computação gráfica, comunicação, imageamento remoto e geoprocessamento, entre outras) se tornam instrumentos indispensáveis ao geoplanejamento a medida que possibilitam, além da espacialização da informação, maior acessibilidade, previsão e velocidade na obtenção e processamento dos dados necessário a análise. Essas novas tecnologias ganham importância cada vez maior, pois propiciam conhecer melhor o espaço e a sociedade que o produz e mais refinadamente espacializar as relações entre os dois, como subsídio à tomada de decisão. (VEIGA; XAVIER-DA-SILVA, 2004, p.188)

Desta maneira, de acordo com Câmara et al. (2005) o termo Sistema de Informação Geográfica é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferecem ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum: a localização geográfica.

Para Lang e Blaschke (2009) as características estruturais da paisagem são observáveis, descritíveis, quantificáveis, e ao mesmo tempo transformáveis. Assim, os SIG se aplicam adequadamente para o registro das informações e acompanhamento de suas dinâmicas.

Inúmeras pesquisas tem sido desenvolvidas usando estes aplicativos para análises geográficas, ambientais, agrícolas, rurais e urbanas. No que se refere à aplicação dos SIG para estudos de APP, se pode citar como exemplo Souza (2008) que aplicou o SPRING na análise de algumas APP urbanas na cidade de Uberlândia, MG, e verificou que a largura destas pode influenciar na diminuição do escoamento superficial da água das chuvas, protegendo assim, os corpos d'água. Além desta autora, citamos ainda Trevisan e Adami (2009) que estudaram a integração de dados de sensores remotos diferentes para a análise do uso e ocupação das APP do município de Cornélio Procopio, PR e verificaram que é um método simples e aplicável para análise do cumprimento do Código Florestal brasileiro.

2.4 O RECORTE ESPACIAL DA PESQUISA: A BACIA HIDROGRÁFICA

A unidade ideal para o trabalho com recursos naturais é a bacia hidrográfica, uma vez que esta é definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área. O elo entre estes componentes é a água que ao precipitar sobre este espaço é direcionada para regiões determinadas pelo seu ciclo, formando os córregos e rios que escoam superficialmente ou infiltra nos depósitos subterrâneos, alimentando os aquíferos ou as nascentes que manterão os cursos de água nos períodos entre as precipitações.

A bacia hidrográfica é, de acordo com a Lei nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), a unidade básica para gestão dos recursos hídricos. Desta forma, considera-se que a mesma deve ser adotada como sendo o espaço adequado para o gerenciamento dos demais recursos naturais, uma vez que pode ser definida como uma área com características físicas e biológicas delimitadas pelos seus divisores de água, onde vive e interage o ser humano, e onde as águas superficiais e subterrâneas, são deslocadas, normalmente pela força da gravidade, até um córrego, rio ou reservatório (superficial ou subterrâneo), por canais, que confluem a um curso d'água maior que pode desembocar em um rio principal, em um depósito natural ou artificial de água, em um pântano ou diretamente em um oceano.

De acordo com Lima (2006) uma bacia hidrográfica compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários. O limite superior de uma bacia hidrográfica é o divisor de águas (divisor topográfico), e a delimitação inferior é a saída da bacia (confluência).

Coelho Netto (2005) afirma que é a área da superfície que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial, variam de tamanho e articulam-se a partir de divisores de drenagens principais, drenando em direção a um canal-tronco ou coletor principal e constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado, que podem ainda ser desmembrados em sub-bacias.

Para Rodrigues e Adami (2005) bacia hidrográfica é um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais.

Para Dibieso (2007) a água é o recurso natural mais importante de uma bacia hidrográfica. O autor define que a qualidade desta, por sua vez, está intimamente ligada com

os usos e atividades desenvolvidas na bacia. Assim, o que ocorrer aos elementos, matérias e energias presentes na área, terá reflexos sobre os demais, e desta forma, tudo o que ocorre na bacia hidrográfica repercute direta ou indiretamente nos rios e na qualidade e quantidade das águas (LEAL, 1995).

A água que circula em uma bacia hidrográfica traz desta forma, a informação de como ocorre a relação entre seus componentes naturais e do homem com estes. O uso e a ocupação da terra em uma bacia influenciam na qualidade de seus recursos naturais, modificando-os. A preservação ou a retirada das matas ciliares existentes nas margens dos rios é uma das medidas que mais impactam o ecossistema de uma bacia, pois estas são um componente natural importante, uma vez que filtram as águas, atuam como barreiras físicas aos processos de transporte de materiais e mantêm a estabilidade das margens das nascentes e rios.

Capobianco e Whately (2002) afirmaram que a conservação da quantidade e da qualidade da água depende das condições naturais e antrópicas das bacias hidrográficas, onde ela se origina, circula, percola ou fica estocada, na forma de lagos naturais ou reservatórios artificiais. Isto ocorre por que ao mesmo tempo em que rios, riachos e córregos alimentam uma represa (por exemplo), também podem trazer detritos e materiais poluentes que tenham sido despejados diretamente neles ou no solo por onde as suas águas passaram.

Assim, o pressuposto básico da gestão de bacias deve ser o do uso múltiplo dos recursos hídricos. A água proveniente das chuvas deve ser aproveitada pelos ecossistemas em todos os seus momentos dentro do seu ciclo na área de uma bacia. Desde o instante em que precipita, ela deve remover impurezas de sobre as folhas, galhos e troncos das plantas. Em seguida, deve se infiltrar no solo de maneira suave, levando para seu interior umidade e nutrientes. Na sequência, a água deve percolar profundamente, até chegar aos depósitos subterrâneos, onde deve contribuir para a manutenção do lençol freático, para a formação das nascentes ou ficar armazenada nos aquíferos.

No entanto, esta sequência é muitas vezes, e cada vez com mais intensidade, modificada pelo homem e por suas atividades. Os responsáveis por estas atividades muitas vezes não tem consciência que fazem parte de um contexto maior, e que com suas tarefas interferem neste ciclo, trazendo mudanças importantes no mesmo, e correndo risco de escassez de água, tanto pela falta em quantidade, quanto em qualidade.

Para que as interferências sejam minimizadas, e para que o abastecimento necessário às atividades produtivas da sociedade se mantenham, é importante que sejam estabelecidos sistemas de gestão de bacias integrados, que considerem as características do ciclo natural das águas e dos ecossistemas e o conjunto das necessidades humanas.

Neste caminho, a gestão das águas por bacias hidrográficas é a melhor opção, uma vez que esta unidade é definida pela própria natureza ao longo de sua história evolutiva. Assim sendo,

para gerenciar os recursos hídricos em uma bacia, é preciso considerar os aspectos físicos de relacionamento entre a terra e a água, superficial e subterrânea, o manejo destas águas pelas pessoas que delas utilizam e as relações econômicas oriundas da utilização da mesma água no sistema bacia, tais como irrigação, geração de energia e dessedentação de pessoas e criações.

As matas ciliares são neste contexto a última barreira a impedir o aporte de sedimentos e resíduos nos corpos d'água, em bacias ocupadas com atividades produtivas intensas, como é o caso da bacia hidrográfica do rio Pardo. Sua existência, cobrindo as APP é desta maneira crucial para a preservação da qualidade das águas do rio, que são utilizadas pela população humana em quantidades cada vez maiores, isto, sem falar na sua importância para as demais espécies que nelas vivem ou delas dependem para dessedentação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Pardo está localizada na região Centro/Sudoeste do estado de São Paulo. A mesma faz parte da Região Hidrográfica do Paraná, sendo componente da Bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, esta, uma bacia federal, por abranger áreas dos estados de São Paulo e Paraná.

No sistema paulista de gerenciamento de recursos hídricos, a bacia do rio Pardo faz parte da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – 17 (UGRHI-17), que contém os rios tributários do Médio Paranapanema. A Figura 1 apresenta esta localização.

3.1.1 Características físicas e biológicas da bacia do rio Pardo

3.1.1.1. Características climáticas

De acordo com IBGE (2002) o clima da região onde a área de estudo está inserida é classificado como Tropical Brasil Central, subquente (com temperaturas médias entre 15 e 18° C em pelo menos um mês), úmido. Ao sul do planalto, nas margens do rio Paranapanema, aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca de inverno, do tipo Cfa.

3.1.1.2. Características geomorfológicas

A área de estudo está localizada na Bacia Sedimentar do Paraná, tendo suas principais nascentes no Planalto Residual de Botucatu, onde os modelados dominantes são as colinas com topos amplos, cujas altitudes variam entre 600 e 900 metros, com declividades dominantes entre 10 e 20%. A região central e a foz da bacia do rio Pardo encontram-se localizadas no Planalto Centro Ocidental onde os modelados dominantes são as colinas amplas e baixas com altitudes variando entre 300 e 600 metros, com declividades dominantes entre 10 e 20% (ROSS; MOROZ, 1997).

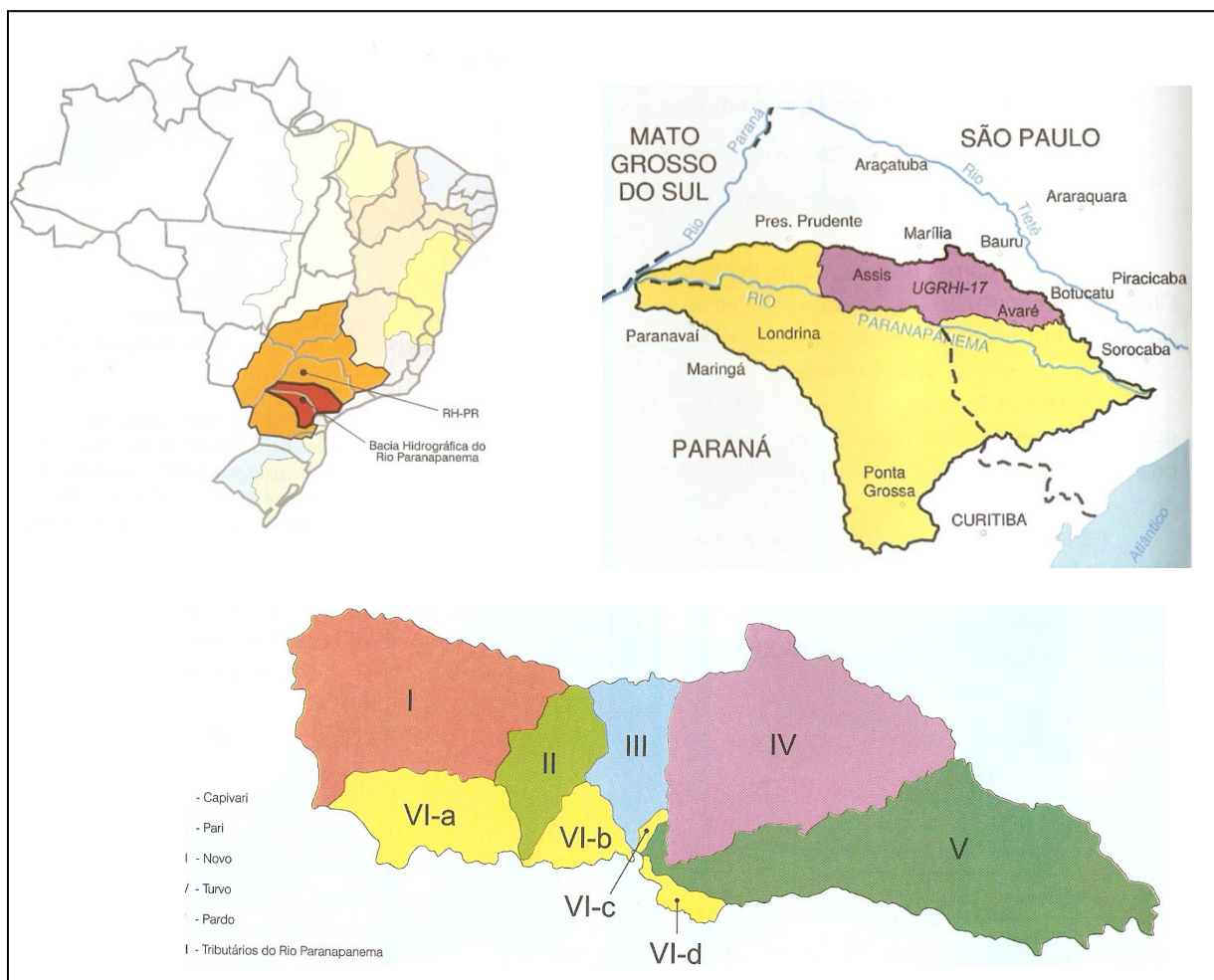


Figura 1 – Região Hidrográfica do Paraná, Bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (Federal), Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – 17 (Médio Paranapanema) e Unidades Hidrográficas principais da UGRHI – 17 (V – Rio Pardo, objeto desta pesquisa). Sem escala. Fonte: Plano de Bacia da UGRHI 17, 2007. Org.: Piroli, 2013.

3.1.1.3. Características pedológicas

Os solos predominantes na bacia hidrográfica do rio Pardo são os Latossolos Vermelhos, distribuídos na maior parte da sua área e os Nitossolos localizados a Sudeste em pequenas manchas nas regiões de maior altitude e em uma mancha maior na região Centro-Oeste da bacia. Além destes, ocorrem também na área duas manchas de Latossolo Vermelho Amarelo, localizadas nas sub-bacias do rio Novo a Sudeste e do rio Claro a Nordeste, e 4 manchas de Argissolos, localizadas a Leste, Norte e Centro-Oeste da bacia do Pardo (OLIVEIRA et al., 1999).

3.1.1.4. Características geológicas

As unidades litoestratigráficas da área de estudo pertencem ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral, ao longo dos principais rios, e a Leste, próximo à foz do rio Pardo, ao

Grupo Bauru, Formação Marília, nas maiores altitudes a Leste e a Noroeste. Deste Grupo, ocorre ainda a Formação Adamantina na região central da bacia, entre a Formação Serra Geral e a Formação Marília. Além destas, são encontrados em pequenas manchas localizadas no centro da bacia Sedimentos Aluvionares (IPT, 1981).

3.1.1.5. Características hidrográficas

A bacia hidrográfica do rio Pardo é afluenta da margem direita do Médio Paranapanema, rio este que deságua na margem esquerda do rio Paraná, ao Sul da área urbana de Rosana, no estado de São Paulo. O rio Pardo tem como principais afluentes o rio Claro pelo lado Norte, na sua margem direita, e o rio Novo pelo lado Sul, na margem esquerda. A foz destes dois rios está localizada nos municípios de Iaras e Águas de Santa Bárbara, respectivamente.

As características geológicas da área determinam a ocorrência dos aquíferos Bauru, Serra Geral e, confinado, o Aquífero Guarani. De acordo com o Plano de Bacia do Médio Paranapanema (2007), as captações superficiais de água para abastecimento público na bacia do rio Pardo alcançam $1,053\text{m}^3/\text{s}$. As captações subterrâneas, por poços, somam $0,577\text{ m}^3/\text{s}$. O mesmo plano aponta que a situação da razão entre a captação e a vazão média ($Q_{\text{média}}$) – $66,77\text{m}^3/\text{s}$ - é excelente, uma vez que alcança 1,6% de consumo do volume total. Neste índice é calculado o volume e não a qualidade da água.

O mesmo Plano informa que a vulnerabilidade dos aquíferos chega a ser média/alta em algumas regiões próximas ao divisor de águas, nos municípios de Pardinho e Itatinga e na região central da bacia nos municípios de Iaras e Águas de Santa Bárbara.

3.1.1.6. Características da vegetação nativa

Conforme Nucci (2001) a vegetação nativa pode ser considerada um indicador da qualidade ambiental, uma vez que a partir de sua existência ou inexistência, muitos problemas podem ser explicados, evitados, identificados ou resolvidos.

A vegetação nativa predominante na área da bacia hidrográfica do rio Pardo é a Floresta Estacional Semidecidual que se distribui ao longo das cabeceiras dos principais tributários, na região de Pardinho, Botucatu e Itatinga, e ainda nos municípios do baixo Pardo, como Ourinhos, Canitar e Santa Cruz do Rio Pardo. Na região central da bacia, nos municípios de Águas de Santa Bárbara, Iaras e Avaré predomina a Savana (Cerrado) e o contato desta com a Floresta Estacional (SÃO PAULO, 2005).

3.1.1.7. Características do uso da terra

De acordo com Santos (2004) o uso e a ocupação das terras é um tema básico para o planejamento ambiental porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. É desta forma, uma ponte essencial para a análise de fontes de poluição e um elo importante para a ligação entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico.

A bacia hidrográfica do rio Pardo apresenta-se coberta predominantemente por pastagens na região das nascentes dos seus principais afluentes. No médio e no baixo curso predominam as culturas agrícolas. Em toda área da bacia ocorrem, no entanto, rápidas transformações no uso da terra, substituindo-se as pastagens pela cana de açúcar ou por plantações de eucaliptos e laranjas, de acordo com o retorno econômico proporcionado por cada cultura. Em algumas regiões, sobretudo no município de Avaré, estão implantados diversos sistemas de irrigação por pivôs centrais.

3.1.2 – Materiais utilizados

Os aplicativos usados neste trabalho foram os SIG (Sistemas de Informações Geográficas) Idrisi, versão Taiga, Carta Linx e ArcGIS 9.3.1. Foram utilizados ainda editores de texto, planilhas eletrônicas, bancos de dados e o Adobe Photoshop Elements 5 para tratamento de imagens e mapas.

A base de dados para realização do projeto foi composta pelas cartas topográficas em escala de 1:50.000, sobre as quais foram vetorizadas as nascentes, os corpos d'água e os limites da bacia do rio Pardo e de suas microbacias; por imagens do satélite ALOS (sensores AVNIR e PRISM), dos satélites Landsat 5 (sensor TM) e 7 (sensor ETM), bandas 3, 4 e 5, do satélite CBERS (sensores CCD e HRC), e imagens do satélite QuickBird extraídas do Google Earth. Para serem utilizadas, todas as fontes foram georreferenciadas no sistema UTM, Datums Córrego Alegre (para aqueles dados provenientes das cartas topográficas) e SAD 69. Na etapa final, todos os resultados do trabalho foram convertidos para o sistema SAD 69 (*South American Datum*).

A maior parte das análises foi efetuada sobre imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), que foi lançado em 24 de janeiro de 2006 pela Agência Espacial Japonesa (JAXA). Sua órbita é solar-síncrona com altitude média de 691 km. Este carrega a bordo três instrumentos sensores (o *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* – PALSAR – é um sensor radar que não foi usado neste trabalho). Nesta pesquisa foram usadas

imagens com resolução radiométrica de 8 bits dos sensores *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2* (AVNIR-2), sensor multispectral, que possui 4 bandas espectrais no visível e infra-vermelho próximo com resolução espacial de 10 metros (Tabela 1); e *Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM), sensor com uma banda pancromática com resolução espacial de 2,5 metros.

Este satélite foi escolhido em função de que as características espaciais das APP dos pequenos corpos d'água (largura de 30 a 50 metros) fazem com que haja a necessidade do uso de imagens de sensores remotos com alta resolução espacial, que permitam a obtenção de informações temporais, com precisão na sua localização. Além disso, no período de realização deste projeto estas imagens eram disponibilizadas por um custo acessível para instituições de pesquisa em função de convênio existente entre os governos brasileiro e japonês.

Tabela 1: Bandas espectrais do satélite ALOS e suas respectivas resoluções espaciais.

Bandas	Intervalo espectral (μm)	Resolução espacial (m)
1	0,42 – 0,50	10
2	0,52 – 0,60	10
3	0,61 – 0,69	10
4	0,76 – 0,89	10
Pan	0,52 – 0,77	2,5

As imagens ALOS foram adquiridas em formato *geotiff*, junto ao IBGE. Para serem utilizadas no sistema de informações geográficas Idrisi Taiga, tiveram que ser convertidas para o formato *rst*, lido por este.

Para os trabalhos de campo, foram utilizados aparelho de posicionamento global (GPS), câmaras fotográficas, filmadora, e equipamentos para coletas de amostras de solo, de água e de vegetação, tais como trado, cavadeira, eckit, podão e prensa de madeira.

A interpretação das imagens seguiu as chaves de interpretação propostas por Jensen (2009), Florenzano (2007) e Rocha (1986), que consideram os seguintes elementos: localização, tamanho e forma das feições, textura, tonalidade, padrão, associação com aspectos do ambiente, sombras, convergência de evidências e elementos de drenagem.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As análises necessárias a esta pesquisa se iniciaram com a montagem dos mosaicos e com a georreferência das cartas topográficas e das imagens do sensor PRISM do satélite ALOS. Em seguida os córregos, rios e demais corpos d'água foram vetorizados em uma

primeira aproximação sobre as cartas topográficas (onde se verificou imprecisões e falta de corpos d'água) e após, sobre as imagens ALOS (sensor PRISM). Nas áreas onde todas as imagens dos sensores AVNIR e PRISM apresentavam boa qualidade, foram elaboradas fusões juntando as características das imagens multiespectrais com resolução de 10 metros com a banda pancromática com resolução de 2,5 metros.

Na sequência, foram aplicadas técnicas de operadores de distância (buffers) para demarcar os limites das APP dos rios, nascentes e reservatórios sobre as imagens. Estes limites seguiram o determinado pela legislação ambiental, Leis 4.771/65, 7.803/89, pela Medida Provisória 1956-50/00 e Resolução CONAMA 303/02. Após, iniciou-se a classificação do uso da terra da área de estudo. Esta classificação foi elaborada a partir da análise visual das imagens de satélite. Posteriormente todos os usos foram confirmados a campo.

Em função da legislação, as APP dos córregos, rios e nascentes foram definidas com as dimensões (Estas foram mantidas na Lei 12.651/12 em seu Artigo 4º, que foi complementada pela Lei 12.727/12):

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- ...
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Nos trabalhos de campo foram anotadas as ocorrências de nascentes que não estão identificadas nas cartas topográficas. Além disso, foram identificadas também aquelas que ocorrem dentro das APP, indicando sua localização nas imagens e cartas resultantes deste estudo. Esta tarefa foi importante, pois no caso de nascentes, sua APP abrange um raio de 50 metros, o que amplia a APP (que para rios de até 10 metros de largura, é de 30 metros, de acordo com a legislação).

As APP foram calculadas somando-se as áreas das margens dos córregos (30 metros de cada lado), descontando-se os primeiros 50 metros após a nascente (que são calculados na APP da nascente e os últimos 30 metros do rio que são computados na APP do leito do rio principal). Este valor foi modificado na análise do Baixo Pardo, uma vez que as APP destes são de 50 metros. Assim, nesta área, o desconto na foz dos tributários foi de 50 metros.

Nesta pesquisa, a unidade básica para o recorte espacial foi a bacia hidrográfica do rio Pardo. Devido às amplas dimensões da área de estudo, para organizar as análises realizadas nas APP, além de estruturar a interpretação dos resultados, esta foi dividida em quatro unidades (sub-bacias). A Figura 2 destaca esta divisão.

Nos aplicativos SIG utilizados foram localizadas e espacializadas todas as nascentes que originam córregos da área de estudo, todas as represas, mesmo aquelas que não estão ligadas a corpos d'água, e todos os córregos, ribeirões e rios da bacia hidrográfica do rio Pardo.

Neste processamento, foram inseridos os nomes e as dimensões de todos estes corpos d'água, cuja identificação foi possível (alguns pequenos córregos e açudes não tiveram esta identificação, devido à indisponibilidade da mesma nas cartas topográficas e a impossibilidade de identificação *in loco*). A Figura 3 mostra a identificação do córrego Ribeirão da Boa Vista, como exemplo do processo de elaboração do banco de dados.

A partir deste banco de dados, foram gerados buffers destacando as APP de acordo com a legislação ambiental, sobretudo, o Código Florestal e suas legislações complementares.

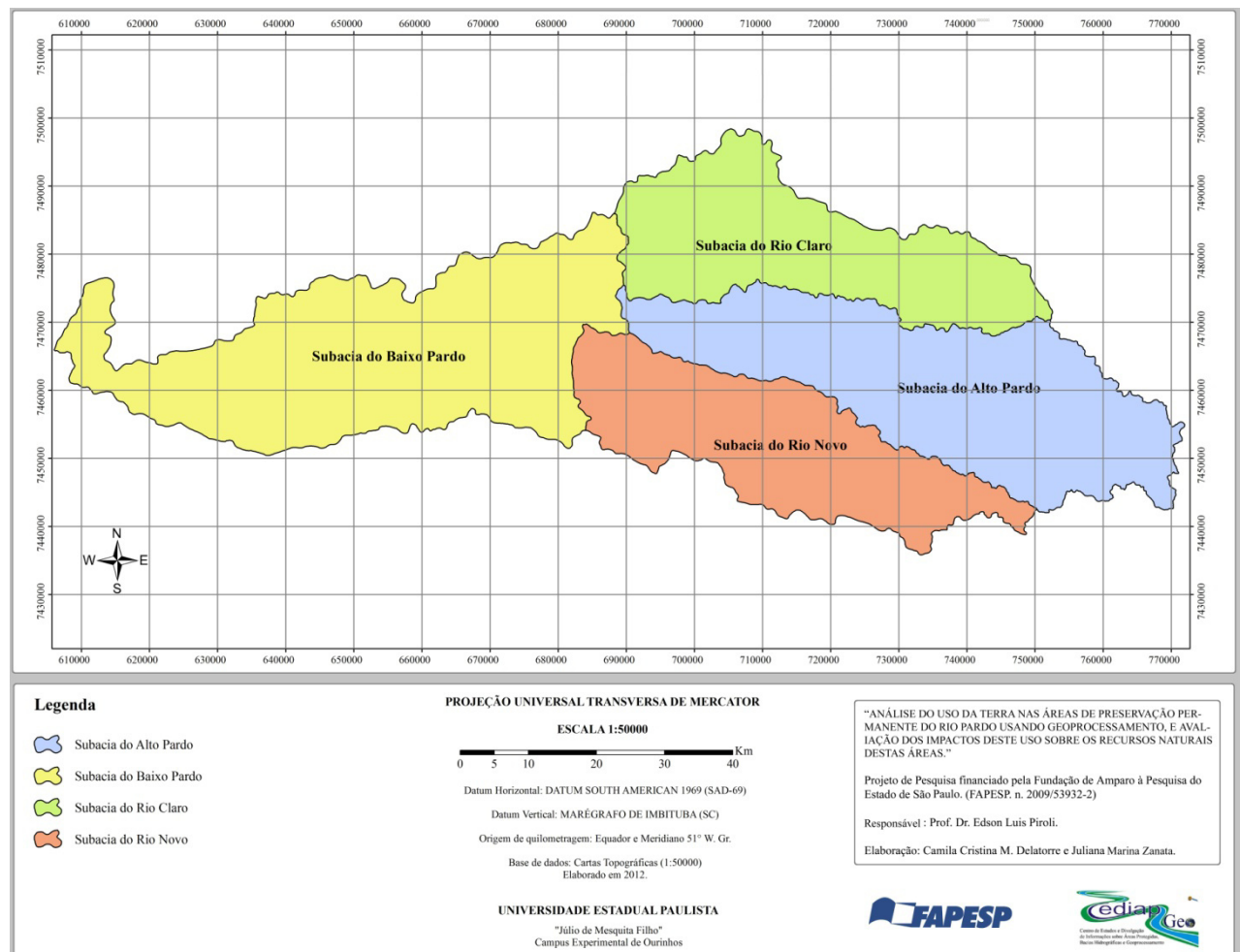


Figura 2 – Bacia hidrográfica do rio Pardo, e suas principais sub-bacias.

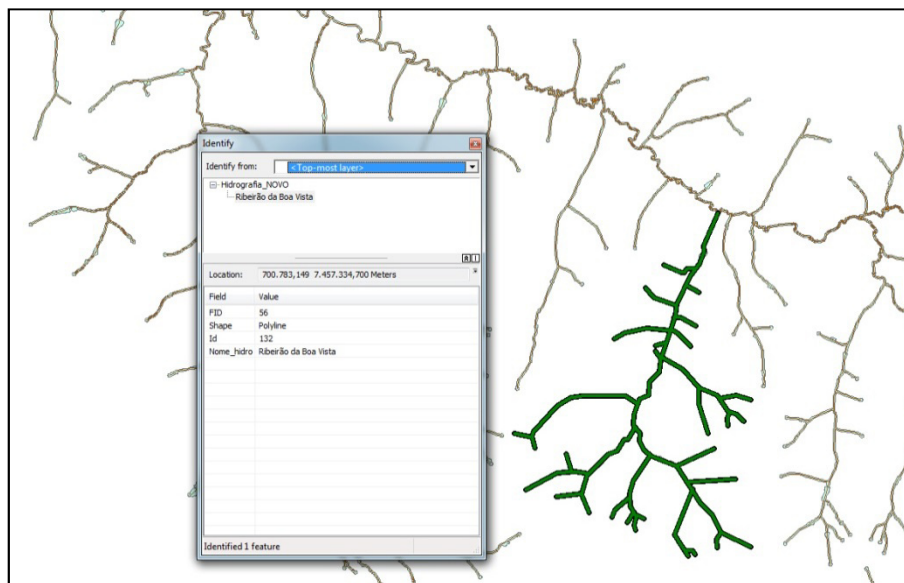


Figura 3 – Destaque do córrego Ribeirão da Boa Vista e de parte de seu banco de dados (sem escala).

Os buffers dos córregos foram gerados a partir de linhas vetorizadas sobre as imagens ALOS/PRISM, considerando-se sua largura média (para os pequenos córregos, adotou-se o valor médio de 2,5 metros, que é a resolução da imagem oriunda deste sensor). Os rios maiores tiveram seus leitos vetorizados como polígonos. Os buffers das nascentes foram gerados a partir de pontos indicativos do centro da nascente (é importante destacar que devido às características pedológicas e geomorfológicas, praticamente todas as nascentes analisadas tem suas águas brotando em pontos específicos, não formando regiões – veredas - de nascentes).

Os buffers dos açudes e barragens foram gerados a partir de polígonos vetorizados sobre estas áreas. As larguras dos buffers obedeceram ao determinado pela Medida Provisória nº 1.956-50/2000 e pela Resolução CONAMA 302, que informa em seu artigo 3º:

Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:

I - trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais;

...

III - quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural (RESOLUÇÃO CONAMA, 302 / 2002).

A Figura 4 mostra um exemplo do resultado da geração dos buffers em cada um dos corpos d'água e das suas diferentes dimensões. Destaque-se que a represa maior, localizada a Nordeste da área da figura é a PCH (Pequena Central Hidrelétrica) do rio Novo.

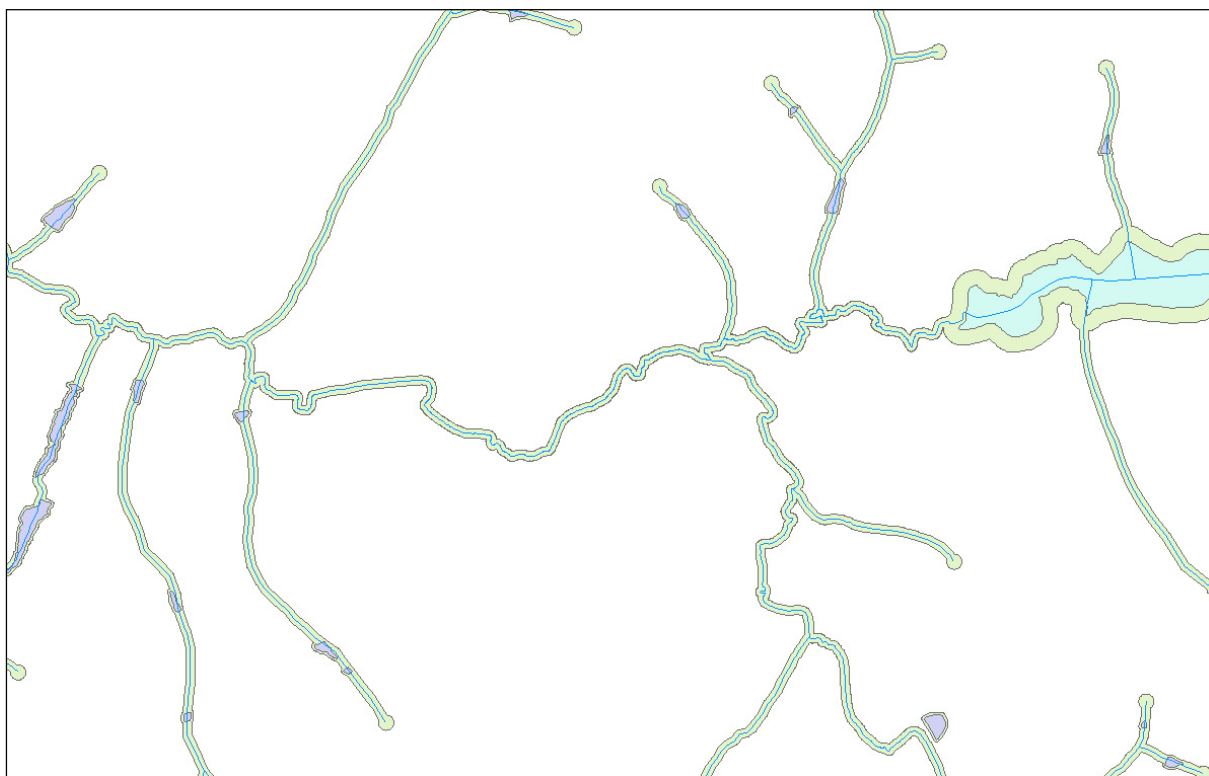


Figura 4 – Exemplo de buffers gerados a partir dos corpos d'água do rio Pardo (sem escala).

A Figura 5 mostra os buffers delimitando as APP do córrego Espraiado, um dos afluentes do rio Pardo, no município de Óleo, a área urbana avistada na figura.



Figura 5 – Buffers delimitando as APP do córrego Espraiado (linha preta). A linha branca representa a localização do leito do rio.

As categorias utilizadas para a classificação do uso da terra nesta pesquisa foram definidas pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006). Estas foram divididas em:

- **Floresta** - nesta categoria foram inseridas as formações arbóreas, incluindo-se as áreas de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu ou palmeira), de Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e frio) além de áreas com Savana Florestal (Cerradão), Savana Estépica Florestada e intercalações entre estas. Este título inclui áreas remanescentes primárias e estágios evoluídos de recomposição florestal.

– **Campestre** - de acordo com IBGE (2006) entendem-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Este cita o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (1992) que informa estarem incluídas nessa categoria as Savanas, Estepes, Savanas Estépicas, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos. Estão ainda inseridas nesta classe as formações de influência Fluvial e/ou lacustre arbustiva e herbácea (Comunidades Aluviais).

– **Pecuária** – são áreas utilizadas para a produção de animais domésticos com objetivos econômicos. Diz respeito à criação e ao tratamento do gado (bovino, suíno e eqüino, etc.), aves, coelhos e abelhas. A criação de gado bovino é a mais difundida na área de estudo. Nesta categoria foram inseridas a pecuária extensiva, pecuária semi-intensiva e pecuária intensiva.

- **Lavoura** - áreas onde a terra é utilizada para a produção de alimentos, fibras e outras *commodities* do agronegócio. Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso. Podem se constituir em zonas agrícolas heterogêneas ou representar extensas áreas de *plantations*. Encontram-se inseridas nesta categoria as lavouras temporárias e lavouras permanentes.

– **Reflorestamento** - áreas com plantios ou formações de maciços com espécies florestais exóticas, predominantemente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

- **Área Urbana** - áreas com uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas.

– **Infraestrutura** – Áreas cobertas por estradas, ferrovias e construções como moradias e silos e armazéns, localizados em áreas rurais.

– **Outros usos / Área degradada** – Nesta categoria foram inseridos usos diferentes dos acima descritos e áreas com intensos processos erosivos ou de assoreamento, indicando impacto ambiental grave.

Após a geração dos buffers e da classificação do uso da terra nas APP, foram elaborados mapas de declives para cada uma das sub-bacias e de suas APP, visando identificar aquelas regiões com maior risco de degradação e, em função disto, indicar as áreas prioritárias para conservação e/ou recuperação.

Estes mapas foram gerados a partir de dados provenientes da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) realizada pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) que teve como objetivo gerar Modelos Digitais de elevação (MDE). Os dados de radar foram coletados entre 11 e 22 de fevereiro de 2000, com a nave espacial *Endeavour* (NASA, 2012).

A maioria dos autores que estudam o tema (LEPSCH et al., 1991; DE BIASI, 1992, por exemplo) definem que declividades iguais ou superiores a 12%, quando usadas fora de sua capacidade e sem os cuidados necessários, aumentam o risco de degradação do solo, e como consequência dos demais recursos naturais. Assim, nesta pesquisa, este limite foi adotado para indicação das áreas prioritárias para projetos de recuperação das matas ciliares das APP e de conservação destas, nos locais onde existem, uma vez que as áreas estudadas são de proteção, justamente por serem frágeis.

As classes de declive iguais ou superiores a 12% foram elaboradas a partir da reclassificação do mapa de declives de cada bacia. Estes mapas foram em seguida multiplicados pelos mapas de uso da terra nas APP, gerando assim, os mapas de uso da terra nos declives iguais ou superiores a 12%.

Para avaliação das classes de solo predominantes na área de estudo, foi elaborado o mapa de solos da bacia do rio Pardo, a partir do mapa publicado por Oliveira et al. (1999). Este, no entanto, por estar na escala de 1:500.000, não tem condições de oferecer dados no nível de precisão dos demais utilizados nesta pesquisa. Assim, o mesmo foi usado com a função de dar a indicação de classes de solos de maneira genérica, apontando as regiões com solos mais susceptíveis a processos erosivos, não tendo sido cruzado com os demais mapas.

A análise das características ambientais das APP e o estudo dos impactos sobre os recursos naturais foram realizados a partir da metodologia do Levantamento Ecológico Rápido – LER (Felfili et al., 2006), complementadas pela metodologia proposta por Bertrand (1966) e Passos (2003). A presença da fauna foi observada a partir de seu avistamento ou de seus sinais.

Segundo Felfili et al. (2006) os procedimentos do LER foram adaptados de Sobrevila e Bath (1992) e seguem as seguintes etapas: definição de objetivos e planejamento; aquisição de

informações e atividades de geoprocessamento; e, trabalho de campo com a aplicação de formulários técnicos de acordo com a caracterização geral de comunidades naturais.

A vegetação foi avaliada se era arbórea (floresta nativa ou implantada), arbustiva (capoeira, capoeirão ou culturas semi-perenes), pastagem (capim nativo ou implantado) ou cultura agrícola. Nos locais onde ocorreram florestas nativas, analisou-se se a mesma era primária ou secundária e a sua composição florística, identificando-se e anotando-se as espécies encontradas e sua posição sociológica. A metodologia utilizada foi a preconizada por Bertrand (1966) e Passos (2003).

O solo de cada ponto foi analisado com relação à sua estrutura física e química, e avaliado quanto à presença de processos erosivos, desgaste, pisoteio pelo gado, com sulcos ou com algum sistema de proteção (como curvas de nível, por exemplo) e se era argiloso, arenoso, hidromórfico e/ou litólico.

A análise da água foi feita a partir da observação da sua turbidez, profundidade e assoreamento e de análises elaboradas com apoio do Ecolkit (conjunto de equipamentos e reagentes que permitem análises rápidas de algumas características da água). Neste trabalho foram avaliados Oxigênio dissolvido, Ferro, Potencial Hidrogeniônico, Ortofosfato, Turbidez, Cloreto, Dureza e Nitrogênio amoniacal. Os parâmetros para análise da água seguiram as recomendações da resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005, segundo os teores recomendados para organismos aquáticos de água doce; classe 2, caso do rio Pardo.

A fauna silvestre encontrada nas áreas de estudo foi avaliada a partir do contato visual e do registro fotográfico ou de sinais como pegadas, fezes, ou outros. Além disso, houve a consulta à população local e de publicações especializadas (Martins *et al*, 2009). Na fauna silvestre, foram identificados também os peixes avistados nos trabalhos de campo.

Cada local analisado teve suas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) coletadas, para em seguida serem utilizadas na elaboração do banco de dados que contém as informações georreferenciadas. Este banco de dados foi associado às imagens de satélite da área de estudos, possibilitando a consulta posterior das características de cada local e atualizações futuras.

Os trabalhos de laboratório consistiram de atividades relacionadas à montagem de mosaicos, georreferência das imagens digitais, uso de operadores de distância, classificação digital do uso da terra, álgebra entre mapas, criação de banco de dados e treinamento dos bolsistas do projeto no seu gerenciamento, entrada, manipulação e saída de dados, e edição do resultado da pesquisa.

Os dados levantados foram inseridos nos sistemas de informações geográficas e analisados através de modelos matemáticos com o objetivo de classificar as áreas que necessitam de maior atenção.

As características morfométricas da bacia do rio Pardo foram estabelecidas a partir do exposto por Christofolletti (1980), que afirmou que os cursos d'água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre. Afirmou que o arranjo espacial dos cursos fluviais pode ser influenciado, em sua atividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região.

Assim, a área de drenagem é toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial inclusa entre os divisores topográficos que formam a bacia do rio Pardo, projetada em plano horizontal. Esta área foi calculada a partir da elaboração de mosaico da área de estudo, georreferência e delimitação da bacia, a partir da identificação das maiores altitudes ao longo de toda área de estudo. As cartas topográficas utilizadas nesta fase foram de escala 1:50.000, elaboradas pelo IBGE (1973). Para o cálculo da área, utilizou-se o SIG Idrisi, versão Taiga.

O perímetro da bacia constituiu-se do comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas da mesma.

O coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui-se da relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia. De acordo com Villela e Mattos (1975), citados por Tonello (2005) este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, e para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais susceptível à enchentes mais acentuadas quando seu coeficiente de compacidade for mais próximo da unidade. O mesmo foi obtido pela seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

onde, Kc = coeficiente de compacidade

P = perímetro da bacia (km)

A = área de drenagem da bacia (km²)

O fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo. Correspondendo assim à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao divisor de água da cabeceira). Indica o risco maior de enchentes à medida que seu valor se aproxima da unidade. É determinado por:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

onde: F = fator de forma

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (km)

L = comprimento do eixo da bacia (km)

Assim como o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular, o que determina o maior risco de ocorrência de enchentes. É calculado com a seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

onde, IC = índice de circularidade

A = área de drenagem da bacia ou sub-bacia (km²)

P = perímetro da bacia ou sub-bacia (km)

Os dados hipsométricos da bacia foram obtidos a partir do uso de modelo digital de elevação (MDE) elaborado a partir dos dados SRTM (*Schuttle Radar Topographic Mission*)².

² Estes dados encontram-se disponíveis no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E FÍSICAS DA BACIA DO RIO PARDO

Estas análises foram efetuadas com o objetivo de caracterizar a área de estudos, bem como para auxiliar na compreensão da contribuição das APP preservadas para a proteção dos recursos naturais ao longo dos corpos d'água em toda área da bacia. Estes dados são ainda fundamentais na apresentação dos resultados e na sua utilização por parte de gestores públicos para planejamento e aplicação de políticas públicas de proteção e ou de recuperação do patrimônio natural da bacia.

4.1.1 Área de drenagem total

Área de drenagem da bacia do rio Pardo: 480.312,25 ha ou 4.803,12 km².

4.1.2 Perímetro total

Perímetro da bacia do rio Pardo: 622,10 km.

4.1.3 Coeficiente de compacidade da bacia do rio Pardo

Coeficiente de compacidade da bacia do rio Pardo: 2,51

4.1.4 Fator de forma da bacia do rio Pardo

Fator de forma da bacia do rio Pardo: 0,15

4.1.5 Índice de circularidade

Índice de circularidade da bacia do rio Pardo: 0,16

4.1.6 Comprimento da bacia

O comprimento do eixo da bacia Leste – Oeste (cota mais alta até a cota mais baixa, em linha reta): 176,77 km.

4.1.7 Hipsometria da bacia

A diferença de altitude na bacia é de 627 metros, variando de 1003 metros, em sua borda superior, em Pardinho, até 376 metros na foz do rio Pardo em Salto Grande. A nascente principal do rio Pardo está localizada a 979 metros de altitude. A Figura 6 apresenta o mapa hipsométrico da área elaborado a partir de dados obtidos pela missão SRTM. Nesta figura pode-se observar a grande diferença de altitudes existente entre a região Leste da bacia e a região Oeste.

Destacam-se ainda, os leitos dos rios e córregos, com importantes aprofundamentos, quando comparados com o relevo da região. A Figura 7 apresenta o modelo digital de elevação (MDE) da bacia do rio Pardo, destacando as diferenças de altitude da área. Nela pode-se observar que os tributários principais tem seus leitos bem encaixados na maior parte da bacia. Exceção deve ser feita à porção Oeste, próxima à foz, onde as cotas altimétricas são menores e onde o Pardo passa a ter altitudes parecidas com as do vale do Paranapanema, rio onde desaguará no município de Salto Grande. Mesmo nesta área, o rio corre em um leito encaixado e definido. A Tabela 2 apresenta a síntese das características morfométricas da bacia do rio Pardo.

Tabela 2 – Características morfométricas da bacia do rio Pardo.

Características morfométricas	Valores
Área de drenagem (A)	4.803,12 km ²
Perímetro (P)	622,10 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,51
Fator de forma (F)	0,15
Índice de circularidade (IC)	0,16
Padrão de drenagem	Dendrítico
Orientação	Oeste
Altitude Mínima	376 m
Altitude Máxima	1.003 m
Altitude Média	689,5 m
Comprimento do eixo da bacia	176,77 km
Ordem da bacia	5 ^a

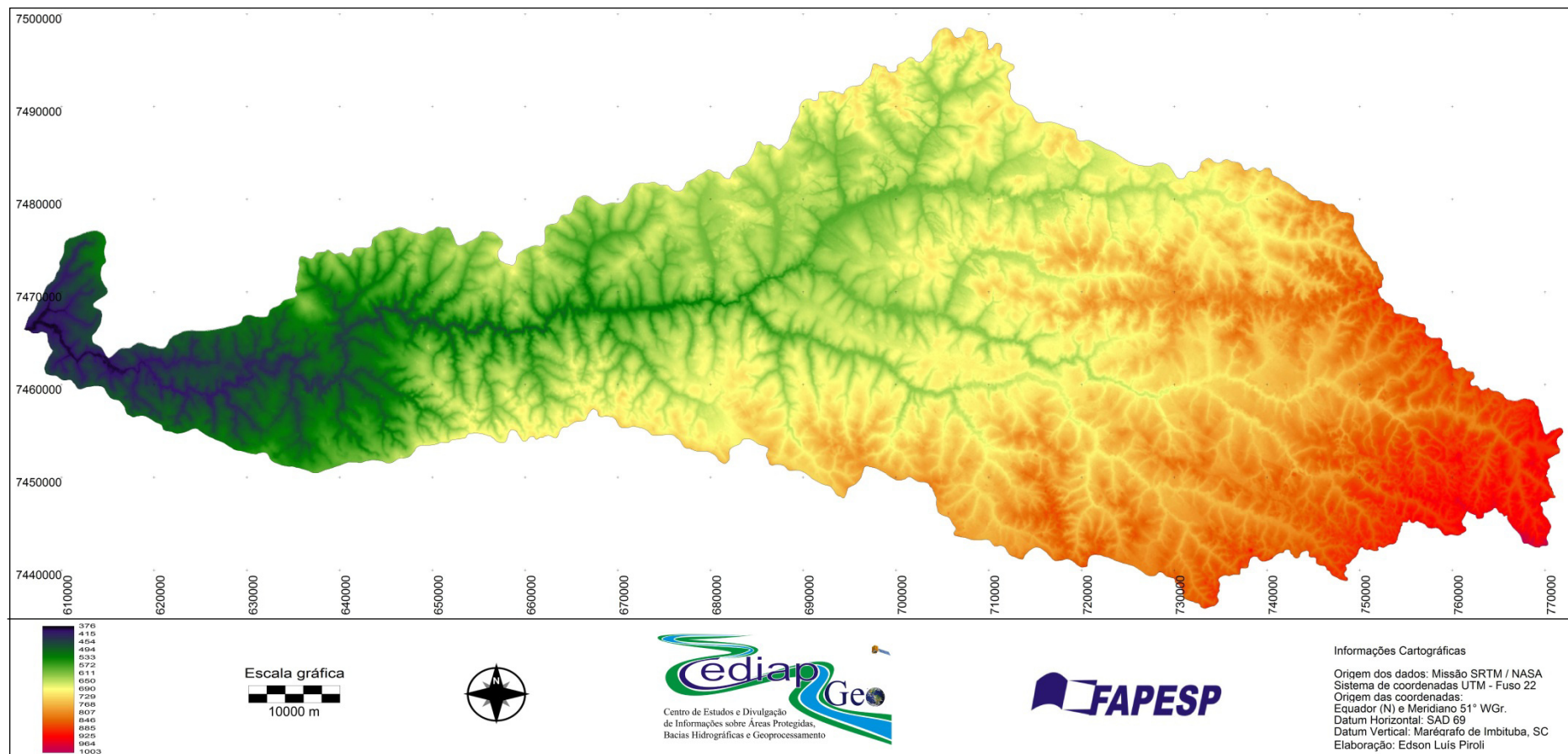


Figura 6 – Mapa hipsométrico mostrando as variações de altitudes da bacia do Rio Pardo.

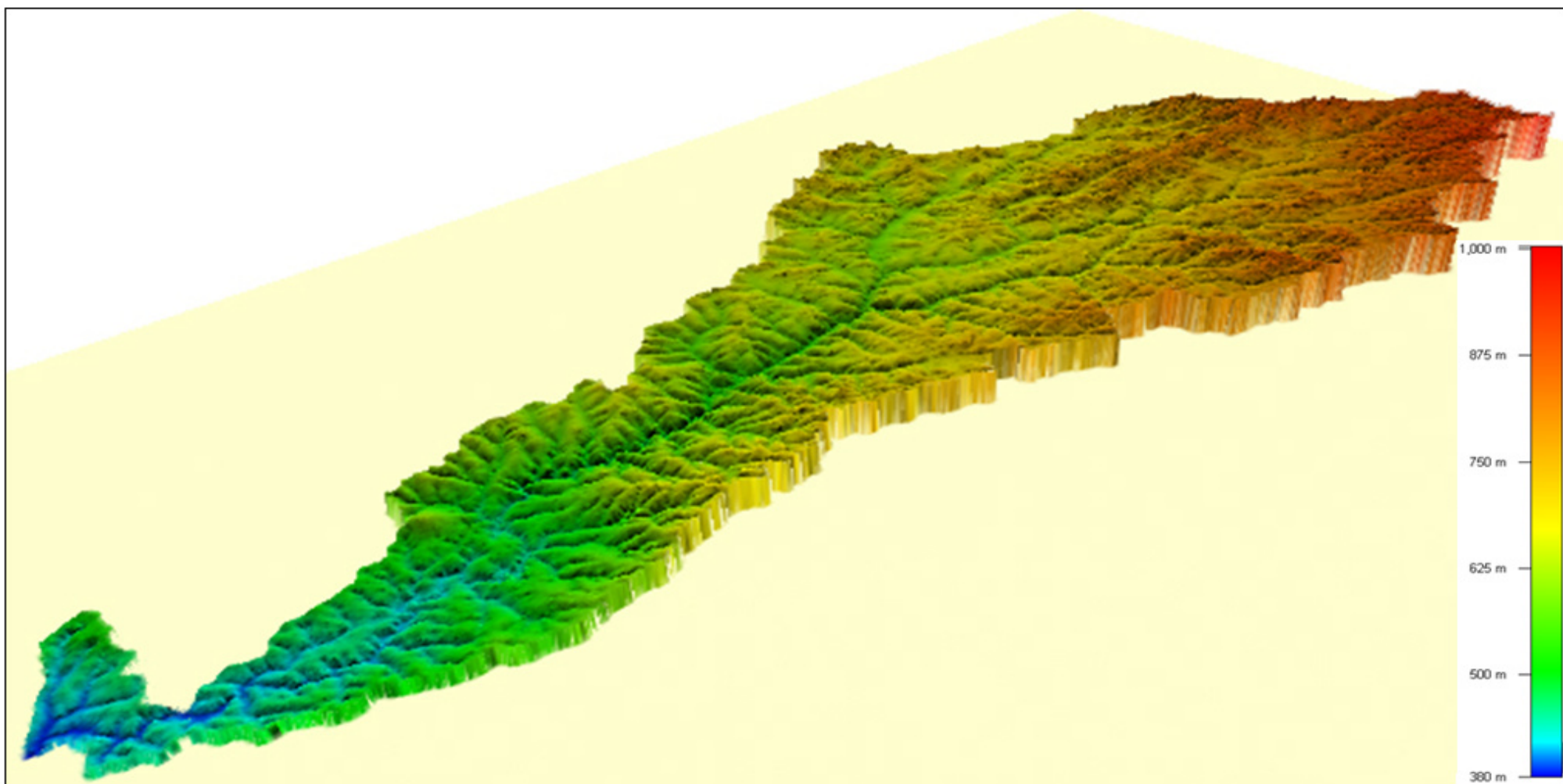


Figura 7 – Modelo digital de elevação da área de estudo (sem escala). Elaboração: PIROLI, Edson Luís, 2012.

As informações morfométricas, assim como as Figuras 6 e 7, demonstram que a bacia do rio Pardo tem formato alongado, com desníveis médios ao longo do seu leito principal ao redor de 3 metros por quilômetro. Seu leito é bem definido na maior parte de seu percurso. Estas características indicam que o mesmo é um rio que tem baixo potencial para inundações. Também definem seu potencial para o incentivo ao turismo, uma vez que o mesmo apresenta cachoeiras com dimensões razoáveis em muitos pontos e inúmeras corredeiras ao longo de seu leito e de seus afluentes. Estas características indicam que se as APP dos corpos d'água da bacia forem mantidas, suas águas tendem a manter boa qualidade para consumo.

4.1.8 – Geomorfologia da bacia

O relevo da área de estudo é caracterizado pelas Cuestas arenito-basálticas na região das nascentes principais dos rios Pardo, no município de Pardinho, Claro, no município de Botucatu e Novo no município de Itatinga. Na sequência de seu deslocamento para Oeste, os três rios se encontram, formando o rio Pardo que corre então pela região do Planalto Ocidental Paulista (IPT, 1981). O Anexo 1 mostra o mapa de declividades elaborado nesta pesquisa, a partir da interpolação das informações contidas no mapa hipsométrico. Nele pode-se observar que as áreas de maior declividade estão localizadas na região Leste e na região Centro-Oeste da bacia, próximas ao município de Santa Cruz do Rio Pardo. Esta característica está correlacionada com a presença de matas ciliares, uma vez que as altas declividades impedem o acesso de máquinas, o que dificulta o cultivo das terras próximas ao rio, e por conta disso, pode ter colaborado para a manutenção da vegetação nativa nestas regiões.

Destaca-se que a maior parte das terras da bacia (mais de 70%) encontram-se nas declividades entre 3 e 12%, o que explica a alta taxa de ocupação agrícola de sua área, e também o grande desmatamento ocorrido nas APP. A Tabela 3 apresenta as áreas abrangidas por cada uma das classes de declive em toda área da bacia do rio Pardo.

Tabela 3 – Classes de declive e respectivas áreas na bacia do rio Pardo.

Declividade (%)	Área total (km ²)	Porcentagem da área total (%)
0 – 3	871,04	18,14
3 – 6	1.564,84	32,59
6 – 12	1.818,13	37,83
12 – 20	490,86	10,22
20 – 40	57,95	1,21
> 40	0,30	0,01
Total	4.803,12	100

4.1.9 – Geologia da bacia

Conforme CBH-MP (2007) as unidades geológicas aflorantes no Médio Paranapanema são constituídas por rochas sedimentares e ígneas da Bacia do Paraná e depósitos sedimentares recentes, de idade Cenozóica. Os arenitos do Grupo Bauru predominam nas regiões intra drenagens, nas altitudes maiores. As rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral acompanham as várzeas dos leitos dos rios principais, além de escarpas e cornijas na zona das cuestas.

Com relação à litoestratigrafia, a área pertence ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral (JKsg), ao longo dos principais rios e a Oeste, próximo à foz do rio Pardo, apresentando rochas vulcânicas, toleíticas, em derrames basálticos de coloração cinza a negra, textura afanítica, com intercalações de arenitos intertrapeanos da Formação Botucatu, finos a médios de estratificação cruzada tangencial e esparsos níveis vitrofíricos não individualizados (IPT, 1981).

Quanto ao Grupo Bauru, este se desenvolveu, de acordo com Batezelli (2010), com o término das manifestações vulcânicas eocretáceas (133 Ma), em função de um processo de reestruturação térmica que gerou a Bacia Bauru (neocretácea), constituída de sequências sedimentares de rochas lamíticas na base (Fm. Araçatuba) gradando para arenitos e conglomerados no topo (formações Adamantina/Uberaba e Marília). Tais sequências, ainda segundo Batezelli (*op. Cit.*), estão associadas a um sistema lacustre (playa-lakes)/aluvial (rios entrelaçados) sob condições áridas a semi-áridas.

Na área de estudo, a Formação Marília (Km), está presente nas maiores altitudes a Leste e a Noroeste. Apresenta, de acordo com IPT (1981), arenitos de granulação fina a grossa, compreendendo bancos maciços com tênues estratificações cruzadas de médio porte, incluindo lentes e intercalações subordinadas de siltitos, argilitos e arenitos muito finos, com estratificação plano-paralela e frequentes níveis rudáceos (conglomerados). Apresenta ainda presença comum de nódulos carbonáticos, sendo esta formação datada do Maastrichtiano. Deste Grupo, ocorre ainda, na região central da bacia, a Formação Adamantina (Ka) (ou também denominada de Formação Vale do Rio do Peixe por Fernandes e Coimbra (2000)) entre a Formação Serra Geral e a Formação Marília. A Formação Adamantina é composta por depósitos fluviais com predominância de arenitos avermelhados finos e muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilitos, ocorrendo em bancos maciços. Apresenta estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte.

No centro da bacia, são encontrados ainda, em pequenas manchas, Sedimentos Aluvionares (Qa) (IPT, 1981). A Figura 8 mostra o mapa geológico da área de estudo.

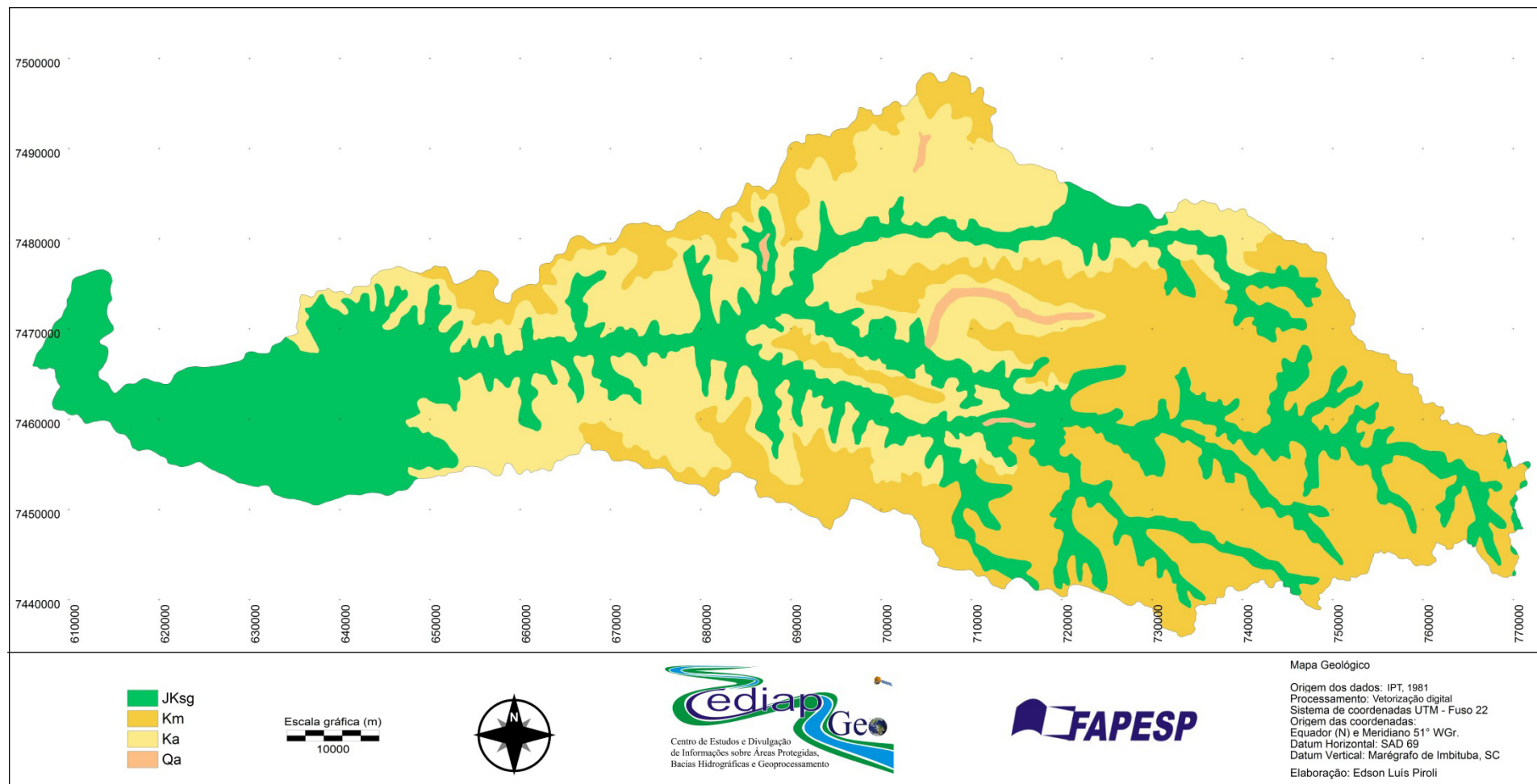


Figura 8 – Mapa geológico da bacia do rio Pardo.

4.1.10 – Classes de solos predominantes na bacia hidrográfica do rio Pardo

De acordo com Oliveira et al. (1999) o tipo de solo predominante na bacia do rio Pardo é o Latossolo Vermelho. Além desta classe, encontram-se na área, Nitossolos, Latossolos Vermelho Amarelo e Argissolos. A Figura 9 mostra a distribuição destes solos sobre a bacia do rio Pardo. Este mapa foi elaborado a partir da digitalização e vetorização do mapa elaborado pelos autores acima, na escala de 1:500.000.

Em um primeiro momento tinha-se a intenção de efetuar o cruzamento das classes de solo com os usos da terra e com o mapa de declives, buscando-se apontar aqueles locais mais frágeis em função destas três características. Porém, em função do pequeno detalhamento deste mapa de solos, e do grande detalhamento dos demais, optou-se por não efetuar a álgebra entre os mesmos, para não haver prejuízo de interpretação. De qualquer forma, mantém-se o mapa de solos como uma indicação das áreas ocupadas por cada classe.

Das classes de solos da área de estudo, as mais susceptíveis a processos erosivos, principalmente quando localizadas em áreas declivosas, são os argissolos e os Latossolos Vermelho Amarelo, que conforme se pode ver na Figura 9 estão localizados nas porções de maiores altitudes, e conseqüentemente, de maior declividade, nas regiões dos divisores de água a Leste, Norte e Sul da bacia.

A partir desta observação, recomenda-se que seja efetuado levantamento detalhado dos solos da bacia do rio Pardo para permitir que análises mais precisas sejam elaboradas visando não só a proteção das APP, mas de todos os solos da bacia, assim como a manutenção das atividades produtivas inseridas na mesma.

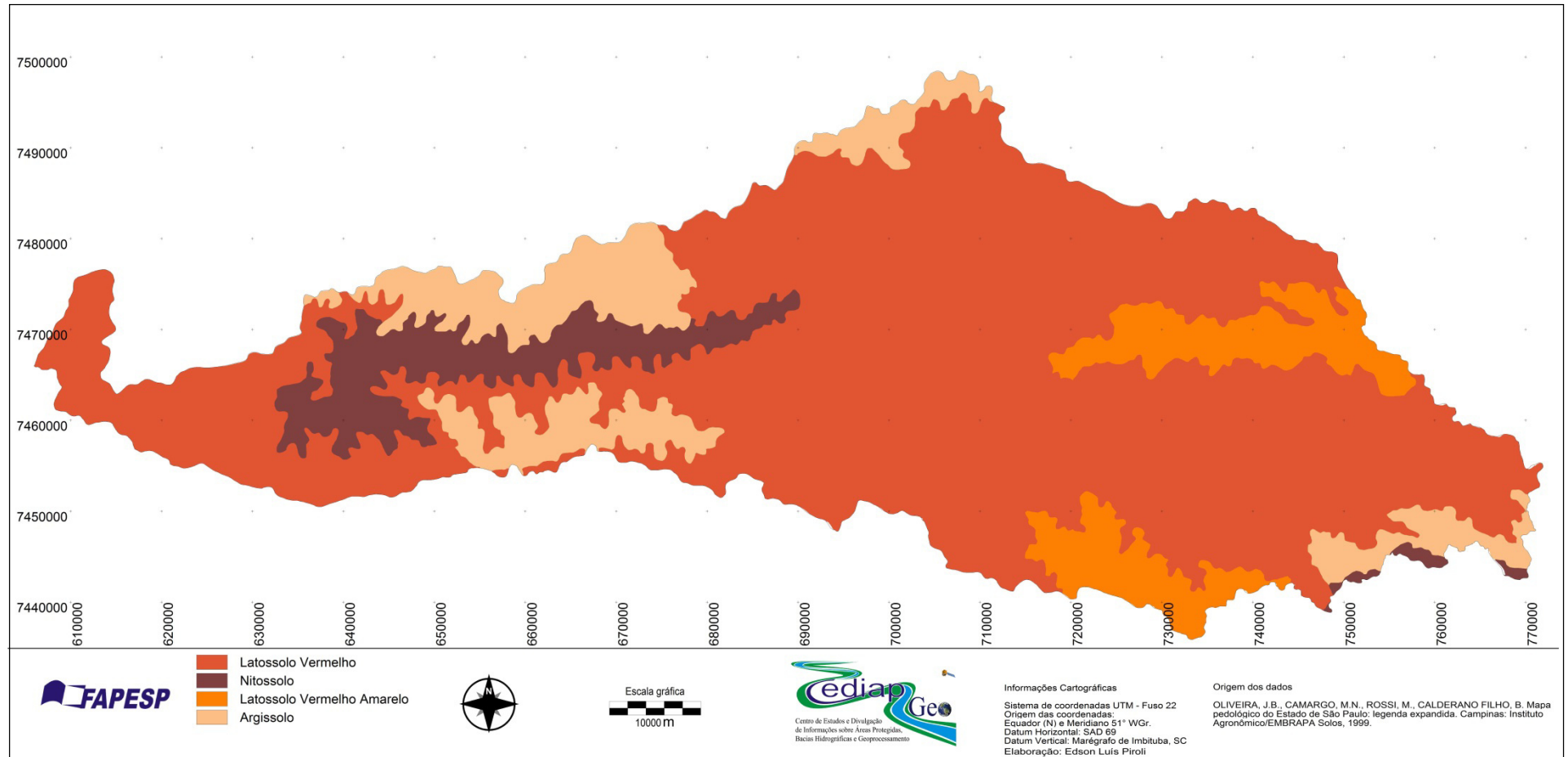


Figura 9 – Mapa de solos da bacia hidrográfica do Pardo, na escala de 1:500.000.

4.2 - CARACTERÍSTICAS DAS APP DAS SUB-BACIAS DO RIO PARDO

A análise dos usos da terra nas APP foi elaborada a partir da divisão da bacia do rio Pardo, em quatro unidades principais (sub-bacias): rio Novo, Alto Pardo, rio Claro e baixo Pardo. Os resultados obtidos são apresentados a seguir por sub-bacia.

4.2.1 - Características das Áreas de Preservação Permanente da sub-bacia do rio Novo

A sub-bacia do rio Novo está localizada ao Sul da área de estudo, como mostra a Figura 10.

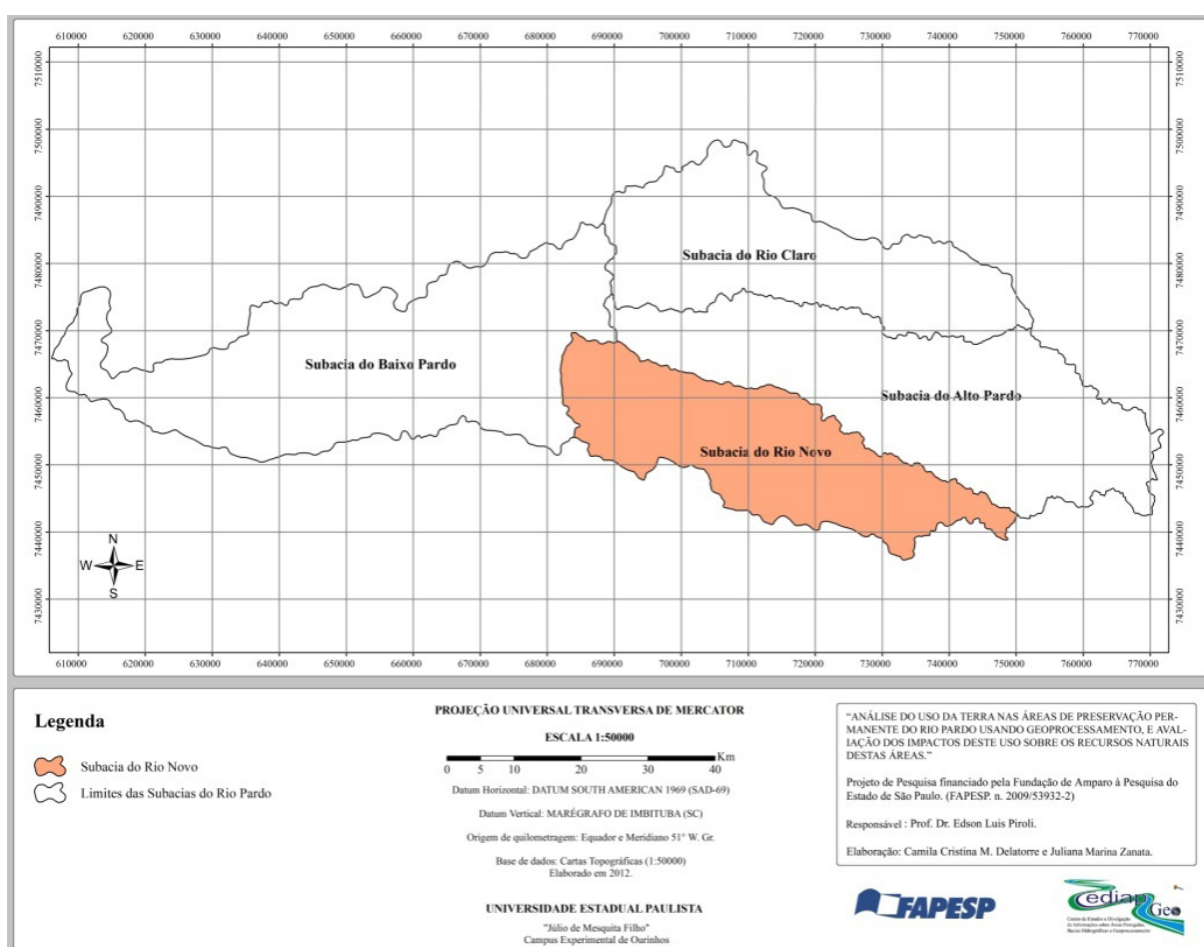


Figura 10 – Localização da sub-bacia do rio Novo na bacia hidrográfica do rio Pardo.

A área total da sub-bacia do rio Novo é de 93.595,96 ha ou 935,96 km². Nela, nesta pesquisa, foram identificadas e localizadas 569 nascentes, sendo que as principais estão localizadas nos municípios de Itatinga, Avaré e Cerqueira Cesar.

Estas nascentes geram 47 córregos de primeira, segunda e terceira ordem, na margem esquerda do rio Novo. Destes, os principais córregos, da nascente à foz, que tem nome

identificado na carta topográfica ou que o nome foi indicado por algum morador da área, durante os trabalhos de campo, são os apresentados no Quadro 1. Os demais não tiveram nomes reconhecidos em documentos oficiais ou por moradores próximos a eles.

Quadro 1 – Córregos identificados na margem esquerda do rio Novo.

1 - Córrego dos Patos	12 - Ribeirão do Rosário
2 - Córrego do Macaquinho	13 - Córrego das Antas
3 - Córrego do Limoeiro	14 - Córrego da Lapa
4 - Córrego do Barreirinho	15 - Córrego dos Nunes
5 - Água do Bosque	16 - Água da Taquara do Reino
6 - Ribeirão da Boa Vista	17 - Córrego da Cachoeira
7 - Córrego de Hugo Manola	18 - Córrego da Vareta
8 - Córrego do Lombinho	19 - Córrego dos Lemos
9 - Ribeirão Bonito	20 - Ribeirão dos Três Ranchos
10 - Córrego do Jacutinga	21 - Rio do Lajeado
11 - Ribeirão da Cabiúna	22 - Água da Jacutinga

Na margem direita do rio Novo, foram identificados 52 córregos de primeira, segunda e terceira ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados nos trabalhos de campo, com auxílio de moradores locais, são mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Córregos identificados na margem direita do rio Novo.

1 - Córrego da Macedônia	5 - Córrego das Pedras
2 - Água da Limeira	6 - Água do Monjolinho
3 - Córrego de José Paixão	7 - Córrego do Jacu
4 - Água do Geraldo	8 - Água do Portão Vermelho

Além das nascentes e córregos, foram identificadas na área da bacia do rio Novo, 296 represas com menos de 20 hectares (ha) e 1 represa com mais de 20 ha.

Neste caso foi aplicada na determinação dos limites das APP a regulamentação constante no Art. 3º da Resolução CONAMA 302/2002.

A área total de APP identificadas no rio Novo foi de 5.596,87 ha, ou 5,98% da área total da sub-bacia. Destas, 47,72% estão cobertas por florestas, predominantemente secundárias. As áreas cobertas com vegetação campestre abrangem 25,88 % do total das APP. Além destes dois usos, que, nesta pesquisa foram considerados adequados devido à proteção que oferecem para os solos, para a vegetação, para a água e para a fauna silvestre, foram

observados outros usos e coberturas que não cumprem esta função, e que por isso são considerados pela legislação ambiental brasileira atual como irregulares.

Destes, a pecuária, que cobre 21,27 % das APP, é o de maior abrangência na sub-bacia do rio Novo. Além desta, cobrindo percentuais menores, mas mesmo assim, importantes, tem-se a categoria lavoura, com 3,36%, o reflorestamento, cobrindo 0,85%, e as áreas urbanas, de infraestrutura e degradadas que cobrem 0,91%.

O Anexo 2 mostra a distribuição dos usos da terra nas APP da sub-bacia do rio Novo. As Figuras 11 e 12 apresentam o destaque de uma área mostrando este uso com detalhamento.

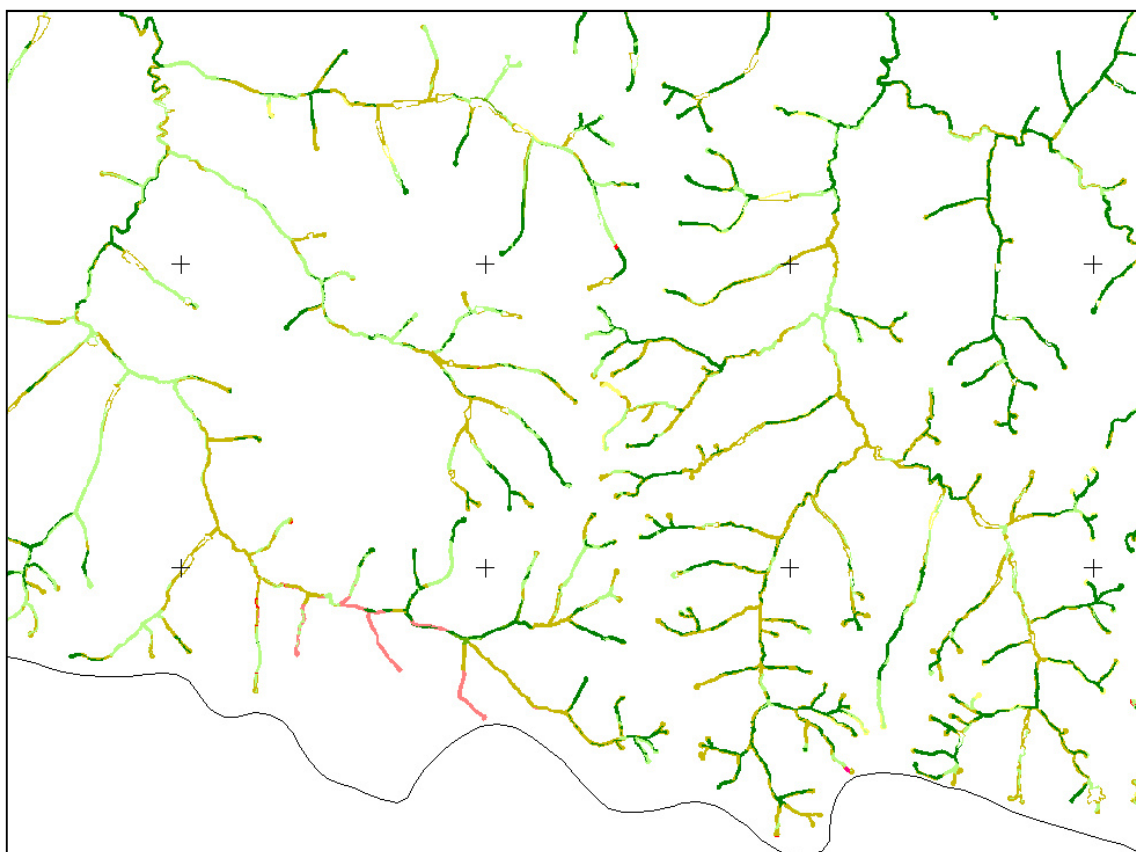


Figura 11 – Exemplo da distribuição do uso da terra das APP de parte da sub-bacia do rio Novo (sem escala).

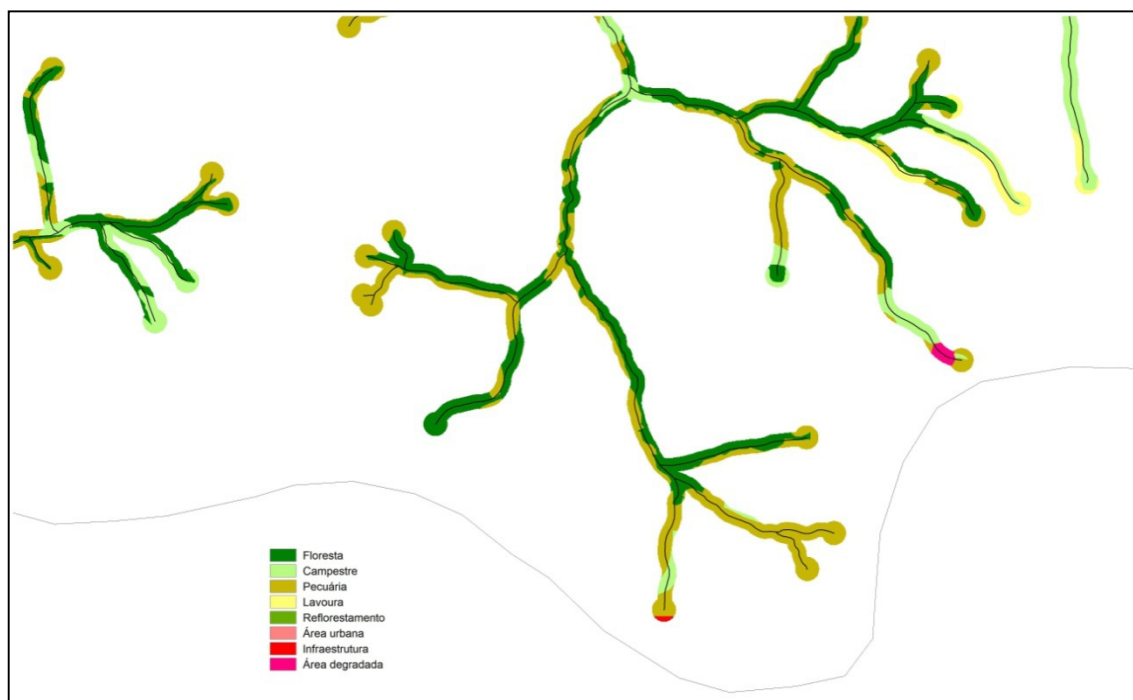


Figura 12 – Exemplo da distribuição do uso da terra das APP de parte da sub-bacia do rio Novo, ampliada (sem escala).

A Tabela 4 mostra as áreas cobertas por cada categoria identificada e seu percentual.

Tabela 4 – Áreas cobertas por cada uso da terra na sub-bacia do rio Novo.

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	2.670,98	47,72
Campestre	1.448,60	25,88
Pecuária	1.190,73	21,27
Lavoura	187,81	3,36
Reflorestamento	47,75	0,85
Área urbana	29,81	0,53
Infraestrutura	16,74	0,30
Área degradada	4,45	0,08
Total	5.596,87	100

Analisando-se os dados da Tabela 4 pode-se observar que a maior parte das APP do rio Novo (73,6%) estão cobertas pelos usos adequados (floresta e campestre). Isto indica que 4.119,58 ha não necessitam de intervenções severas para sua adequação em termos de proteção da água e dos demais recursos naturais das margens do rio Novo, a não ser de acompanhamento e, se possível, atuação junto aos proprietários das áreas, visando sua sensibilização e conscientização sobre a importância da manutenção destas coberturas.

Ao mesmo tempo, verifica-se que 26,4% da área, ou seja, 1.477,29 ha encontram-se ocupados com usos inadequados, que comprometem a qualidade dos recursos naturais, colocando-os em risco.

Das categorias de uso que mais trazem comprometimento a estes recursos, a pecuária é a que abrange maior área. Por esta abrangência, esta atividade foi avaliada com maior detalhamento na área de estudo, nesta pesquisa.

Verificou-se que a criação de gado bovino causa danos estruturais ao solo, a partir do movimento dos animais nas APP, o que gera trilhos, por onde a água das chuvas escorre, sobretudo quando estes são implantados no sentido do declive, pois este é adotado pelos animais para chegarem à margem dos corpos d'água para dessedentação.

Por estes trilhos a água ao escorrer, forma processos erosivos importantes. O solo retirado destes locais pela água é levado para dentro dos cursos d'água causando ou contribuindo para seu assoreamento. Neste processo, também são carreados para dentro da água, fezes e urina do gado, que podem contaminá-la.

Nas APP a pecuária também causa danos à vegetação nativa porque o gado come ou pisoteia as plântulas e plantas jovens, impedindo seu crescimento e a regeneração da mata ciliar. Desta forma, impede também o estabelecimento de habitats e corredores ecológicos para as espécies da fauna silvestre, e conseqüentemente, interfere no microclima regional negativamente, além de comprometer os serviços ambientais prestados pelos componentes da macro e microfauna que deixam de existir na área, o que prejudica as atividades econômicas desenvolvidas nas adjacências.

Com relação às lavouras, estas impactam negativamente as APP por impedirem estes locais de serem ocupados com espécies arbóreas nativas (vegetação típica natural da região), e por utilizarem produtos químicos como adubos, sementes tratadas e defensivos que impactam os recursos naturais da área, sobretudo a água e a fauna silvestre. O movimento de máquinas também impermeabiliza o solo, diminuindo a infiltração, aumentando o escoamento superficial e os processos erosivos. Além disso, afugenta as espécies da fauna nativa que porventura existam naqueles locais. As atividades agrícolas impedem ainda o deslocamento destas espécies nas matas ciliares pela segmentação das mesmas.

Os reflorestamentos, neste caso, compostos basicamente pelas espécies *Eucalyptus sp* e *Pinus sp*, impedem a regeneração natural das espécies nativas, não sendo também bons habitats para a maioria das espécies da fauna silvestre, apesar de oferecerem relativo abrigo ao deslocamento destas nas APP. Este aspecto, no entanto, não pode ser usado como argumento para a implantação destas espécies ou de outras exóticas, pois as mesmas são cultivadas para serem colhidas em determinados intervalos de tempo. Desta forma, a proteção oferecida deixa de existir de tempos em tempos. Além disso, as mesmas interferem de maneira diferente das

espécies vegetais nativas na estrutura do solo e no ciclo hidrológico dos ecossistemas ciliares, o que pode comprometer a qualidade destes.

As áreas urbanas, que cobrem apenas 29,81 ha das APP do rio Novo, tem, no entanto, potencial para causarem grandes impactos sobre os recursos hídricos e sobre as APP. Nestes locais, são desenvolvidas atividades das mais diversas, que normalmente atuam de maneira a degradar severamente os recursos naturais. Nas APP cobertas com área urbana o solo encontra-se predominantemente impermeabilizado, o que impede a infiltração e aumenta o escoamento superficial, causando erosões nas margens dos córregos, para onde a água é direcionada, acumulada e com grande energia. Estes processos erosivos deslocam solo e outros sedimentos para dentro do leito dos córregos e das represas, causando seu assoreamento. Além disso, nas áreas urbanas a mata ciliar, via de regra, inexistente, o que desprotege os recursos naturais e impede a sobrevivência da fauna silvestre nativa.

As infraestruturas cobrem 16,74 ha. Embora a área seja relativamente pequena, os impactos deste uso nos recursos naturais são severos, pois estas são compostas por moradias, galpões, silos, estradas, etc, que além de retirarem as matas ciliares, comprometem a qualidade do solo e da água e afastam a fauna silvestre que porventura existe na área.

As áreas degradadas são as mais comprometidas de toda área de estudo, uma vez que são aquelas ocupadas por processos erosivos severos e, conseqüentemente, por assoreamentos intensos. Os impactos sobre os recursos naturais, neste caso, também são severos pois solo, água, vegetação e fauna silvestre ficam completamente comprometidos nestas condições. A Figura 13 destaca parte dos impactos a jusante da área degradada, na sub-bacia do rio Novo.



Figura 13 – Assoreamento da APP causado pelo manejo inadequado do solo.

A partir deste conjunto de dados, elaborou-se o mapa de usos adequados e inadequados da sub-bacia do rio Novo, buscando-se sintetizar as informações relativas à ocupação das APP.

O Anexo 3 apresenta o mapa com as áreas cobertas com usos adequados (floresta e campestre), que cobrem 4.119,58 ha (73,60% da área) e dos usos inadequados que cobrem 1.477,29 ha (26,40% da área). A Figura 14 apresenta o destaque deste mapa.

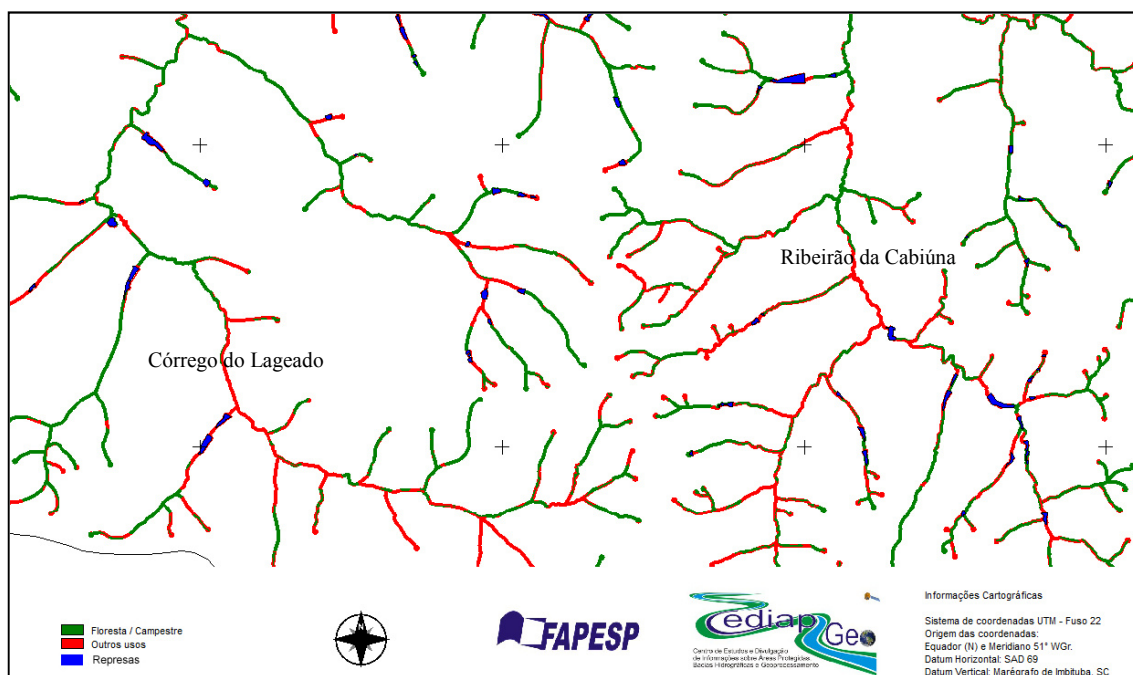


Figura 14 – Ampliação do mapa de usos adequados e inadequados (sem escala).

Na Figura 14, observam-se as APP do Córrego do Lageado e do Ribeirão da Cabiúna, no município de Avaré. O Córrego do Lageado atravessa a área urbana deste município, região onde as APP são tomadas por construções e demais infraestruturas urbanas. Estes são os afluentes do rio Novo que tem mais áreas de APP com uso inadequado. Ambos são importantes tributários da margem esquerda do rio Novo e conseqüentemente, da margem esquerda do rio Pardo. Pela sua localização, próxima às cabeceiras destes dois rios, tornam-se estratégicos para a conservação das matas ciliares e das águas do rio Novo e do rio Pardo.

Ao analisar a área de APP com usos inadequados, em termos percentuais, verifica-se que a mesma abrange em torno de um quarto da área total, o que pode parecer pouco (26,40%). No entanto, quando se analisa sua abrangência territorial, nota-se que esta é ampla, uma vez que alcança 1.477,29 ha.

Neste caso, para a recuperação das matas ciliares destas APP, com plantio de espécies arbóreas nativas com espaçamento entre mudas de 3m x 2m (comumente adotado na região), são necessárias 1.667 mudas para cada hectare. Ou seja, 2.462.643 (dois milhões,

quatrocentas e sessenta e duas mil, seiscentas e quarenta e três) mudas para atender à área total de APP dos corpos d'água atualmente desprotegidas na bacia do rio Novo. Este breve exercício indica a dimensão da área desprotegida e sua importância em termos de falta de proteção ambiental dos recursos hídricos e demais recursos naturais da área e à jusante desta.

As classes de declive foram inseridas nesta análise pela importância que tem na velocidade do escoamento superficial da água, assim como pela influência que possuem na utilização da terra com atividades agrícolas. É importante destacar que assim como os usos da terra fora das APP interferem nestas, as classes de declive externas às APP também influenciam na velocidade da água e no tipo de uso que será dado a terra. No entanto, efetuaram-se estas análises apenas nas APP por ser este o objetivo desta pesquisa e devido ao fato de serem estas áreas protegidas em função de sua maior fragilidade e maior influência nos recursos naturais, sobretudo na água.

De acordo com Lepsch et al. (1991) os intervalos de classe de declive para fins de conservação de solos são os apresentados na Tabela 5, que mostra também as áreas ocupadas por cada classe nas APP da sub-bacia do rio Novo.

Tabela 5 – Áreas cobertas por cada classe de declive nas APP da sub-bacia do rio Novo.

Classes de declive	Área (ha)	Percentual (%)
0 - 3%	831,42	14,85
3 - 6%	655,59	11,71
6 - 12%	2.370,83	42,36
12 - 20%	1.372,35	24,52
20 - 40%	363,00	6,49
> 40%	3,68	0,07
Total	5.596,87	100

Conforme se pode observar na Tabela 5, as classes de declive predominantes no rio Novo são aquelas entre 6 e 20%, abrangendo 66,88% da área. Os declives superiores a 12%, que serão mais bem analisados na sequência, alcançam 31,08% da área total.

O Anexo 4 mostra o mapa contendo a distribuição das diferentes classes de declive nas APP do rio Novo. A Figura 15 apresenta o destaque destas classes na região centro-sul da sub-bacia.

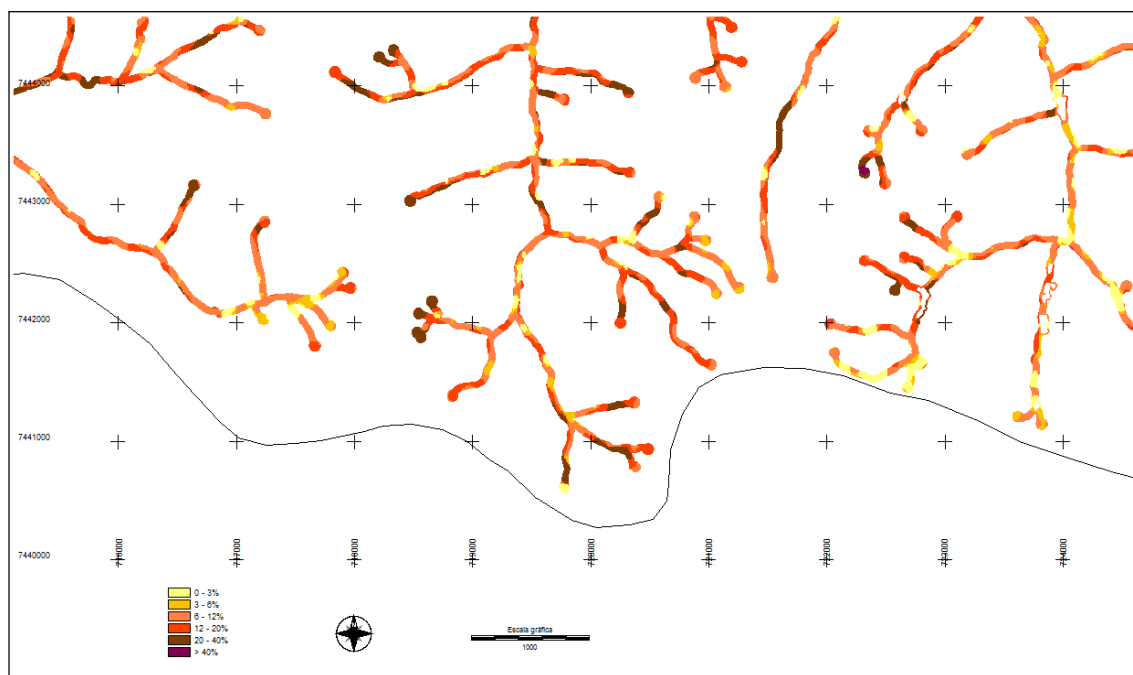


Figura 15 – Destaque das classes de declive das APP na região centro-sul da sub-bacia.

De acordo com Lepsch et al. (1991) e De Biasi (1992), declividades iguais ou superiores a 12%, quando usadas fora de sua capacidade e sem os cuidados necessários, aumentam o risco de degradação do solo e, como consequência, dos demais recursos naturais. Desta forma, estes limites foram considerados neste trabalho como indicadores de áreas com necessidades de cuidados especiais.

A Tabela 6 apresenta a distribuição dos usos da terra das APP nos declives iguais ou superiores a 12%.

Tabela 6 – Áreas cobertas por cada classe de uso nas declividades iguais ou superiores a 12%

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	828,30	47,91
Campestre	390,38	22,58
Pecuária	415,35	24,02
Lavoura	59,69	3,45
Reflorestamento	25,32	1,46
Área urbana	4,56	0,26
Infraestrutura	3,77	0,22
Área degradada	1,66	0,10
Total	1.729,03	100

Conforme se pode observar na Tabela 6, 70,49% das APP com declives superiores a 12% encontram-se cobertas por floresta e vegetação campestre, o que lhes confere um bom grau de proteção. Mas 29,51% da área, o que corresponde a 510,35 ha, encontram-se

ocupados com usos que não oferecem proteção e, em alguns casos, potencializam os impactos das atividades desenvolvidas sobre os recursos naturais das APP.

Em função desse aspecto, estas áreas devem ser prioritariamente atendidas por políticas públicas a serem desenvolvidas pelos órgãos responsáveis pela proteção dos recursos naturais, sobretudo por aqueles que utilizam das águas para suas atividades, como é o caso da SABESP e dos demais órgãos municipais que atendem as necessidades da população.

Importante frisar que projetos de conservação dos recursos naturais trazem benefícios sobre a qualidade de vida da população, sobretudo à qualidade da água, que quando obtida em áreas preservadas, necessita de menor quantidade de tratamentos químicos, o que melhora seu sabor e diminui os custos destes tratamentos, onerando menos as finanças públicas e da população.

A Figura 16 mostra parte do mapa com as classes de declive iguais ou superiores a 12% e suas categorias de cobertura. As áreas em branco são aquelas correspondentes aos declives menores que 12%. Nela, observa-se que diversas nascentes estão localizadas em áreas de pecuária. Esta é uma ocorrência comum em toda bacia do rio Pardo, incluindo as áreas com declives menores do que 12%. A partir desta observação e de entrevistas com moradores da área de estudo, infere-se que isto ocorre devido ao fato de que nos locais onde brota água, a implantação de atividades agrícolas é dificultada. Assim, os proprietários cercam a área e nela criam gado, principalmente o bovino, buscando desta forma, aproveitar o local para produção, sem se dar conta da sua fragilidade e importância para o ecossistema.

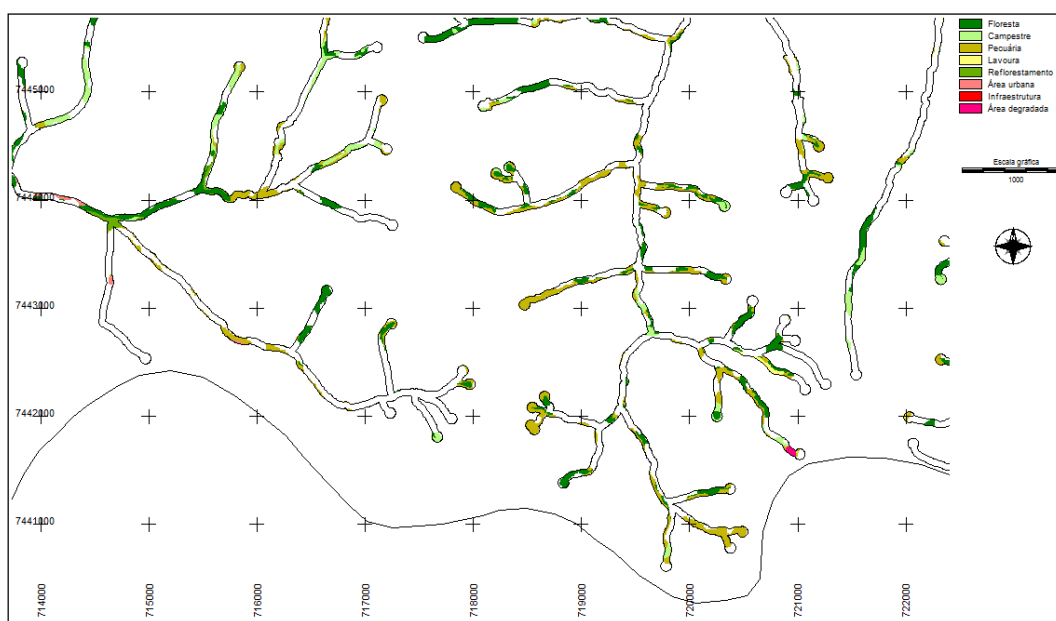


Figura 16 – Exemplo de usos da terra nas APP do rio Novo nos declives maiores que 12%.

4.2.2 - Características das Áreas de Preservação Permanente do Baixo Pardo

A sub-bacia do Baixo Pardo está localizada a Oeste da área de estudo, como mostra a Figura 17.

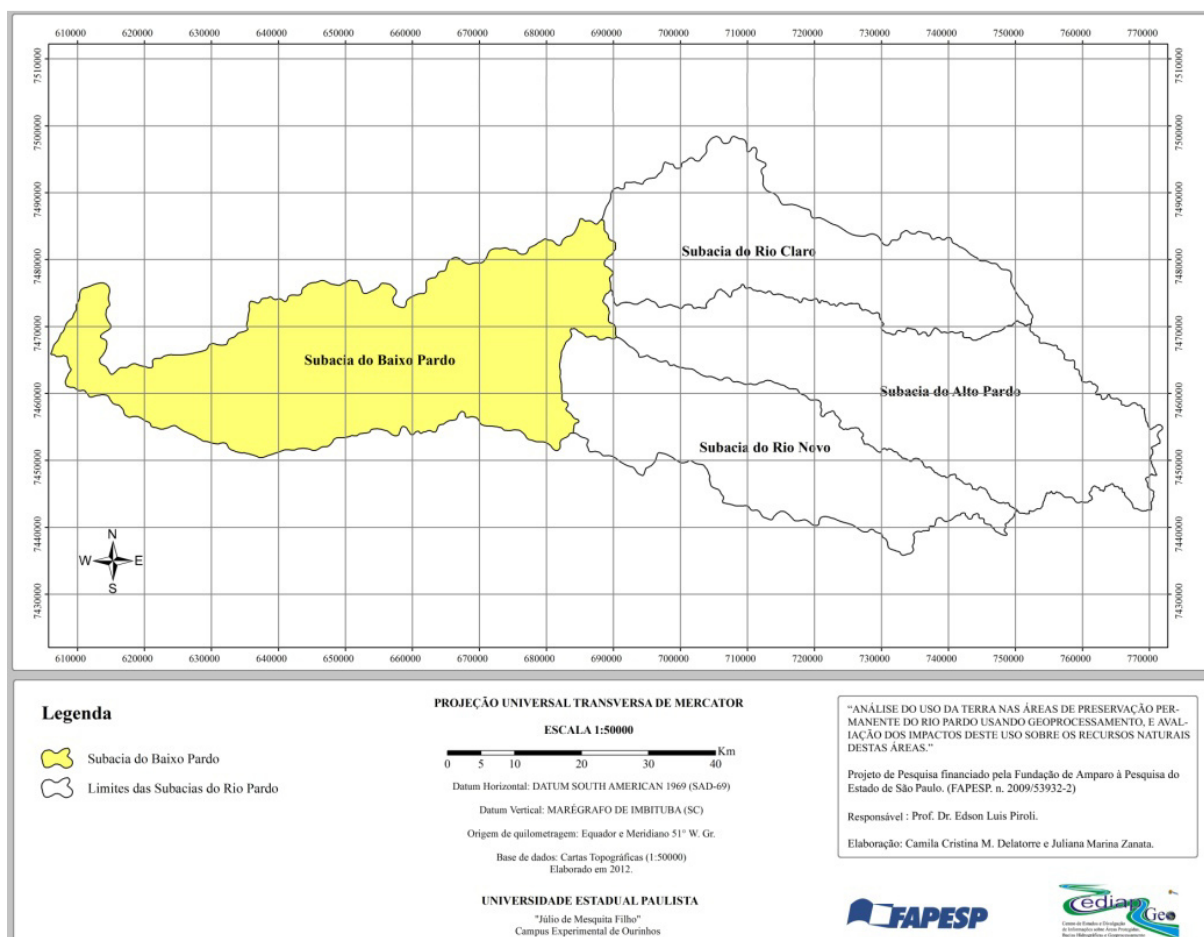


Figura 17 – Localização da sub-bacia do baixo Pardo na bacia hidrográfica do rio Pardo.

A área total da sub-bacia do Baixo Pardo é de 157.785,36 ha ou 1.577,85 km². Nela, nesta pesquisa, foram identificadas e localizadas 678 nascentes.

Estas nascentes geram 60 córregos de primeira, segunda e terceira ordem, na margem esquerda do Baixo Pardo. Destes, os principais, do alto curso em direção à foz, que tem nome identificado na carta topográfica ou que o nome foi indicado por algum morador da área durante os trabalhos de campo, são os apresentados no Quadro 3:

Quadro 3 – Córregos identificados na margem esquerda do Baixo Pardo.

1 - Água da Limeira	16 - Córrego Cebolão
2 - Córrego da Ponte Branca	17 - Córrego dos Pires
3 - Córrego das Palmeiras	18 - Ribeirão das Palmeiras
4 - Córrego Monte Alto	19 - Córrego da Primavera
5 - Córrego Três Barras	20 - Ribeirão Grande
6 - Água do Meio	21 - Córrego do Guaritá
7 - Corguinho	22 - Água do Ingá
8 - Ribeirão Espreado	23 - Córrego da Água Morna
9 - Córrego do Novo Niágara	24 - Água Santa Rosa
10 - Córrego das Araras	25 - Córrego Sant'Anna ou do Barreirinho
11 - Ribeirão do Lageado	26 - Córrego das Furnas
12 - Córrego do Douradinho	27 - Córrego Christoni
13 - Ribeirão do Dourado	28 - Córrego Água da Veada
14 - Ribeirão Mandaguari	29 - Córrego da Furninha
15 - Córrego do Carreirão	

Na margem direita do Baixo Pardo, foram identificados 62 córregos de primeira, segunda e terceira ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados nos trabalhos de campo, com auxílio de moradores locais, são mostrados no Quadro 4.

Quadro 4 – Córregos identificados na margem direita do Baixo Pardo.

1 - Ribeirão do Capão Rico	17 - Córrego Figueira Branca
2 - Água do Bugre	18 - Córrego Fundo
3 - Córrego do Arrepiado	19 - Córrego São Roque
4 - Córrego do Potreira	20 - Ribeirão da Água Limpa
5 - Ribeirão Capivari	21 - Ribeirão do Pica-pau
6 - Água do Batata	22 - Córrego dos Andrades
7 - Córrego Caçapava	23 - Ribeirão Mandaçaia
8 - Ribeirão Mandaçaia	24 - Córrego Santa Luzia
9 - Córrego Capivari	25 - Córrego da Grumixama
10 - Córrego do Barreiro	26 - Águas das Pedras
11 - Córrego do matão	27 - Córrego do Imburaçu
12 - Ribeirão do Guacho	28 - Córrego do Jaguaraiê
13 - Água do Bebedouro	29 - Córrego São José
14 - Água do Limoeiro	30 - Córrego do Cateto
15 - Água do Crioulo	31 - Água da Limeira
16 - Córrego Pedra Branca	

Em alguns casos, os nomes dos córregos se repetem ou são muito parecidos, como no caso do Ribeirão Mandaçaia, que aparece no corpo d'água nº 8 e no nº 23. Esta é uma

característica comum aos rios brasileiros, que em função da região onde estão localizados, tem os mesmos nomes ou contém vários afluentes com mesmos nomes.

Além das nascentes e córregos, foram identificadas na área estudada 240 represas com menos de 20 hectares (ha) e sete represas com mais de 20 ha.

No caso das represas foi aplicada, na determinação dos limites das APP, a regulamentação constante no Art. 3º da Resolução CONAMA 302/2002.

Com relação às APP, a área total identificada no Baixo Pardo foi de 8.015,36 ha, ou 5,08% da área total da sub-bacia. Destas, 24,60% estão cobertas por florestas, predominantemente secundárias, com alguns fragmentos que ainda apresentam indivíduos de grande porte, remanescentes das matas de galeria primárias do rio Pardo. Na Figura 18, pode-se observar um exemplar de Angico da mata (*Parapiptadenia rigida*) à jusante da foz do rio Novo.



Figura 18 – Exemplar adulto de Angico da mata na margem do Baixo Pardo.

As áreas cobertas com vegetação campestre abrangem 37,18 % do total das APP. Além destes dois usos, considerados adequados, devido à melhor proteção dos solos, da vegetação, da água e da fauna silvestre, também foram identificados usos e coberturas que não cumprem esta função, como a pecuária, que cobre 35,08 % das APP, a lavoura, que cobre 2,40%, o reflorestamento, que abrange 0,07%, as áreas urbanas, que alcançam 0,17% e as

áreas cobertas com infraestruturas que cobrem 0,49%. A Tabela 7 apresenta as áreas ocupadas por cada tipo de uso estudado.

Tabela 7 – Áreas cobertas por cada uso da terra nas APP do Baixo Pardo.

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	1.972,01	24,60
Campestre	2.980,32	37,18
Pecuária	2.811,80	35,08
Lavoura	192,44	2,40
Reflorestamento	5,49	0,07
Área urbana	13,93	0,17
Infraestrutura	39,37	0,49
Total	8.015,36	100

É importante destacar que a maior parte das áreas cobertas pela categoria campestre, são utilizadas também para a prática da pecuária. Desta forma, esta é a atividade com maior abrangência nas APP do Baixo Pardo.

O Anexo 5 mostra a distribuição dos usos da terra nas APP da sub-bacia do Baixo Pardo. A Figura 19 apresenta o destaque de uma área mostrando este uso com detalhamento.

Na Figura 19 observa-se que as APP dos pequenos tributários da região estão ocupadas predominantemente por pecuária e lavoura. Verifica-se que a categoria campestre abrange a maior parte das APP restantes. Com relação a esta categoria, verificou-se nos trabalhos de campo que a mesma é fruto, em vários locais, do aumento da cobrança relativa à legislação ambiental e da fiscalização por parte dos órgãos responsáveis. Por conta disso, muitos proprietários rurais tem abandonado o uso destas áreas, permitindo que a regeneração da vegetação aconteça. Esta regeneração, no entanto, não apresenta grande variedade de espécies, principalmente arbóreas, o que compromete a restauração da mata ciliar, uma vez que o processo de recomposição da vegetação nativa, neste caso é demorado e sujeito a riscos, como do fogo, que em muitos casos destrói a regeneração quase todos os anos, uma vez que nestas áreas abandonadas há o predomínio de gramíneas, sobretudo de braquiárias (*Brachiaria sp.*).

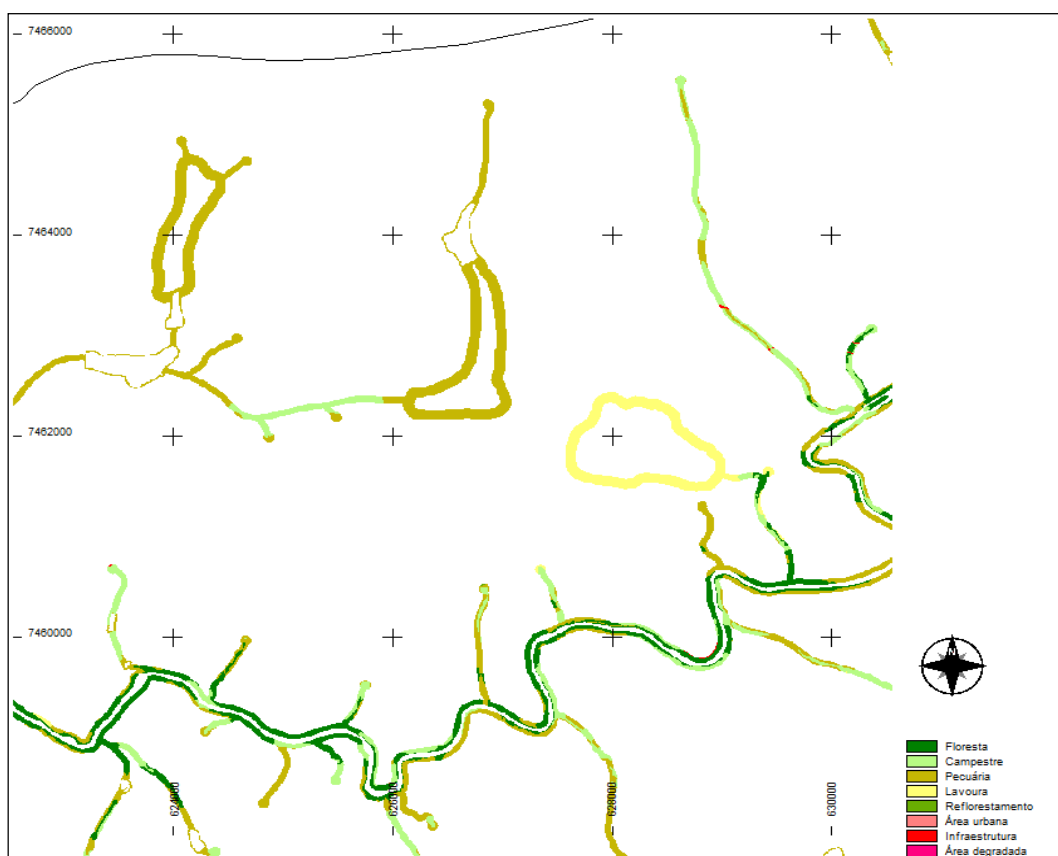


Figura 19 – Destaque do uso da terra nas APP do baixo Pardo na região do Córrego São José, no Norte do município de Ourinhos (sem escala).

Nesta região, as florestas nativas predominam nas APP do leito principal do rio Pardo. O Anexo 6 apresenta o mapa com as áreas cobertas com usos adequados (floresta e campestre), que cobrem 4.942,33 ha (61,66% da área) e dos usos inadequados que cobrem 3.073,03 ha (38,34 % da área). A Figura 20 mostra o destaque deste mapa.

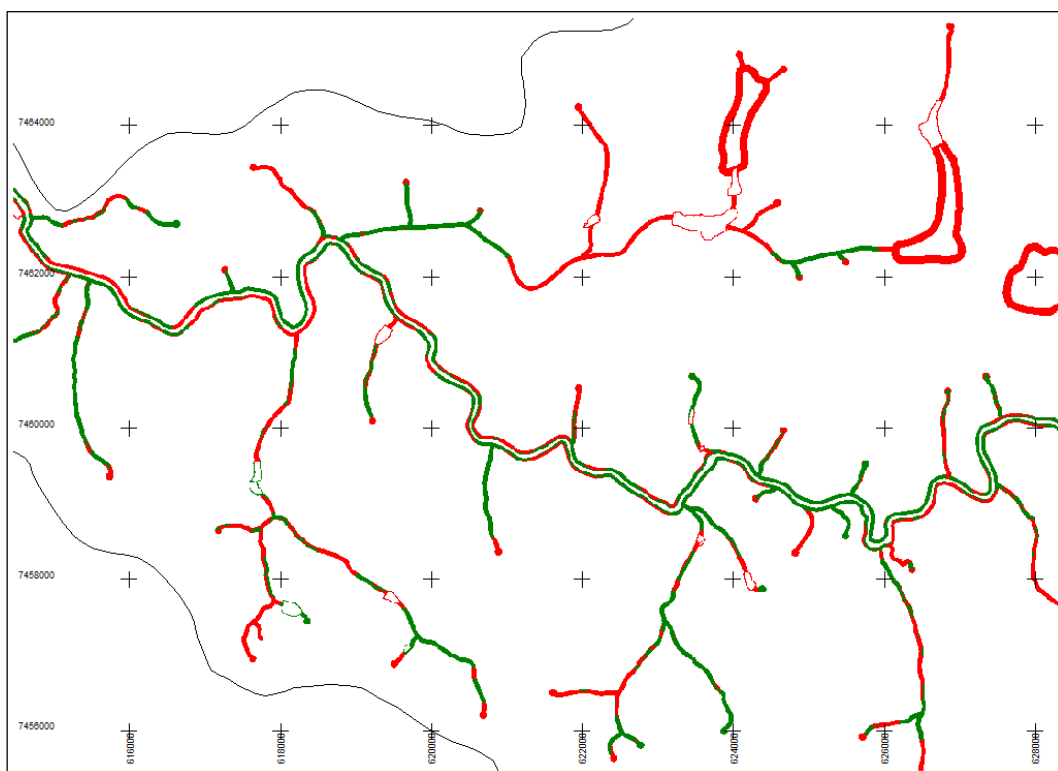


Figura 20 – Destaque do mapa de usos adequados e inadequados da terra das APP do baixo Pardo, na região Norte do município de Ourinhos (sem escala).

As classes de declive elaboradas nesta pesquisa para as APP do baixo Pardo abrangem as áreas apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Áreas cobertas por cada classe de declive no baixo Pardo.

Classe de declive	Área (ha)	Percentual (%)
0 - 3%	1.725,13	21,52
3 - 6%	1.113,31	13,89
6 - 12%	3.214,11	40,10
12 - 20%	1.425,08	17,78
20 - 40%	514,55	6,42
> 40%	23,18	0,29
Total	8.015,36	100

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 8, verifica-se que as classes de declive que predominam no baixo Pardo são aquelas com intervalos entre 6 e 12% e 0 a 3%. Estas são as menores declividades das APP de toda a bacia do Pardo, em função de que no baixo Pardo estão localizadas as principais planícies da bacia, consequência de sua aproximação com o rio Paranapanema, onde deságua. Mesmo assim, identificou-se 24,49% (1.962,81 ha) das APP com declives superiores a 12%, exigindo maior atenção para a preservação e recuperação das matas ciliares.

O Anexo 7 mostra a distribuição das classes de declive na sub-bacia do Baixo Pardo. A Figura 21 mostra um exemplo de detalhamento destas classes na região centro-leste da área de estudo.

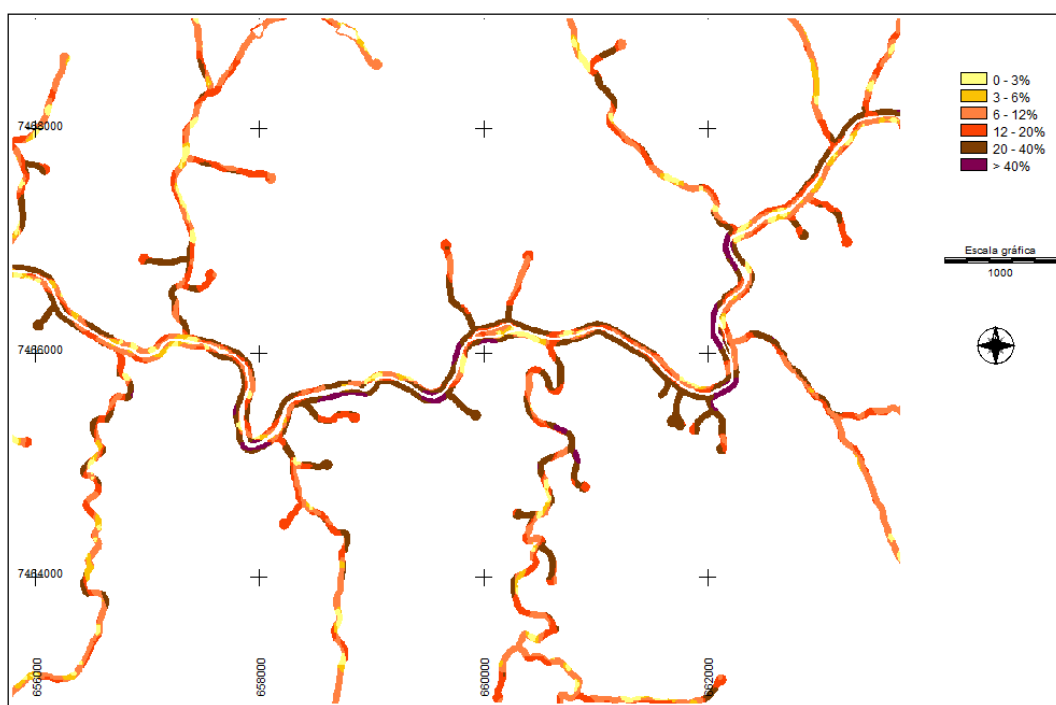


Figura 21 – Destaque das classes de declive nas APP do Baixo Pardo (sem escala).

As áreas com declives superiores a 12% correspondem a 1.962,81 ha e estão localizadas principalmente nas margens do leito principal do rio Pardo, onde se encontram, inclusive, locais com declives maiores que 40%. Deste total, 59,73% estão cobertos por florestas ou pela categoria campestre, que lhes confere proteção adequada. No entanto, 40,27% destes declives estão ocupados com atividades que podem causar impactos importantes. A Tabela 9 mostra as áreas de cada uso da terra que cobrem estes locais e suas porcentagens.

Tabela 9 – Áreas cobertas por cada classe de uso nas declividades iguais ou superiores a 12%.

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	664,76	33,87
Campestre	507,68	25,86
Pecuária	738,06	37,61
Lavoura	41,52	2,11
Reflorestamento	0,62	0,03
Área urbana	2,53	0,13
Infraestrutura	7,64	0,39
Total	1.962,81	100

De acordo com os dados da Tabela 9, as APP do Baixo Pardo com declives iguais ou superiores a 12% tem 790,37 hectares ocupados com atividades potencialmente degradadoras dos recursos naturais. Esta área corresponde a 9,86% da área total de APP da sub-bacia. Isto indica que na região, devem ser desenvolvidos trabalhos de adequação desta condição, buscando diminuir estes riscos, implantando-se matas ciliares contendo espécies nativas do ecossistema original.

O impacto dessas atividades nesses declives sobre a água, o solo e a flora, é importante, colocando em risco principalmente a água dos rios e as espécies que nelas habitam. Já, no caso da fauna silvestre, este impacto é severo, pois impede o estabelecimento de corredores para seu deslocamento e a existência de alimentos e abrigo, o que compromete sua sobrevivência. Este fato é demonstrado pelo pequeno número de espécies ou de seus sinais, visualizadas nos trabalhos de campo desta pesquisa. Além disso, quase a totalidade das espécies da fauna avistada foi de aves, que embora sofram o impacto da falta de abrigo e alimento, conseguem se deslocar para busca-los correndo riscos menores do que aquelas espécies que tem hábitos terrestres ou aquáticos.

A Figura 22 mostra exemplo de áreas com declives iguais ou superiores a 12% nas APP do baixo Pardo e seus diferentes usos e coberturas.

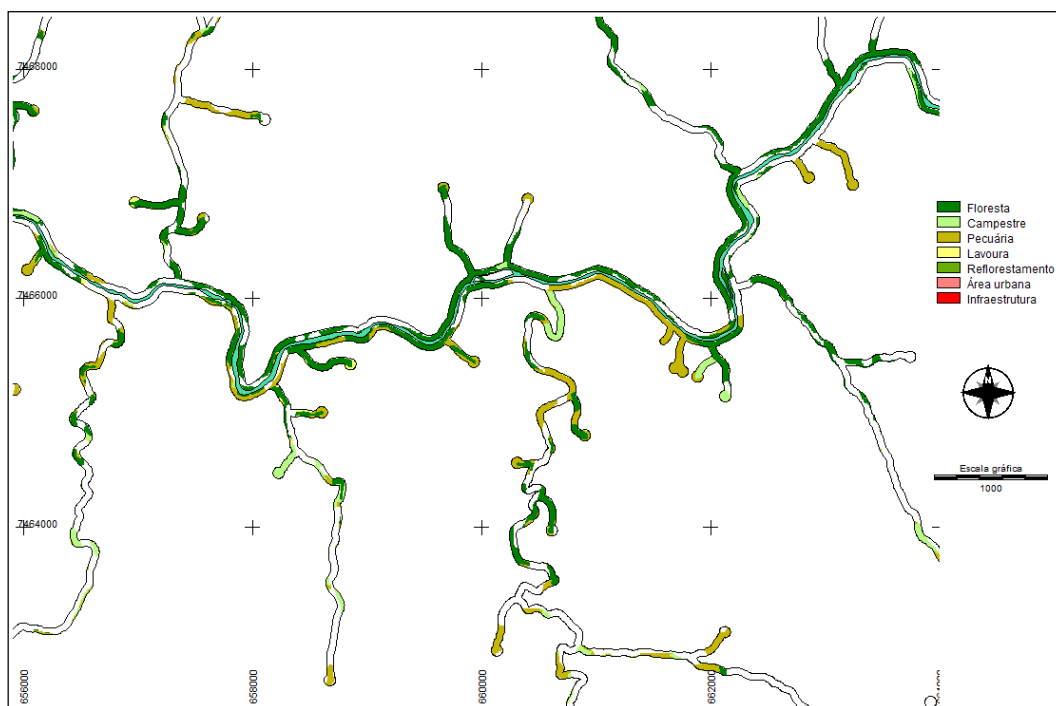


Figura 22 – Exemplo de uso da terra nas APP do baixo Pardo nos declives iguais ou superiores a 12%.

4.2.3 - Características das Áreas de Preservação Permanente do Alto Pardo

A sub-bacia do Alto Pardo está localizada a Leste da área de estudo, como mostra a Figura 23.

A área total da sub-bacia do Alto Pardo é de 133.470,98 ha ou 1.334,71 km². Nela, foram identificadas e localizadas 1.221 nascentes.

Estas nascentes geram 65 córregos de primeira, segunda, terceira e quarta ordem, na margem esquerda do Alto Pardo. Destes, os principais, da nascente em direção à foz, que tem nome identificado na carta topográfica ou que o nome foi indicado por algum morador da área durante os trabalhos de campo são os apresentados no Quadro 5.

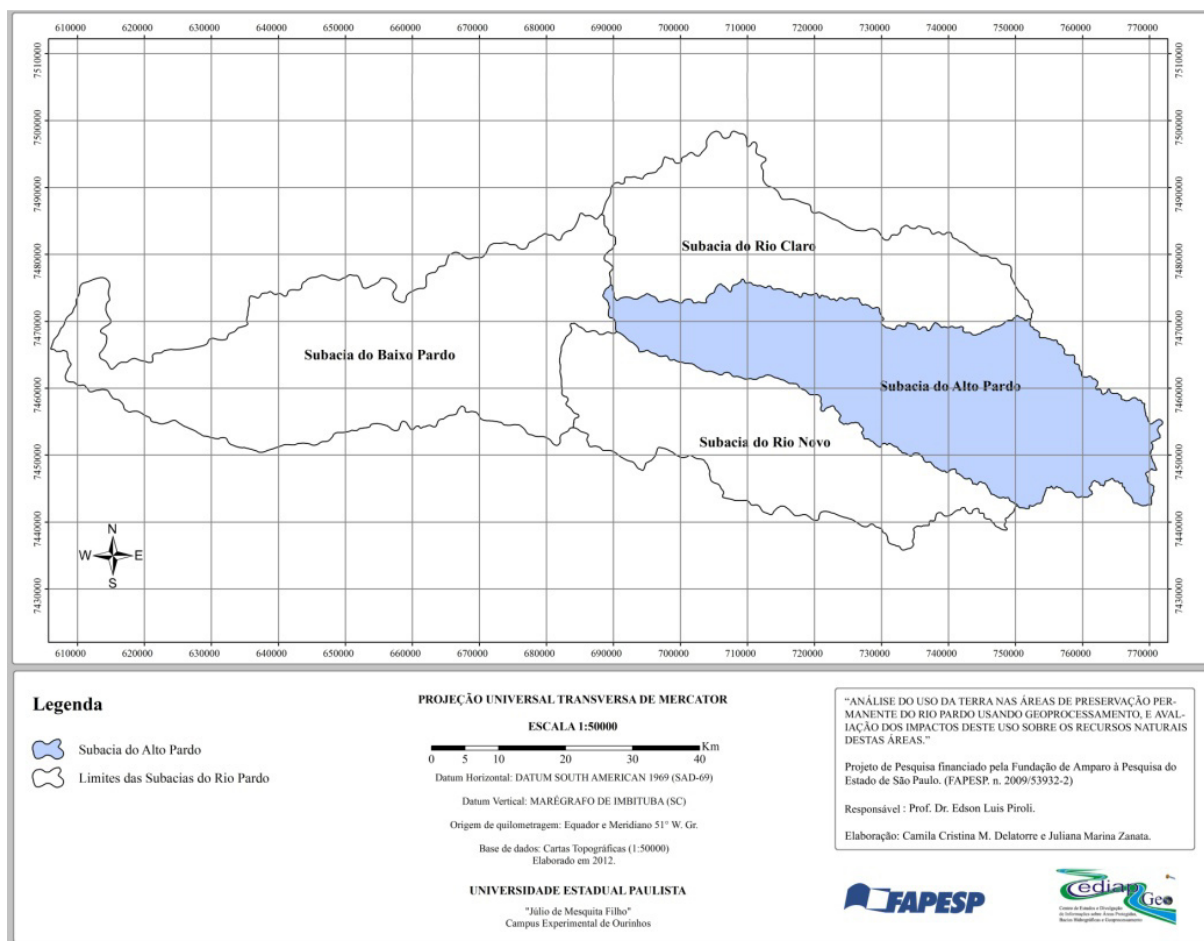


Figura 23 – Bacia do rio Pardo, com destaque para a sub-bacia do Alto Pardo.

Quadro 5 – Córregos identificados na margem esquerda do Alto Pardo.

1 - Córrego do Tijucu Preto	10 - Córrego dos Cochos
2 - Rio Pardinho	11 - Água Santa Margarida
3 - Córrego da Água Funda	12 - Córrego dos Dias
4 - Córrego da Caixa d'água	13 - Córrego São Geraldo
5 - Córrego das Pedrinhas	14 - Córrego Armando Garcia
6 - Ribeirão das Pedras	15 - Água do Marimbondo
7 - Ribeirão da Restinga	16 - Água do Caboclo
8 - Água da Graminha	17 - Água do Olimpico
9 - Córrego do Lageado	

Na margem direita do Alto Pardo, foram identificados 62 córregos de primeira, segunda e terceira ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados nos trabalhos de campo, com auxílio de moradores da área durante os trabalhos de campo, são mostrados no Quadro 6.

Quadro 6 – Córregos identificados na margem direita do Alto Pardo.

1 - Córrego Janeirinho	13 - Córrego das Pombas
2 - Córrego Panfilio Dantas	14 - Córrego São Pedro
3 - Ribeirão Água da Madalena	15 - Ribeirão da Divisa
4 - Água da Venda Seca	16 - Água do Banana
5 - Córrego Pinheirinho	17 - Córrego São Gonçalo
6 - Ribeirão do Pinheirinho	18 - Córrego da Cachoeira
7 - Córrego do Ferreirinha	19 - Córrego Palmital
8 - Ribeirão das Bicas	20 - Rio Palmital
9 - Ribeirão da Serra d' água	21 - Córrego João Leite
10 - Ribeirão do Faxinal	22 - Córrego do Bandarra
11 - Córrego do Bruno	23 - Córrego do Azulejo
12 - Córrego do Monte Alegre	24 - Água da Onça

Além das nascentes e córregos, foram identificadas na área estudada 325 represas com menos de 20 hectares (ha) e 3 represas com mais de 20 ha.

No caso das represas foi aplicada, na determinação dos limites das APP, a regulamentação constante no Art. 3º da Resolução CONAMA 302/2002.

Com relação às APP, a área total identificada no Alto Pardo foi de 9.820,61 ha, ou 7,36% da área total da sub-bacia. Destas, 57,31% estão cobertas por florestas, predominantemente secundárias, embora com fragmentos que apresentam indivíduos de grande porte, remanescentes das matas de galeria primárias do rio Pardo, sobretudo nas encostas íngremes das regiões de nascentes. As áreas cobertas com vegetação campestre abrangem 33,97% do total das APP. Além destes dois usos, considerados adequados, devido à proteção eficiente dos solos, da vegetação, da água e da fauna silvestre, também foram identificados usos e coberturas que não cumprem esta função, como a pecuária, que cobre 6,39% das APP, a lavoura, que cobre 1,39%, o reflorestamento, que abrange 0,58%, as áreas urbanas, que alcançam 0,05%, áreas cobertas com infraestruturas que cobrem 0,21% e áreas com outros usos que abrangem 0,10% da área. Foram classificados como outros usos, aqueles locais cuja cobertura não se enquadra em nenhuma das demais classes. A Tabela 10 apresenta as áreas ocupadas por cada tipo de uso estudado.

Tabela 10 – Áreas cobertas por cada uso da terra na sub-bacia do Alto Pardo.

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	5.628,15	57,31
Campestre	3.336,05	33,97
Pecuária	627,49	6,39
Lavoura	136,76	1,39
Reflorestamento	57,33	0,58
Área urbana	4,92	0,05
Infraestrutura	20,51	0,21
Outros usos	9,40	0,10
Total	9.820,61	100

Assim como nas demais sub-bacias, a maior parte das áreas cobertas pela categoria campestre é utilizada para a prática da pecuária.

Observou-se que no Alto Pardo está o maior percentual de APP de todas as sub-bacias. Isto ocorre devido ao grande número de nascentes e pequenos córregos que se formam na região. Além disso, é nesta sub-bacia que está o maior percentual de uso e cobertura da terra com as categorias floresta e campestre (91,28%).

O Anexo 8 mostra a distribuição dos usos da terra nas APP da sub-bacia do Alto Pardo. A Figura 24 apresenta o destaque de uma área mostrando este uso com detalhamento.

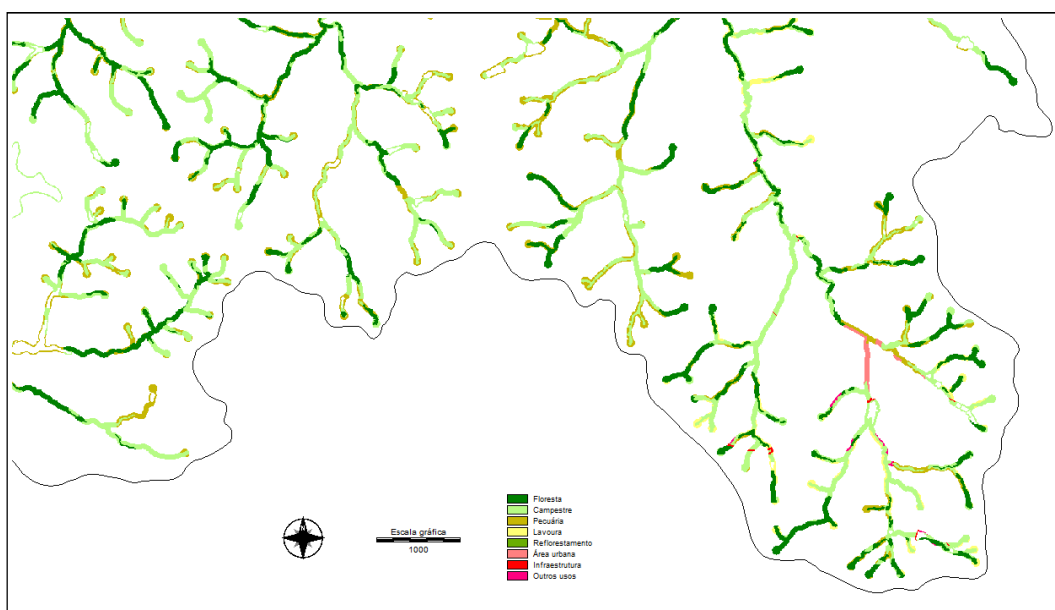


Figura 24 – Destaque do uso da terra nas APP da região da nascente principal do rio Pardo.

A alta porcentagem de áreas cobertas com as categorias floresta e campestre (91,28%) deve ser creditada também às altas declividades da região, o que dificulta o estabelecimento de atividades agrícolas e mesmo a pecuária intensiva. O Anexo 9 apresenta o mapa com as áreas cobertas com usos adequados (floresta e campestre), que cobrem 8.964,2 ha e dos usos

inadequados que cobrem 856,41 ha (8,72 % da área). A Figura 25 apresenta o destaque deste mapa.

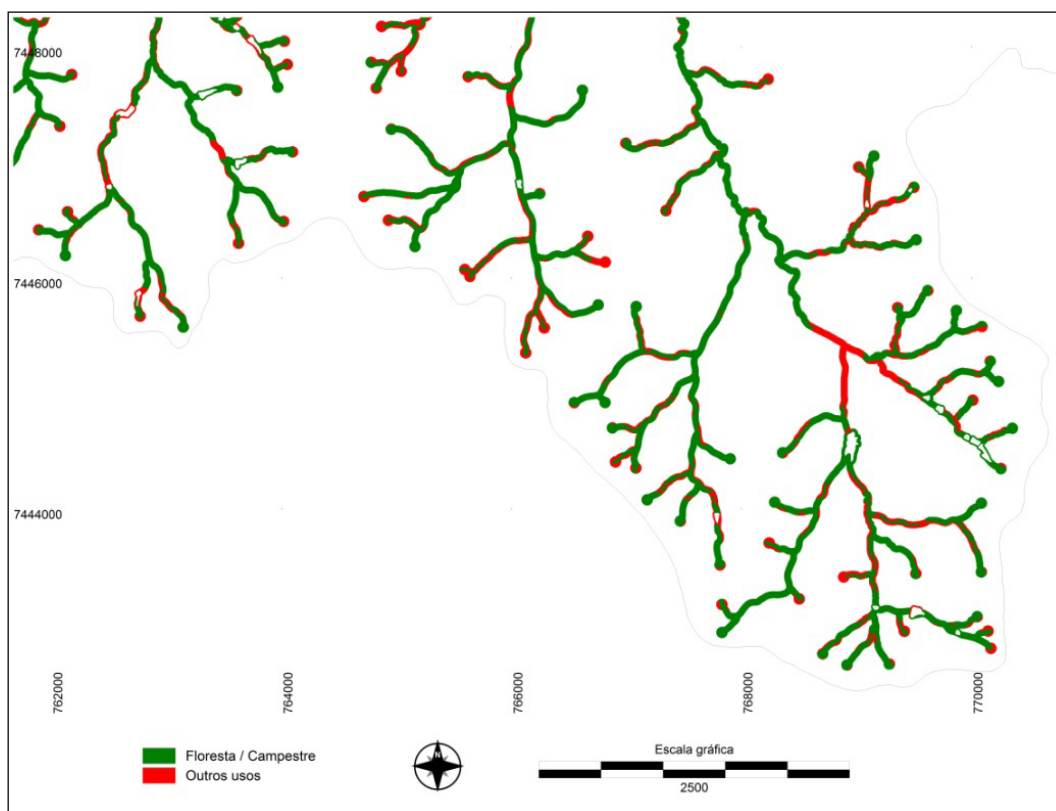


Figura 25 – Destaque do mapa apresentado no Anexo 9, mostrando os locais onde está localizado cada uso.

As classes de declive do Alto Pardo estão descritas na Tabela 11, onde se pode verificar que predominam aquelas que se encontram no intervalo de 6 a 20%. Deve-se observar ainda que nesta sub-bacia os declives entre 20 e 40% apresentam área destacável, com 1.044,10 ha, cobrindo 10,63% de toda área de APP.

Tabela 11 – Áreas cobertas por cada classe de declive na sub-bacia do Alto Pardo.

Classe de declive	Área (ha)	Percentual (%)
0 - 3%	1.428,48	14,55
3 - 6%	1.161,42	11,83
6 - 12%	3.839,14	39,09
12 - 20%	2.329,64	23,72
20 - 40%	1.044,10	10,63
> 40%	17,83	0,18
Total	9.820,61	100

O Anexo 10 apresenta a distribuição das classes de declive do Alto Pardo, sendo possível visualizar no mapa que os maiores declives encontram-se localizados na porção

Leste, na região das principais nascentes da bacia do rio Pardo. Destaque-se que nesta região encontram-se altitudes superiores a 1.000 metros em relação ao nível médio dos mares.

A Tabela 12 apresenta os usos da terra nos declives iguais ou superiores a 12%. Nela pode-se verificar que o percentual de floresta e campestre alcança 91,17%, da área total. Das demais categorias, a pecuária e a lavoura se destacam por cobrir 6,80 e 1,05%, respectivamente. Embora estas porcentagens, possam parecer baixas quando se olha as áreas ocupadas pelas mesmas (271,61 ha), verifica-se que são abrangentes e importantes no contexto da sub-bacia, que tem por característica declives mais acentuados. Estas áreas, ao serem somadas com os demais usos nestes declives, alcançam 305,67 hectares, que necessitam de cuidados especiais em função da inclinação do terreno e do uso da terra inadequado.

Tabela 12 – Áreas cobertas por cada classe de uso nos declives iguais ou superiores a 12%.

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	2.077,93	60,05
Campestre	1.077,00	31,12
Pecuária	235,25	6,80
Lavoura	36,36	1,05
Reflorestamento	24,27	0,70
Área urbana	1,14	0,03
Infraestrutura	5,99	0,17
Outros usos	2,66	0,08
Total	3.460,60	100

A Figura 26 apresenta um recorte da porção Sudoeste da sub-bacia, demonstrando os usos da terra nos declives iguais ou superiores a 12%.

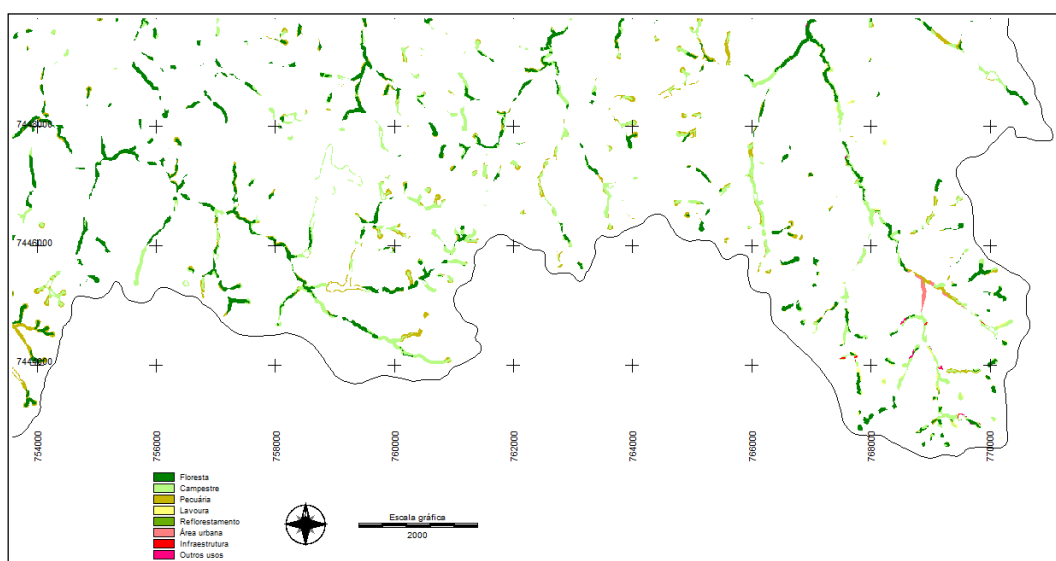


Figura 26 – Uso da terra das APP nos declives iguais ou superiores a 12%.

Mesmo apresentando problemas com relação a ocupações inadequadas em parte das APP, é importante destacar que esta área da bacia, por possuir as principais nascentes do rio Pardo, é em parte responsável pela qualidade relativamente boa das águas do rio Pardo.

4.2.4 - Características das Áreas de Preservação Permanente do rio Claro

A sub-bacia do rio Claro está localizada ao Norte da área de estudo, como mostra a Figura 27.

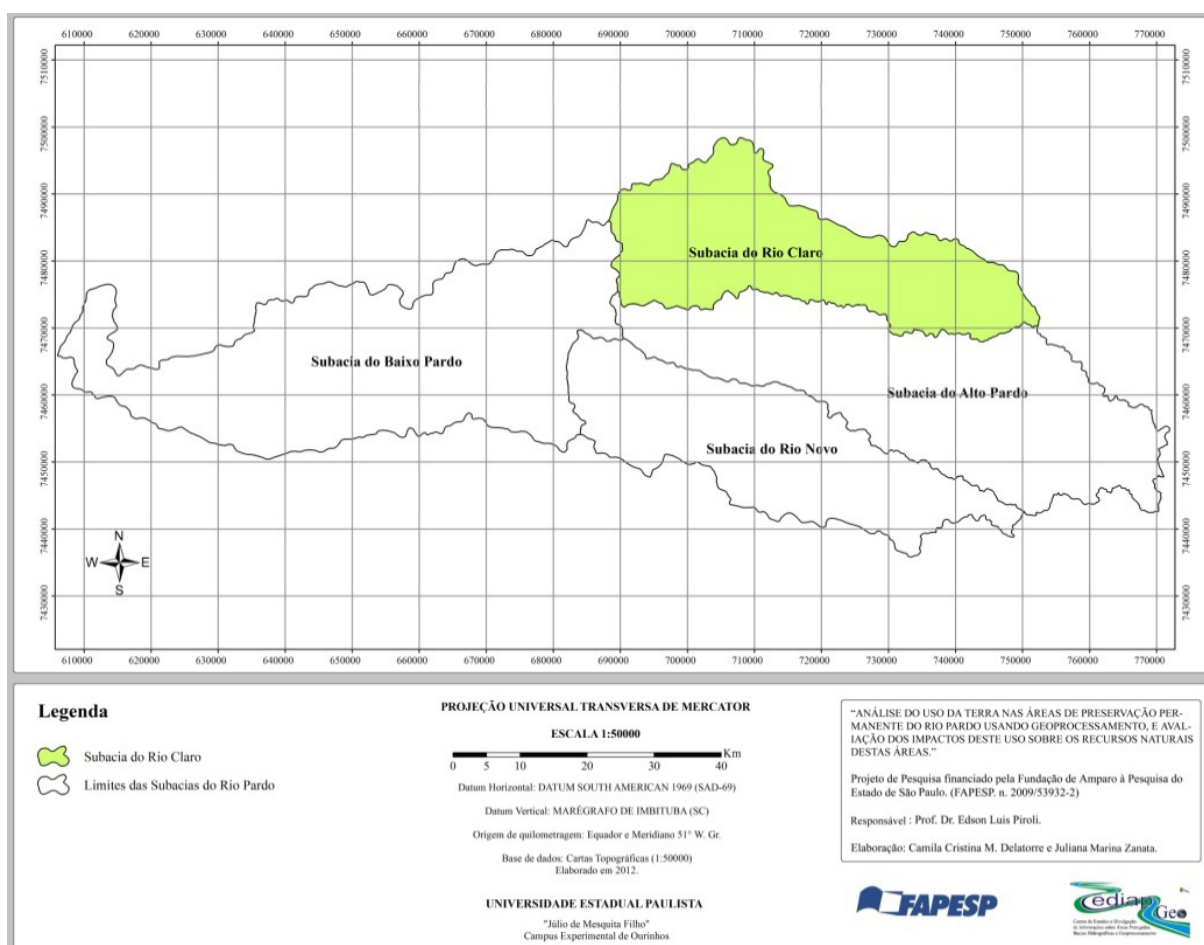


Figura 27 – Área de estudo, com destaque para a sub-bacia do rio Claro.

A área total da sub-bacia do rio Claro é de 95.459,95 ha ou 954,69 km². Nela, foram identificadas e localizadas 813 nascentes.

Estas nascentes geram 38 córregos de primeira, segunda e terceira ordem, na margem esquerda do rio Claro. Destes, os principais, da nascente em direção à foz, que tem nome identificado na carta topográfica ou que o nome foi indicado por algum morador da área durante os trabalhos de campo, são os apresentados no Quadro 7:

Quadro 7 – Córregos identificados na margem esquerda do rio Claro.

1 - Rio da Prata	11 - Córrego da Fazendinha
2 - Córrego do Barro Branco	12 - Água Palmeirinha
3 - Ribeirão dos Cochós	13 - Córrego Bamburro
4 - Córrego Floresta	14 - Água do Uruti
5 - Córrego Palmital	15 - Ribeirão Laranja Azeda
6 - Córrego Jotinvoca	16 - Córrego do Rapador
7 - Córrego Boa Vista	17 - Água das Pedrinhas
8 - Córrego do Silvino	18 - Córrego Manaval
9 - Córrego do Barro Preto	19 - Água do Monjolinho
10 - Córrego Café Velho	20 - Córrego Iguatemi

Na margem direita do rio Claro, foram identificados 51 córregos de primeira, segunda e terceira ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados nos trabalhos de campo com auxílio de moradores locais, são mostrados no Quadro 8.

Quadro 8 – Córregos identificados na margem direita do rio Claro.

1 - Córrego da Boa Esperança	9 - Córrego do Monjolinho
2 - Córrego do Falcão	10 - Córrego Pulador
3 - Ribeirão Dois Córregos	11 - Córrego Piracema
4 - Córrego das Perobas	12 - Rio Turvinho
5 - Córrego da Coruja	13 - Água da Rondinha
6 - Córrego do Indaiá	14 - Ribeirão da Capivara
7 - Córrego do Bom corredor	15 - Água da Palmeira
8 - Córrego do Café	

Além das nascentes e córregos, foram identificadas na área estudada 120 represas, todas com menos de 20 hectares (ha).

Para as represas foi aplicada, na determinação dos limites das APP, a regulamentação constante no Art. 3º da Resolução CONAMA 302/2002.

Com relação às APP, a área total identificada no rio Claro foi de 6.308,76 ha, ou 6,61% da área total da sub-bacia. Destas, 39,21% estão cobertas por florestas, predominantemente secundárias. As áreas cobertas com vegetação campestre abrangem 27,41% do total das APP. Além destes dois usos, considerados adequados devido à melhor proteção oferecida aos solos, à vegetação, à água e à fauna silvestre, também foram identificados usos e coberturas que não cumprem esta função, como a pecuária, que cobre 15,46 % das APP, a lavoura, que cobre 8,06%, o reflorestamento, que abrange 9,52%, as áreas

urbanas, que alcançam 0,02%, e áreas cobertas com infraestruturas que cobrem 0,32%. A Tabela 13 apresenta as áreas ocupadas por cada tipo de uso estudado.

Tabela 13 – Áreas cobertas por cada uso da terra na sub-bacia do rio Claro.

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	2.473,48	39,21
Campestre	1.729,30	27,41
Pecuária	975,44	15,46
Lavoura	508,73	8,06
Reflorestamento	600,57	9,52
Área urbana	1,03	0,02
Infraestrutura	20,21	0,32
Total	6.308,76	100

De acordo com os dados apresentados na Tabela 13, as APP do rio Claro são as que tem maiores áreas ocupadas com lavoura (508,73 ha) e com reflorestamento (600,57 ha), quando comparadas com as demais sub-bacias do rio Pardo. As áreas com lavoura estão distribuídas ao longo de toda sub-bacia. Já as áreas com reflorestamentos estão predominantemente localizadas na metade Oeste da bacia, região onde estão implantadas vastas extensões de eucaliptos.

O Anexo 11 mostra a distribuição dos usos da terra nas APP da sub-bacia do rio Claro. A Figura 28 apresenta o destaque de uma área mostrando este uso com detalhamento.

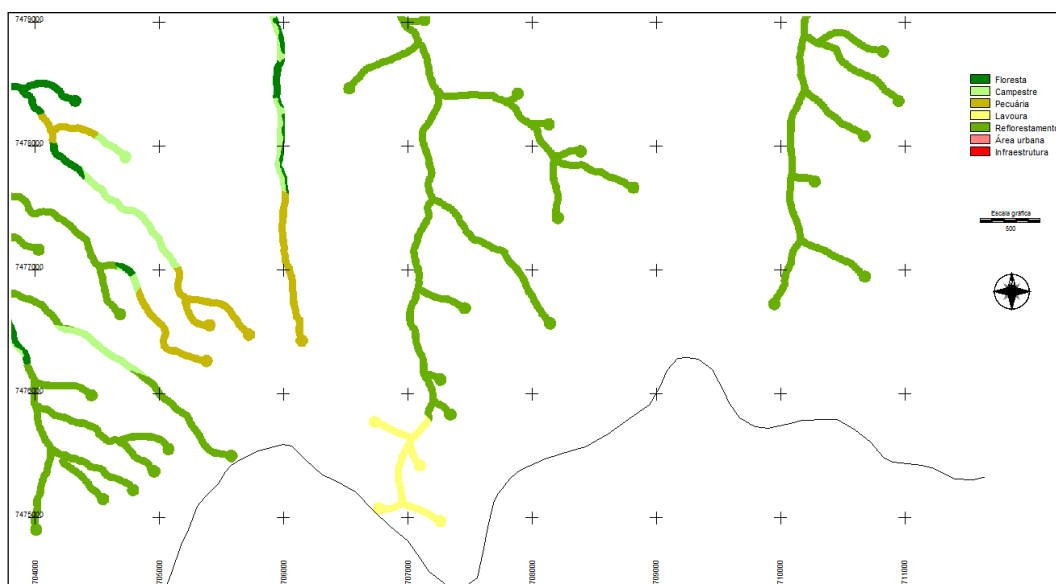


Figura 28 – Destaque de área a Sudoeste da sub-bacia, mostrando os diferentes usos da terra nas APP do rio Claro (sem escala).

Na sub-bacia do rio Claro foi encontrada a maior porcentagem de APP cobertas com atividades agrícolas (lavoura e reflorestamento). Observou-se microbacias com praticamente

toda sua APP ocupada por estas atividades. Esta situação pode ser visualizada no Anexo 12, que apresenta o mapa com as áreas cobertas com usos adequados (floresta e campestre), que abrangem 4.202,78 ha e dos usos inadequados que cobrem 2.105,98 ha (33,38% da área). As classes de declive do rio Claro estão descritas na Tabela 14, onde se pode verificar que os declives predominantes encontram-se no intervalo de 6 a 12%. Os declives entre 0 e 3% também alcançam área considerável, com 1.476,94 ha.

Tabela 14 – Áreas cobertas por cada classe de declive.

Classe de declive	Área (ha)	Percentual (%)
0 - 3%	1.476,94	23,41
3 - 6%	1.099,56	17,43
6 - 12%	2.296,02	36,40
12 - 20%	967,00	15,33
20 - 40%	453,13	7,18
> 40%	16,11	0,25
Total	6.308,76	100

O Anexo 13 apresenta a distribuição das classes de declive nas APP do rio Claro, possibilitando visualizar no mapa que os maiores declives encontram-se localizados na porção Leste, na região das principais nascentes da sub-bacia, e ainda nas bordas desta, ao longo do divisor de águas ao Sul.

Ao analisar os usos da terra nas classes com declives iguais ou superiores a 12%, verifica-se que 64,99% são floresta e campestre, que oferecem uma boa proteção aos recursos naturais, mesmo em áreas mais íngremes. Os 35,01% restantes, que correspondem a 502,72 ha, apresentam riscos maiores de degradação em função da maior declividade e da menor (ou nenhuma) proteção oferecida pela cobertura do solo. Por isso necessitam cuidados especiais por parte dos proprietários e do setor público, recomendando-se neste caso a recomposição imediata das matas ciliares. A Tabela 15 apresenta as áreas de cada uso sobre as áreas de declive iguais ou superiores a 12%.

Tabela 15 – Áreas cobertas por cada classe de uso nas declividades iguais ou superiores a 12%.

Uso da Terra	Área (ha)	Percentual (%)
Floresta	632,04	44,00
Campestre	301,48	20,99
Pecuária	187,02	13,02
Lavoura	99,06	6,90
Reflorestamento	210,22	14,64
Área urbana	0,04	0,01
Infraestrutura	6,38	0,44
Total	1.436,24	100

A Figura 29 apresenta uma área destacada, na região das primeiras nascentes do rio Claro, onde se pode visualizar os usos da terra nas APP com declives iguais ou superiores a 12%. As áreas em branco correspondem aos declives inferiores a 12%.

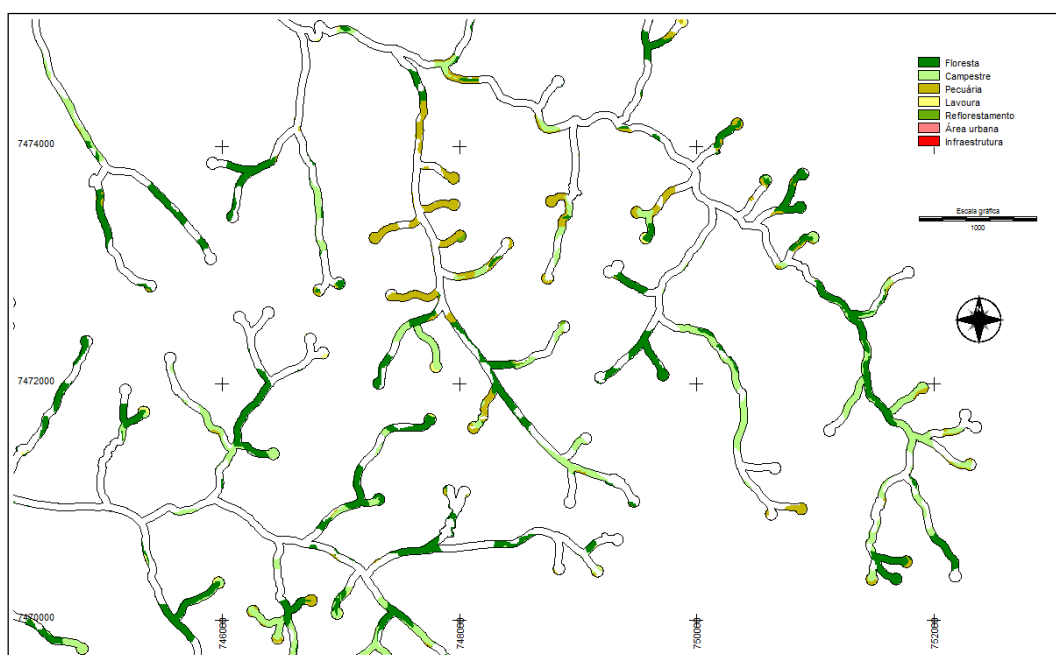


Figura 29 – Destaque do uso da terra nas APP com declives iguais ou superiores a 12%.

A Tabela 16 mostra uma síntese dos resultados obtidos na análise dos corpos d'água e do uso da terra das APP destes e os totais das APP da bacia do rio Pardo. Nela verifica-se que o número total de nascentes da bacia do Pardo é de 3.281. Estas nascentes somadas alcançam área de APP de 2.576,89 ha. O número de tributários de primeira até quarta ordem alcança 437 (somando-se duas sub-bacias básicas desta pesquisa – Novo e Claro). O baixo e o Alto Pardo não foram inseridos na contagem de tributários por serem os rios principais, e, em função disso, receberem as águas de todos os demais afluentes.

Os tributários do rio Pardo formam bacias com dimensões de menos de 100 hectares até mais de 90.000 hectares, caso das sub-bacias Novo e Claro.

Na área de estudo foram identificadas e mapeadas 992 represas, sendo 15 com área alagada superior a 20 hectares.

A área total da bacia do rio Pardo é de 480.312,25 hectares. A área total de APP dos corpos d'água da bacia do rio Pardo é de 29.741,60 hectares (6,19% de toda área da bacia), sendo que destes, 7.513,34 hectares (1,56% de toda área da bacia e 25,26% da área total de APP) estão atualmente ocupados com usos inadequados, de acordo com a legislação ambiental brasileira.

Existem, na bacia do rio Pardo, 2.109,11 ha de APP com declives iguais ou superiores a 12% ocupados de maneira inadequada. Estes são os locais prioritários para desenvolvimento de projetos e programas de sensibilização dos proprietários e de recuperação das matas ciliares e do ecossistema visando sua adequação à legislação atual, uma vez que apresentam os maiores problemas e os maiores riscos.

Tabela 16 – Síntese dos dados identificados em cada sub-bacia e totais da bacia do rio Pardo.

Sub-bacia	Nº de nascentes	Nº de tributários	Nº total de represas	Área (ha)	Área de APP (ha)	Área APP com uso inadequado (ha)	Área APP c/ declive $\geq 12\%$ (ha)	Áreas $\geq 12\%$ c/ uso inadeq. (ha)
Novo	569	99	297	93.595,96	5.596,87	1.477,29	1.729,03	510,35
Baixo Pardo	678	122	247	157.785,36	8.015,36	3.073,03	1.962,81	790,37
Alto Pardo	1.221	125	328	133.470,98	9.820,61	856,41	3.460,60	305,67
Claro	813	89	120	95.459,95	6.308,76	2.105,98	1.436,24	502,72
Total Pardo	3.281	437*	992	480.312,25	29.741,60	7.513,34	8.588,68	2.109,11

* Valor obtido, somando-se as sub-bacias do rio Novo e do rio Claro.

4.2.5 – Características dos recursos naturais das APP do rio Pardo.

A área deste estudo foi considerada pelos grupos temáticos responsáveis pelas pesquisas desenvolvidas no projeto BIOTA/FAPESP, como sendo de interesse para incremento de conectividade através da restauração de APPs, averbação de reserva legal e criação de reserva particular do patrimônio natural. Conforme se pode observar na Figura 43, a maior parte do alto e do centro da bacia do rio Pardo, foi indicada por diversos grupos temáticos (5 e 4) para esta finalidade.

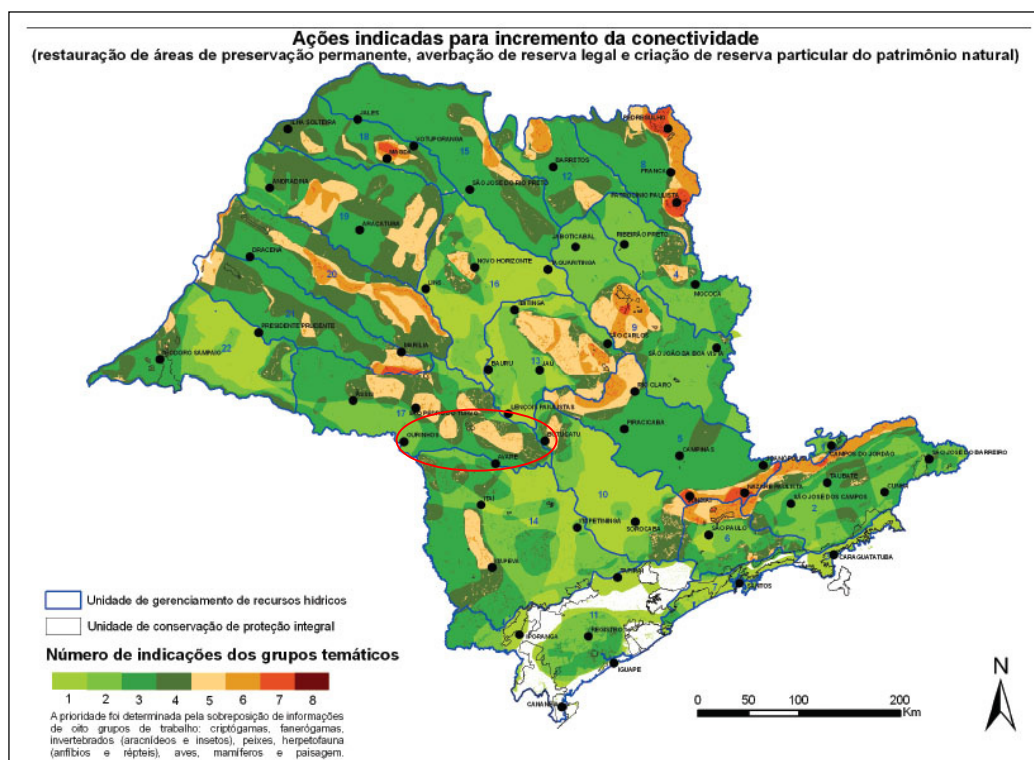


Figura 30 – Mapa demonstrando as áreas de maior interesse para incremento de conectividade. A elipse vermelha destaca a área deste estudo. Fonte: Metzger e Rodrigues (2008).

A partir da importância da região, reconhecida pelo projeto BIOTA/FAPESP e por diversos trabalhos realizados anteriormente, os recursos naturais, vegetação nativa, solos, água e fauna silvestre foram analisados *in loco* na presente pesquisa em mais de 30 pontos diferentes (alguns recursos naturais foram avaliados em mais locais do que outros, em função de acessibilidade, variação de características e custos).

Verificou-se que o curso d'água principal do Rio Pardo nasce na Serra do Limoeiro, no município de Pardinho - SP, a uma altitude de 979 metros em relação ao nível médio dos mares,

nas coordenadas 770011 (E) e 7442868 (N) do fuso 22 do sistema de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Datum SAD 69. A Figura 31 apresenta esta localização destacada sobre uma imagem do sensor PRISM (*Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping*) do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*).

Na Figura, pode-se observar que a nascente principal está localizada próxima à área urbana da cidade de Pardinho, atravessando-a após um percurso de três quilômetros.

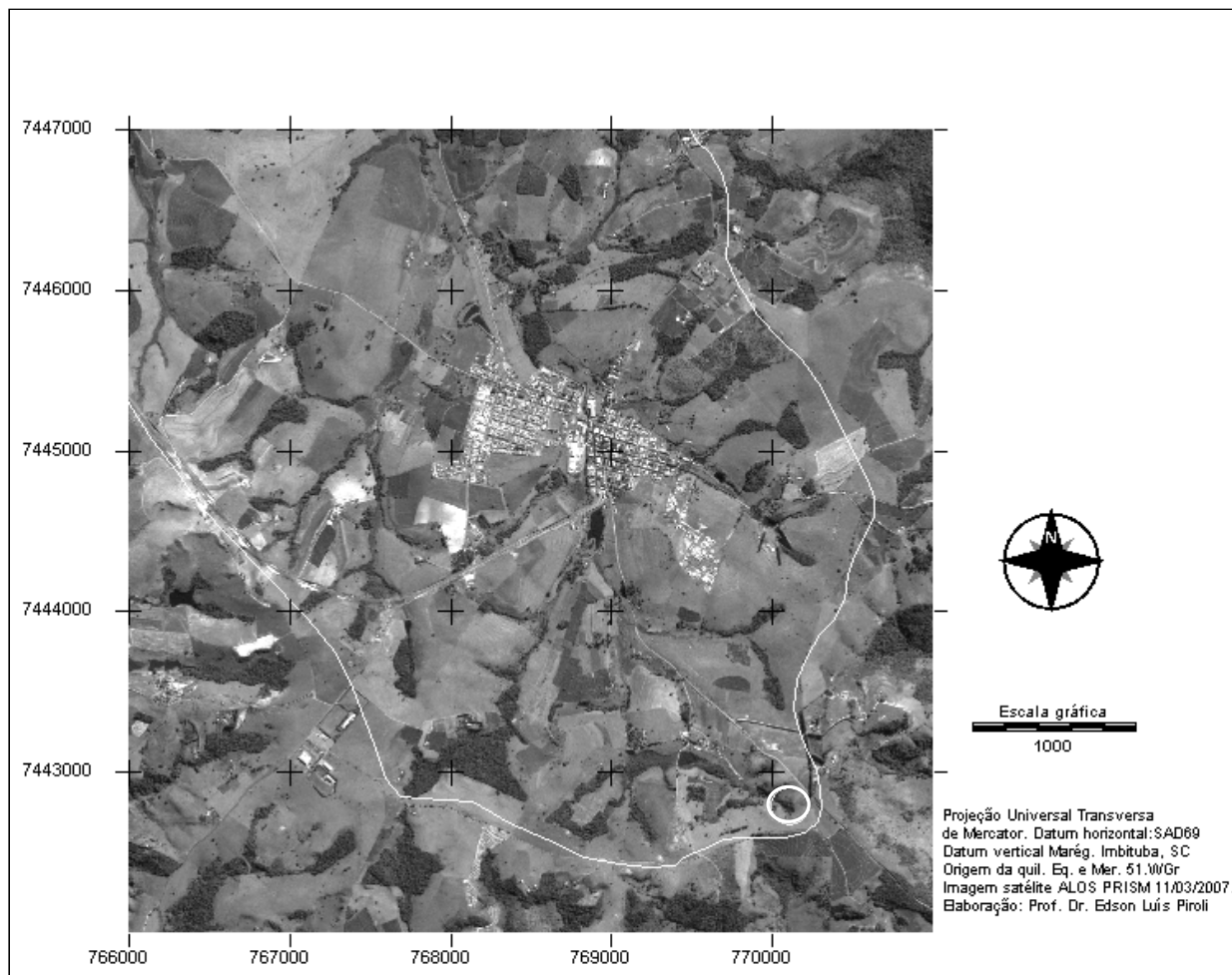


Figura 31 – Limite da bacia do Rio Pardo (linha branca maior) e demarcação da localização de sua nascente principal (círculo branco a Sudeste da imagem). Note-se a área urbana da cidade de Pardinho ao centro da imagem.

A Figura 31 mostra que a região da nascente está localizada em uma área de alta declividade. A Figura 32 mostra essa condição e a cerração, que dificulta a visualização da área. Esta condição ocorre devido à altitude do local, que se encontra em torno de 1.000 metros em relação ao nível médio dos mares.



Figura 32 – Mata ciliar ao redor da nascente principal do rio Pardo, localizada na floresta, à direita da fotografia.

A primeira nascente do rio Pardo encontra-se em uma área cercada, com 30 metros de APP, mostrando intervenção no sentido de protegê-la. A mesma encontra-se encanada (Figuras 33 e 34), com suas águas sendo direcionadas para caixas d'água, que na sequência fazem a distribuição para as casas da sede da propriedade onde está inserida. Na análise da água do local, esta apresentou qualidade adequada, dentro dos padrões considerados recomendáveis, com presença de fauna aquática em grande número e variedade.



Figura 33 – Nascente principal do rio Pardo, em Pardinho.



Figura 34 – Caixas d'água para armazenamento da água da primeira nascente do rio Pardo.

As fotos mostradas nas Figuras 33 e 34 apresentam uma situação emblemática da apropriação dos recursos naturais. A água, mesmo antes de brotar da terra já é captada para abastecimento humano (ou para a produção de algum bem). A postura antropocêntrica e egoísta

chega aqui ao extremo, uma vez que não são consideradas as necessidades das outras espécies que outrora provavelmente ali existiam, nem mesmo a necessidade do ecossistema local, como um todo.

Deve-se destacar que este caso ocorre em uma região ainda rica de recursos naturais e com a maior parte de seus elementos em razoáveis condições de preservação. Esta realidade, no entanto, deve servir como alerta para a gestão dos recursos naturais, pois estes não podem ser considerados apenas propriedade do homem que ali habita, mas de todo um ecossistema, do qual o homem também faz parte e é diretamente dependente.

Em termos de importância socioeconômica, esta pode ser considerada a primeira contribuição do rio Pardo, pois antes mesmo de começar a correr, suas águas já são destinadas ao abastecimento de uma propriedade.

Observou-se presença de erosão, a montante, próximo da nascente, fato este explicado pela alta declividade da região circunvizinha, na sua maior parte desprovida de vegetação florestal nativa. Ocorre no local pequena mata com árvores esparsas. A região é íngreme, com eucaliptos no alto da montanha.

Após percorrer aproximadamente três quilômetros, o rio Pardo passa pela área urbana do município de Pardinho, onde suas margens estão delimitadas e protegidas por gabiões (Figura 35) e onde há ocupação com construções, até o barranco do rio. Observaram-se no local: canos de esgoto, direcionamento da água pluvial captada nas vizinhanças para o leito do rio, e presença de lixo sobre seu leito. Não há mata ciliar, nem respeito à APP, uma vez que se pode observar casas ao fundo, construídas na margem do rio. No local onde a foto da Figura 35 foi obtida, existe na margem direita do rio um laticínio, cujas construções alcançam seu barranco. Após a saída da área urbana, as margens do rio apresentam sinais de erosão e de inundações (Figuras 36 e 37), o que ocorre devido à impermeabilização do solo da bacia na área urbana e consequente acúmulo de água superficial em períodos de chuvas mais intensas.

Conforme verificado, a existência de gabiões nas margens do rio protege-o da queda dos barrancos. No entanto, estes só estão instalados no perímetro urbano. Assim que o rio deixa a área urbana estes deixam de existir, o que traz como consequência a ocorrência de inundações (aspecto que pode ser observado nos moirões da cerca que acumulam grande quantidade de detritos e no arame arrebitado). Também se pode ver na Figura 37 o resultado da falta de proteção da margem do rio, na forma de sua destruição pelas águas concentradas e acumuladas nas áreas a montante, onde existem os gabiões.



Figura 35 (esquerda) e Figura 36 (direita) – Rio Pardo atravessando a área urbana de Pardinho e logo após passar por esta.



Figura 37 – Queda da terra na margem do rio Pardo destruída, e acúmulo de detritos no arame da cerca que outrora havia no local.

Outro aspecto importante verificado no local foi relativo à imprecisão das cartas topográficas da área. Um importante afluente da margem direita do rio Pardo inexistente neste documento oficial, o que trouxe dificuldade na localização e identificação dos rios objetos desta pesquisa (este tema será mais bem discutido em capítulo posterior). A Figura 38 mostra o aspecto de um dos afluentes da margem direita do rio Pardo, próximo à área urbana de Pardinho que não é representado na carta topográfica da região. Note-se que o mesmo apresenta-se totalmente

modificado, com leito assoreado, margens erodidas e inexistência de mata ciliar. Pode-se observar ainda o pisoteio do gado em seu leito, lixo pendurado na cerca que passa sobre o mesmo, árvores caídas e a divisa de uma propriedade que se encontra dentro de sua APP, do lado esquerdo.



Figura 38 - Afluente da margem direita do rio Pardo (inexistente na carta topográfica em escala 1:50.000).

Esta situação foi encontrada em muitos afluentes do rio Pardo. A figura 39 mostra a condição de um afluente do córrego São Domingos, tributário do Baixo Pardo, no município de Santa Cruz do Rio Pardo. Nela se observa a inexistência de mata ciliar, o uso da APP para pastagem e processos severos de erosão no barranco do córrego, causado pelo livre acesso do gado ao corpo d'água. A presença de gado nas APP é comum em toda região, uma vez que este necessita de água para dessedentação. A Figura 40 mostra esta situação na APP do médio rio Novo, no município de Cerqueira Cesar.



Figura 39 (esquerda) e 40 (direita) - exemplos de córregos sem mata ciliar, com livre acesso do gado às suas margens.

A Figura 41 apresenta um exemplo de açude sem mata ciliar, outra condição comum em toda a área da bacia do Pardo. Nela se podem observar os trilhos de acesso do gado à água. Estes trilhos são dispostos dos pontos mais altos para os mais baixos, no sentido da declividade, o que contribui para a concentração da água pluvial e potencializa processos erosivos nas margens destes reservatórios.



Figura 41 – Exemplo de pequeno reservatório sem mata ciliar.

A Figura 42 mostra outro exemplo de açude sem mata ciliar, este no município de Ipaussu - SP. Nela se observa que neste caso, a ocupação da APP se dá pela agricultura (cultivo de milho). O assoreamento do leito permite o crescimento de grande quantidade de plantas

aquáticas e capins, e a formação de ilhas, onde puderam ser avistados Irerês (*Dendrocygna viduata*)



Figura 42 - Exemplo de reservatório sem mata ciliar, com agricultura dentro da APP.

Em seu trecho final o rio Pardo deságua no rio Paranapanema, no município de Salto Grande. No local, o mesmo corre por uma planície, sem proteção de suas margens por mata ciliar. A Figura 43 apresenta uma vista do encontro das águas do rio Pardo com o rio Paranapanema.



Figura 43 – Foz do rio Pardo, no município de Salto Grande, onde deságua no rio Paranapanema.

A Figura 44 mostra uma vista do trecho final do rio Pardo, com ângulo de visada da foz em direção à sua montante. Destaca-se do lado direito da fotografia (esquerdo do rio), a inexistência de mata ciliar. O que se pode observar é que há uma área abandonada, onde não se cultiva a cana de açúcar. Já do lado esquerdo da fotografia (direito do rio) observa-se um pequeno bosque de eucaliptos, plantados dentro da APP, o que também pode ser considerado irregular, uma vez que esta espécie é exótica e, portanto, não recomendada para plantios em ecossistemas frágeis, como é o caso daquele existente na APP local.

A Figura 45 mostra a foz do rio Pardo vista da imagem do satélite ALOS, sensor PRISM, onde se pode observar que ambas as margens encontram-se desprotegidas de vegetação nativa. É possível observar também que o rio nesta região é circundado por várzea, que de acordo com a legislação anteriormente vigente (até outubro de 2012) deveria entrar no cômputo da largura do rio, o que o tornaria passível de ter matas ciliares de maior largura. O fato é que tanto considerando a legislação anterior, que vigorou por mais de 40 anos, como considerando a atual, em vigor a partir de outubro de 2012, o rio Pardo encontra-se desprotegido de vegetação nativa em seu trecho final, em condição irregular.



Figura 44 – Trecho final do rio Pardo visto da foz em direção à montante.



Figura 45 – Foz do rio Pardo vista da imagem ALOS, sensor PRISM.

4.2.5.1 – Características da vegetação nativa

A vegetação nativa predominante nos pontos analisados, nas APP do rio Pardo, desde suas nascentes até sua foz, é característica da Floresta Estacional Semi-decidual, contendo alguns indivíduos característicos de transição desta com o Cerrado. Além destas, foram observadas algumas espécies exóticas presentes nestas áreas.

As espécies que podem ser destacadas pela sua importância ecológica ou por sua abundância nos pontos analisados são listadas a seguir: Sangra d'água (*Croton urucurana*), Embaúba (*Cecropia hololeuca*), Canela preta (*Nectandra megapotamica*), Capixingui (*Croton floribundus*), Pau-formiga (*Triplaris americana*), Marinheiro (*Guarea guidonia*), Alecrim (*Rosmarinus Officinalis*), Xaxim (*Dicksonia sellowiana*), Caroba (*Jacaranda micrantha*), Aroeira salsa (*Schinus molle*), Goiabeira (*Psidium guajava*), Araucária (*Araucaria angustifolia*), Fumo bravo (*Solanum erianthum*), Jerivá (*Syagrus romanzofianum*), Canjerana (*Cabralea canjerana*), Branquilho (*Sebastiania Klotzchiana*), Palmito Jussara (*Euterpe Edulis*), Cedro (*Cedrela fissilis*), Angico vermelho (*Parapiptadenia rigida*), Sarandi (*Calliandra selloi*) e Guapuruvu (*Schizolobium Paraiba* - Figura 46).

Além destas, merecem destaque pela presença em diversos locais analisados Camboatá branco (*Matayba elaeagnoides*), Ingá do brejo (*Inga vera*), Chá de bugre (*Casearia sylvestris*), Canela amarela (*Nectandra lanceolata*), Canafistula (*Peltophorum dubium*), Açoita cavalo (*Luehea divaricata*), Juá mirim (*Celtis iguanea*), Mutambo (*Guazuma ulmifolia*), Bico de pato (*Machaerium aculeatum*), Pau-viola (*Cytharexylum Myrianthum*), Leiteirinho (*Peschiera fuchsiaeifolia*), Camboatá vermelho (*Cupania vernalis*), Paineira (*Chorisia speciosa*), Feijão cru (*Lonchocarpus guilleminianus*), Ingá feijão (*Inga marginata*), Amendoim do campo (*Pterogyne nitens*), Pitangueira (*Eugenia uniflora*), Timbaúva (*Enterolobium contortsiliquum*), Ipê rosa (*Tabebuia Pentaphylla*), Cambará branco (*Gochnatia polymorpha*), Chá de bugre (*Casearia sylvestris*), Guatambu (*Chrysophyllum gonocarpum*), Aroeira vermelha (*Schinus terebentifolius*), Araçá (*Psidium cattleianum*) e Canela de veado (*Helietta apiculata*).



Figura 46 – *Schizolobium Paraiba*, espécie comum na área de estudo, no município de Itatinga.

As espécies exóticas identificadas em mais de um ponto nas APP foram Nêspera (*Eriobotrya japonica*), Mangueira (*Mangifera indica* L.), Limoeiro (*Citrus limom*), Abacateiro (*Persea americana*), Bananeira (*Musa spp*), Leucena (*Leucaena leucocephala*), Eucalipto (*Eucalyptus spp* – Figura 47), Sansão do campo (*Mimosa Caesalpineafolia*), mamoeiro (*Carica papaya*) e Hibisco (*Hibiscus spp*).



Figura 47 – Eucaliptos plantados na APP do rio Pardo em Águas de Santa Bárbara.

4.2.5.2 – Características dos solos da área de estudo

Os solos das APP avaliados nos trabalhos de campo mostraram-se em condições de conservação variadas, normalmente em consequência da presença ou não de mata ciliar. Nos locais onde esta existia, verificou-se que o solo encontrava-se conservado e bem estruturado, tendo estas características sido confirmadas na maior parte das amostras coletadas e analisadas em laboratório. Porém, mesmo nas áreas com vegetação ciliar, onde havia atividade agrícola próxima, observou-se que boa parte dos solos encontrava-se modificado, apresentando sinais de assoreamento em vários dos pontos analisados. Ou seja, a simples presença da mata ciliar não impede processos erosivos em suas adjacências, mas protege os corpos d'água, retendo os sedimentos que, sem sua presença, os alcançariam.

Da mesma forma, em áreas cujas APP encontravam-se cobertas por matas ciliares, com atividades de criação de gado bovino, o solo mostrou-se com processos erosivos zoógenos, com sulcos na direção do corpo d'água. Além disso, observou-se em todos os locais que se encontravam sob esta condição que há comprometimento da regeneração, uma vez que muitas espécies tem seus brotos comidos ou são pisoteadas e quebradas pelos animais.

Mesmo com estes problemas, estes locais tem condições ambientais melhores do que aqueles sem mata ciliar, pois nestes a degradação do solo mostrou-se mais evidente. Fato comprovado pelas análises de solo realizadas.

Nestas, observou-se modificações físicas e químicas importantes em diversos locais, quando analisadas a partir do mapa de solos elaborado por Oliveira et al. (1999). As mais importantes com relação às características físicas são as provenientes de processos erosivos e de assoreamento que em alguns pontos retira a camada superficial do solo e em outros acumula o solo retirado do ponto anterior, causando a modificação da estrutura do solo originalmente ali presente. Nas áreas sem mata ciliar os sedimentos resultantes das erosões são carregados para dentro dos corpos d'água, contaminando-os e assoreando-os. Observaram-se em algumas nascentes, processos intensos de soterramento, comprometendo sua própria existência.

Com relação às características químicas, pode-se destacar as grandes variações de pH (Potencial hidrogeniônico) detectadas nas amostras. Nelas foram encontrados valores apontando desde acidez (3,8) até próximo à alcalinidade (6,8). A maior parte dos pontos coletados teve pH medido variando entre 4,1 e 4,9.

A matéria orgânica (MO) apresentou valores que variam entre baixos, com 7 g/dm³ a altos com 110 g/dm³. Por se tratar de áreas de preservação permanente, o esperado era que todas as amostras apresentassem concentração de matéria orgânica, no mínimo na média do Estado de São Paulo, que segundo Kiehl (1979) fica em torno de 30 g/dm³.

Algumas amostras foram obtidas em trecho de área urbana, onde a vegetação ciliar foi substituída por casas, rodovias, outras infraestruturas e depósitos de lixo. Nestas áreas, confirmou-se o esperado para estes locais: baixa concentração de matéria orgânica, uma vez que o solo encontra-se desprovido de cobertura vegetal densa.

As amostras com maiores concentrações de matéria orgânica foram coletadas nas nascentes do Rio Pardo e do Rio da Prata, respectivamente. Os locais de coleta eram conservados, com a presença de mata nativa, fato que explica a concentração desta matéria orgânica. O maior valor, porém (110 g/dm³) foi encontrado na área urbana do município de Cerqueira Cesar, em um local chamado “açudão”. Esta área é uma várzea onde foi construída uma represa. Assim, atribui-se esta alta concentração ao fato de ser um ponto de deposição do material carreado de pontos mais altos, da área urbana.

As amostras que apresentaram os menores valores foram obtidas em locais com alta concentração de sedimentos e sem cobertura vegetal. A escassez de matéria orgânica, importante propriedade química, permite inferir que predomina material mineral, atribuído à retirada e/ou a inexistência de cobertura vegetal densa. Isto acontece quando se retira esta cobertura vegetal, pois os valores de Ca, Mg, SO₃, P₂O₅ e de CO₂ tendem a diminuir, reduzindo a fertilidade do solo deixando-o ácido (FREIRE, 2006).

O teor de P (Fósforo) observado também variou de muito baixo (3 mg/dm³) a muito alto (212 mg/dm³), porém, com a maioria das amostras enquadrando-se nos níveis entre muito baixo e baixo. A deficiência deste elemento dificulta o desenvolvimento das plantas. Esta informação, junto com as demais, é importante para projetos de recomposição das matas ciliares.

No caso do K (Potássio), a variação encontrada foi de 0,3 a 5,0 mmol/dm³. Essa variação, para Bueno et al. (2007), está entre a categoria baixa até alta. Esse elemento pode ser facilmente lixiviado, fato que explica a baixa concentração em parte das amostras. A maior concentração foi coletada na área urbana de Cerqueira Cesar, no “açudão”, o que demonstra que aquele local recebe grande quantidade de materiais diversificados da área urbana adjacente.

Com relação ao Ca (Cálcio), observa-se que a maior parte das amostras apresentou alta concentração, com exceção de um ponto que apresentou uma baixa concentração do elemento em

questão ($3 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$). Na foz do rio Pardo, onde há um porto de areia e onde são depositadas conchas retiradas no processo de filtragem da areia, observou-se uma elevada quantidade de Ca ($141 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$).

Quanto ao Mg (Magnésio), as amostras apresentaram valores que variaram de baixo a alto, sendo que a maioria apresentou valores altos (acima de $15 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$). A perda desses nutrientes compromete o crescimento vegetativo das plantas. Assim, no que diz respeito ao Mg, a maior parte das APP atualmente desprotegidas por matas ciliares podem ser recompostas, sem grande necessidade de correção.

A capacidade de troca catiônica (CTC) diz respeito à quantidade total de cátions retidos à superfície dos colóides (minerais de argila e húmus) em estado permutável (PERUSI, 2005). O maior valor de CTC encontrado foi de $221 \text{ mmol}_e/\text{dm}^3$, o que pode ser atribuído à quantidade de matéria orgânica. Para Freire (2006), esse resultado é pertinente, pois a CTC do húmus pode atingir o valor de $200 \text{ e.mg}/100\text{g}$.

O resultado da saturação por bases (V%) permite constatar que a maioria das amostras apresenta $V\% < 50$, ou seja, são distróficas, o que indica ainda problemas relacionados à fertilidade.

As variações nos valores dos resultados das análises estão dentro do esperado, pois há variação nos tipos de solos da área de estudo, bem como nas suas propriedades químicas e físicas, devido à dimensão da mesma.

Após a análise das características dos solos, conclui-se que estes, quando sob vegetação densa, apresentam melhores resultados em relação aos solos sob outros tipos de cobertura vegetal ou mesmo sem cobertura. Ressalta-se assim a importância da manutenção da vegetação ciliar, principalmente nas áreas de preservação permanente, para que sejam garantidas não só a qualidade das propriedades físicas e químicas dos solos como também um ambiente propício ao desenvolvimento da biodiversidade.

Um exemplo de como os solos são manejados de maneira inadequada em algumas áreas da bacia pode ser visto na Figura 48.



Figura 48 – Argissolo no Alto Pardo, município de Itatinga, onde se pode observar rompimentos de terraços em nível e processos erosivos.

O solo visto na Figura 48 estava sendo preparado para o plantio da cana de açúcar, que substituiu a pastagem. Pode-se observar que os terraços em nível não suportaram a força das águas e romperam, provavelmente devido a erros no espaçamento entre os mesmos e/ou no seu dimensionamento. Este tipo de situação é comum na região. Nestes casos, os sedimentos carregados pela enxurrada serão depositados dentro do leito do córrego que se encontra no fundo do vale, assoreando-o e modificando totalmente o ecossistema local. Comprometem ainda grandes extensões do corpo d'água que transporta as partículas menores e em alguns casos, poluentes das mais diversas formas.

4.2.5.3 – Características das águas do rio Pardo nos pontos analisados

Os parâmetros para análise da água seguiram as recomendações da resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005, segundo os teores recomendados para organismos aquáticos de água doce; classe 2. Tal resolução classifica as águas do rio Pardo como: águas que podem ser usadas para abastecimento humano, após tratamento convencional. Servem também para a proteção da vida aquática, natação, irrigação de verduras e frutas e criação de peixes e outros seres aquáticos comestíveis.

Os resultados obtidos demonstram que o valor de O_2 dissolvido encontrado nos pontos analisados foi adequado, variando de 5,0 a 9,0 $mg\ L^{-1}$ de O_2 , estando estes valores dentro dos níveis considerados adequados, uma vez que a quantidade recomendada para rios de classe 2 é maior que 5 $mg\ L^{-1}$ de O_2 .

O elemento Ferro apresentou resultados indicativos de poluição, variando de 0,025 $mg\ L^{-1}$ até 2,0 mg de Fe. Estes valores indicam presença de esgotos industriais ou de fontes de contaminação próximas. Os únicos pontos que não apresentaram índices elevados de Fe foram a nascente principal do rio Pardo, a Foz do rio Claro e a foz do rio Novo.

O pH da água encontrado nos pontos analisados variou de 5,5 a 7,5. Os valores abaixo de 6,0, que são indicativos de pH baixo, foram obtidos na nascente principal do rio Pardo, na nascente principal do rio Novo e na foz do rio Bonito. Nos demais locais o pH manteve-se acima de 6,0, o que é considerado ideal.

Foram identificados traços de Ortofosfato na nascente principal do rio Pardo e no leito do rio Pardo em águas de Santa Bárbara. Este dado revela que nestes pontos, o recurso hídrico pode estar recebendo esgoto doméstico. Os demais pontos não apresentaram presença de PO_4 .

Com relação à turbidez, os resultados demonstraram que o nível é adequado em todos os pontos analisados para a classe do rio (2), uma vez que o recomendado é até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) e nas análises efetuadas este valor não foi ultrapassado.

Os valores de Cloreto encontrados foram todos abaixo de 250 $mg\ L^{-1}\ Cl^{-}$, sendo portanto classificados como adequados.

Com relação à dureza, verificou-se que as águas do rio Pardo podem ser consideradas moles, por terem apresentado concentrações inferiores a 50 $mg\ L^{-1}$ de $CaCO_3$.

A quantidade de Nitrogênio Amoniacal encontrada foi inferior a 3,7 $mg/L\ N$ para pH menor que 7,5, uma vez que a concentração deste elemento varia de acordo com o pH. Estes valores indicam que os índices estão adequados.

De posse destas informações, pode-se afirmar que a maior parte das águas do rio Pardo e de seus afluentes apresenta qualidade adequada para atendimento das necessidades dos habitantes da região, assim como da fauna silvestre que ali vive. Isto destaca a importância da preservação do rio e da bacia, uma vez que com pequenos ajustes podem oferecer água de qualidade adequada para as populações, sem a necessidade de tratamentos onerosos.

4.2.5.4 – Características da fauna silvestre observada nas APP do rio Pardo

Com relação à fauna silvestre, observou-se na maior parte dos locais analisados, onde havia vegetação, a presença de aves. Em poucos pontos foram avistados animais de hábito terrestre ou sinais de sua presença. A exceção foi o avistamento de capivaras (*Hydrochoerus hydrochoeris*) e de seus sinais em vários pontos, preá (*Cavia aperea*) e de um ratão do banhado (*Myocastor coypus*) no “açudão” de Cerqueira Cesar.

As espécies de aves observadas foram: Seriema (*Cariama cristata*), Canário da terra (*Sicalis flaveola*), Tico-tico (*Zonotrichia capensis*), Pardal (*Passer domesticus*), Beija-flor (*Colibri spp*), Anu branco (*Guira guira*), Coleirinha (*Sporophila caerulescens*), Gavião caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*), Maritaca (*Pionus maximiliani*), Andorinha (*Notiochelidon cyanoleuca*), Jacanã (*Jacana jacana*), Gaturamo verdadeiro (*Euphonia violácea* – Figura 49), Pomba rola (*Columbina talpacoti*), Pomba carijó (*Patagioenas picazuro*), Pica-pau (*Colaptes campestris*), Quero-quero (*Vanellus chilensis*), Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), Suiriri (*Tyrannus melancholicus*), Anu preto (*Crotophaga ani*), Sanhaçu cinzento (*Tangara sayaca*), Irerê (*Dendrocygna viduata*) e Ariramba de cauda verde (*Galbula galbula*).

A partir das análises observa-se que o número de espécies de aves é bastante superior ao de espécies com hábitos terrestres. Destas, as poucas avistadas tem hábitos diretamente ligados à presença da água. Isto reforça a informação de que espécies de maior porte necessitam de áreas maiores para sua manutenção. Reforça também a necessidade de recomposição das matas ciliares nas margens de todos os corpos d'água, buscando-se desta forma, oferecer às espécies mais susceptíveis, a oportunidade de sobrevivência e reprodução, caso ainda exista algum exemplar na área de estudo.

Quando se observa a lista de aves, verifica-se que a maioria das espécies presentes é daquelas que conseguem conviver relativamente próximas ao homem, sendo muitas encontradas, inclusive, em áreas urbanas. Além disso, o fato de voar facilita o deslocamento das aves entre os fragmentos, além de facilitar sua fuga de perigos, permitindo com que as mesmas continuem a existir. No entanto, ao se aproximar do homem ou de suas plantações, estas espécies colocam-se em risco, tanto pela possibilidade de serem caçadas, como pela possibilidade de contaminação por produtos químicos. Assim, as mesmas também necessitam de matas ciliares estruturadas e com áreas significativas para que possam se alimentar, reproduzir e proteger.



Figura 49 – Gaturamo verdadeiro na APP do rio Pardo, próximo a sua foz.

A Figura 50 mostra um exemplar de Ariramba de cauda verde (*Galbula galbula*) se alimentando, na margem do rio Novo.



Figura 50 – Exemplar da fauna silvestre avistada (Ariramba de cauda verde).

4.2.6 – O homem e suas ações sobre as APP da bacia do Pardo

O processo de ocupação dos espaços naturais tem sido acelerado ao longo das últimas décadas. As paisagens da área de estudo outrora predominantemente florestais, atualmente foram substituídas por mosaicos compostos por diversas culturas agrícolas, por pastagens e por reflorestamentos com espécies exóticas. Esta se tornou então, de acordo com Lang e Blaschke (2009) uma paisagem antrópica.

Ao longo desta pesquisa, contataram-se inúmeros proprietários rurais, para obter sua autorização ao acesso às margens do rio Pardo ou de seus afluentes e também para ouvir deles o que tinham a dizer sobre o rio e sobre suas APP. Viveram-se diversas situações nestes contatos, desde a negativa à permissão da passagem até o apoio incondicional e indicações sobre formas mais rápidas e seguras de acesso aos rios.

Dois aspectos chamaram a atenção. O primeiro relativo às discussões sobre o Código Florestal, que em função do debate prolongado, tem feito com que muitos proprietários não tomem as medidas necessárias para preservação dos recursos naturais das APP, pois estão aguardando as decisões da Câmara dos Deputados e do Senado, assim como da Presidência da República. Além disso, esta situação tem gerado animosidade de alguns produtores e de seus funcionários contra cientistas e ambientalistas, os quais de acordo com testemunho de diversos entrevistados são os responsáveis pela insegurança jurídica dos proprietários rurais.

O segundo aspecto está relacionado à possibilidade de implantação de nove PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas) ao longo do rio Pardo e de seus afluentes. Este fato tem gerado preocupação em muitos proprietários rurais, que não sabem o que fazer com suas margens de rios e que tem medo de terem suas áreas desapropriadas. Também tem criado esperança em outros, que veem na possibilidade de venda de terras para os empreendedores das represas, bons negócios.

Com relação às APP, observou-se que a maioria dos moradores não tem a definição clara do que são, assim como não percebem a importância destes espaços. Muitos preservam estas áreas pelo simples fato de que as mesmas apresentam limitações à mecanização. Alguns tem medo de ocupá-las e serem multados. A maioria usa estes espaços para a atividade pecuária. As observações efetuadas ao longo de toda bacia confirmam o exposto por Ab'Saber (2006), que afirmou

Os impactos da agricultura sobre os ecossistemas naturais, organizados em mosaicos regionais, são muito mais drásticos e muitas vezes irreversíveis do que se possa

imaginar. Nas áreas tropicais dotadas de florestas e savanas, desde há séculos eliminam-se coberturas arbóreas biodiversas e seus componentes vivos para se produzirem espaços agrários. A supressão das florestas para as grandes plantações de cana, café, soja ou pastos era tida como uma necessidade normal e habitual para a organização de espaços produtivos de alimentos e insumos agroindustriais. (AB'SABER, 2006, p.32)

É importante destacar que na área de estudo foram identificadas algumas iniciativas de recomposição de matas ciliares, como no município de Santa Cruz do Rio Pardo, onde estão sendo desenvolvidos alguns projetos de plantio de espécies nativas. A Figura 51 mostra as mudas plantadas ao redor da nascente do córrego Cebolão.



Figura 51 – Recomposição da mata ciliar do córrego Cebolão.

Um aspecto a ser destacado é que neste local foi observado grande número de representantes da fauna silvestre, como Anu preto (*Crotophaga ani*), Anu branco (*Guira guira*), Quero-quero (*Vanellus chilensis*), Pica-pau (*Colaptes campestris*) e preá (*Cavia aperea* - Figura 52). Esta realidade mostra que nas condições atuais de quase completa ausência de florestas na área da bacia que sirvam de abrigo e alimento, em algumas regiões, até o simples abandono de uma área, ou o início de sua recuperação ambiental, já oferece um habitat (mesmo que precário) para espécies da fauna silvestre se proteger e alimentar.



Figura 52 – Preá em meio à recomposição da mata ciliar.

As Figuras 53 e 54 apresentam aspectos da recomposição da mata ciliar nas margens do córrego Canudos nos meses de setembro de 2010 e fevereiro de 2011.



Figuras 53 (esquerda) e 54 (direita) – recomposição da mata ciliar do córrego Canudos. A Figura 54 foi cedida por Luiz Carlos Cavalcuki.

4.2.7 – As bases de dados e a necessidade de atualização

A proposta inicial deste trabalho era delimitar as APP dos corpos d'água da bacia utilizando-se como base a cartografia oficial, a partir da vetorização da hidrografia impressa nas

cartas topográficas na escala de 1:50.000. Este trabalho começou a ser realizado após a montagem do mosaico das cartas topográficas e a georreferência deste. No entanto, logo no primeiro trabalho de campo realizado no município de Pardinho, quando se buscava a nascente principal do rio Pardo, verificou-se que diversos tributários não estavam representados nas cartas topográficas em escala 1:50.000. Em seguida, estudou-se a base de dados oficial do Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (CBH-MP), que é disponibilizada digitalmente na escala de 1:250.000, e verificou-se que esta apresentava ainda mais problemas no tocante a representação das informações do documento.

Optou-se então por utilizar as imagens do satélite ALOS, sensor PRISM, com resolução espacial de 2,5 metros para vetorizar os corpos d'água do Alto Pardo e em seguida comparar os produtos da vetorização com os córregos representados nas duas bases de dados oficiais.

Assim, na primeira etapa deste trabalho comparou-se a hidrografia adotada pelo CBH-MP na escala de 1:250.000 (disponibilizada pelo IBGE, em formato vetorial a partir de seu site) com a hidrografia identificada nas imagens de satélite. Para esta comparação, a hidrografia identificada na imagem PRISM-ALOS foi sobreposta à do IBGE.

Conforme pode ser visto na Figura 55, a maior parte dos pequenos córregos e suas nascentes não se encontram representados na hidrografia oficial disponível. Além disso, os que estão representados (na cor vermelha) generalizam excessivamente as informações, uma vez que não acompanham o traçado real dos corpos d'água. Observou-se na análise do conjunto da hidrografia que parte desta situação ocorre devido à escala de pouco detalhamento adotada, mas outra parte ocorre devido a problemas na geração dos dados, uma vez que córregos com vários quilômetros de comprimento e com diversos tributários não se encontram representados nas bases de dados oficiais na escala de 1:250.000.

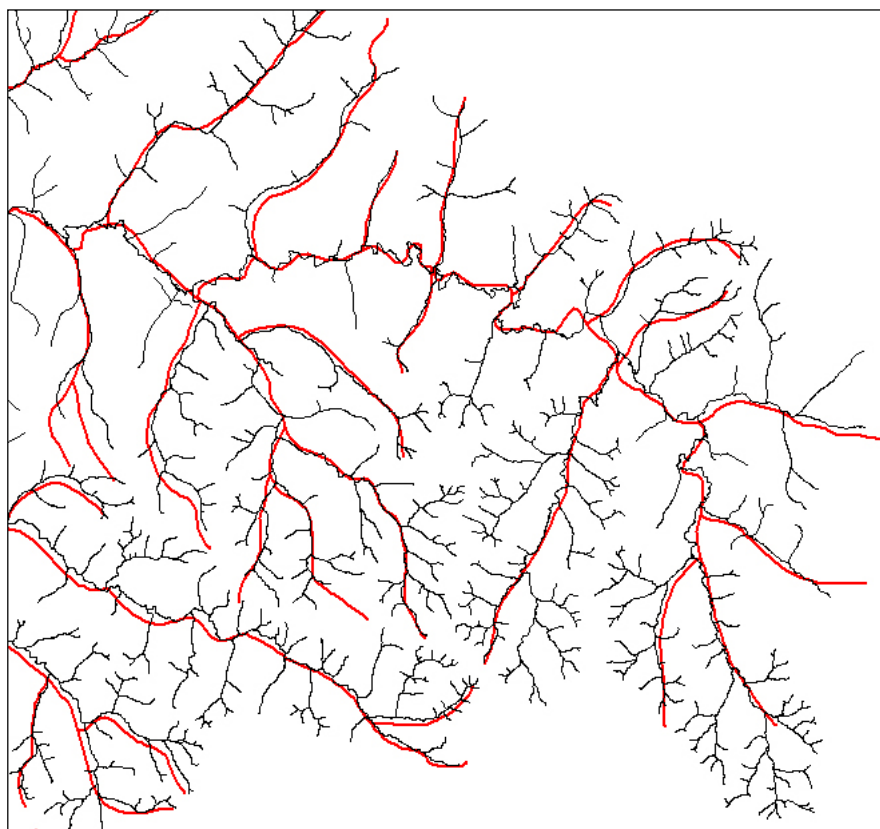


Figura 55 - Hidrografia na escala de 1:250.000 em vermelho e hidrografia identificada e vetorizada sobre as imagens ALOS (sensor PRISM), em cor preta.

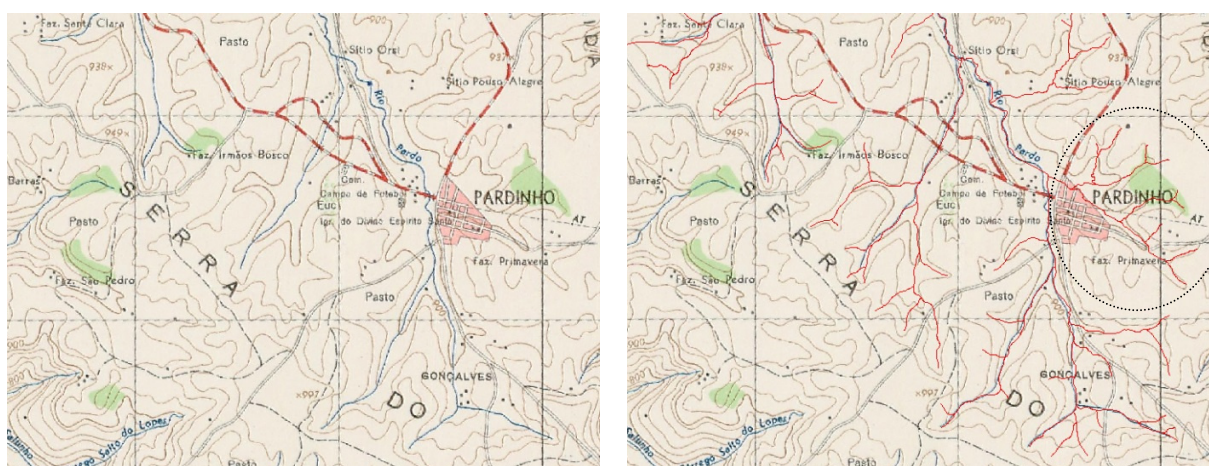
A partir desta constatação, e sabendo-se que a base cartográfica é fundamental para a representação das informações relativas às APP, surge a preocupação sobre como as atividades dos comitês de bacia, das prefeituras e de órgãos do estado estão sendo conduzidas, e principalmente, como são planejadas a partir de bases de dados imprecisas e inadequadas em termos de escala. Deve-se considerar que se a escala de representação não é adequada, os produtos gerados a partir desta base de dados também não o serão, tendo entre outros, problemas de localização. Além disso, a falta de representação de nascentes e tributários influencia diretamente as atividades de fiscalização, manejo e de proteção dos mesmos e de suas APP.

Em seguida, passou-se à análise das informações relativas à hidrografia presente nas cartas topográficas na escala de 1:50.000. Os vetores gerados sobre esta base de dados foram inseridos sobre as imagens do satélite ALOS, sensor PRISM, para verificação. Identificou-se que parte das nascentes e córregos existentes, não estão representados na carta topográfica, mesmo nesta escala, que apresenta detalhamento maior.

Observou-se que em algumas regiões da área de estudo o número de nascentes e córregos não representados na carta topográfica supera aqueles representados, como é o caso da região próxima à área urbana do município de Pardinho, mostrada pelas Figuras 56 e 57. A Figura 56 mostra a hidrografia oficial descrita na carta topográfica e a Figura 57 apresenta a hidrografia oficial sobreposta pela hidrografia vetorizada a partir das imagens do sensor PRISM do satélite ALOS.

Conforme pode ser observado nas figuras, apenas nesta pequena área, há uma diferença de representação de quarenta e seis nascentes e de seus respectivos córregos, pois há na figura da esquerda sete nascentes e córregos tributários do Alto Pardo, e na figura da direita cinquenta e três nascentes e córregos formadores do Alto Pardo.

Na Figura 57, observa-se a Nordeste e Leste da área urbana de Pardinho (destacada pelo círculo pontilhado), uma microbacia inteira que tem nove nascentes, com seus respectivos córregos, que não está representada na carta topográfica.



Figuras 56 (esquerda) e 57 (direita) – Córregos representados na carta topográfica (em cor azul) e córregos vetorizados sobre a imagem do satélite ALOS, em cor vermelha.

Além deste problema, verificou-se que há considerável desatualização das cartas topográficas, uma vez que estas foram geradas a partir de aerofotogramas obtidos há mais de quatro décadas. Como exemplo, pode-se citar a cidade de Pardinho que cresceu e atualmente ocupa áreas bem maiores do que aquelas ocupadas no final da década de 1960 (vista nas Figuras 56 e 57). Esta situação é comum a todas as cidades da região. As Figuras 58 e 59 mostram a imagem do satélite ALOS, sensor PRISM da área próxima à cidade de Pardinho, no mês de março de 2007, com destaque para a hidrografia na Figura 59. Nas duas figuras se pode observar

que a área urbana de Pardinho se ampliou consideravelmente a Noroeste do núcleo urbano representado na carta topográfica. Observa-se ainda que se encontra em ampliação também para Sudeste.

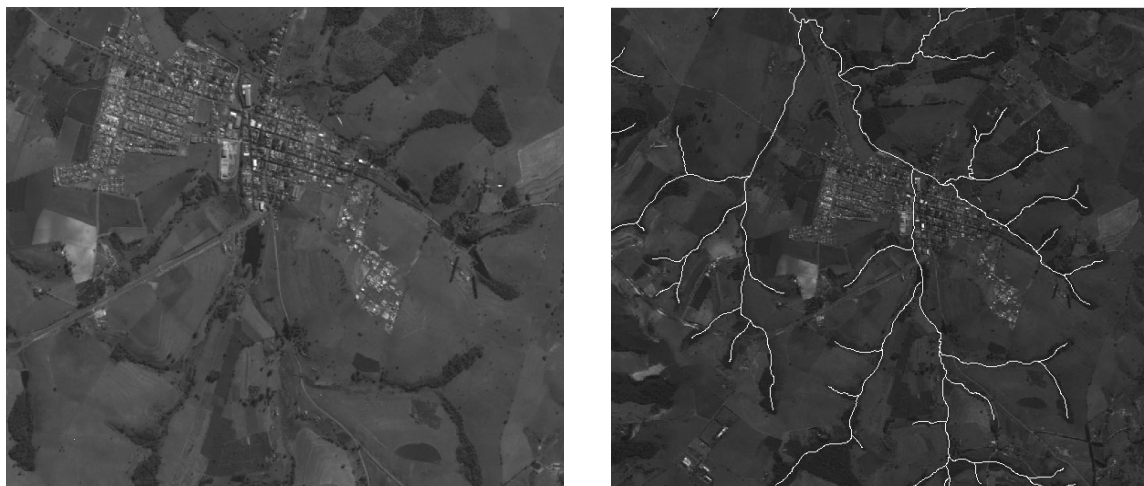


Figura 58 (esquerda) – Área atualmente ocupada pelo núcleo urbano de Pardinho. Figura 59 (direita) – Aspectos da hidrografia identificada a partir da imagem de satélite, destacada com linhas brancas.

Além dos problemas relacionados à localização, a não representação de vários corpos d'água e à desatualização, observou-se ainda problemas relacionados à qualidade da informação apresentada nas cartas topográficas. Como exemplo, descreve-se o caso de um dos afluentes do córrego Janeirinho (tributário da margem direita do rio Pardo), que de acordo com as informações constantes na carta topográfica, movimenta suas águas em direção à montante, subindo a serra por aproximadamente 160 (cento e sessenta) metros (esta informação pode ser confirmada na Figura 60).

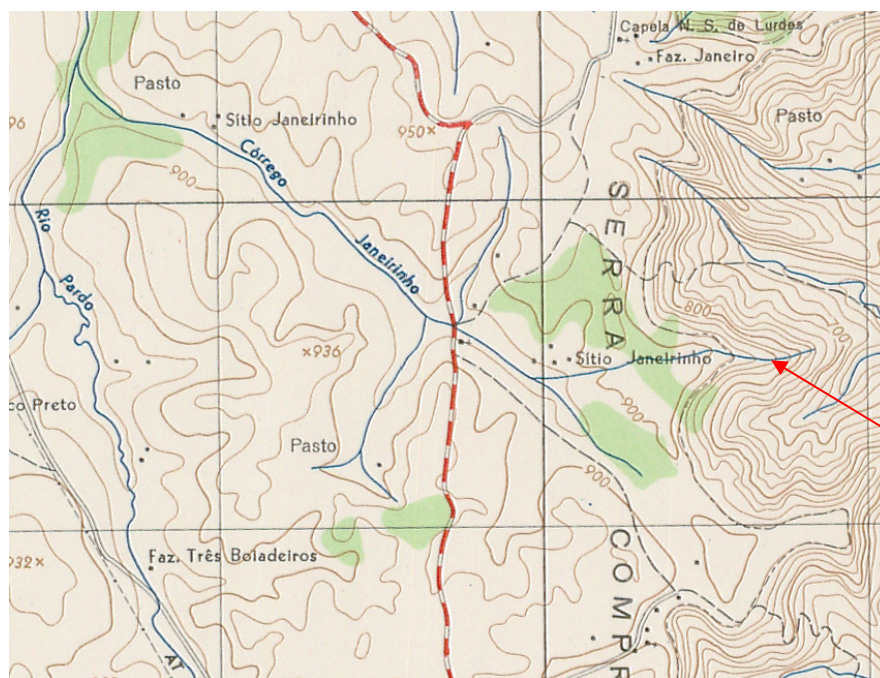


Figura 60 – Parte da carta topográfica de Bofete, mostrando um afluente do córrego Janeirinho “subindo” a Serra (destacado pela seta vermelha).

De posse deste conjunto de observações se pode afirmar que existe necessidade urgente de atualização e correção da cartografia oficial. Como exemplo, analisou-se, a partir dos dados vetorizados, a localização e o número de nascentes e córregos da área de estudo. Foram identificadas na bacia estudada nesta fase do projeto (Alto Pardo), 785 (setecentas e oitenta e cinco) nascentes representadas nas cartas topográficas na escala 1:50.000, e 1.221 (mil, duzentas e vinte e uma) nascentes presentes na imagem do satélite ALOS, sensor PRISM. Neste cálculo entraram apenas as nascentes que dão origem a algum curso hídrico superficial, não tendo sido consideradas nascentes ocorrentes nas margens dos rios e nem aquelas que porventura possam estar localizadas em regiões de banhado.

Analisando-se esta informação, verifica-se que há um erro de omissão de 35,7% (trinta e cinco vírgula sete por cento) na representação da hidrografia nas cartas topográficas na escala 1:50.000. Este dado tem influência direta no tamanho das áreas de preservação permanente da bacia, uma vez que a legislação define que estas tenham um raio de 50 metros ao redor de cada nascente, o que gera uma área a ser preservada por nascente de 7.853,98 m², considerando-se que o afloramento de água ocorra em um único ponto.

Como exemplo das consequências deste tipo de erro, calculou-se a diferença de APP das nascentes entre as informações obtidas a partir das cartas topográficas e aquelas extraídas das

imagens de satélite de alta resolução. As áreas de preservação permanente das 785 nascentes representadas nas cartas topográficas alcançam 616,54 hectares. As áreas de preservação permanente das 1.221 nascentes identificadas sobre as imagens de satélite alcançam 958,97 hectares. Verifica-se assim, que há uma diferença de 342,43 hectares entre as duas representações.

Desta forma, considerando-se que uma das prioridades determinadas pelo CBH-MP, em seu plano de metas de gestão é a recomposição da mata ciliar das APP, e levando-se em conta que estas áreas devem ter sua vegetação recomposta para atender à legislação brasileira, chega-se à situação de que se o CBH-MP quiser recompor as APP das nascentes do Alto Pardo com mudas de espécies florestais nativas, considerando-se que tenha que fazer isso em toda área, e considerando-se que o espaçamento entre as mudas seja de 2 x 3 metros, totalizando 1.667 mudas por hectare, terá que produzir ou comprar 1.027.772 (um milhão, vinte e sete mil, setecentas e setenta e duas) mudas se usar como referência as cartas topográficas ou 1.598.603 (um milhão, quinhentos e noventa e oito mil, seiscentas e três) mudas, se usar os dados extraídos das imagens de satélite. Há, portanto, uma diferença de 570.832 (quinhentas e setenta mil, oitocentas e trinta e duas) mudas.

Se considerar que cada uma destas mudas tem um custo de produção ou de aquisição de 1 (um) Real (valor médio praticado na região, na época de elaboração deste estudo), tem-se então uma diferença de valores correspondente a 570.832 reais.

Este breve exercício mostra a importância da precisão dos dados no momento da tomada de decisões. Esta precisão, porém, não pode ser alcançada se não houver uma base cartográfica confiável e na escala adequada.

A partir desta avaliação, pode-se afirmar que as cartas topográficas na escala de 1:50.000, atualmente disponíveis para a área de estudo, além da desatualização e dos erros apontados, não atendem a esta precisão, uma vez que nesta escala há grande generalização das informações representadas.

Esta generalização pode ser demonstrada a partir da análise das áreas representadas em cada escala. Na escala de 1:50.000, um centímetro corresponde a quinhentos metros no terreno, e um milímetro representa cinquenta metros no terreno. A legislação brasileira exige a manutenção ou recomposição da vegetação das APP em faixas marginais de 30 metros de cada lado (a largura destas faixas pode ser menor, caso as propriedades tenham tamanhos menores do que quatro módulos fiscais e necessitem efetuar a recomposição – lei 12.651/12 e Medida Provisória 571/12)

de córregos com larguras de até 10 metros. A legislação exige ainda vegetação nativa ao redor das nascentes em um raio de 50 metros.

Surge então a questão de como avaliar, representar e desenvolver atividades de planejamento, contando-se com bases de dados que mostram as condições das APP no espaço de um milímetro para nascentes, e de 0,6 milímetros para margens de córregos com até dez metros de largura.

Mesmo com o apoio de equipamentos sofisticados, o sistema visual humano não permite a identificação precisa de detalhes neste espaço, o que compromete análises e processos de planejamento.

A solução para estes problemas está na atualização da representação da hidrografia pelos comitês de bacias, órgãos governamentais ou mesmo universidades, em escalas de maior detalhamento, utilizando-se de imagens de satélite de alta resolução.

Neste trabalho, a partir do mapeamento realizado utilizando as imagens do satélite ALOS, sensor PRISM, e das avaliações a campo, observou-se que este alcança escalas seguras de interpretação de até 1:5.000, onde um centímetro representa 50 metros no terreno e um milímetro representa 5 metros no terreno. Esta escala permite identificar claramente os diferentes usos da terra em uma determinada APP, sobretudo se estes são florestais (conforme exigência da legislação) ou agropecuários. A Figura 61 mostra parte da área de estudo, onde é possível identificar o uso da terra das APP, podendo-se destacar uma pequena área de floresta à jusante da nascente localizada à Leste (direita). Os demais usos são predominantemente relacionados à pastagem para criação de gado bovino.



Figura 61 – Áreas de preservação permanente delimitadas por buffers sobre a imagem do satélite ALOS-PRISM.

Assim, após estes estudos, pode-se afirmar que a base cartográfica relativa à hidrografia da área estudada encontra-se desatualizada e contém erros de representação, tanto de inclusão, como de omissão, e ainda de localização. Esta condição compromete o desenvolvimento de projetos relativos à fiscalização do uso da terra nas APP e à preservação e recuperação das matas ciliares, com consequente prejuízo para os recursos naturais destas áreas, o que impacta também a sociedade e a economia da região devido à erosão nas margens dos rios e ao assoreamento dos corpos d'água, com consequente queda da qualidade da água (que precisa ser mais intensamente tratada para o consumo nas cidades e povoados distribuídos na área) e do ecossistema ciliar como um todo.

Como consequência da inadequação da cartografia disponível atualmente, toda e qualquer atividade de gerenciamento dos recursos hídricos e de planejamento do uso das bacias hidrográficas, principalmente aqueles voltados para as APP, fica comprometida, uma vez que a base de dados inconsistente remete a erros que podem trazer prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Sugere-se que os comitês de bacia, as prefeituras e os estados invistam na atualização das suas bases cartográficas em escalas maiores, compatíveis com a precisão necessária para suas diversas atividades, sobretudo aquelas relativas ao planejamento ambiental e à gestão das APP.

Sugere-se para isto, o uso de produtos de sensoriamento remoto de alta resolução espacial, uma vez que estes permitem identificações precisas, conforme apresentado neste trabalho, e ainda o monitoramento das mudanças que ocorrerem ao longo do tempo.

4.2.8 – As geotecnologias e sua aplicação na análise do uso da terra em APP

Como geotecnologias entendem-se os diferentes componentes do geoprocessamento, sobretudo, neste caso, os produtos do sensoriamento remoto orbital e os sistemas de informações geográficas utilizados para a análise das imagens e as operações com bancos de dados, análise espacial, álgebra entre mapas, operadores de contexto e de distância, interpoladores e representação espacial das informações. As ciências envolvidas com o desenvolvimento geotecnológico tem evoluído rapidamente nas últimas décadas sendo a geotecnologia uma das três áreas do conhecimento humano que apresenta maior desenvolvimento e traz mais impactos sobre o dia a dia da população mundial, juntamente com a nanotecnologia e com a biotecnologia, de acordo com a revista Nature (2004), no artigo “Mapeando Oportunidades”.

Uma ampla parcela desta evolução está relacionada ao desenvolvimento de satélites e de sensores neles instalados. Com a evolução destes, as imagens obtidas tem melhorado constantemente em suas quatro resoluções básicas: espacial, radiométrica, temporal e espectral. Conforme Piroli (2012), os dados oriundos de sensores de alta resolução espacial tem ampla aplicação em estudos relacionados ao uso da terra em regiões onde há necessidade de alto nível de detalhamento. Desta forma, os mesmos tem demonstrado grande potencial para uso em áreas urbanas e em áreas de preservação permanente.

As imagens do sensor PRISM do satélite ALOS possibilitaram ampla gama de análises uma vez que apresentam resolução espacial de 2,5 metros e resolução radiométrica de 8 bits, o que permitiu a identificação dos usos da terra nas APP. Além disso, as cenas abrangendo áreas de 70 km x 70 km (no Nadir) permitem análises sinópticas de amplas extensões do território.

Outra geotecnologia fundamental nesta pesquisa que também é dependente dos satélites foi o sistema de posicionamento global (GPS), que a partir do fornecimento de coordenadas com erros de aproximadamente 5 metros, permitiu a localização e o acesso de todos os pontos de interesse definidos anteriormente a cada trabalho de campo. Também possibilitou o registro do

local onde estava cada ponto de interesse que foi posteriormente inserido nos bancos de dados dos SIG.

Estes SIG (neste trabalho foram usados o Idrisi Taiga e o ArcGIS 9.3.1) ofereceram todos os módulos necessários para as diversas análises realizadas durante as diferentes fases do projeto.

4.2.9 – A bacia hidrográfica como espaço de análise

Após todas as fases desta pesquisa, se pode afirmar que a bacia hidrográfica adotada como recorte espacial para as análises, se mostrou adequada uma vez que nas bacias ocorrem todas as relações entre o homem e a natureza, com destaque para a integração entre a água e o solo. A água que precipita nas regiões mais altas, escorre superficialmente ou infiltra, sendo direcionada para os corpos d'água ou para os depósitos subterrâneos. No caso do escoamento superficial, a água chegará até o leito dos córregos e rios, e, inclusive, alcançará as nascentes. Desta forma, a gestão integrada e o manejo adequado dos recursos naturais na bacia, podem fazer com que esta seja mantida com suas características naturais o menos modificadas possível, o que permitirá que as relações entre a água e o solo, e conseqüentemente, entre todos os componentes da natureza e o homem, seja equilibrada.

Em termos de matas ciliares, é necessário considerar que estas são fruto de uma relação simbiótica entre todos os componentes da natureza, representando a maturidade de um ecossistema. Assim, estas tem o papel vital de proteger as águas e delas se nutrirem. Sua retirada significa a quebra do equilíbrio, trazendo prejuízo para a água e os seres que nela vivem; para o solo, que além de ser modificado em sua estrutura, ainda perde qualidade biótica; para a vegetação que se desequilibra, permitindo que espécies oportunistas proliferem e espécies específicas sejam extintas; para a fauna silvestre, que sem a proteção e o alimento da flora, deixa de existir; e para o homem, que perde o conjunto listado neste capítulo e ainda sofre com as mudanças no microclima local, com o empobrecimento do solo, com a perda deste através de processos erosivos e com a contaminação e o assoreamento dos corpos d'água.

A água que infiltra nem sempre volta à superfície na mesma bacia hidrográfica, mas a tendência maior é de que isto ocorra. Assim, se esta água precipitar sobre uma bacia com suas características naturais preservadas, infiltrará profundamente, carregando nutrientes e umedecendo camadas profundas do solo, abastecendo o lençol freático e os aquíferos. Posteriormente, brotará em nascentes, purificada, possibilitando a continuidade dos processos

vitais de todas as espécies dela dependentes. Assim, se ela brotar em espaços protegidos por matas ciliares, sua qualidade tende a ser mantida, e sua função no ciclo vital, preservada.

Caso encontre nascentes desprotegidas pela vegetação nativa, a tendência é que sua temperatura aumente rapidamente devido ao contato direto com os raios solares, dificultando a manutenção da vida da maioria das espécies aquáticas. Além disso, a incidência direta dos raios solares sobre a água em baixas profundidades modifica os índices de luminosidade, interferindo em diversos processos físico-químicos que comprometem a vida nas nascentes e pequenos corpos d'água.

Desta forma, a adoção da unidade bacia para gestão e manejo dos recursos naturais, sobretudo da vegetação das matas ciliares, é importante e recomendável.

5 CONCLUSÕES

Após a finalização das análises relativas a este trabalho, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do rio Pardo abrange 480.312,25 ha, contém 3.281 nascentes, 437 tributários de primeira a quinta ordem e 992 represas, sendo 15 com área alagada superior a 20 hectares. Este conjunto de corpos d'água origina área total de APP de 29.741,60 hectares (6,19% de toda área da bacia). Destes, 7.513,34 ha (1,56% de toda área da bacia e 25,26% da área total de APP) estão sendo usados de maneira inadequada, com as mais diversas ocupações. Verificou-se que existem, na bacia do rio Pardo, 2.109,11 ha de APP com declives iguais ou superiores a 12% ocupados de maneira inadequada. Considera-se que estes devem ser os locais prioritários para desenvolvimento de projetos e programas de sensibilização dos proprietários e de recuperação das matas ciliares e do ecossistema visando sua adequação à legislação atual.

Nos locais onde a mata ciliar existe, observou-se que esta é predominantemente secundária, composta por espécies nativas características de Floresta Estacional Semidecidual. Nas regiões onde as APP não são preservadas, o uso predominante é a pastagem.

Nesta pesquisa identificou-se que a bacia do rio Pardo apresenta formato alongado, com desníveis médios ao longo do seu leito principal ao redor de 3 metros por quilômetro, e leito bem definido na maior parte de seu percurso. Estas características indicam que o mesmo é um rio que tem baixo potencial para inundações e bom potencial para o incentivo ao turismo (ecoturismo), uma vez que o mesmo apresenta cachoeiras com dimensões razoáveis em muitos pontos e inúmeras corredeiras ao longo de seu leito e de seus afluentes.

As declividades médias da bacia ocorrem predominantemente entre 3 e 12% (este intervalo cobre 70,42% da área total da bacia). As declividades das APP são normalmente maiores em função do relevo próximo aos corpos d'água ser mais íngreme. Nestes locais, os declives superiores a 12% alcançam 8.588,68 ha, ou seja, 28,88% da área total de APP.

Observou-se a partir do desenvolvimento das diferentes etapas desta pesquisa que a base de dados oficial existente e disponível (cartas topográficas analógicas e digitais e arquivos vetoriais disponibilizados pelo IBGE) relativa à área, encontra-se desatualizada e contém erros de localização, inclusão e omissão significativos.

Verificou-se que os procedimentos metodológicos adotados permitiram o levantamento dos dados básicos em laboratório e em campo necessários para a execução das análises e para a interpretação adequada destas. A utilização de imagens do satélite ALOS com resolução espacial

de 2,5 metros possibilitou a identificação das nascentes e corpos d'água, assim como a avaliação de suas APP, confirmando a viabilidade destas para estudos que exigem alto grau de detalhamento e acurácia.

As técnicas de geoprocessamento utilizadas atenderam as necessidades da pesquisa, confirmando que seu uso agiliza processos e fases da análise espacial. Além disso, o banco de dados criado pode ser replicado, corrigido e atualizado a qualquer momento, o que o torna dinâmico e aplicável às mais diversas demandas de representação espacial das informações nele contidas.

O recorte espacial bacia hidrográfica permitiu análises em um espaço delimitado pela própria natureza ao longo do seu processo evolutivo, o que assegura que cada nascente e cada córrego está na posição em que se encontram devido à atuação das forças naturais. Observou-se que as APP contêm matas ciliares naturalmente ocorrentes ao longo dos leitos dos rios. Estas formam corredores ao longo dos corpos d'água, permitindo que espécies de flora cresçam, se reproduzam e se disseminem, assim como fazendo com que as espécies da fauna tenham locais para se protegerem, alimentarem, procriarem e se locomoverem. Desta maneira, pode-se afirmar que é fundamental que a vegetação nativa seja mantida em todos os locais onde já se encontra e que deve ser recomposta nas áreas onde inexistente.

Esta afirmação é baseada nas observações *in loco* que mostraram que nos locais onde há mata ciliar com dimensões adequadas, todos os recursos naturais se encontram em condições adequadas de conservação. Assim, estes realizam de maneira correta seu papel de proteção dos componentes da natureza, bem como de oferecimento perpétuo de serviços ambientais à humanidade.

6. REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 6. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2010. a.

AB'SÁBER, A. N. Do Código Florestal para o Código da Biodiversidade. **Biota Neotrop.** Oct/Dec 2010 vol. 10, no. 4. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?point-of-view+bn01210042010> ISSN 1676-0603>. Acesso em: 12 jul. 2012. b.

AB'SÁBER, A. N. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In: PLATENBERG, C.M.; AB'SÁBER, A.N. (Org.). **Previsão de Impactos**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. p. 27-51.

BARBOSA, L. M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R., LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp: Fapesp, 2001. p. 289-312.

BARRELLA, W., PETRERE JÚNIOR, M., SMITH, W. S., MONTAG, L. F. A. As Relações Entre as Matas Ciliares, os Rio e os Peixes, In: RODRIGUES, R. R., LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp: Fapesp, 2001. p. 187-208.

BATEZELLI, A. Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das Bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 40, n. 2: p. 265-285, jun. 2010.

BERTRAND, G. **Pour une étude géographique de la végétation**. R.G.P.S-O, t. XXXVII, Toulouse, 1966.

BIGARELLA, J. J., SUGUIO, K. **Ambientes Fluviais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1990.

BOIN, M. N. **Áreas de Preservação Permanente: Uma visão prática**. In: Centro de Apoio Operacional de Urbanismo e Meio Ambiente. (Org.). Manual Prático da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2005.

BRASIL, **Decreto 23.793** de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Rio de Janeiro, 1934.

BRASIL, **Lei Federal 7.803** de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis n.ºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986.

BRASIL. **Áreas de preservação permanente e unidades de conservação & áreas de risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na região serrana do Rio de Janeiro** / Wigold Bertoldo Schäffer... [et al.]. – Brasília: MMA, 2011. Série Biodiversidade, 41.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Capítulo VI. Do Meio Ambiente. Artigo 225. Brasília, 1988.

BRASIL. **Lei Federal 4.771** de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília: Presidência da República, 1965.

BRASIL. **Lei Federal n.12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei Federal n.12.727**, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651/2012, e as Leis nºs 6.938/1981, 9.393/1996, e 11.428/2006; e revoga as Leis nºs 4.771/1965, e 7.754/1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67/2001. Brasília: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei Federal 9.433** de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Presidência da República, 1998.

BRASIL. **Lei Federal 9.605** de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 1998.

BRASIL. **Medida Provisória 571**. Altera a Lei 12.651, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Medida Provisória 1.956-50**. Altera e acrescenta artigos à Lei 4.771, que institui o Código Florestal. Brasília: Presidência da República, 2000.

BRASIL. **Resolução CONAMA 302** de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, 2002.

BRASIL. **Resolução CONAMA 303** de 20 de março de 2002. Define parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Brasília, 1985.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357** de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA 369** de 28 de março de 2006. Determina necessidade de autorização para intervenções em APP. Brasília, 2006.

BRITES, R. S., SOARES, V. P., COSTA, T. C. C., NETO, A. S. Geoprocessamento e Meio Ambiente. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 1998. p. 141-163.

BUENO, O. C., BÔAS, R. L. V., FERNANDES, D. M., GODOY, L. J. G. **Mapa de fertilidade dos solos de assentamentos rurais do estado de São Paulo**: contribuições ao estudo de territórios. FEPAF: UNESP/Botucatu-SP, 2007.

BURROUGH, P. A., McDONNELL, R. A.. **Principles of geographical information systems**. Oxford: University Press, 2004.

CÂMARA, G., DAVIS, C., CASANOVA, M. A., QUEIROZ, G. R. D. (Eds.) **Banco de dados geográficos**. Cutitiba: Editora MundoGEO, 2005.

CAPOBIANCO, J. P. R., WHATELY, M. **Billings 2000: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo**. Relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período de 1989-1999. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2002.

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

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In.: GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA Sandra Baptista da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2005. p. 93-148

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MÉDIO PARANAPANEMA. **Plano de bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17)**. São Paulo: CBH-MP, 2007.

CRIADO, R. C. **Análise do uso da terra nas áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia do córrego espriado como subsídio para pagamentos por serviços ambientais**. 2012, 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2012.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Tradução: Cid Knipel Moreira: revisão técnica José Augusto Drummond. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DE BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. Rev. do Depto de Geografia, n. 6, São Paulo: FFLCH/USP, 1992.

DELATORRE, C. C. M., PIROLI, E.L. **Análise de técnicas de geoprocessamento e produtos orbitais como subsídio à análise da cobertura florestal nas APPs do alto curso do rio Pardo**. Relatório de Pesquisa, CNPq (PIBIC), 2012.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Cedro, Presidente Prudente-SP**. Dissertação de Mestrado, Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2007.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows - Manual do usuário: introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240 p.

FELFILI, J. M., OLIVEIRA, E. C. L., BELTRÃO, L. **Levantamento ecológico rápido**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2006.

FERNANDES, L. A., COIMBRA, A. M. Revisão Estratigráfica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**. v. 30, p. 717-728, 2000.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: FEPAF (Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais), 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas topográficas 1:50.000**. Rio de Janeiro, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências, número 7 – Manual técnico de uso da terra**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000**. São Paulo: IPT, vol. II, 1981.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: EPIPHANIO, J.C.N. (coordenador)...[et al.]. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KAUANO, É, E., PASSOS, E. Análise do uso da terra em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio da Gama, Tijucas do Sul, Paraná. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, n.2, p. 181-190, 2008.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo planta**. São Paulo: Ceres, 1979.

LANG, S., BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução Hemann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEAL, A. C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – Campinas /SP**. Dissertação de Mestrado. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1995.

LEPSCH, I. F., BELLINAZZI Jr., R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2004.

LIMA, W. P. **Introdução ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: DCFL/ESALQ, 2006.

LIMA, W. P., ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R., LEITÃO FILHO, H. F. (Org.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 1 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000, v. 1, p. 33-44.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. Uniderp, 2006.

Mapping opportunities. Nature, v. 427, n. 22, p. 376-377, Janeiro, 2004.

MARQUES, M. C. V., BARBOSA, L. M. **Manual para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares do estado de São Paulo**. Apresentação. FAPESP / IBT / GEF: Marília, 2006.

MARTINS, I. A., BITENCOURT, M. D., PEREZ, C. F., JARDINEIRO, K. S. Proposta metodológica para análise espacial de qualidade de habitat para mamíferos de grande porte em fragmento de cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009. Natal. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2003. p.4043-4051. Disponível na biblioteca digital URLib:<ltid.inpe.br/sbsr/2009. Acesso em 26 de maio de 2009.

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

METZGER, J. P., RODRIGUES, R. R. 2008. Mapas sínteses de diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo. Pp. 130-136. In: RODRIGUES, R. R., JOLY, C. A., BRITO, M. C. W., PAESE, A., METZGER, J. P., CASATTI, L., NALON, M. A., MENEZES, N., IVANAUSKA, N. M., BOLZANI, V., BONONI, V. L. R. **Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NASCIMENTO, M. C., SOARES, V. P., RIBEIRO, C. A. A. S., SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v.15, n.2, p.207-220, 2005.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: www2.jpl.nasa.gov/srtm. Acesso em: 30/03/2012.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. São Paulo: Humanistas – FFLCH –USP, 2001.

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

PASSOS, M. M. **Biogeografia e paisagem**. 2. ed. Maringá: [s.n.], 2003.

PERUSI, M. C. **Discriminação de Argissolos e avaliação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

PIRES LUIZ, C. H., LEAL, L. F. G., SANTOS, M. F. S., TOSATTI, S. M. A utilização de imagens do satélite CBERS2 para o controle da mata ciliar. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009. Natal. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2009. p.2809-2816.

PIROLI, E. L., BECKER, E. L. S., BOLFE, E. L., PEREIRA, R. S. Análise do uso da terra na microbacia do Arroio do Meio – Santa Maria-RS por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. **Ciência Rural**. v. 32, n.3, p. 407-413, junho, 2002.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

PIROLI, E. L. Sensoriamento remoto aplicado à atualização da cartografia e ao estudo dos recursos naturais nas áreas de preservação permanente dos cursos d'água da bacia hidrográfica do alto rio Pardo, São Paulo, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XIX, 2011, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2011. p. 1 – 14.

PIROLI, E. L., ZANATA, J. M., DELATORRE, C. C. M. Uso da terra nas áreas de preservação permanente do baixo Pardo: contribuição das geotecnologias para o manejo dos recursos naturais. **Revista Geonorte**, Manaus, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 1766-1776, 2012.

PIROLI, E. L. Imagens de satélite de alta resolução espacial para o mapeamento da dinâmica do uso da terra. In: Geopantanal, IV, 2012, Bonito. **Anais...** Campinas: Embrapa, 2012. p. 1280-1290

PONZONI, F. J., SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009

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

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.

ROCHA, J. S. M. **Manual de interpretação de aerofotogramas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1986.

RODRIGUES, C., ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 147-166

RODRIGUES, R. R., SHEPHERD, G. J. **Fatores Condicionantes da Vegetação Ciliares**. In: RODRIGUES, R. R., LEITÃO FILHO, H. F. (Org.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 1 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001, v. 1, p. 101-107.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7ª edição. Uberlândia: UFU, 2009.

ROSS, J. L. S., MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: DG-FFLCH-USP, IPT, FAPESP, 1997.

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

SÃO PAULO. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal. Imprensa Oficial, 2005

SARTORI, A. A. da C., BARBOSA, A. P., PISANI, R. J., OLIVEIRA, F. G., ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento de conflitos de solo em áreas de preservação permanente na Bacia Experimental do Rio Pardo - São Paulo – Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009. Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p.2809-2816.

SIMÕES, L. B. **Avaliação das áreas de preservação permanente da bacia do ribeirão Lavapés, Botucatu, São Paulo, através de sistema de informação geográfica (SIG-IDRISI)**. Botucatu, 1996. 144p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **O Código Florestal e a ciência: contribuições para o diálogo**. São Paulo: SBPC, 2011.

SOUZA, J. S. **Áreas de preservação permanente urbanas: mapeamento, diagnósticos, índices de qualidade ambiental e influência no escoamento superficial : estudo de caso : Bacia do Córrego das Lajes, Uberaba/MG**. 2008, 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

SPAROVEK, G., BARRETO, A., KLUG, I., PAPP, L., LINO, J. **A Revisão do Código Florestal brasileiro**. CEBRAP, 2010, p. 181-205.

TEIXEIRA, A. L. A., MORETTI, E., CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução ao Sistema de Informação Geográfica**. Rio Claro: Ed. do Autor, 1992.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005, 69f, Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TREVISAN, G. V., ADAMI, M. Avaliação do uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente com dados sensores remotos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6.337 – 6344.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

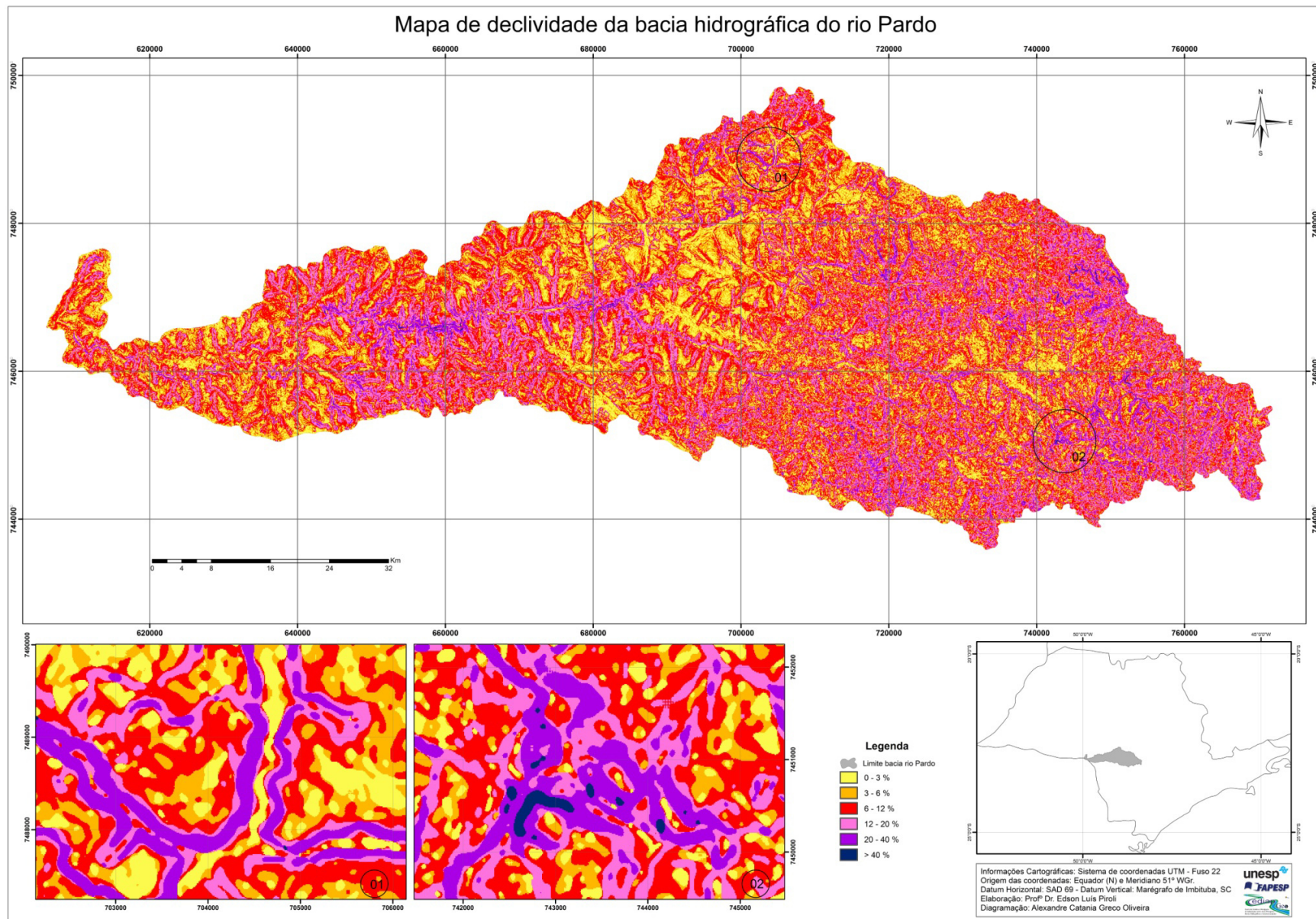
TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2. ed., 2005.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotrop.** Oct/Dec 2010 vol. 10, no. 4 Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/abstract?article+bn01110042010>>. Acesso em: 13 set, 2012.

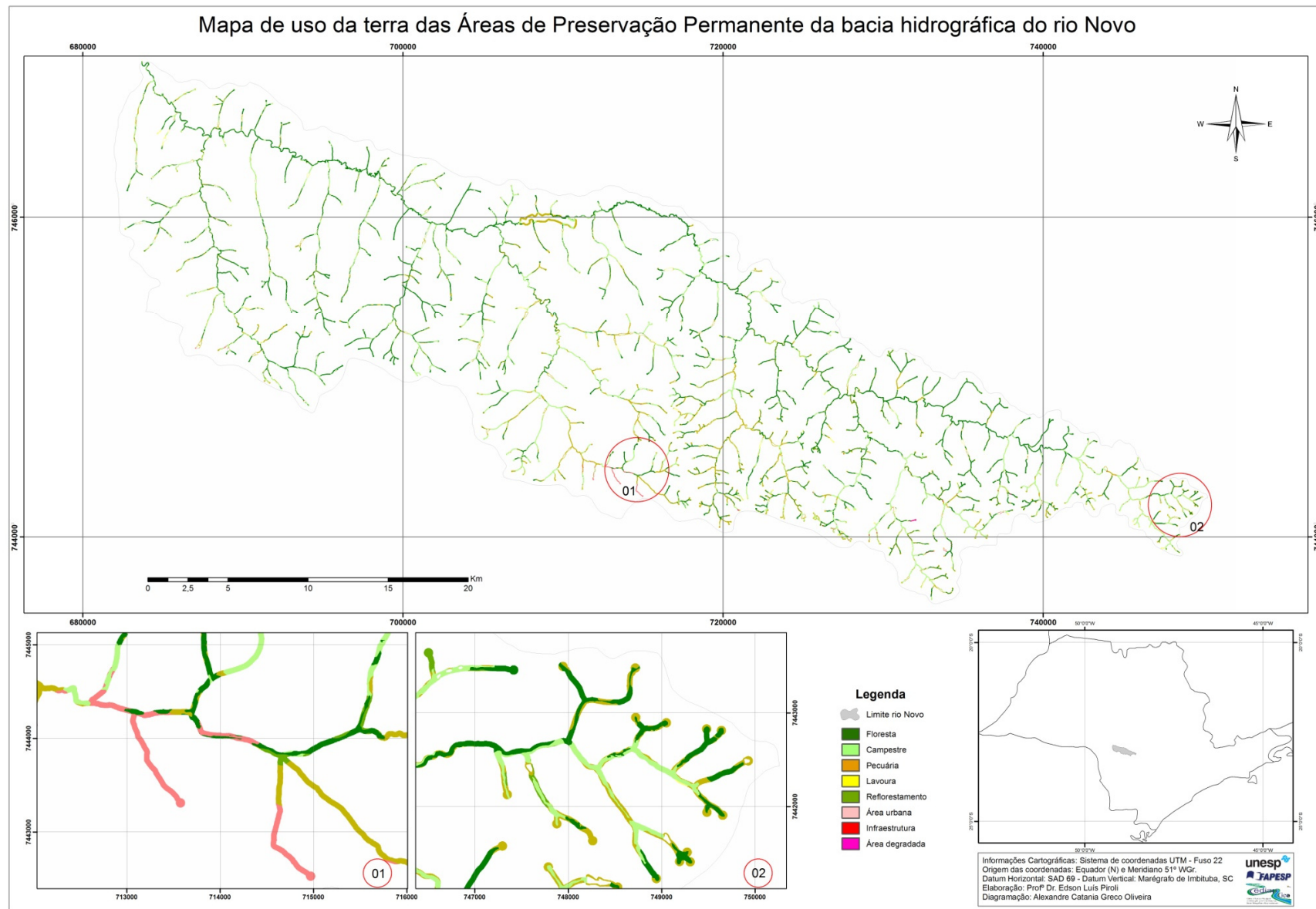
VEIGA, T. C., XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: o caso do município de Macaé – RJ. In: XAVIER-DASILVA, J., ZAIDANR. T. (Org.). **Geoprocessamento e análise ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

ANEXOS

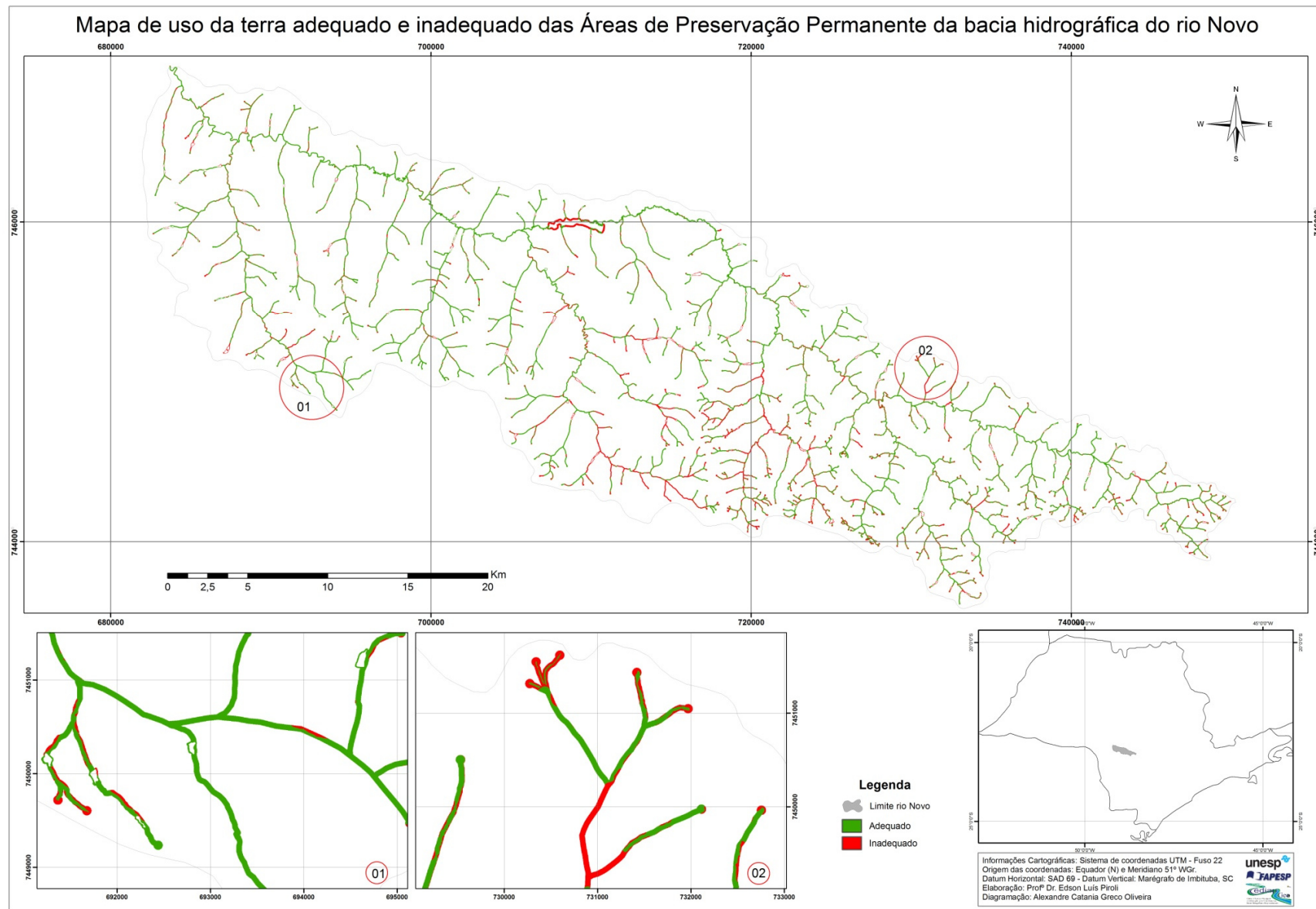
ANEXO 1



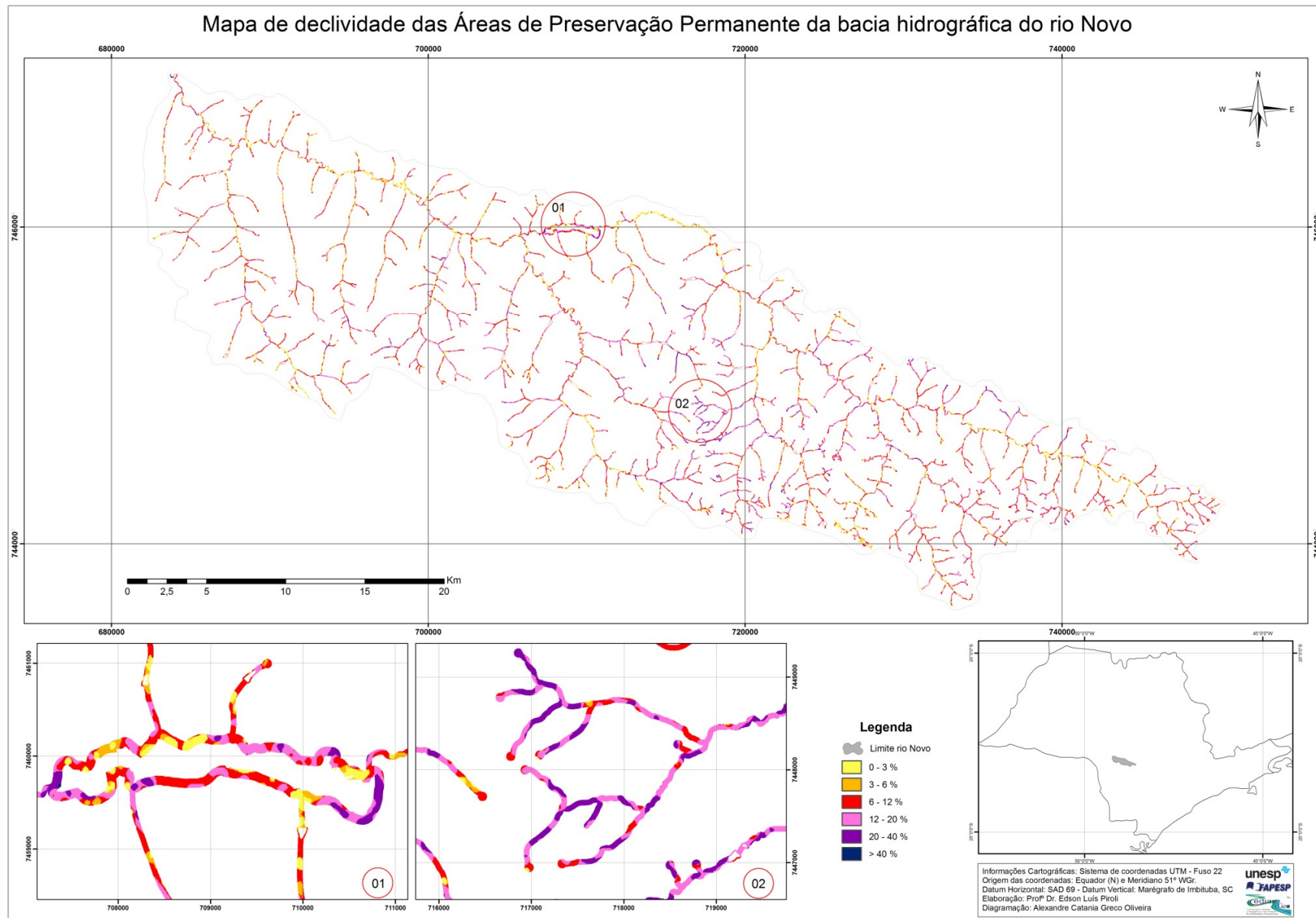
ANEXO 2



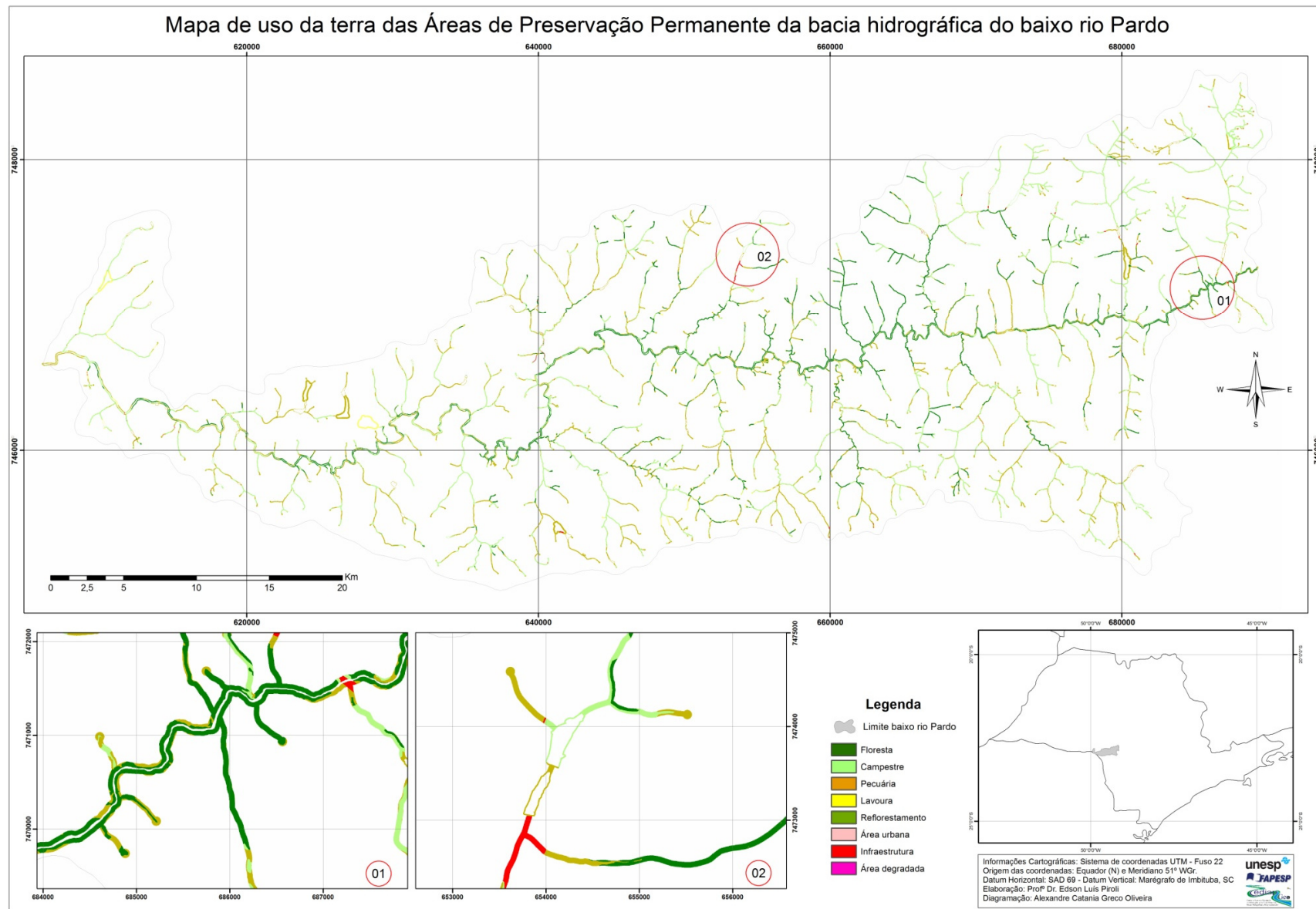
ANEXO 3



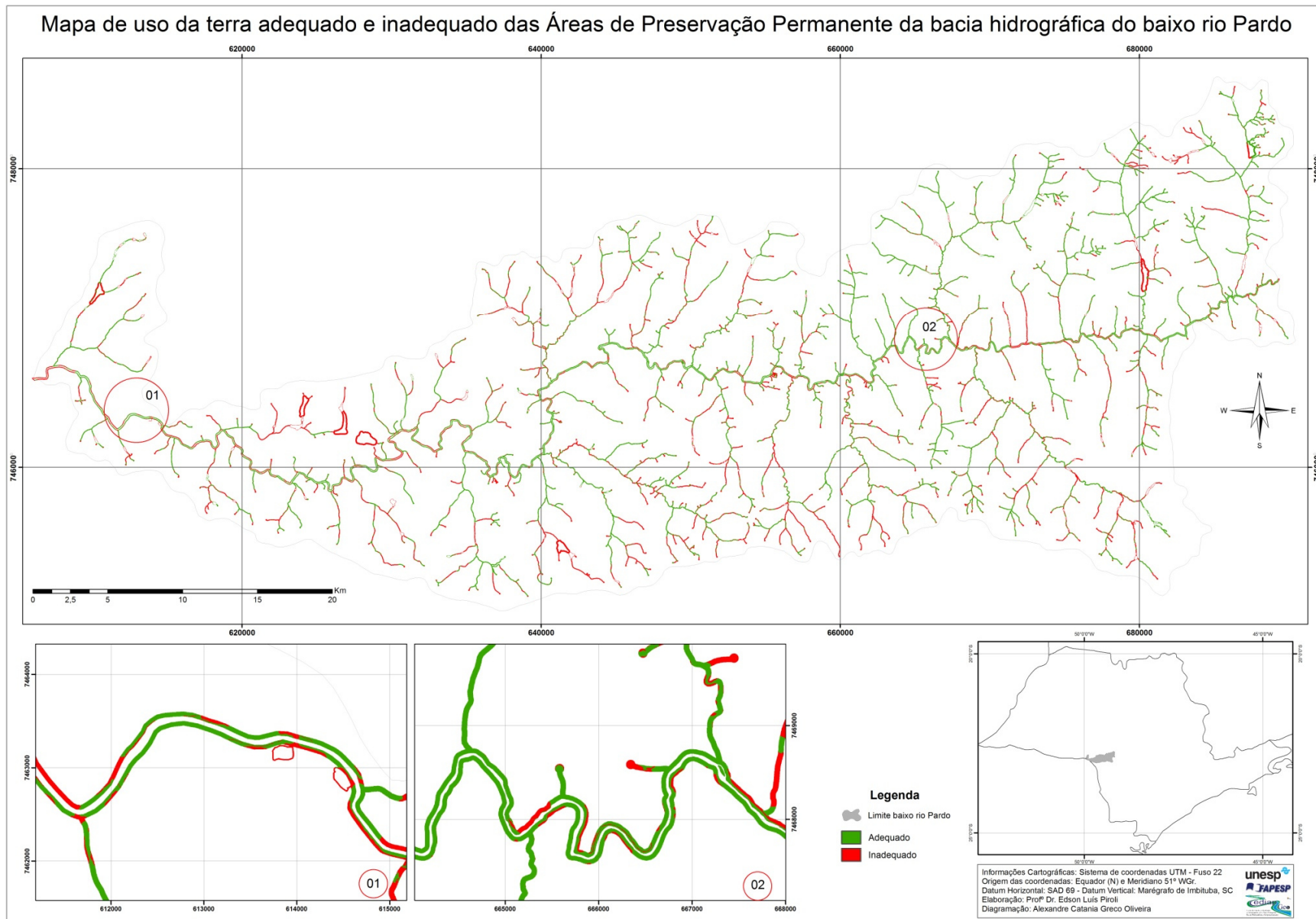
ANEXO 4



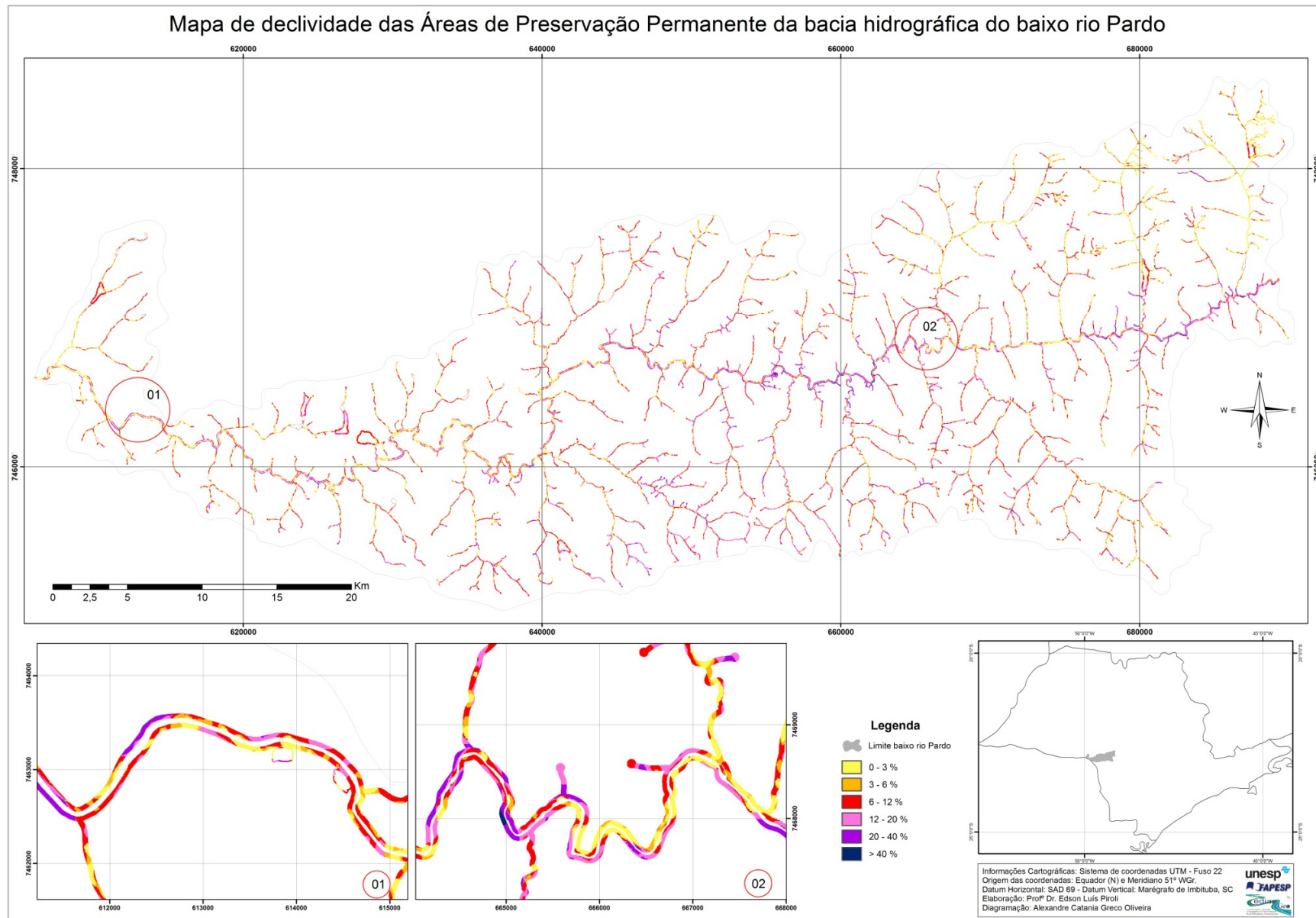
ANEXO 5



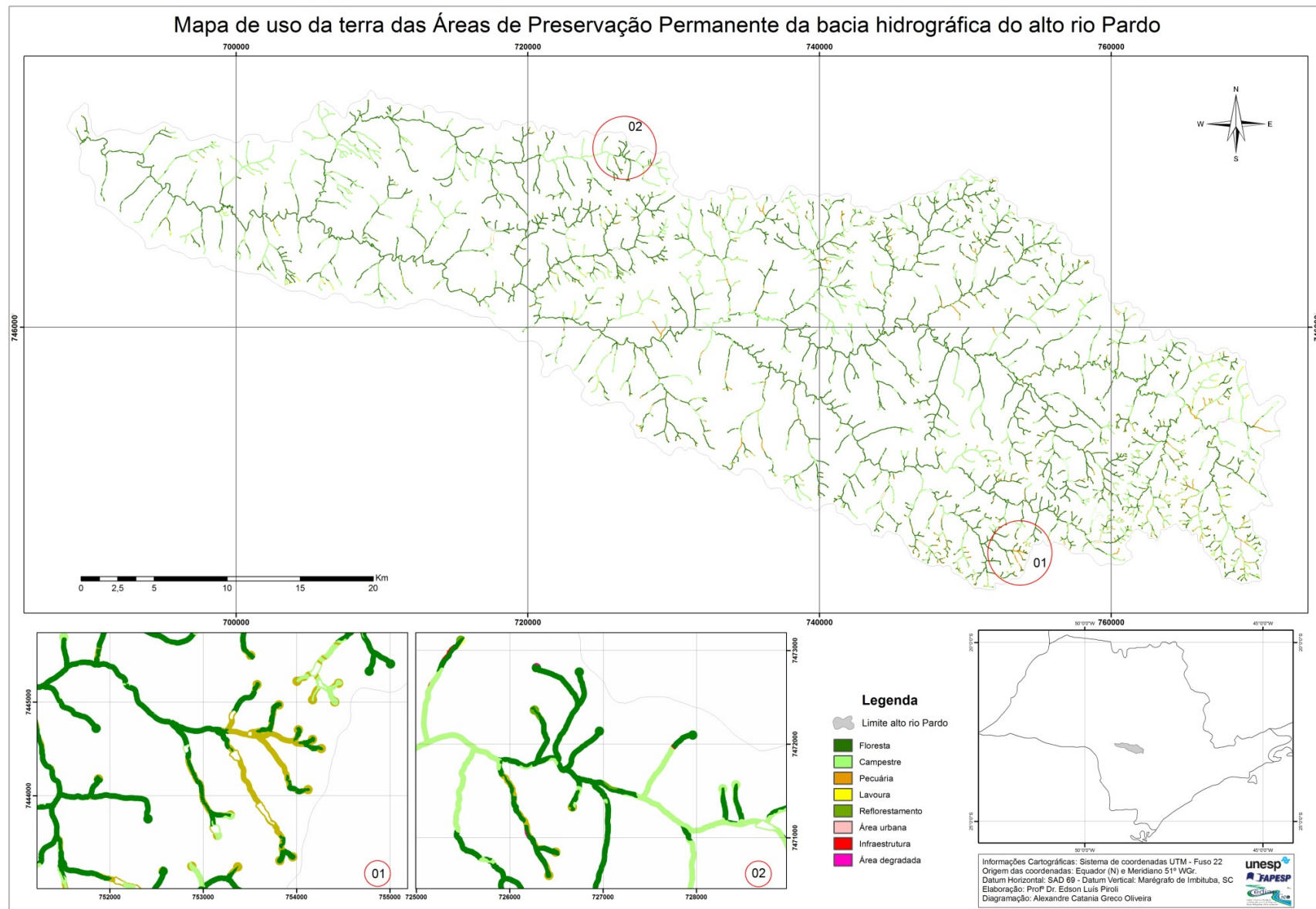
ANEXO 6



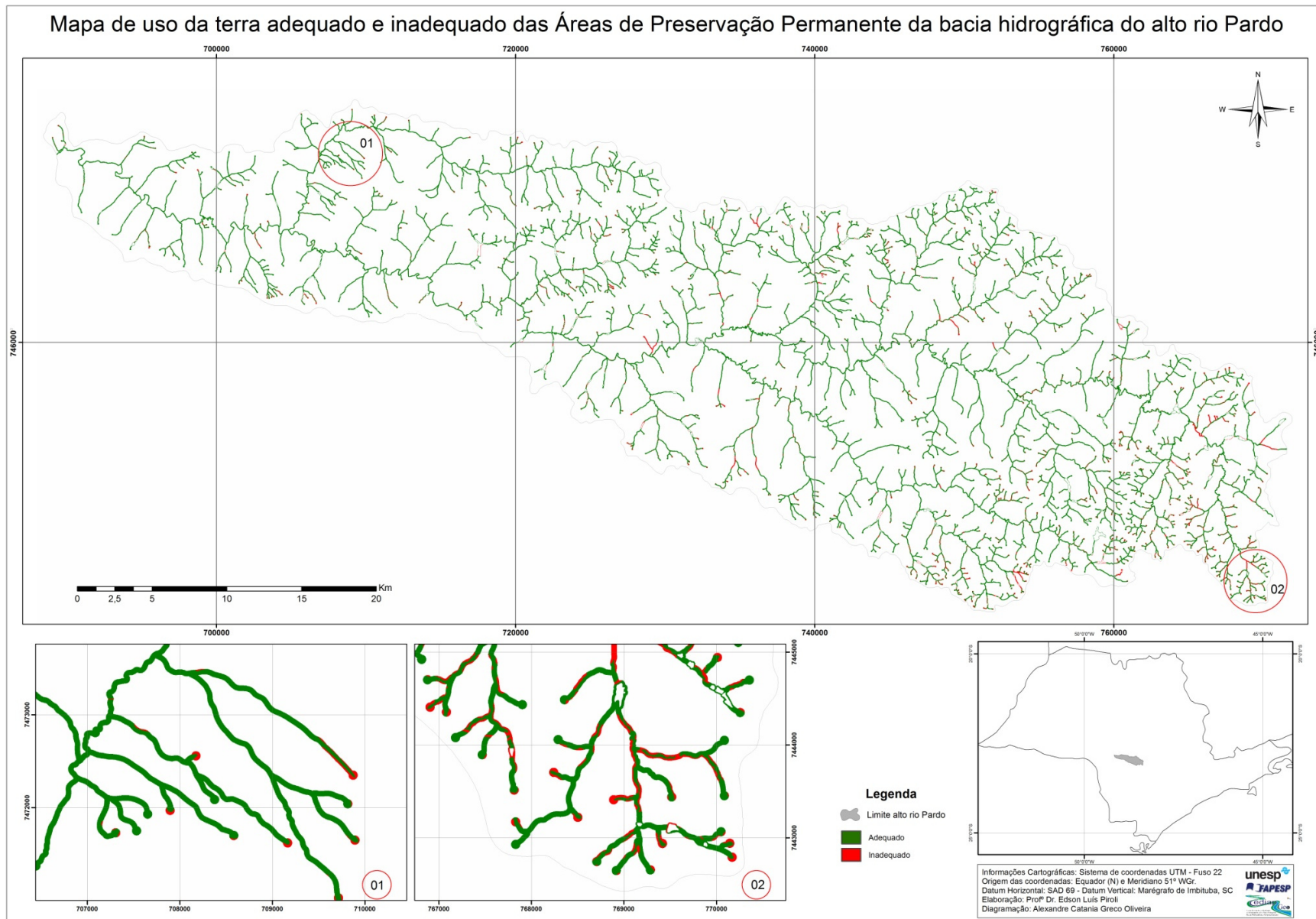
ANEXO 7



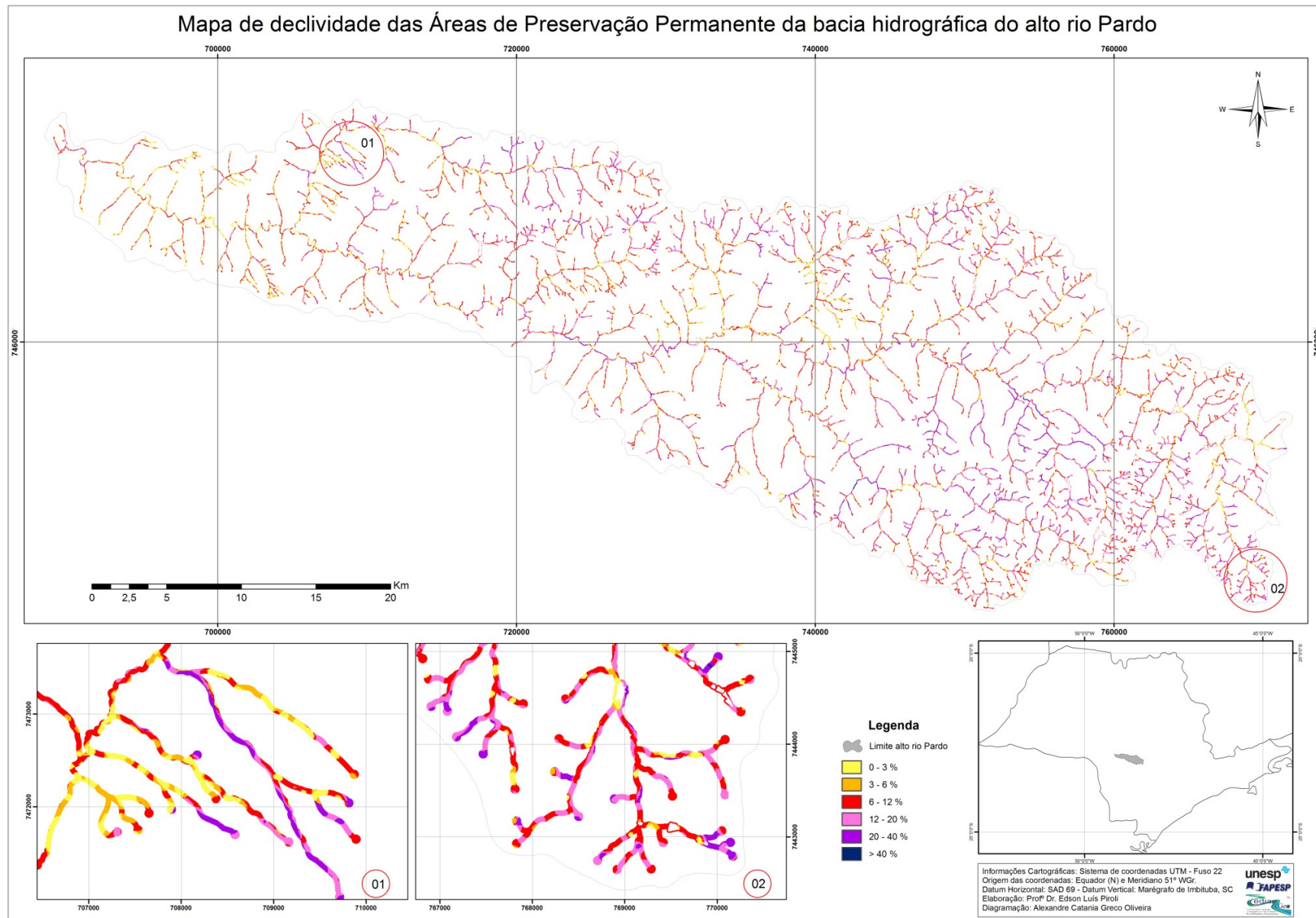
ANEXO 8



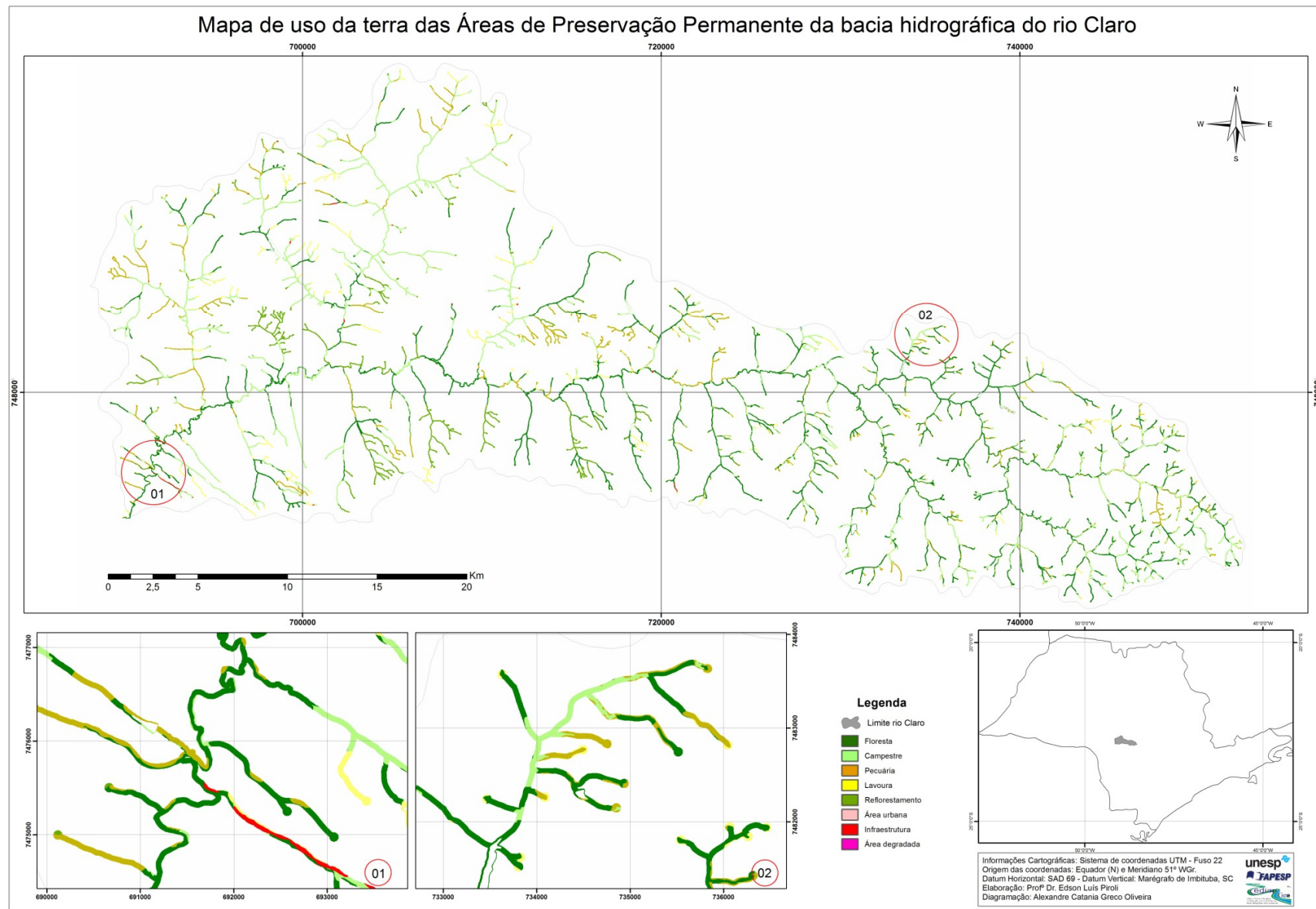
ANEXO 9



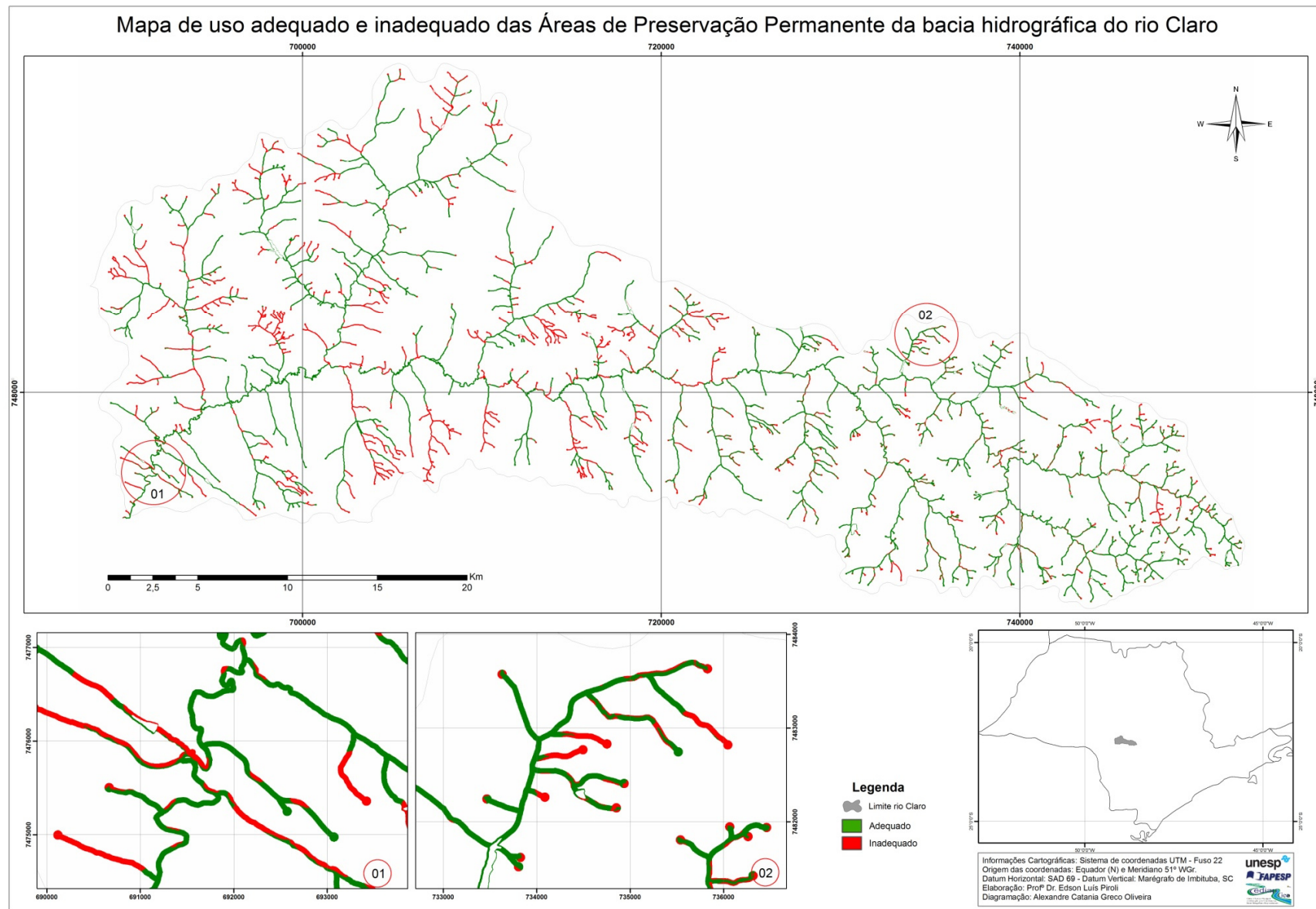
ANEXO 10



ANEXO 11



ANEXO 12



ANEXO 13

