

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

GUSTAVO RODRIGUES GIMENES

**TRANSFORMAÇÕES NO USO DA TERRA DA MICROBACIA DO
RIBEIRÃO SÃO DOMINGOS, MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO RIO
PARDO - SP, ENTRE OS ANOS DE 1987 E 2012, UTILIZANDO
GEOPROCESSAMENTO**

OURINHOS-SP

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

GUSTAVO RODRIGUES GIMENES

**TRANSFORMAÇÕES NO USO DA TERRA DA MICROBACIA DO
RIBEIRÃO SÃO DOMINGOS, MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO RIO
PARDO - SP, ENTRE OS ANOS DE 1987 E 2012, UTILIZANDO
GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à banca examinadora para
obtenção do título de Bacharel em
Geografia pela Unesp – Campus
Experimental de Ourinhos
Orientador: Prof. Dr. Edson Luis Piroli.

OURINHOS-SP

2013

Banca Examinadora

Professor Dr. Edson Luis Piroli (Orientador)

Professora Dra. Maria Cristina Perusi

Professor Me. Julio Cesar Demarchi

Ourinhos, 06 de setembro de 2013.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, que acreditaram em mim e superaram a distância e a saudade, à minha noiva Luana, pelo apoio, força e incentivo, companheirismo e carinho, aos meus amigos de curso que sofreram junto comigo cada etapa da graduação, aos professores da unidade, que passam seu conhecimento adiante, nos ensinando e muitas vezes nos acolhendo como filhos, e em especial à professora Dr^a. Carla R. G. de Sena que me mostrou o caminho a ser trilhado e ao professor Dr. Edson Luis Piroli, que mais do que um professor e um orientador, foi um amigo que se mostrou presente em todas as dificuldades, arrumando tempo para atender as minhas dúvidas e me acolheu no momento de maior questionamento sobre a minha conclusão do curso, muito obrigado!

Agradecimentos

Agradeço este trabalho imensamente ao meu orientador, o Professor Dr. Edson Luis Piroli pela convivência diária e pelos ensinamentos.

Agradeço ao funcionário da UNESP - Ourinhos e amigo, Julio Cesar Demarchi, pelos conselhos, ensinamentos e pela ajuda oferecida na elaboração deste trabalho.

Agradeço aos amigos que participaram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho, em especial aos moradores das repúblicas Mapusema, com quem morei dois anos e adicionei mais três membros a minha família, às repúblicas Gato que Mija e Sai Loko, pelos momentos de descontração e amizade e à república Zeca Urubu pelas amizades e confraternizações.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	IV
AGRADECIMENTOS.....	V
SUMÁRIO.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO/ABSTRACT.....	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO.....	2
2.1 Objetivos Gerais.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1 Conceitos e definições sobre o uso da terra.....	3
3.2 Bacias Hidrográficas.....	5
3.3 Sensoriamento Remoto.....	7
3.4 Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Geoprocessamento.....	10
3.5 Land Change Modeler.....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Caracterização do município de Santa Cruz do Rio Pardo.....	14
4.2 Materiais Utilizados.....	17
4.3 Metodologia	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
6 CONCLUSÕES.....	43
7 REFERÊNCIAS.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características técnicas do Sensor Thematic Mapper (TM) – Landsat.....	17
Tabela 2. Características técnicas do Sensor LISS3 – ResourceSat 1.....	17
Tabela 3. Intervalos de classe de declive para fins de conservação de solos França (1963) e Lepsch et al. (1991).....	20
Tabela 4. Área de classes de declividade em hectares e porcentagem da microbacia do Ribeirão São Domingos.....	22
Tabela 5. Áreas das classes de uso da terra - Microbacia do Ribeirão São Domingos - anos 1987 e 2012.....	26
Tabela 6. Usos da terra nas APPs da microbacia do Ribeirão São Domingos.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização de Santa Cruz do Rio Pardo no Estado de São Paulo.....	15
Figura 2. Mapa de localização da microbacia do ribeirão São Domingos.....	16
Figura 3. Mapa de declividade da Microbacia do Ribeirão São Domingos.....	21
Figura 4. Mapa de Uso da Terra – Microbacia do Ribeirão São Domingos – 1987.....	24
Figura 5. Mapa de Uso da Terra – Microbacia do Ribeirão São Domingos – 2012.....	25
Figura 6. Ausência de APP, presença de gado e cultura agrícola nas margens do corpo d'água.....	26
Figura 7. Presença de pastagem e ausência de APP na margem do ribeirão.....	27
Figura 8. Habitação e área de assoreamento na margem do ribeirão e ocorrência de enchente.....	27
Figura 9. Residências e campo de futebol nas áreas de APPs nas margens do Ribeirão das Perobas.....	28
Figura 10. Área de lazer próxima às áreas de APP do Ribeirão São Domingos.....	29
Figura 11. Área de lazer próxima a APP do Ribeirão São Domingos.....	29
Figura 12. Área de pastagem circundada pela cultura de cana.....	30
Figura 13. Área de represamento com pastagem e cultura de cana, ausência de APPs.....	31
Figura 14. Remanescentes de pastagem e cultura de cana.....	31
Figura 15. Chácaras ocupando áreas de pastagem.....	32
Figura 16. Curso d'água do ribeirão São Domingos dentro da área urbana do município de Santa Cruz do Rio Pardo.....	34
Figura 17. Encontro dos Ribeirões São Domingos (esquerda) e Mandassaia (direita) – zona urbana de Santa Cruz do Rio Pardo.....	34
Figura 18. Área desprotegida ocupada por pastagem às margens do Ribeirão São Domingos na zona urbana de Santa Cruz do Rio Pardo.....	35
Figura 19. APPs desprotegidas e enchente do ribeirão São Domingos no ano de 2013.....	35
Figura 20. APPs desprotegidas e aumento do nível d'água próximo a residências.....	36
Figura 21. Mapa de mudanças no uso da terra entre 1987 e 2012 da microbacia do Ribeirão São Domingos.....	37
Figura 22. Análise comparativa das áreas dos usos da terra da Microbacia do Ribeirão São Domingos.....	38
Figura 23. Mapa de persistências do uso da terra da microbacia do Ribeirão São Domingos entre 1987 e 2012.....	39

Figura 24. Uso da terra das APPs da microbacia do Ribeirão São Domingos – 1987 (esquerda)
e 2012 (direita)..... 41

Resumo

O avanço das áreas agrícolas e urbanas de muitos municípios sobre as áreas conhecidas como microbacias tem provocado inúmeros impactos negativos, afetando não apenas os recursos naturais, como a terra e os corpos d'água e áreas de preservação permanente, mas a população residente neste perímetro. Este trabalho teve como objetivo analisar as transformações no uso e cobertura da terra da microbacia do Ribeirão São Domingos, localizada no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP no período de 25 anos, entre 1987 e 2012. Analisando as diferentes épocas, identificaram-se transformações no uso da terra e o grau de impacto provocado pela ação antrópica sobre os recursos naturais, compreendendo o uso de SIGs e geoprocessamento como instrumento de análise ambiental, especialmente com o uso do módulo Land Change Modeler (LCM) presente no SIG Idrisi Taiga, comparando imagens de satélite de 1987 (Landsat 5) e 2012 (Resourcesat 1). Observou-se a redução da vegetação do tipo floresta de 230,5 para 178,07 ha, um aumento significativo da área urbana de 330,56 para 827,6 ha, além da redução da área total das APPs de 394,24 para 383,25 ha, acarretando em inúmeros problemas socioambientais para o município, como enchentes, assoreamento e degradação da terra na região.

Palavras-Chave: Análise ambiental, Recursos Naturais, SIGs, Land Change Modeler.

Abstract

The advancement of agricultural and urban areas of many municipalities on areas known as microbasins has caused many negative impacts, affecting not only the natural resources such as land and water bodies and permanent preservation areas, but also the resident population in this perimeter. This work had as objective to analyze the changes in land use and coverage of the Ribeirão São Domingos microbasin, located in the municipality of Santa Cruz do Rio Pardo-SP in a period of 25 years, between 1987 and 2012. Analyzing the different eras, identified land use transformations and the degree of impact caused by anthropogenic action on natural resources, including the use of Gis and GIS as a tool for environmental analysis, especially with the use of modulus Land Change Modeler (LCM) present in GIS Idrisi Taiga, comparing satellite images from 1987 (Landsat 5) and 2012 (Resourcesat 1). It was also observed a reduction of forest vegetation from 230.5 ha to 178.07 ha, a significant increase in urban area from 330.56 ha to 827.6 ha, in addition to the reduction of the total area of the 394.24 ha of APPs to 383.25 ha, leading in numerous environmental problems for the municipality, such as flooding, siltation and land degradation in the region.

Keywords: Environmental analysis, Natural resources, GIS, Land Change Modeler.

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O processo de uso e cobertura da terra tem ocorrido historicamente de maneira desordenada e negativa sobre o solo, recursos hídricos, fauna e flora das regiões exploradas pelas atividades humanas, resultando na degradação e contaminação desses bens. Fruto de exploração desde o descobrimento do Brasil, a terra vem sofrendo com o manejo inadequado desde esse período, acarretando perdas anuais do solo estimadas em aproximadamente quinhentos milhões de toneladas de terra por meio de erosão, principalmente pela substituição das matas nativas pela agropecuária, processo o qual tornou o solo mais frágil e exposto às intempéries, desestruturando-o, fato este que contribui para a degradação dos rios e corpos d'água, causando assoreamento, diminuição de oxigênio na água e desestabilização da biota aquática.

O atual processo de uso da terra, fruto das expansões industriais, tanto urbanas quanto rurais, somadas ao crescimento populacional, acarreta na grande demanda dos recursos naturais acelerando a degradação do solo e dos corpos d'água. Essa degradação tem ocorrido com frequência e junto com o uso intensificado da terra tanto na área agrícola quanto na urbana, apresenta transformações e impactos significativos sobre os recursos naturais, especialmente nas áreas das microbacias hidrográficas, podendo acarretar inúmeras adversidades ambientais e econômicas.

Inserido nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo identificar e analisar o grau de alteração ocorrido no uso e cobertura da terra, bem como dos impactos sobre as áreas de preservação permanente (APPs) da microbacia do Ribeirão São Domingos, localizada no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP, entre os anos datados de 1987 e 2012.

Adotou-se uma microbacia como unidade de estudos por ser sobre o território compreendido como bacia hidrográfica onde se desenvolvem as atividades humanas. Tanto as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação pertencem a alguma bacia hidrográfica. Desse modo, o que ocorre nas bacias é fruto das diferentes formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem.

Uma das características marcantes envolvendo geotecnologias é a possibilidade de aplicação em múltiplos campos da ciência, facilitando sua integração e operacionalização de estudos e investigações científicas. Ferramentas e técnicas muito úteis nas questões relacionadas à pesquisa que envolve uso da terra e microbacias são os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o Sensoriamento Remoto, que atualmente são

fundamentais para caracterização das diferentes regiões e como instrumentos para a simulação de efeitos sobre alterações em elementos da área de estudo.

Desse modo, visto os poucos de estudos que abordam a problemática ambiental na região, evidencia-se a necessidade da avaliação do processo de uso e ocupação ocorrido no intervalo de tempo estudado. Dessa forma, este trabalho tem o intuito de contribuir para realização de estudos mais aprofundados por parte do poder municipal, além de profissionais como agrônomos, geógrafos e planejadores urbanos e rurais, que tenham consciência sobre a conservação dos recursos naturais, como os corpos d'água, a terra e as matas ciliares.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho foi analisar as transformações ocorridas no uso da terra da microbacia do Ribeirão São Domingos, localizada no município de Santa Cruz do Rio Pardo/SP em um período de 25 anos, entre os anos de 1987 e 2012 respectivamente. Ao analisar as diferenças entre as épocas, buscou-se compreender as transformações sobre o uso da terra e o impacto provocado pela ação antrópica sobre os recursos naturais como corpos d'água, terra e matas ciliares, bem como as áreas de preservação permanente da referida microbacia.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um mapa de declividade da região visando o conhecimento do predomínio das classes de declive do terreno;
- Entender o papel do geoprocessamento e do SIG como instrumentos de análise ambiental, sobretudo o papel do módulo Land Change Modeler (LCM) presente no SIG Idrisi Taiga;
- Compreender a importância da preservação das APPs e verificar se, na área de estudo, esta está de acordo com as resoluções do Código Florestal Brasileiro e do Plano

Diretor do Município de Santa Cruz do Rio Pardo;

- Identificar se as geotecnologias utilizadas para o desenvolvimento das diferentes fases do estudo ofereceram as bases e os procedimentos metodológicos necessários para a obtenção dos dados, análise dos resultados e elaboração dos produtos cartográficos finais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Conceitos e definições sobre o uso da terra

As primeiras classificações de uso da terra baseavam-se em trabalhos de campo. Posteriormente, a partir de década de 1950, um grande número de pesquisadores em várias partes do mundo têm se dedicado à identificação detalhada de culturas agrícolas em fotografias aéreas (STEINER, 1970, apud BORGES et al., 1993, p. 365).

Com o advento das imagens orbitais na década de 1970, o mapeamento do uso da terra em uma dada região ganhava mais um importante instrumento como auxílio. Esse tipo de trabalho tornou-se de fundamental importância para a compreensão dos padrões de organização do espaço agrícola, cada vez mais alterado pela ação do homem e pelo desenvolvimento tecnológico. Deste modo, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso e ocupação do solo, para que suas tendências possam ser analisadas, com o objetivo de fornecer subsídios às ações do planejamento regional (ROSA, 1990). Ainda segundo este autor, o conhecimento atualizado das formas de utilização e ocupação do solo, bem como seu uso histórico, tem sido um fator imprescindível ao estudo dos processos que se desenvolvem na região, tornando-se de fundamental importância, na medida em que os efeitos do seu mau uso causam deterioração no meio ambiente. Os processos de erosão intensos, desertificação, inundações, assoreamentos de cursos d'água têm sido exemplos cotidianos de mau uso da terra.

A degradação dos recursos naturais, principalmente solo e água, vem crescendo intensamente, atingindo níveis críticos, observada pelo assoreamento e poluição dos cursos e espelhos d'água. Em função disso, têm-se observado grande prejuízo à saúde dos seres vivos, destruição de estradas, de pontes e bueiros, riscos na geração de energia, escassez de água para irrigação e abastecimento, redução da produtividade agrícola, diminuição da renda líquida e, conseqüentemente, empobrecimento do meio rural com reflexos danosos para a economia nacional (BRASIL, 1987, apud CAMPOS et al., 2004).

O uso e ocupação da terra são temas básicos para o planejamento ambiental, porque retratam as atividades humanas que podem significar pressão sobre os elementos naturais. Em geral, as formas de uso e ocupação são identificadas (tipos de uso), espacializadas (mapa de uso), caracterizadas (pela intensidade de uso e indícios de manejo) e quantificadas (percentual de área ocupada pelo tipo). Essas informações não devem ser apenas da situação atual, mas sim das mudanças recentes e históricas da área de estudo, salienta Santos (2004, apud SANTOS e CARDOSO, 2007, p. 2).

O termo uso da terra refere-se ao modo como a terra é utilizada pela humanidade. A cobertura da terra refere-se aos materiais biofísicos encontrados sobre a superfície terrestre [...] A informação sobre a cobertura e uso da terra em ambientes urbanos é necessária para uma grande variedade de aplicações, incluindo a escolha de locais para instalações residenciais, industriais e comerciais, estimativa ou inferência populacional, cobrança tributária, elaboração de regulamentos para zoneamento, etc., significando que a informação urbana coletada para uma aplicação pode ser útil para outra. (JENSEN, 2009)

Das considerações sobre o conceito de uso da terra, Araújo Filho e Meneses (2007, p.172) chama a atenção quando afirmam que a obtenção de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico é uma condição necessária para as atividades de planejamento e tomada de decisões. Os mapas de uso e de cobertura da terra são instrumentos que auxiliam a cumprir essa função, constituindo-se em mecanismos bastante adequados para promoverem o desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, e são imprescindíveis para o planejamento regional ou local do terreno. O desenvolvimento de sistemas de classificação pode fornecer referências para a organização e hierarquização de informações que constam nos mapas dessa natureza.

Para Rocha (1997, apud CAMPOS et al., 2004), o conhecimento do uso da terra é cada vez mais importante para uma nação solucionar os problemas decorrentes do hábito do desenvolvimento ao acaso, de maneira incontrolada, provocando assim a deterioração ambiental, destruição dos solos e de terras agriculturáveis e a perda do habitat da fauna silvestre.

A obtenção de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico é uma condição necessária para as atividades de planejamento e tomada de decisões. Os mapas de uso da terra e de cobertura da terra são instrumentos que auxiliam a cumprir essa função, constituindo-se em mecanismos bastante adequados para promoverem o desenvolvimento sustentável, e são imprescindíveis para o planejamento regional ou local do terreno (ARAÚJO FILHO et al., 2007).

De acordo com Guimarães (2000), o mapeamento do uso da terra faz-se obrigatório em um estudo ambiental, à medida que tal estudo requer o conhecimento da dinâmica natural de evolução do meio e de seu potencial de utilização.

O uso da terra exerce significativa influência sobre a infiltração do solo e esta pode ser modificada pelo homem por intermédio de seus programas de manejo (LIMA, 1986). As constantes mudanças no uso da terra provocam significativas alterações no balanço de água, com reflexos nas camadas superficiais e subsuperficiais, ocorrendo erosão, transporte de sedimentos e elementos químicos bioativos, causando modificações no sistema ecológico e na qualidade da água (BOLIN; COOH, 1983, apud TOLEDO, 2001).

O estudo do uso inadequado das terras é de grande importância, pois, boa parte das propriedades rurais apresenta algum tipo de uso conflitante da terra (MOREIRA et al., 2003; MOREIRA, 1999; COSTA et al., 1996; ALVES, 1993).

A recuperação, conservação e exploração sustentável dos recursos naturais exigem conhecimento das suas propriedades e da situação em relação aos efeitos das atividades antrópicas. Nesse sentido, o diagnóstico do recurso solo, juntamente com outros elementos ambientais, é uma excelente ferramenta na determinação de problemas, como os conflitos de uso das terras, os quais podem auxiliar no planejamento racional de todo o ambiente em questão (FORMAGGIO et al., 1992; DENT; YOUNG, 1993; RODRIGUES et al., 2001). Terra não significa somente o solo como base de sustentação do ambiente, mas também todos os demais elementos e fatores ambientais que influenciam na manutenção do ecossistema (LEPSCH et al., 1991; RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

O estudo das interações da declividade, solos e uso da terra na bacia hidrográfica pode ser feito com o uso do geoprocessamento, por possibilitar o armazenamento e gerenciamento desses dados, com rapidez e precisão, além de permitir a identificação de áreas propícias à degradação ambiental e a avaliação das estratégias de manejo antes que elas sejam adotadas (CÂMARA; DAVIS, 2002).

3.2 Bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies e

vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, ela faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (LINSLEY; FRANZINI, 1978; TUCCI, 1997). Isso significa que a bacia é o resultado da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima. Assim, um curso d'água, independentemente de seu tamanho, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

A bacia hidrográfica é também denominada de bacia de captação quando atua como coletora das águas pluviais, ou bacia de drenagem quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos d'água (SILVA, 1995). Por constituírem ecossistemas com o predomínio de uma única saída, as bacias hidrográficas possibilitam a realização de uma série de experimentos (VALENTE; CASTRO, 1981), como avaliações dos impactos causados pela atividade antrópica que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e a qualidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso da terra.

As bacias hidrográficas também constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e da qualidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso do solo (FERNANDES; SILVA, 1994; BARUQUI; FERNANDES, 1985).

Barrella (2001, apud por TEODORO et al., 2007) define bacias hidrográficas como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo ou divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

Lima e Zakia (2000) acrescentam ao conceito geomorfológico da bacia hidrográfica, uma abordagem sistêmica. Para esses autores, as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

Ainda segundo esses autores, do ponto de vista da hidrologia, a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas não é vista somente na sua superfície total, mas considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio, tendo as microbacias como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal). Sendo

assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e/ou em função de mudanças no uso da terra, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias (LIMA; ZAKIA, 2000).

Outro conceito importante atribuído a microbacias é o ecológico, que considera a menor unidade do ecossistema onde pode ser observada a delicada relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos, sendo que perturbações podem comprometer a dinâmica de seu funcionamento. Esse conceito visa à identificação e ao monitoramento de forma orientada dos impactos ambientais (MOSCA, 2003; LEONARDO, 2003 citado por TEODORO et al., 2007).

Souza e Fernandes (2000) afirmam que as abordagens de planejamento e gestão que utilizam a bacia hidrográfica como unidade básica de trabalho são mais adequadas para compatibilização da produção com preservação ambiental, pois a mesma é uma unidade natural geográfica, possuindo características biogeofísicas e sociais integradas.

Botelho (1999) chama a atenção para a bacia hidrográfica como uma unidade natural de análise da superfície terrestre, onde se pode reconhecer e estudar inter-relações da paisagem. Compreendida dessa forma, a bacia hidrográfica passa a ter uma representação como unidade ideal para se fazer o planejamento e a evolução do uso da terra.

A caracterização do meio físico da bacia hidrográfica, com o intuito de levantar todas as áreas críticas do ponto de vista da manutenção da água, é condição básica para um planejamento bem sucedido da conservação e produção de água. Segundo Pereira (1973), citado por Lima (1986), a conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais.

3.3 Sensoriamento Remoto

As imagens de satélite se tornaram, nos últimos anos, a principal fonte de dados para estudos relacionados à dinâmica do uso da terra em nosso país e também base para as mais diversas aplicações nas atividades produtivas, de localização e mesmo para o lazer. Sua utilização, que há algumas décadas era restrita a profissionais altamente qualificados, atualmente se tornou corriqueira, a ponto de pessoas com pouca ou nenhuma formação na área de sensoriamento remoto conseguirem identificar áreas da superfície terrestre, onde estão seus interesses, tais como plantações, núcleos urbanos, rios, praias, rodovias, ferrovias, entre muitos outros. (PIROLI, 2012)

Ainda segundo este autor, esta evolução, no entanto, demorou quase dois séculos, desde que foram inventadas as primeiras câmaras fotográficas e posteriormente sua utilização em plataformas aéreas, para chegar ao ponto encontrado atualmente, com sensores capazes de obter imagens com resoluções espaciais sub-métricas.

Para fins deste estudo trabalhou-se com imagens dos satélites Landsat 5 e o Resourcesat-1.

A série Landsat (Land Remote Sensing Satellite) teve início em 1972 com o lançamento do satélite ERTS-1. Ela teve sequência com os Landsat 2, 3, 4 e especialmente com os Landsat 5 e 7. O principal objetivo do sistema Landsat foi o mapeamento multiespectral em alta resolução da superfície da Terra. Esse foi e é de longe o sistema orbital mais utilizado na Embrapa Monitoramento por Satélite no mapeamento da dinâmica espaço temporal do uso das terras e em todas as aplicações decorrentes. A antena do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em Cuiabá recebia de forma contínua imagens de todo o território nacional, desde os anos setenta, e isso constitui um enorme e único acervo de dados sobre o país. (EMBRAPA, s.d.)

O sensor TM, do qual se utilizou as imagens do ano de 1987, possui separação espectral adequada ao seu principal propósito, ou seja, oferecer subsídios para mapeamentos temáticos na área de recursos naturais. Estava em atividade no satélite Landsat 5 e operava com 7 bandas nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal. Apresenta melhor resolução espacial, acurácia radiométrica e posicionamento geométrico que seu antecessor, o sensor MSS. Os dados do sensor TM foram utilizados em pesquisas e definições de metodologias em amplas áreas do conhecimento científico e tiveram importância singular para a evolução das técnicas desenvolvidas e utilizadas no sensoriamento remoto mundial.

O sensor TM possuía 7 bandas, cada uma representando uma faixa do espectro eletromagnético. As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 possuíam 30 m de resolução espacial, isto é, cada pixel da imagem representa uma área de 0,09 ha de terreno, enquanto a banda 6, possui resolução de 120 m, onde cada pixel representa 1,4 ha.

O satélite indiano IRS (Indian Remote Sensing Satellite), do qual se utilizou as imagens do ano de 2012, é um sistema de satélite que tem evoluído nas últimas décadas e que em outubro de 2003 lançou o IRS P6 (Resourcesat-1), que obtêm imagens multiespectrais com resolução espacial de 5,8 metros. (PIROLI, 2012)

Para Piroli (2012), o satélite ResourceSat-1 tem tido seu uso ampliado no Brasil, principalmente como alternativa gratuita ao CBERS e às imagens do satélite Landsat 5 (ambos fora de operação). As imagens do sensor IRS-P6 podem ser obtidas no catálogo de imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). O instrumento imageador LISS-3 (Linear Imaging Self-Scanner), usado neste trabalho, é capaz de capturar imagens

com resolução espacial de 23,5 metros, o que o torna aplicável ao mapeamento e estudo dos recursos naturais e de impactos das atividades antrópicas sobre o ambiente.

Esse satélite oferece uma ampla possibilidade de acesso às imagens em diversas resoluções e conseqüentemente aplicações, com satélites especializados em coletar dados de forma temática. Assim, o objetivo principal da missão é fornecer dados de sensoriamento remoto para a National Natural Resource Management System (NNRMS) e apoiar o desenvolvimento econômico indiano, mas os dados do IRS também são distribuídos para outros países, inclusive para o Brasil (IRS, 2012).

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

Nesse contexto, o uso das imagens do satélite Resourcesat-1 para o monitoramento do uso da terra de microbacias representa um instrumento valioso visto que suas diferentes bandas fornecem informações específicas sobre a vegetação e a caracterização de culturas na área de estudo, com significativa qualidade de resolução espacial.

De acordo com Piroli (2012), as aplicações, no entanto, têm sido voltadas principalmente para mapeamentos atuais, uma vez que as bases de dados contendo estas imagens têm pouco mais de uma década. Para que sejam elaborados estudos de acompanhamento da evolução do uso da terra é necessário que as imagens de alta resolução sejam integradas com outras bases de dados que contenham informações mais antigas, tais como imagens de satélite de média resolução que tem um tempo de uso um pouco maior, de aproximadamente três décadas. Para análises que requeiram informações mais antigas há a necessidade de integração dos dados provenientes dos satélites atuais com outras fontes de dados de grande escala, como por exemplo, com as fotografias aéreas.

Cabe salientar que para se trabalhar com as imagens de sensoriamento remoto aplicam-se técnicas de processamento digital de imagens, o qual é compreendido como a manipulação de uma imagem por computador de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens e, cujo objetivo é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos (SPRING, 1996).

Conforme Silva (2001), a função primordial do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração da informação contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas dedicados de computação são utilizados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas.

Segundo Queiroz (2003), as formas possíveis de manipulação de imagens são teoricamente infinitas. Entretanto, de um modo geral, podem ser categorizadas em um ou mais procedimentos que incluem quatro tipos abrangentes de operações computacionais divididas em: retificação e restauração de imagens, as quais correspondem às operações realizadas para minimizar as distorções e degradações dos dados de uma imagem, com a finalidade de criar uma representação mais fiel da cena; realçamento de imagens, cujos procedimentos aplicados aos dados de uma imagem têm o objetivo de melhorar efetivamente a visualização da cena, para subsequente interpretação visual; classificação de imagens, a qual tem a finalidade de substituir a análise visual dos dados por técnicas quantitativas de análise automática, visando à identificação das regiões presentes na cena; e a combinação de dados (data merging), cujos procedimentos são utilizados para combinar os dados de uma imagem, referente à certa área geográfica, com outros conjuntos de dados referenciados geograficamente, para a mesma área.

3.4 Sistemas de informação geográfica (SIGs) e geoprocessamento

Para Fitz (2008), as diferentes concepções de espaço geográfico e de como este é construído, organizado, estruturado e gerenciado têm sido palco de discussões acadêmicas há bastante tempo. A inesgotável busca do conhecimento por meio do estudo da realidade definida pelo espaço geograficamente construído traz a necessidade do auxílio de um ferramental de apoio bastante significativo. É conhecido que os mapas constituem uma das ferramentas mais utilizadas pelos profissionais preocupados com tal dinâmica. Entretanto, novas técnicas e ferramentas vêm se sobrepondo ao simples uso de mapas, configurando aos profissionais um expressivo e poderoso instrumental para seus trabalhos [...] A evolução tecnológica, vivenciada claramente nas últimas décadas do século XX e início do presente, provocou reações diversas no meio científico, especialmente no que diz respeito à aplicabilidade de seus produtos e à relação entre as técnicas e questões epistemológicas

arraigadas [...] o avanço tecnológico que tem causado maior influência na pesquisa geográfica está relacionado ao advento das geotecnologias, com especial destaque para os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e os avanços na área do Sensoriamento Remoto. Nesse contexto, é necessário que os geógrafos (e demais profissionais) busquem conhecer em detalhe esta tecnologia, avaliando os aspectos práticos e teóricos de sua utilização.

Segundo Campos et al (2004), o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento.

De acordo com Teixeira et al (2002) o SIG corresponde a um sistema de informação geográfica que utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial, sobre a qual atuam uma série de operadores espaciais. Estes sistemas são constituídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial.

Nesse contexto, Miranda e Cardoso (2002, apud FLORENZANO, 2002, p. 36) “afirmam que o SIG tem uma utilidade muito grande no estudo e monitoramento do meio ambiente e no planejamento de cidades, regiões, países e de diferentes tipos de atividades e serviços”.

Para Piroli (2010), 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, pois exige que o estudante entenda e posteriormente domine conceitos e técnicas de várias ciências. Ainda segundo este autor, o termo 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 SIGs), 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.

Segundo Xavier-da-Silva (1992, apud MOURA, 2003) Geoprocessamento é tido como um ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciada territorialmente (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos para a obtenção e apresentação das transformações desejadas.

Rodrigues (1993) argumenta que o Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltados para um objetivo específico. O geoprocessamento surgiu no final do século XX como uma ferramenta de alta tecnologia e inovação para interpretações relacionadas ao espaço.

Assim, é possível compreender o geoprocessamento como um conjunto de técnicas que permitem realizar análises espaciais, manipular e gerenciar informações espaciais georreferenciadas com uma agilidade e precisão que até antes de seu surgimento, eram inimagináveis (CARVALHO; LEITE, 2009).

3.5 Land Change Modeler

Segundo Eastman (2009), o *Land Change Modeler (LCM) for Ecological Sustainability* foi desenvolvido pela Clark Labs com o apoio do Andes Center for Biodiversity Conservation da ONG Conservation International, e tem como objetivo analisar as mudanças no uso do solo entre duas datas, avaliar as perdas, ganhos e persistências no uso do solo, as contribuições de cada tipo de uso do solo para conversão em outra classe, além de prever e modelar as variáveis relativas às transições do ambiente e hábitat.

O módulo LCM é o primeiro aplicativo de específico destinado a projetos de sustentabilidade ambiental desenvolvido pela Clark Labs. O LCM fornece uma interface intuitiva, organizada sequencialmente, que abrange funções associadas à análise de mudanças, previsão e modelagem de variáveis relativas às transições do ambiente e hábitat. Esse módulo permite efetuar análise de detecção de mudanças a partir de mapas de uso e cobertura de solos gerados em diferentes datas; obter de maneira instantânea, gráficos de ganhos e perdas para cada classe, contribuição de cada classe para a rede de mudanças e transição de mudanças por classe; ampliar as aplicações relativas ao Sensoriamento Remoto de imagens através de um inovador conjunto de técnicas de processamento, as quais incluem o aperfeiçoamento dos algoritmos de classificação, tais como por redes neurais e por análise de árvore de decisão; geração de relatórios e parâmetros auxiliares na tomada de decisão que permitem planejar intervenções para manutenção da sustentabilidade ecológica; geração de submodelos que caracterizam o potencial das variáveis envolvidas nas mudanças (variáveis estáticas/dinâmicas) e funções de previsão de crescimento usando o modelo da corrente de Markov e por matriz de probabilidade de transição, com dispositivos capazes de estimar implicações relacionadas ao ambiente e à biodiversidade (CLARK LABS, 2009).

Václavík (s.d.) analisou as mudanças ocorridas no uso do solo na região de Olomouc, na República Tcheca, no período de 1976 a 2001, ou seja, doze anos antes e doze anos após o fim do regime comunista no país, utilizando imagens do satélite Landsat e a ferramenta Land Change Modeler, e constatou um considerável abandono das áreas de agricultura intensiva no local e transformação em pastagens, sobretudo nas áreas de solos menos férteis, assim como aumento nas áreas urbanizadas e conversão de florestas de coníferas em florestas mistas. A partir destas constatações, foi possível analisar os resultados das transformações econômicas advindas das mudanças políticas nesta região, que se refletiram na dinâmica do uso da terra e sua distribuição espacial.

Guidolini et al. (2013) analisaram o usos e ocupações da terra de maneira temporal na microbacia do Ribeirão do Feijão, município de São Carlos-SP, entre os anos de 2005 e 2011, com auxílio do módulo Land Change Modeler e constataram aumento de áreas cultivadas, expansão urbana e solos expostos e redução das áreas de mata ciliar, cerradão ou reflorestamento e pastagem.

Piroli et al. (2011) analisaram as mudanças ocorridas no uso da terra da Microbacia do Córrego Furnas, no município de Ourinhos/SP, no período de 1972 a 2007, utilizando fotografias aéreas e imagens do satélite ALOS e a ferramenta Land Change Modeler presente no SIG Idrisi Taiga, os autores constataram considerável redução nas áreas de pastagens, com aumento significativo da área urbana e da área de cultivo de cana-de-açúcar na microbacia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do município de Santa Cruz do Rio Pardo

O município de Santa Cruz do Rio Pardo localiza-se no sudoeste do estado de São Paulo, nas coordenadas de latitude: 22° 53' 56" S e longitude: 49° 37' 57" W (ponto central). Segundo o censo demográfico de 2010, sua população é estimada em 43.921 habitantes (IBGE, 2010). A sua extensão territorial é de 1.116,3 km², o que lhe confere a densidade demográfica de aproximadamente 39,34 hab/km². Como características socioeconômicas Santa Cruz do Rio Pardo, possui uma taxa de mortalidade infantil de 11,89 %, e a expectativa de vida é de 73,50 anos, a taxa de fecundidade de 1,97 filhos por mulher, uma taxa de alfabetização elevada se comparada com os padrões nacionais, avaliada em 97,59 %, índice de desenvolvimento humano (IDH) de 0,811, estando próximo do nível nacional de 0,800, representando uma qualidade de vida classificada como boa, salientando que quanto mais próximo do valor inteiro de 1 estiver o IDH, melhor será a qualidade de vida. O município de Santa Cruz do Rio Pardo é cortado pela rodovia SP-327, na qual termina a rodovia SP-280, conhecida como Castello Branco (PREFEITURA DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO, 2013).

Sobre os aspectos naturais, o município é banhado pelo rio Pardo e pelos ribeirões Mandassaia, da Onça, São Domingos e Alambari. Possui elevação média de 480 metros e características climáticas de acordo com a classificação de Koeppen (MIRANDA et al. 2009) de Subtropical úmido de verões quentes e invernos secos (Cwa), apresentando temperaturas amenas, entre 18°C e 26°C, e amplitude térmica anual entre 7°C e 9°C. Ainda de acordo com o IBGE (s.d.) o município apresenta como bioma original o Cerrado e a Mata Atlântica. Geomorfologicamente, o sudoeste Paulista encontra-se localizado no espesso pacote vulcânico-sedimentar da Bacia do Paraná. Na Bacia Sedimentar do Paraná, há duas grandes unidades morfoesculturais. O Planalto Ocidental Paulista, apresenta altitudes entre 300 e 1.000 metros, com terrenos levemente ondulados e com solos do tipo latossolo vermelho-amarelo e vermelho-escuro, podzólico vermelho-amarelo, basalto, latossolo roxo e terra roxa estruturada (FUNDAÇÃO SEADE, 2002).

Santa Cruz do Rio Pardo é, hoje, o 4º Pólo calçadista do Estado de São Paulo. Possui cerca de 32 fábricas de calçados, com produção diária de 25 mil pares de sapatos. Por ano,

isso significa uma produção de aproximadamente 5 milhões de pares. O município possui também um Pólo Cerealista, o maior beneficiador de arroz do estado de São Paulo. A produção corresponde a cerca de 25 % do consumo de arroz do Estado. A cidade ainda apresenta números relevantes na plasticultura (cultura sob plástico). É a maior representante no São Paulo, com 70 hectares de estufas de hortaliças e legumes. 90 % dessa produção é destinada ao Ceagesp e 10 % distribuído na região (PREFEITURA DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO, 2013).

A Figura 1 mostra a localização do município de Santa Cruz do Rio Pardo no estado de São Paulo.

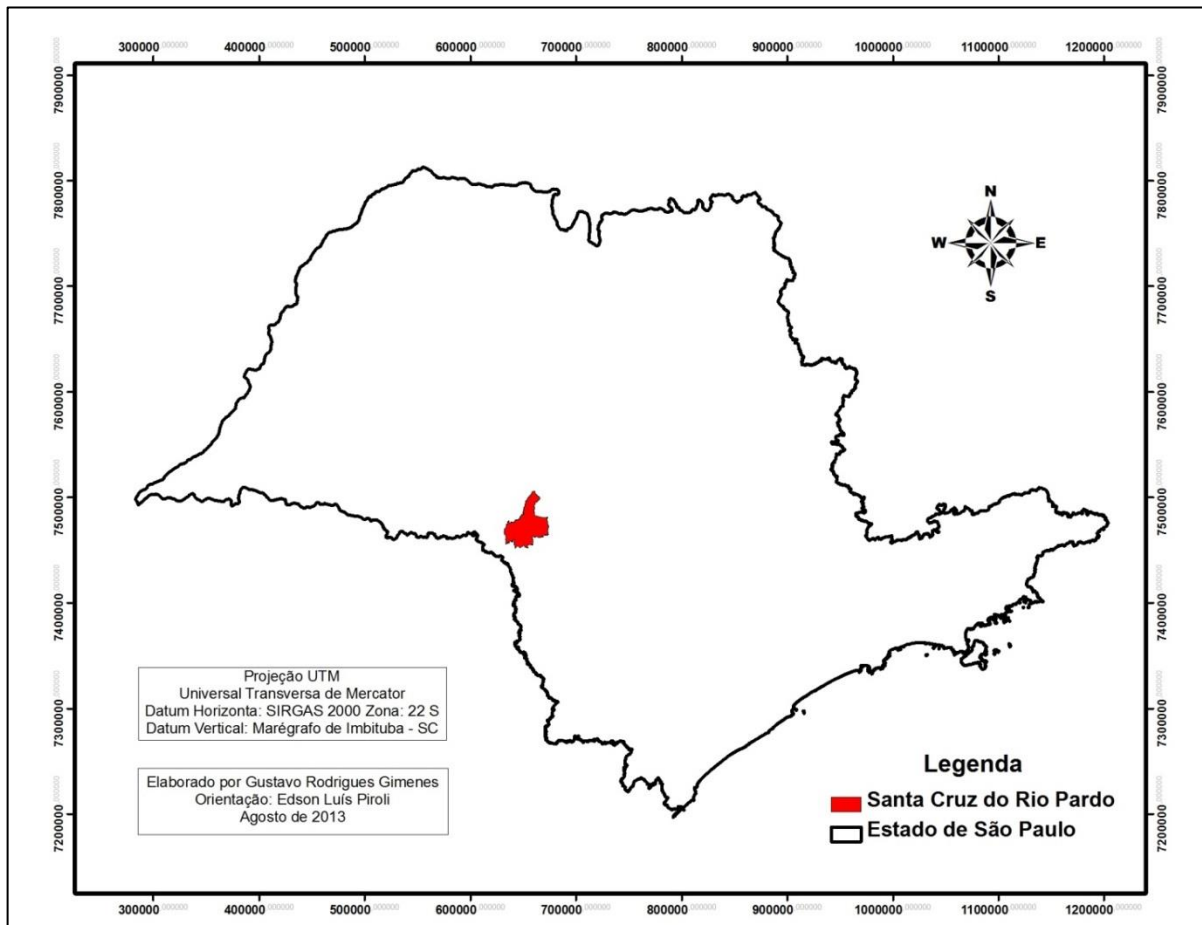


Figura 1. Localização de Santa Cruz do Rio Pardo no Estado de São Paulo.

A Figura 2 corresponde ao recorte do município e a localização da área de estudo, a microbacia do Ribeirão São Domingos. Nesta imagem, é possível observar que na área referente à microbacia, encontra-se uma parcela considerável da área urbana.

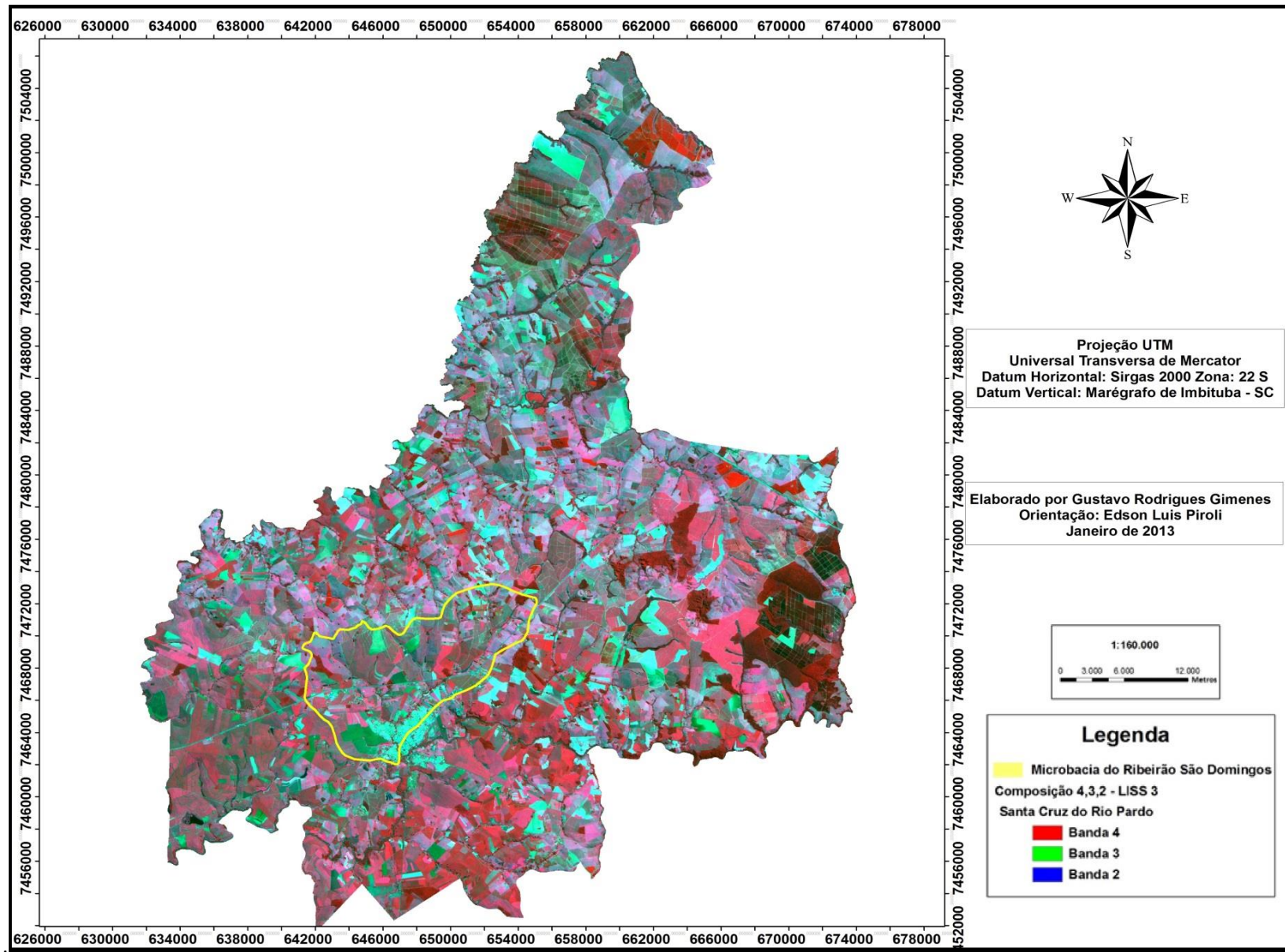


Figura 2. Mapa de localização da microbacia do ribeirão São Domingos.

4.2 Materiais utilizados

Os materiais utilizados na elaboração do presente trabalho foram:

- Carta topográfica do município de Santa Cruz do Rio Pardo, folha SF-22-Z-A-VI-4 (IBGE, 1973), obtida no site do grupo de pesquisa CEDIAP-GEO, com escala de 1:50000 e equidistância entre as curvas de nível de 20 metros;

- Imagens Landsat 5 sensor TM, datadas de 17/04/1987, bandas utilizadas: 5, 4 e 3, com faixa e resolução descritas na Tabela 1;

Tabela 1. Características técnicas do Sensor Thematic Mapper (TM) - Landsat

Bandas	6 IR						7
	1	2	3	4	5	Termal	
Faixa (m)	0.45 - 0.52	0.52 - 0.60	0.63 - 0.69	0.76 - 0.90	1.55 - 1.75	10.42 - 12.50	2.08 - 2.35
Resolução	30	30	30	30	30	120	30

Fonte: Engesat (s.d.)

- Imagens Resourcesat-1 sensor LISS3, datadas de 24/04/2012, bandas utilizadas: 4, 3 e 2, com faixa e resolução descritas na Tabela 2;

Tabela 02. Características técnicas do Sensor LISS3 – Resourcesat 1

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

Fonte: EMBRAPA (s.d)

- Imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) SF 22 – Z – C e SF 22 – Z – D com resolução de 90 m x 90 m – NASA (2000/2001);

- SIGs ArcGis 9.3.1 – ESRI (2008) e Idrisi Taiga – EASTMAN (2009);

- Fotografias dos usos da terra;

- GPS.

4.3 Metodologia

A metodologia utilizada consistiu na aquisição de imagens de satélites do período de estudo, no caso o Landsat e o Resourcesat-1, ambas de catálogos de imagens disponíveis e atualizadas no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de maneira gratuita.

Inicialmente adotou-se como sistema de coordenadas padrão, o sistema UTM e para a elaboração de todos os produtos cartográficos o datum SIRGAS 2000, Zona 22 Sul. Com o auxílio da carta topográfica georreferenciada de Santa Cruz do Rio Pardo, foi vetorizado o limite da microbacia do ribeirão São Domingos, utilizando o SIG ArcGis 9.3.1, em forma de polígono. Após a obtenção do polígono, teve início o processo de manipulação, melhoramento e processamento das imagens obtidas junto ao INPE. Desta forma, foi realizado o processo de transformação das bandas escolhidas para o referido estudo, em virtude de sua aplicabilidade para a identificação dos usos da terra, no SIG ArcGis 9.3.1 utilizando a ferramenta Project_Raster presente no ArcToolBox dentro do módulo Data Management Tools, transformando assim as imagens do datum WGS 84 para o SIRGAS 2000.

Posteriormente, com as imagens já transformadas para o datum desejado, foi realizado o processo de recorte do município, no qual está inserida a região de estudo, ou seja, a região da microbacia do ribeirão São Domingos. Tal procedimento resultou da aquisição de malhas digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual fornece uma variada gama de dados espaciais sobre todo o território nacional, principalmente sobre os limites municipais. Através destas malhas digitais, foi obtido um arquivo contendo todas as informações referentes aos municípios do estado de São Paulo, bem como seus respectivos limites geográficos. Assim através da criação de um shapefile em formato de polígono no SIG ArcGis, foi possível obter apenas o município de Santa Cruz do Rio Pardo. Esse limite foi sobreposto sobre as composições das bandas das imagens dos satélites, ambas compostas também no ArcGis, pelo processo da composição de bandas, através da ferramenta “Composite Bands”, também presente no módulo Data Management Tools. Desse modo, os limites do município foram extraídos pelo processo de extração por máscara ou “Extract by mask”, presente no módulo SpatialAnalystTools, também no ArcGis. Seguindo o mesmo procedimento de extração, foi extraído o limite do ribeirão São Domingos, obtendo-se assim apenas as imagens desejadas para as classificações dos usos da terra das diferentes épocas.

Após as obtenções dos limites, tanto do ano de 1987, quanto o de 2012, deu-se início ao processo de identificação, classificação e vetorização dos diferentes usos da terra da microbacia do ribeirão São Domingos, de acordo com os parâmetros e classes estabelecidos pelo Manual de uso de terra do IBGE (2006), o qual define o nome das classes, as características das mesmas, bem como a cor dos diferentes usos para sua identificação nos mapas. Dessa forma, baseando-se na criação de shapefiles no Arc Catalog para os diferentes usos, foi realizado processo de vetorização.

Elaborados os vetores, foi possível conhecer a área de cada classe de uso, permitindo assim conhecer as reais dimensões dos usos nas respectivas áreas.

Na sequência, os mapas de uso da terra foram elaborados, através da interpretação visual das imagens do satélite Landsat 5 - 1987 e do satélite Resourcesat-1 – 2012. As imagens obtidas foram imageadas no mês de abril de cada ano, uma vez que é a partir desse mês que as imagens se encontram em melhor qualidade visual, visto o fim do período chuvoso, resultando em imagens que permitem uma melhor interpretação visual. Os mapas gerados foram inseridos na ferramenta Land Change Modeler do Idrisi Taiga, e esta gerou os mapas de mudança e persistência das classes de uso da terra entre os anos estudados, o que permitiu identificar as mudanças no uso da terra, em termos de quantidade e na sua distribuição espacial.

Para geração dos modelos digitais de terreno, é necessária a digitalização das curvas de nível das cartas topográficas referentes ao local, porém para a parametrização do relevo usou de auxílio de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) não necessitando da digitalização das cartas de nível, as imagens SRTM com resolução espacial de 90 x 90m, obtidas gratuitamente no site da EMBRAPA. As imagens SRTM SF 22 – Z – C e SF 22 – Z – D foram importadas para o Idrisi e com a ferramenta “*Slope*”, obteve-se o mapa da declividade em porcentagem.

Para a elaboração do mapa de declividade da respectiva área de estudo, foi usado como modelo para a classificação da declividade, o intervalo de classes de declividade para fins de conservação de solos segundo França (1963) e Lepsch et al. (1991). A tabela 3 corresponde aos intervalos de classe, os quais são apresentados a seguir.

Tabela 3. Intervalos de classe de declive para fins de conservação de solos França (1963) e Lepsch et al. (1991)

Intervalo	Relevo
0 a 3%	Plano
3 a 6%	Suave ondulado
6 a 12%	Ondulado
12 a 20%	Forte ondulado
20 a 40%	Montanhoso
> 40%	Escarpado

Lepsch et al. (1991)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as imagens devidamente processadas, foram gerados os mapas de declividade (Figura 3), de uso e cobertura da terra, nos anos de 1987 e 2012, bem como os mapas de mudança e persistência dos usos da terra na microbacia, através da ferramenta Land Change Modeler. Os mapas de uso da terra foram utilizados para comparar sua evolução entre os anos analisados.

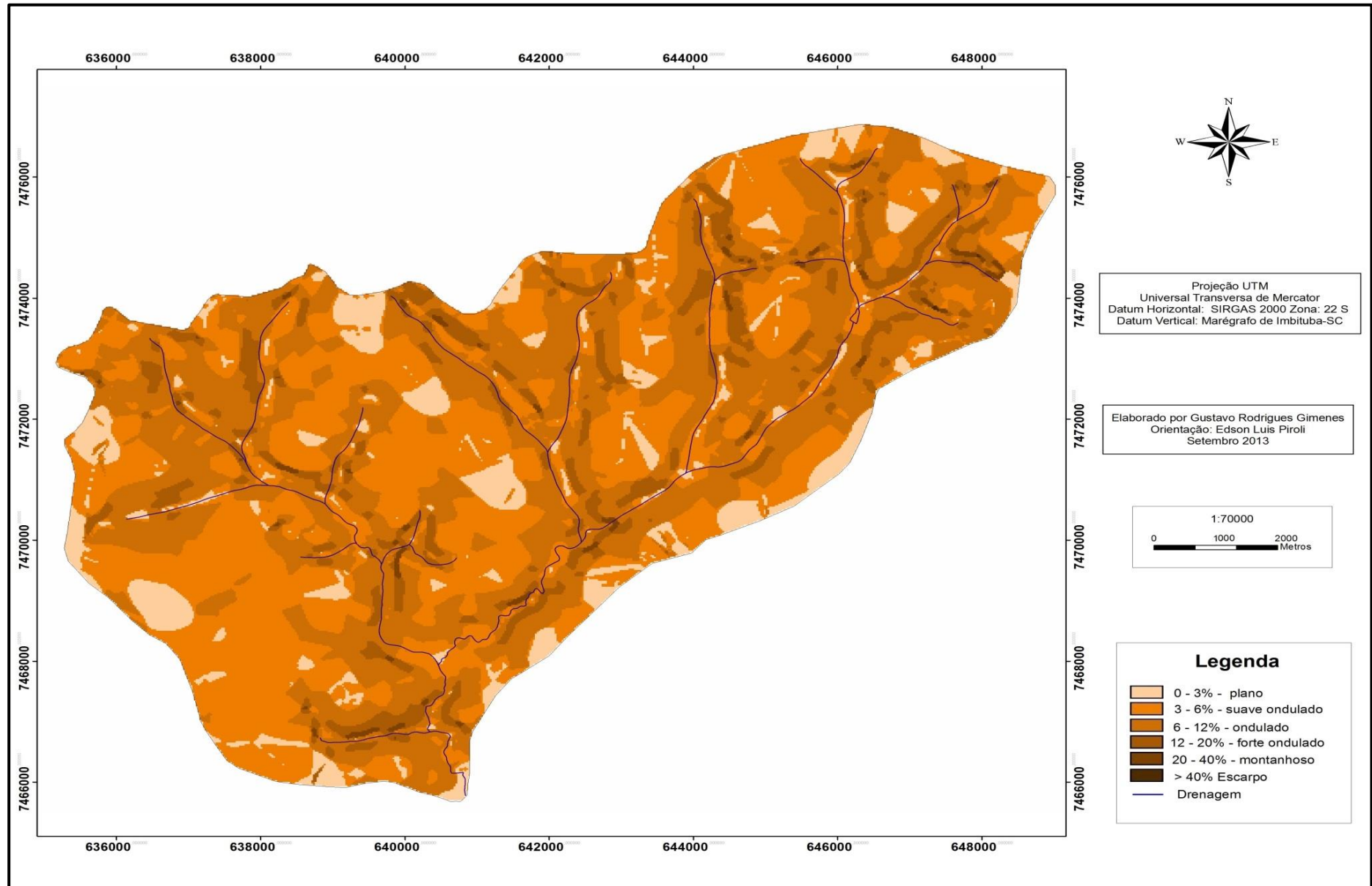


Figura 3. Mapa de declividade da Microbacia do Ribeirão São Domingos.

A Figura 3 mostra o predomínio das declividades de 3 a 12%, representando assim, as duas classes de declividade baixa: 3 – 6% - relevo suave ondulado e 6 a 12% - relevo ondulado. As classes de 0 a 3% e 3 a 6% estão situadas, predominantemente, nas áreas de topo, altas e médias vertentes. As classes de declividade de 6 a 12%, 12 a 20%, 20 a 40% e >40% predominam nas baixas vertentes e fundos de vale, denotando um relevo ondulado a escarpado, com fundos de vale bastante entalhados.

A Tabela 4 apresenta a área em hectares enquadrada em cada classe de declividade, assim como sua porcentagem em relação à área total da bacia. Como se pode observar na tabela, ocorre o predomínio de relevos suave ondulado a ondulado, típicos do Planalto Ocidental Paulista, onde se encontra a área de estudo. Segundo Demarchi (2009), essa característica é fator favorável à implantação de cultura mecanizada, como o caso da soja e da cana-de-açúcar.

Tabela 4. Área de classes de declividade em hectares e porcentagem da microbacia do Ribeirão São Domingos.

Classes de declividade	Área (ha)	%
0 - 3 % - Plano	751,06	9,33
3 - 6 % - suave ondulado	3260	40,51
6 - 12 % - ondulado	3.245,37	40,33
12 - 20 % - forte ondulado	728,62	9,05
20 - 40 % - montanhoso	61,56	0,76
>40 % - escarpado	0,75	0,01
Total:	8.047,36	100

Adaptado de Demarchi (2009)

O conhecimento das classes de declividade da bacia hidrográfica é importante porque visa atender à legislação específica para o ordenamento do uso da terra (ROSTAGNO, 1999). Além disso, a declividade tem relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, etc. (LIMA, 1986).

Os mapas de uso da terra (Figuras 4 e 5) e as áreas de cada uso nas respectivas datas (Tabela 5) foram utilizados para comparar a evolução das transformações ocorridas entre os anos analisados. Essa análise mostrou um aumento significativo da área urbana e da área de cultivo agrícola, o qual é fruto da monocultura de cana-de-açúcar na microbacia. A área urbana teve o maior aumento em relação a todos os usos, passando de 350,56 hectares (ha) em 1987, para 827,6 ha em 2012. Esta ampliação de aproximadamente 60 %, em relação ao período anterior, somada à falta de políticas de manutenção de áreas verdes, trouxe aumento na concentração de água das chuvas, no seu volume e no seu potencial erosivo, o que tem arrastado grandes quantidades de sedimentos e de resíduos sólidos, causando assoreamento

dos córregos e de suas APPs, conforme pode ser percebido ao analisar as Figuras 6, 7 e 8. Na Figura 8 é possível observar um aumento do nível da água caracterizando uma enchente, a qual ocorreu no início do ano de 2013. Observa-se também o grande volume de água acima do nível normal do ribeirão.

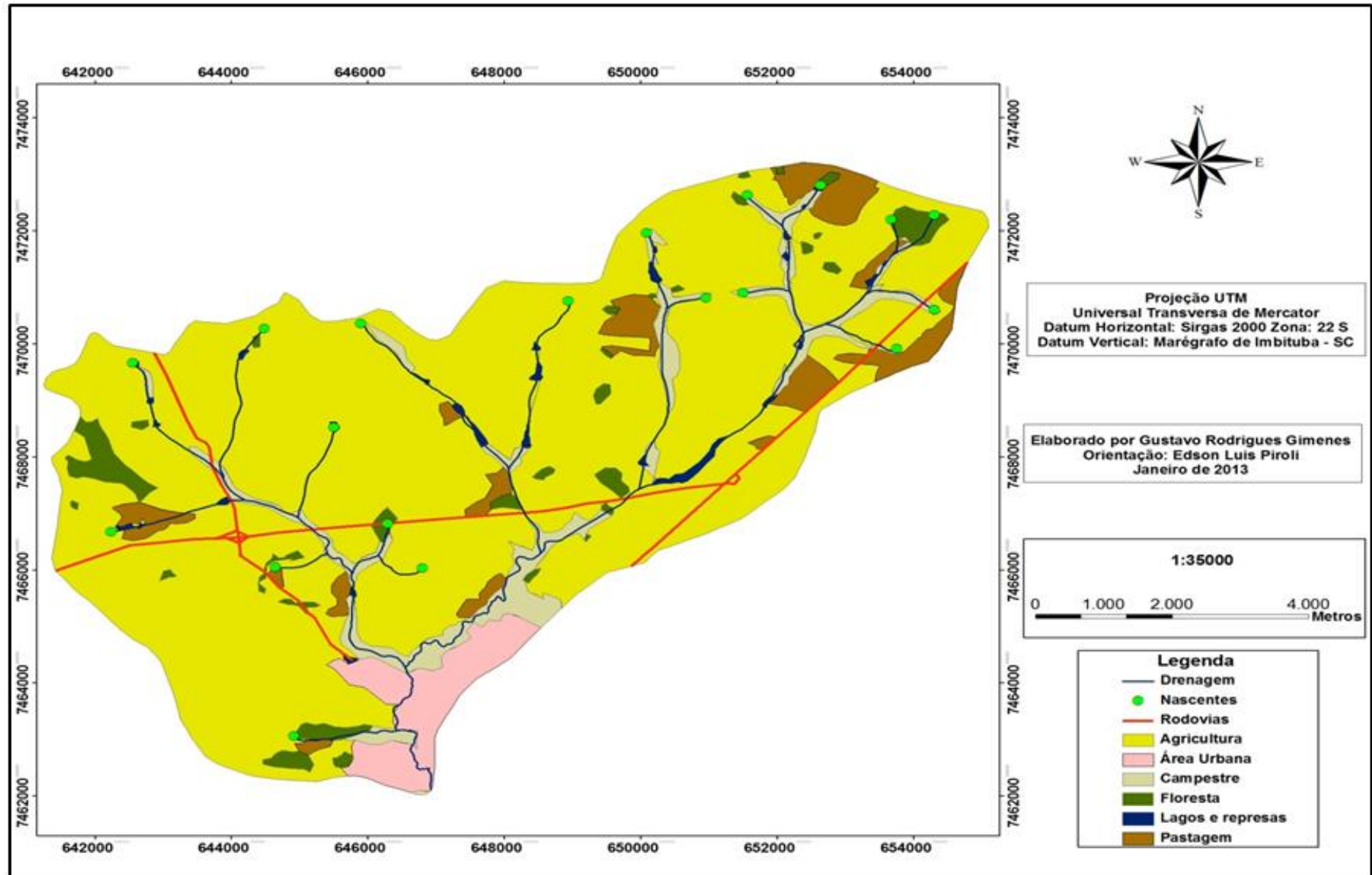


Figura 4. Mapa de Uso da Terra – Microbacia do Ribeirão São Domingos – 1987.

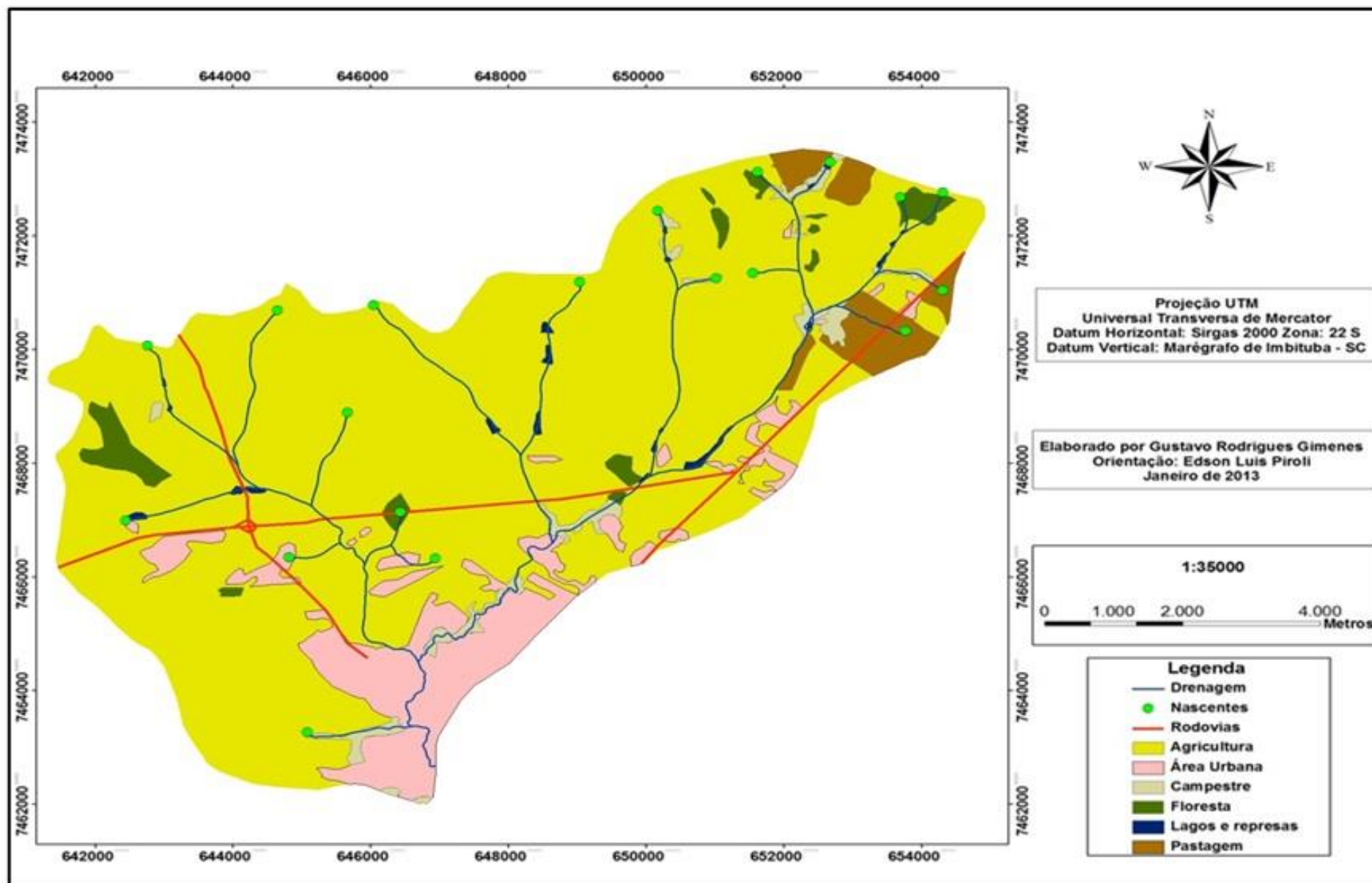


Figura 5. Mapa de Uso da Terra – Microbacia do Ribeirão São Domingos – 2012.

Tabela 5. Áreas das classes de uso da terra - Microbacia São Domingos - anos 1987 e 2012.

Usos	Percentual de Cobertura		Percentual de Cobertura	
	1987 Área (ha)	(%)	2012 Área (ha)	(%)
Agricultura	6.522,87	81,05	6.595,6	81,95
Área Urbana	330,56	4,1	827,6	10,3
Campestre	492,56	6,12	163,25	2,02
Floresta	230,5	2,86	178,07	2,21
Pastagem	424,68	5,27	252,42	3,14
Represa	46,83	0,6	31,24	0,38
Total	8.048	100	8.048	100



Figura 6. Ausência de APP, presença de gado e cultura agrícola nas margens do corpo d'água.
Foto: DEMARCHI (2013)



Figura 7. Presença de pastagem e ausência de APP na margem do ribeirão.
Foto: GIMENES (2013)



Figura 8. Habitação e área de assoreamento na margem do ribeirão e ocorrência de enchente.
Foto: DEMARCHI (2013)

Esse aumento significativo da área urbana não está ligado somente à valorização da terra voltada para a habitação humana e consequente infraestrutura, mas também à modernização da agricultura, a qual teve como efeito a expulsão do trabalhador rural do campo, ou seja, ocorrência do êxodo rural. Cabe dizer que no que tange a valorização da terra houve um aumento significativo no número de chácaras e sítios na região. Segundo estudo realizado por Demarchi (2009) foi constatado um aumento significativo no número de habitações desse perfil, além da ocupação das habitações junto às áreas de preservação

permanente (Figuras 9, 10 e 11). A Figura 9 apresenta a ocupação urbana na região, a qual possui desde residências, sítios e chácaras a um campo de futebol na área que deveria ser destinada a APP. Já as Figuras 10 e 11 demonstram que o aumento da área urbana se mostrou tão significativo que houve até o surgimento de uma área destinada ao lazer para os cidadãos que habitam essa região, cabe salientar que a área de preservação permanente neste local chega a no máximo 7 metros de largura. Essa largura de APP descumpra as leis de conservação destas áreas presente no Código Florestal Brasileiro.



Figura 9. Residências e campo de futebol nas áreas de APPs nas margens do Ribeirão das Perobas.
Foto: DEMARCHI (2013)



Figura 10. Área de lazer próxima às áreas de APP do Ribeirão São Domingos.
Foto: DEMARCHI (2013)



Figura 11. Área de lazer próxima a APP do Ribeirão São Domingos.
Foto: DEMARCHI (2013)

Já a área coberta pela atividade agrícola ampliou-se de 6522,87 ha para 6595,6 ha, o que é reflexo da substituição das áreas de pastagem para áreas de cultivo de monocultura, no caso a cana de açúcar, realidade esta observada em toda a região. Como motivo para que aproximadamente 82% de toda a área da microbacia do ribeirão São Domingos, seja ocupada pela atividade agrícola e, sobretudo pela cultura da cana, podemos ir de encontro à afirmação de Mendonça (2006), de que a indústria da cana sempre teve grande importância na economia e no processo histórico brasileiro, dizendo que essa atividade adquiriu dimensão ainda maior

no Brasil com a crise internacional do petróleo na década de 1970, que causou forte alta nos preços daquele produto e impulsionou o setor canavieiro, a partir da criação do Proálcool. De 1972 a 1995, o governo brasileiro incentivou o aumento da área de plantação de cana e a estruturação do complexo sucroalcooleiro, com grandes subsídios e diferentes formas de incentivo. Desse modo, cabe salientar que práticas agrícolas intensivas são usualmente associadas a altos níveis de uso de fertilizantes, resultando em poluição potencial das águas superficiais e subterrâneas (poluição de origem difusa), ocasionando inúmeros impactos nos respectivos corpos d'água que não só fazem parte da microbacia, como os que são alimentados pelos mesmos. Além disso, nessas condições ocorre a erosão hídrica, que é a principal consequência dessa condição, que causa redução da capacidade produtiva dos solos e aumento da transferência de sedimentos e poluentes para os corpos de água (MERTEN e MINELLA, 2003).

Observou-se também que houve grande redução nas áreas de pastagens, que em 1987 cobriam 424,62 ha, e em 2012 cobriam 252,43. Esta redução se explica a substituição das pastagens pelas culturas agrícolas, no caso, a cana-de-açúcar. Nas Figuras 12, 13 e 14 é possível identificar as áreas limites entre a pastagem e cultura agrícola. Na Figura 15, observa-se outra transformação no uso da terra na microbacia do ribeirão São Domingos, a substituição da pastagem por residências de aspecto rural, no caso, chácaras.



Figura 12. Área de pastagem circundada pela cultura de cana.
Foto: GIMENES (2013)



Figura 13. Área de represamento com pastagem e cultura de cana, ausência de APPs.
Foto: GIMENES (2013)



Figura 14. Remanescentes de pastagem e cultura de cana.
Foto: GIMENES (2013)



Figura 15. Chácaras ocupando áreas de pastagem
Foto: GIMENES (2013)

Analisando os respectivos períodos de acordo com os mapas, tabelas e gráficos, observa-se ainda que a área coberta pela vegetação do tipo floresta reduziu de 230,5 ha para 178,7 ha. Essa diminuição é fruto da expansão urbana do município de Santa Cruz do Rio Pardo, cabendo a algumas áreas que antes eram floresta terem se tornado campestre. Essa redução de florestas tende a continuar, uma vez que as áreas remanescentes encontram-se nos limites de lavouras e da área urbana. Somado a tais fatores, ainda se pode destacar a mudança no Código Florestal, Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012) que atualmente permite que quando houver área consolidada em APP de rio de até 10 metros de largura, esta seja reduzida para 15 metros contra os 30 metros anteriores, os quais tinham suas definições e limites de APP apresentada, em detalhes, na Resolução CONAMA nº 303 de 20/03/2002.

A legislação brasileira, mesmo com o novo Código Florestal, continua adotando uma largura mínima de APP de acordo com a largura do curso de água. Esse tipo de delimitação não considera as diferenças regionais (p.e., clima, condições da superfície, relevo, solos, atividades no entorno), o que pode não garantir a eficiência necessária como barreira de retenção de sedimentos. Apesar de toda essa discussão, não resta dúvidas que a mata ciliar ofereça uma valiosa proteção às margens dos rios, habitat da vida animal, a proteção de ecossistemas aquáticos adjacentes e constitui um dos fatores que, em conjunto com outras práticas conservacionistas, compõem o manejo adequado da bacia com a finalidade de garantir a quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Desse modo, pode-se afirmar que a área de estudo, que já enfrentava problemas sérios relacionados à qualidade da água e com a

sedimentação dos seus corpos d'água, tende a ter esses problemas agravados, pois se sabe que a floresta e as áreas de preservação permanente possuem um papel de extrema importância na qualidade da água, servindo também como uma espécie de barreira contra a erosão do solo e o escoamento de sedimentos para os corpos d'água. As Figuras 16, 17 e 18 mostram a realidade encontrada na microbacia do ribeirão São Domingos, com seus corpos d'água quase desprotegidos em sua totalidade, acarretando problemas sérios de assoreamento, aumento no volume de água na foz e conseqüentemente riscos para a população que reside nas proximidades das áreas de APP ou dentro destas, ocasionando enchentes conforme visto no início do ano de 2013, que geraram prejuízos para o município. Tal acontecimento é apresentado pelas Figuras 19 e 20.

Outro fator a ser destacado e que merece ênfase corresponde às nascentes, uma vez que é possível observar a total ou quase total falta de fragmentos florestais protegendo-as. Sem proteção, estas ficam sujeitas as ações intempéricas, a sedimentação e conseqüentemente desaparecimento. Sobre nascentes, Valente e Gomes (2005, p. 40) ressaltam “que estas são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos, os quais dão origem aos cursos d'água. Partindo-se, portanto, do fato de que cada curso d'água tem sua nascente, chega-se à conclusão de que o número de cursos d'água de uma dada bacia é equivalente ao seu número de nascentes”. Desse modo, diminuir o número delas significa, também, diminuir o número de cursos d'água e, conseqüentemente, reduzir a vazão total da bacia ou sua produção de água. Ainda sobre as nascentes de toda a microbacia do Ribeirão São Domingos, verificou-se o total descumprimento das leis ambientais nas suas áreas de preservação permanente, uma vez que feita a análise temporal, é fácil identificar a ocupação dessas áreas por pastagens, área urbana e cultivos agrícolas, principalmente da monocultura da cana-de-açúcar utilizada pelas usinas próximas à bacia para a produção de etanol.

Outras áreas afetadas pela expansão urbana e agrícola foram às áreas cobertas pela vegetação do tipo campestre, tiveram redução de 492,56 ha para 136,25 ha, acarretando conseqüências semelhantes às ocasionadas pela ausência de florestas, sobretudo nas áreas de preservação permanente.



Figura 16. Curso d'água do ribeirão São Domingos na área urbana do município de Santa Cruz do Rio Pardo.
Destaque para a pequena largura da vegetação nas APPs.
Foto: DEMARCHI (2013)

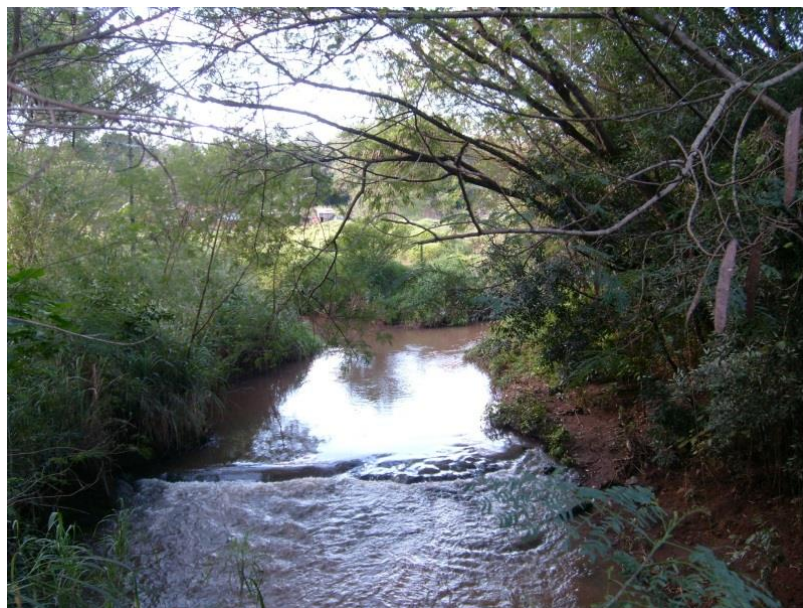


Figura 17. Encontro dos Ribeirões São Domingos (esquerda) e Mandassaia (direita) – zona urbana de Santa Cruz do Rio Pardo.
Fotoe: DEMARCHI (2013)



Figura 18. Área desprotegida ocupada por pastagem às margens do Ribeirão São Domingos na zona urbana de Santa Cruz do Rio Pardo.
Foto: DEMARCHI (2013)



Figura 19. APPs desprotegidas e enchente do ribeirão São Domingos no início do ano de 2013.
Foto: DEMARCHI (2013)



Figura 20. APPs desprotegidas e aumento do nível d'água próximo a residências.
Foto: DEMARCHI (2013)

Tendo em vista os acontecimentos ocorridos dentro desse período de 25 anos, parte-se para a análise das mudanças e persistências dos usos da terra na microbacia do Ribeirão São Domingos, as quais foram elaboradas através da ferramenta Land Change Modeler, cujo objetivo foi analisar as mudanças no uso da terra ocorridas entre duas datas, avaliar as perdas, ganhos e persistências no uso da terra, as contribuições de cada tipo de uso da terra para conversão em outra classe, indo de encontro com o intuito deste trabalho.

As Figuras 21 e 22 mostram as áreas que tiveram alterações no uso da terra entre os períodos analisados, bem como a sua diminuição ou aumento em ha. Ao observá-las, verifica-se que a dinâmica da ocupação da microbacia foi intensa, principalmente nas áreas próximas aos corpos d'água, ou seja, as áreas de preservação permanente. Observa-se que houve um avanço significativo da área urbana sobre as áreas cobertas por vegetação do tipo floresta e campestre, bem como a transformação de áreas agrícolas em áreas urbanas, correspondendo a 5,87 ha, 142,06 ha e 343,75 ha respectivamente.

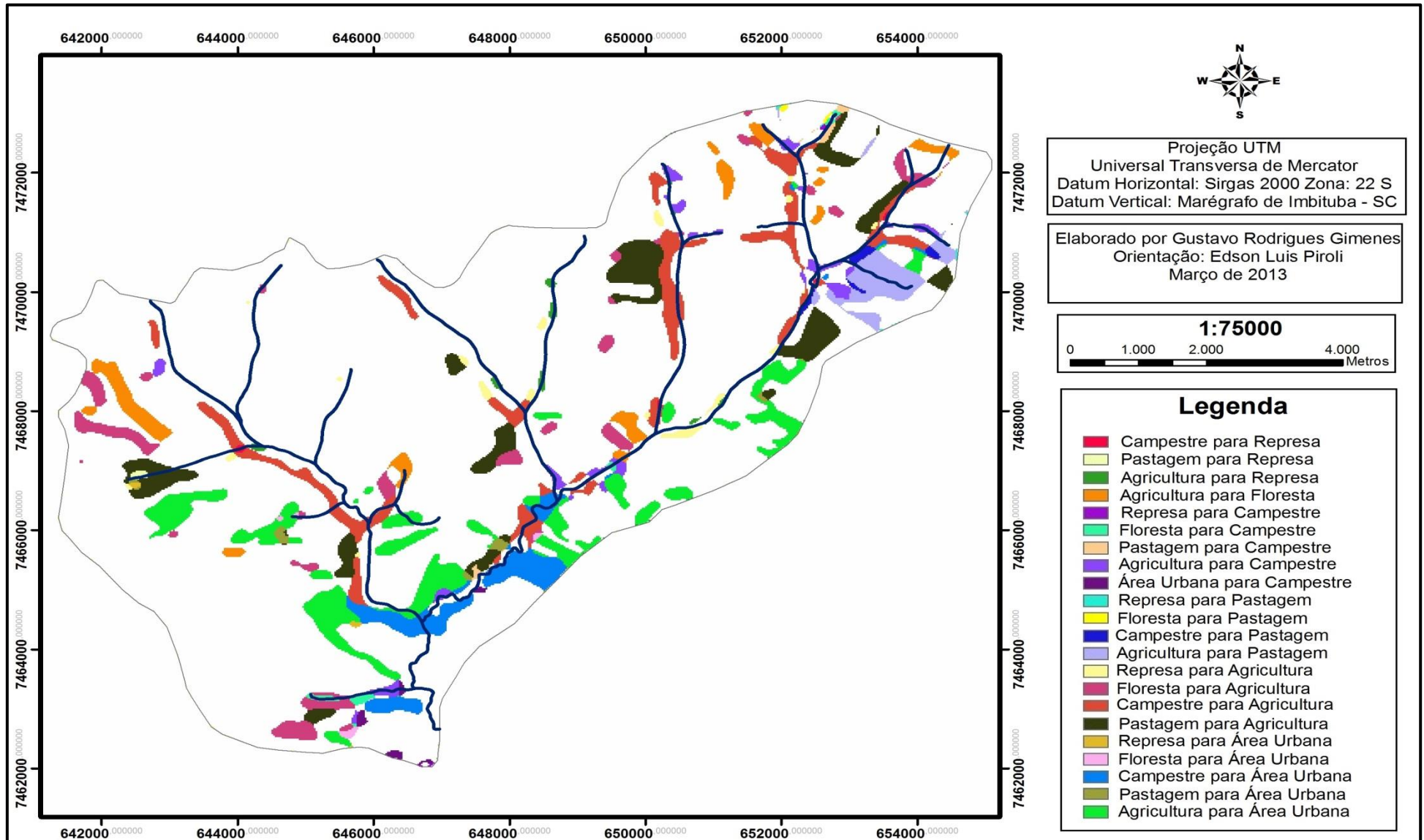


Figura 21. Mapa de mudanças no uso da terra entre 1987 e 2012 da microbacia do Ribeirão São Domingos.

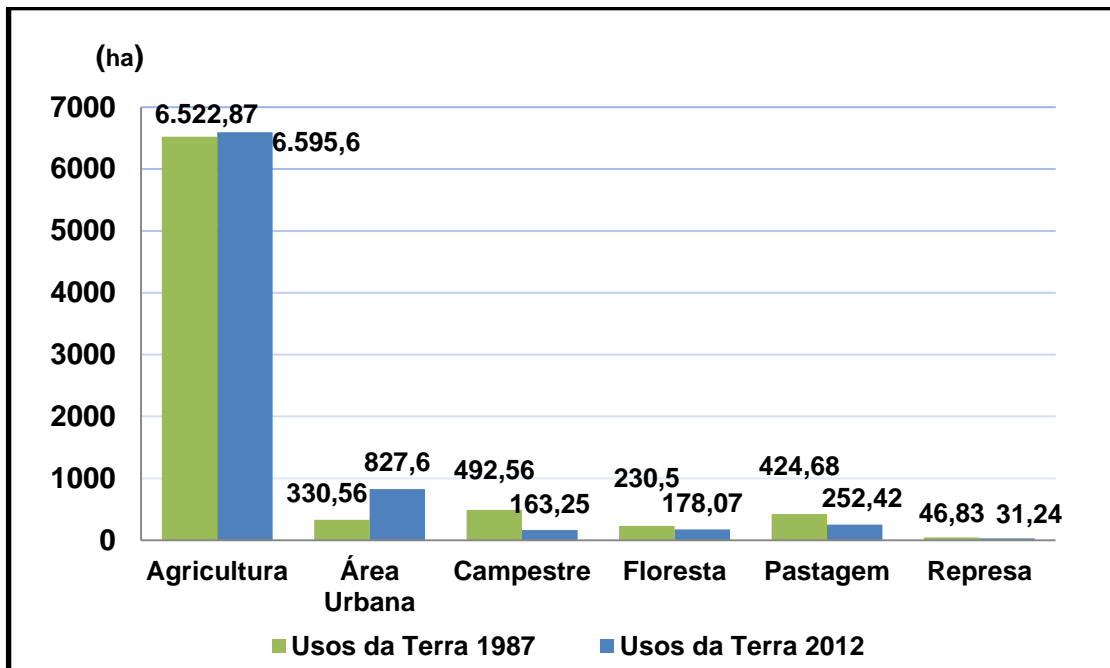


Figura 22. Análise comparativa das áreas dos usos da terra da Microbacia do Ribeirão São Domingos.

A Figura 23 apresenta as áreas que mantiveram seus usos nos dois períodos. Pode-se destacar que a área urbana consolidada, algumas áreas com pastagem e atividades agrícolas continuam com a mesma cobertura do solo, bem como alguns fragmentos florestais. É importante salientar que a fragmentação introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies e, portanto, a estrutura e dinâmica de ecossistemas. No caso de espécies arbóreas, a alteração na abundância de polinizadores, dispersores, predadores e patógenos altera as taxas de recrutamento de plântulas, e os incêndios e mudanças microclimáticas, que atingem de forma mais intensa as bordas dos fragmentos, alteram as taxas de mortalidade de árvores. As evidências científicas sobre esses processos têm se avolumado nos últimos anos (SCHELLAS; GREENBERG, 1997; LAURANCE; BIERREGARD, 1997). Nas áreas que mantiveram a atividade agrícola como cobertura, deve-se destacar a manutenção das áreas cultivadas com cana de açúcar e a sua supremacia sobre as demais culturas, chegando a substituir outros cultivos em definitivo, constituindo a paisagem conhecida como “mar verde” ou “mar de cana”, característico do interior paulista.

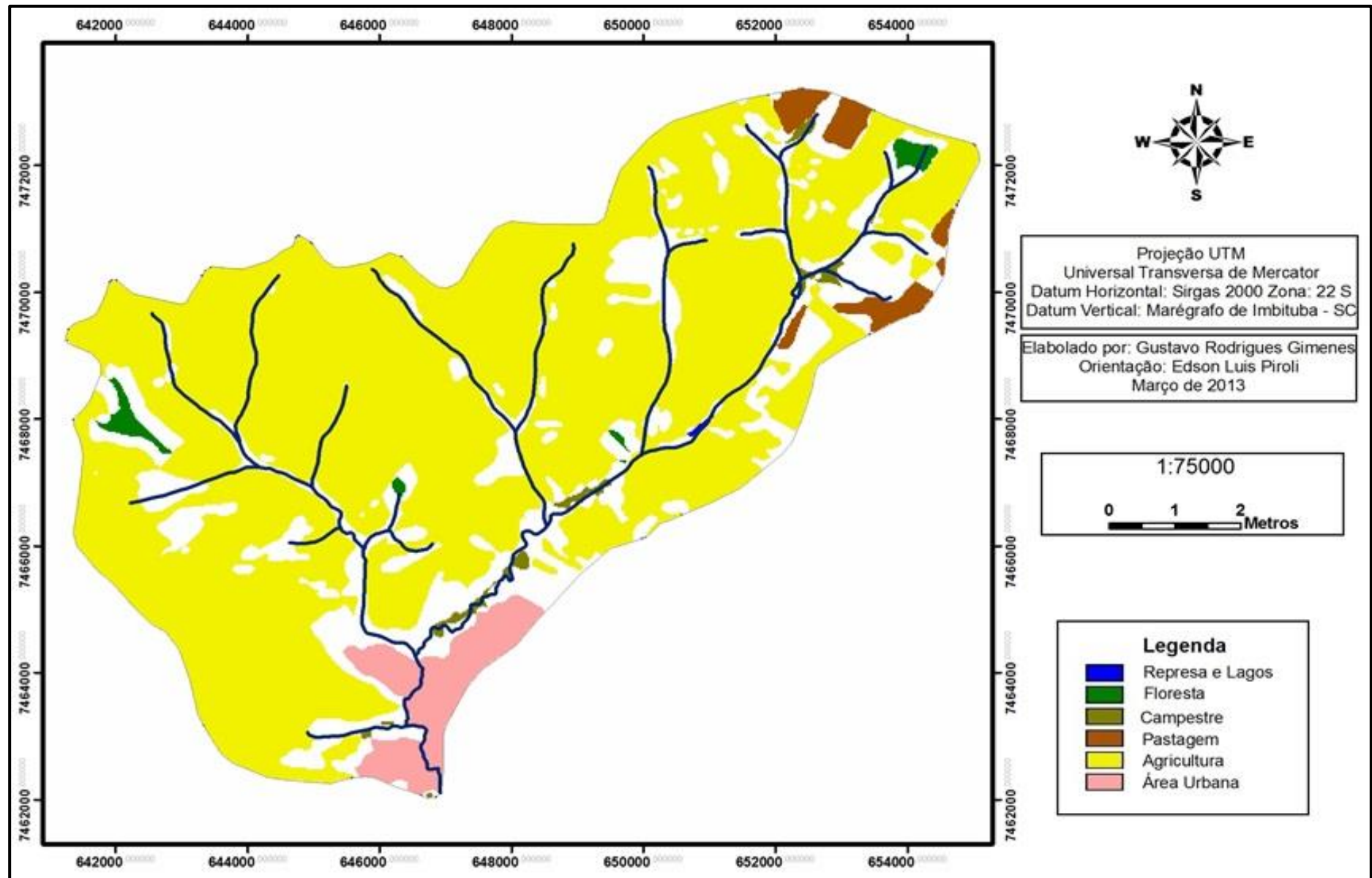


Figura 23. Mapa de persistências do uso da terra da microbacia do Ribeirão São Domingos entre 1987 e 2012.

Em relação às APPs, observou-se que sua área total somava 393,24 ha em 1987, tendo havido uma redução para 383,25 ha em 2012. Esta redução pode ser explicada pela mudança no tamanho, na forma ou substituição dos reservatórios existentes ao longo do ribeirão para áreas agrícolas, área urbana, pastagem e campestre.

A partir da análise da ocupação destes espaços no intervalo de tempo estudado, nota-se o avanço de praticamente todas as atividades sobre as APPs, incluindo as áreas de nascentes.

A Figura 24 apresenta a distribuição dos usos da terra nas áreas destinadas às APPs na microbacia do Ribeirão São Domingos entre os anos de 1987 e 2012. A Tabela 6 apresenta as áreas em ha dos usos da terra na microbacia.

Tabela 6. Usos da terra nas APPs da microbacia do Ribeirão São Domingos.

Usos	1987 Área (ha)	Porcentual de Cobertura (%)	2012 Área (ha)	Porcentual de Cobertura (%)
Agricultura	155,83	39,62	217,75	56,81
Área Urbana	12,56	3,19	37,5	9,8
Campestre	150,17	38,18	54,11	14,11
Floresta	15,31	3,9	30,99	8,09
Pastagem	12,54	3,18	11,66	3,04
Lagos e Represas	46,83	11,93	31,24	8,15
Total	393,24	100	383,25	100

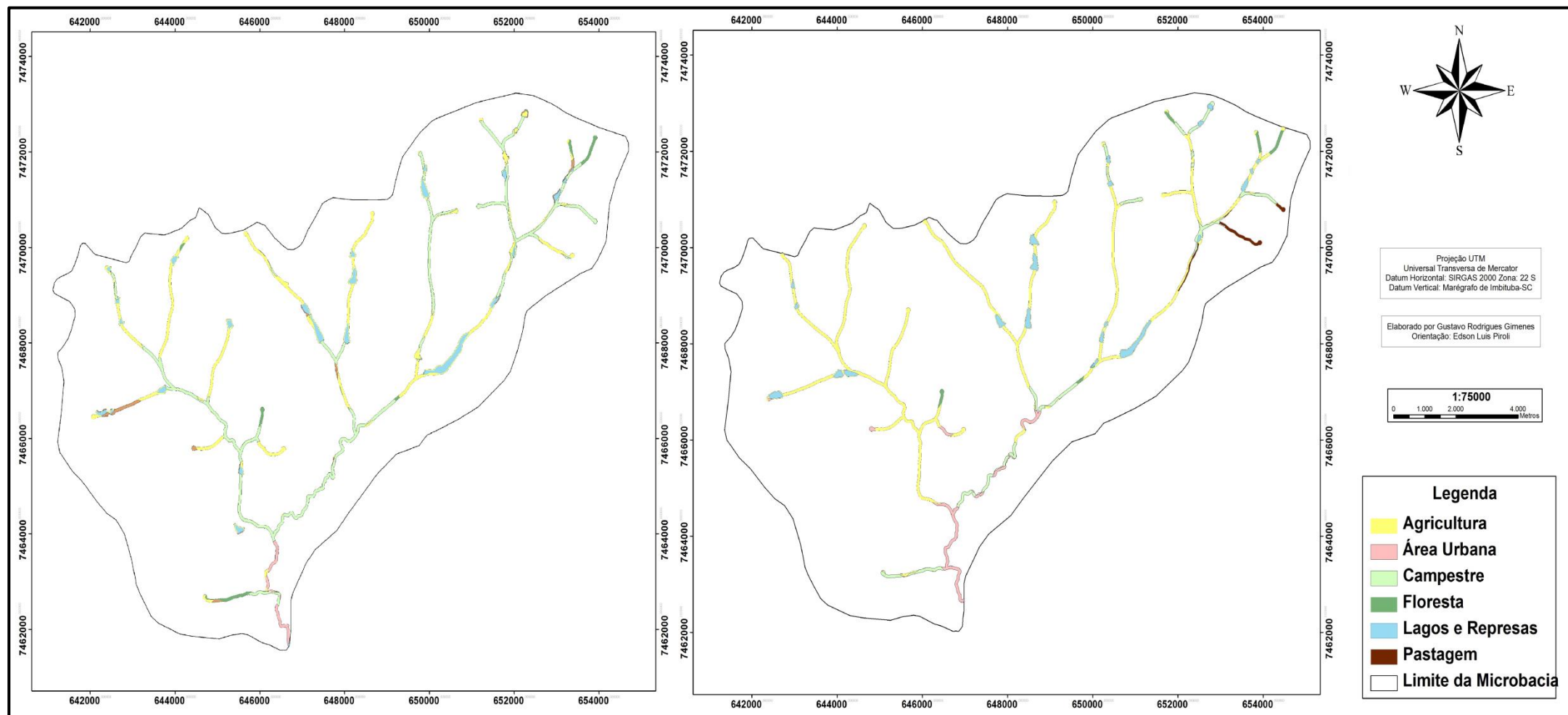


Figura 24. Uso da terra das APPs da microbacia do Ribeirão São Domingos – 1987 (esquerda) e 2012 (direita).

Destacam-se os riscos trazidos pelas plantações de cana-de-açúcar, que fazem uso de agroquímicos, e pelas pastagens, uma vez que a compactação do solo, realizada pelo caminhar dos animais, potencializa o processo de impermeabilização, aumentando os riscos de erosão do solo e de assoreamento do ribeirão. A mancha urbana, por sua vez, impermeabiliza o solo, minimizando a infiltração de água e potencializando processos de erosão, poluição, contaminação e assoreamento do córrego.

O Plano Diretor de Santa Cruz do Rio Pardo (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO, 2006), recomenda compatibilizar as atividades desenvolvidas com a manutenção das características de quantidade e qualidade do manancial, implementando políticas integradas na gestão dos recursos hídricos e promovendo a preservação das bacias hidrográficas; manter as condições de permeabilidade da bacia com densidade de ocupação bastante reduzida, observando-se os requisitos de infraestrutura de drenagem urbana, com a adoção de mecanismos de retenção do escoamento superficial e dissipação de energia nos lançamentos em corpos de água, compatíveis com suas respectivas capacidades de suporte; além de restringir o uso de defensivos agrícolas e exploração dos corpos d'água superficiais; manter os fragmentos de vegetação nativa e dar prioridade para restauração de APPs, nascentes e averbação de reservas legais, fatos estes não concretizados até o presente momento.

Cabe salientar que além das mudanças apresentadas quantitativamente, observou-se que nas áreas urbanizadas da microbacia a impermeabilização da terra ocasionada pelas construções, vias de acesso e obras infraestruturais, impossibilitam a infiltração da água das chuvas, que por sua vez, concentradas na superfície, formam grandes torrentes, tendo o seu potencial erosivo aumentado, trazendo inúmeros prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Observou-se ainda que as mudanças na cobertura da terra estão ocasionando significativos prejuízos para a fauna silvestre, que em muitos locais praticamente não está mais presente, com exceção de poucas espécies que conseguem se adaptar à presença e habitações humanas, e ainda assim, correndo inúmeros riscos neste contato, principalmente nas translocações entre alguns fragmentos florestais restantes na área da microbacia do Ribeirão São Domingos, os quais sofrem intersecção pelas rodovias que atravessam o município e conseqüentemente a microbacia. Desta forma, pode-se afirmar que mudanças na cobertura da terra, transformando os recursos naturais, ou substituindo-os por atividades e usos de interesse econômico, podem trazer graves problemas ambientais e como conseqüência, prejuízos para os próprios cidadãos e para a própria economia.

6 CONCLUSÕES

Na elaboração deste trabalho foi possível identificar que uma das características marcantes envolvendo geotecnologias é a possibilidade de aplicação em múltiplos campos da ciência, facilitando sua integração e operacionalização de estudos e investigações científicas.

Nas áreas do conhecimento como a Geografia, que tem como um dos objetivos de estudo as questões relacionadas às pesquisas que envolvem o espaço e a paisagem, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o Sensoriamento Remoto são fundamentais para caracterização das diferentes regiões, vindo a ser instrumentos valiosos para a simulação de efeitos sobre alterações em elementos da área de estudo.

Com base nos dados obtidos, pode-se afirmar que parte significativa da cobertura da terra da microbacia e das APPs da microbacia do ribeirão São Domingos sofreu alterações no período estudado, destacando-se as ampliações das áreas agrícolas, da área urbana, a extinção de algumas áreas de pastagem e diminuição de alguns fragmentos florestais.

Assim, evidencia-se a necessidade de avaliação do processo de distribuição, nas propriedades, das áreas cobertas por vegetação nativa e sua categorização em função das restrições legais de uso, passos fundamentais no processo de gestão ambiental.

Observou-se que a maioria das APPs do ribeirão São Domingos está ocupada irregularmente, com solo exposto e ausência de mata ciliar acarretando processos erosivos e locais com assoreamento intenso, uma vez que as áreas de preservação permanente, quando respeitadas, além de garantir uma melhor qualidade da água, servem também como barreiras contra a erosão do solo e o escoamento de sedimentos para os corpos d'água.

Os fragmentos florestais encontrados na microbacia enfrentavam problemas com as áreas agrícolas, sendo isolados tanto pelas culturas agrícolas quanto pelas intersecções das rodovias que cortam a microbacia e conseqüentemente o município. Esses isolamentos têm como característica apresentar dentro de seus limites baixa variedade de espécies nativas, distribuídas de maneira irregular, além de estarem rodeadas por culturas agrícolas ou área urbana, ocasionando desde contaminações por defensivos químicos aplicados nos cultivares e deposição de lixo por parte da população a atropelamentos de animais nas rodovias e vias de acesso, conforme constatado através de trabalho de campo no local.

O Plano Diretor da cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, mesmo recomendando projetos de manutenção e recuperação das APPs, não foi implantado com resultados satisfatórios até o momento.

O uso do módulo Land Change Modeler permitiu a realização das análises propostas, facilitando a interpretação da dinâmica do uso da terra na área de estudo, evidenciando as mudanças, transições e persistência entre os diferentes usos.

A disponibilidade das imagens do satélite Resourcesat-1 pelo INPE tornou-se uma importante alternativa para os estudos envolvendo sensoriamento remoto e imagens de satélites, proporcionando um leque de produtos cada vez maior e gratuito aos pesquisadores e usuários desses produtos. As imagens do sensor LISS3 do satélite ResourceSat-1 ofereceram a base adequada para a elaboração dos produtos cartográficos gerados nesta pesquisa, permitindo análise confiável do uso da terra na área da microbacia do ribeirão São Domingos. Cabe dizer que tal alternativa surge em boa hora visto o fim das missões CBERS e as limitações da missão Landsat.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de São Francisco do Pará (Pará, Brasil) com o uso da técnica de sensoriamento remoto. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, vol.3, n. 1, p. 81-92, jan./abr., 2008. Disponível em <http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/bmpegn/v3n1/v3n1a05.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2012.
- ALVES, L.M. **Sistemas de informações geográficas como instrumentos para o planejamento de uso da terra, em bacias hidrográficas**. 1993. 112 p. Tese – (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.
- ARAUJO FILHO, M. da C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de Classificação de Uso e Cobertura da Terra com base na análise de imagens de Satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59 n. 2. ago. 2007. Disponível em http://www.rbc.ufjf.br/_pdf_59_2007/59_02_7.pdf. Acesso em: 22 fev. 2012.
- BARROS GÓES, M. H.; XAVIER-DA-SILVA, J. Uma contribuição metodológica para diagnósticos ambientais por geoprocessamento. Parque Estadual de Ibitipoca, Seminário de Pesquisa, 1996, Ibitipoca. **Resumos... Ibitipoca**: IBAMA, 1996, pp. 13-23.
- BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 11, n. 128. p. 55-69, ago. 1985.
- BORGES, M. H.; PFEIFER, R. M.; DEMATTÊ, J. A. M. **Evolução e Mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara d'Oeste (SP)**. Sci. Agrícola, Piracicaba, v. 50, n. 3. pp. 365 – 371, out./dez. 1993.
- BRASIL. Lei nº. 4771 de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código florestal**. Brasília: Senado Federal, 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm. Acesso em: 02 set. 2012.
- BRASIL. Lei nº. 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 nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986**. Brasília: Senado Federal, 1989. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7803.htm#art2. Acesso em 02 set. 2012.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A.J.T. et al (Org). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. Cap. 08, p.269-300.
- BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: Editora RiMa, 2003. 278p.
- CAMPOS, S.; et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.431-435, mai./ago. 2004.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Apresentação. In: CÂMARA, G; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. (Org). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, s.d.(Cap.1). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 16 mai. 2013.

CARVALHO, G.A.; LEITE, D.V.B. Geoprocessamento na gestão urbana municipal – a experiência dos municípios mineiros Sabará e Nova Lima. **In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3643- 3650.

CLARK LABS. **Land Change Modeler Product Features**. 2009. Disponível em <<http://www.clarklabs.org/products/Land-Change-Modeling-IDRISI.cfm>>. Acesso em 02.set. 2012.

CONAMA. Resolução n°. 303 de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em 02 set.2012.

COSTA, T.C.C., SOUZA, M.G., BRITES, R.S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.20, n.1, p.129- 135, 1996.

DEMARCHI, J. C. **Análise das propriedades físicas e químicas dos horizontes superficiais dos solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP, em diferentes tipos de uso e ocupação**. 2009. 118 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2009.

DENT, D.; YOUNG, A. **Soil survey and land evaluation**. London: E & FN Spon, 1993. 292p.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Taiga: Guide to GIS and Image Processing**. Worcester, MA: Clark University, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Landsat – Land Remote Sensing Satellite**. s.d. Disponível em <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>>. Acesso em 29 set. 2012.

FRANÇA, G. V. A classificação de terras de acordo com sua capacidade de uso com base para um programa de conservação de solo. In: Congresso Nacional de Conservação do solo, 1., 1963, Campinas. **Anais...** São Paulo: Secretaria da Agricultura, Divisão Estadual de Máquinas Agrícolas, 1963. p. 399-408.

FERNANDES, M.R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias**. Belo Horizonte: EMATERMG. 1994. 24p.

FITZ, P. R.. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo. Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélites para estudos ambientais**. São Paulo. Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FORMAGGIO, A.R. et al. Sistemas de Informações Geográficas na obtenção de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.249-256, 1992.

FUNDAÇÃO SEADE. **Anuário estatístico do Estado de São Paulo**: 2002. São Paulo, 2003.

GONÇALVES, E. S.; BARBOSA, G. M. F.; CRUZ, C. B. M. **Reestruturação rural e esforços de caráter socioambiental: o suporte das geotecnologias para o monitoramento**

espaço-temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio São João – RJ. XVI Encontro Nacional de Geógrafos, **Anais...** Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em <<http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=3723>>. Acesso em: 03 mar. 2012.

GUIDOLINI, J. F.; PEDROSO, L. B.; ARAÚJO, M. V. N. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão do Feijão, município de São Carlos-SP, entre os anos de 2005 e 2011. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013.

GUIMARÃES, L. T. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paquequer, município de Teresópolis – RJ.** 2000. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.labgis.uerj.br/publicacoes/lucy/index.htm>>. Acesso em: 06 maio 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra.** 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 91 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades:** Santa Cruz do Rio Pardo - São Paulo. Rio de Janeiro, s.d. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=354640&search=sao-paulo|santa-cruz-do-rio-pardo|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>> Acesso em 20 set. 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)... [et al.]. – São José dos Campos: Parêntese, 2009. 672 p.

LAURANCE, W.F.; BIERREGARD, R.O., (Ed.) **Tropical forest remnants.** Chicago: University of Chicago Press, 1997. 615p.

LEPSCH, I.F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas: SBCS, 1991. 175p.

LIMA, J. M. **Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavas (MG).** 1987. 86 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: ESALQ, 1986. 242 p. (Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”).

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares:** conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

LINSLEY JR, R. K. Jr.; FRANZINI, S. B. **Engenharia de Recursos Hídricos.** Tradução e adaptação de Luiz Américo Pastorino. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 798 p.

MENDONÇA, M. L. **A OMC e os Efeitos Destrutivos da Indústria da Cana no Brasil.** 2006. Disponível em <http://www.social.org.br/cartilha_rede_omc_novo_formato.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2013.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P.G. **Projeto de monitoramento ambiental de microbacias hidrográficas – RS-RURAL** subprojeto 7. Porto Alegre, IPH-UFRGS, 2003. 89p.

MIRANDA, M. J. et al. **A classificação de Köeppen para o estado de São Paulo.** s.d. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 29 mar. 2013.

MOREIRA, A. A. **Identificação de conflito no uso da Terra em uma microbacia hidrográfica.** 1999. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

MOREIRA, A. A.; et al. Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. In: XI SBSR, 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1381 – 1389.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003. 294 p.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento.** Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46 p.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP.** 2002. 108 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PIROLI, E. L. Imagens de satélite de alta resolução espacial para o mapeamento da Dinâmica do uso da terra. 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Bonito. **Anais...** Bonito: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, outubro 2012. p. 1280 -1290.

PIROLI, E. L.; et al. Análise do uso da terra na microbacia do Arroio do meio – Santa Maria – RS, por Sistema de Informações Geográficas e Imagem de Satélite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.3, p.407-413, 2002.

PIROLI, E. L.; DEMARCHI, J. C.; ISHIKAWA, D. K. Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em Geoprocessamento. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO. **Características locais.** Santa Cruz do Rio Pardo, 2013. Disponível em:<<http://www.santacruzoriopardo.sp.gov.br/caracteristicas.htm>>. Acesso em: 04 maio 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO. **Lei Complementar que institui o plano diretor do município.** Santa Cruz do Rio Pardo, 2006. Disponível em:<http://www.santacruzoriopardo.sp.gov.br/download/plano_set2006.pdf>. Acesso em: 04 maio 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO RIO PARDO. **Perfil sócio econômico.** Santa Cruz do Rio Pardo, 2013. Disponível em:<<http://www.santacruzoriopardo.sp.gov.br/perfil.htm>>. Acesso em: 04 maio 2013.

QUEIROZ, C. J. **Análise de Transformações Geométricas para o Georreferenciamento de Imagens do Satélite CBERS-I**. Dissertação de Mestrado. UFRGS - CEP SRM, 2003. Disponível em www.ufrgs.br/srm/DissertaçõesPos/A18.html. Acesso em 20 set. 2013.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1995. 65p.

RODRIGUES, J.B.T. et al. Utilização de sistemas de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, p.675–681, 2001.

RODRIGUES, M. **Anais da quarta conferência latino-americana sobre sistemas de informação geográfica/segundo simpósio brasileiro de geoprocessamento**. São Paulo: Epusp, 1993.

ROSA, R.A. Utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo. In: VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6., Manaus, **Anais...** São José dos Campos, INPE, 1990. p.419-425.

ROSTAGNO, L. S. C. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do Reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci-MG**. 1999. 66 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

SANTOS, A. F. dos; CARDOSO, L. G. Evolução do uso da terra, da microbacia do Ribeirão Faxinal, Botucatu-SP, através de fotografias aéreas. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Florianópolis, **Anais...** São José dos Campos, INPE, 2007.

SHELLAS, J.; GREENBERG, R. **Forest patches in tropical landscapes**. Washington; Island Press, 1997. 426p.

SILVA, A. M. **Curso Processamento digital de imagens de satélite**. Centro de Eventos da PUCRS - de 07 a 12 de outubro de 2001. Porto Alegre - RS. Disponível em www.cartografia.org.br. Acesso em: 19 set. 2013.

SILVA, A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia**. Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras- MG. 1995. 302 p.

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

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J. **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro – SP, 2002.

TEODORO, V. L. I; TEIXEIRA, D; COSTA, D. J. L; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Uniara – Centro Universitário de Araraquara. **Revista UNIARA**, n. 20, 2007. Disponível em http://www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf Acesso em: 20 mar. 2013.

TOLEDO, A. M. A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP)**. 2001. 94 f. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP, 2001.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). 1997.

VÁCLAVÍK, T. **Identifying trends in land use/land cover changes in Olomouc region, Czech Republic**. Disponível em:

<www.geoearth.uncc.edu/research/TVaclavik_condensed.pdf> Acesso em 10.jul.2013.

VALENTE, O.F.; CASTRO, P. S. Manejo de bacias hidrográficas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 80, p. 40-45, mar. 1981.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes: Hidrologia e Manejo de bacias hidrográficas e de cabeceiras**. Viçosa, MG. Aprenda Fácil, 2005. 210 p.