

## Conflitos de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente na Sub-Bacia do Rio Pardo, SP

Giovanna Osti Colaço<sup>1</sup>  
Caroline Bessi Fávero<sup>1</sup>  
Anderson Antonio da Conceição Sartori<sup>2</sup>

Núcleo de Estudos e Pesquisas em Geotecnologias – NEPGEO

<sup>1</sup> Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Sagrado Coração - USC  
Caixa Postal 511 – 17011-160 - Bauru - SP, Brasil  
{gi\_colaco, caroline\_bessi}@hotmail.com

<sup>2</sup> Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade do Sagrado Coração - USC  
Caixa Postal 511 – 17011-160 - Bauru - SP, Brasil  
sartori80@gmail.com

**Abstract:** This study aimed to use geotechnologies to the mapping of land use and cover in the Rio Pardo - SP Watershed, in addition to map, identify, qualify, and quantify the land use conflicts in permanent preservation areas (PPA) the conflict of use in permanent protection areas. The study area makes border with the municipalities Pardinho and Botucatu, occupies an area of 153.71km<sup>2</sup>. It was used digital satellite thematic images from HRC High Resolution Camera /CBERS-2B, with resolution of 2,7 meters. The land use map was generated from the screen classification, with overlay; the PPA had been made in the Autodesk Map to generate the “buffer” of 30m for each side of all draining net; the map of land use conflict areas in the PPA was carried through by the overlapping of the land use and covering map with the PPA map. With the mapping of land use conflict areas found that over 50% of the area is under human activities, and it was developed in areas legally protected by environmental legislation. The study area is predominantly occupied by classes of use with agriculture and pastures, consequently in terms of the conversion of natural habitats to agricultural areas, pastures or urban areas, have been considered the main form of environmental impact resulting from human activities.

**Palavras-chave:** basin, remote sensing, GIS, Forest Code, bacia hidrográfica, sensoriamento remoto, SIG, Código Florestal.

### 1. Introdução

A sub-Bacia do alto Rio Pardo localiza-se na região centro sul do Estado de São Paulo, abrangendo áreas dos municípios de Botucatu e Pardinho, e é a principal fonte de abastecimento de água da região. Assim depreende-se que a oferta natural de água, em quantidade e qualidade adequadas, depende, entre outros fatores, de um planejamento adequado do uso e ocupação do solo. Um dos grandes desafios do homem para a conservação ambiental é concentrar esforços e recursos para a preservação e recuperação de áreas naturais consideradas estratégicas, das quais vários ecossistemas são dependentes, exigindo um planejamento cuidadoso que aponte áreas prioritárias para o investimento de recursos de manejo de uso e ocupação do solo, utilizando geotecnologias que ajudam nesse aspecto.

Vários municípios da região, dentre os quais, Botucatu e Pardinho, bem como parte da área da Bacia do Rio Pardo, encontram-se protegidos pela A.P.P. de Botucatu (Áreas de Preservação Permanente), criada pelo Decreto Estadual “O Código Florestal Brasileiro” (Lei 4.771/65), na qual o objetivo das APPs relaciona tais áreas, independente da 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 e que têm papel vital dentro de uma bacia hidrográfica, por serem responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes (Magalhães e Ferreira, 2000). Esta norma foi elaborada buscando atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para regularização do fluxo hídrico,

redução do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, trazendo benefícios diretos para a fauna (Costa et al., 1996).

No que se refere à determinação de áreas conflitantes, a geotecnologia representa um dos métodos mais eficiente e econômico para o manejo dirigido de bacias hidrográficas e ações conservacionistas. O objetivo é alcançado quando há uma integração com os diferentes planos de informação da paisagem e suas características e/ou processos, juntamente com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que, por sua vez, também possibilitam a produção dos mapas de prioridades em curto espaço de tempo e com confiabilidade, essa integração entre especialistas e os SIGs colabora para a caracterização do processo de tomada de decisão como um processo socioeconômico, além de ambiental segundo (Sartori, 2010).

O presente trabalho teve por objetivo utilizar geotecnologias para fazer o mapeamento do uso na Bacia hidrográfica do Rio Pardo - SP, além de mapear e identificar o conflito de uso nas Áreas de Preservação Permanente – APP's de acordo com o Código Florestal e com a resolução CONAMA nº. 303/2002.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Localização geográfica da área

Localizada na região centro sul do Estado de São Paulo, a Sub-bacia do Rio Pardo-SP abrange áreas dos municípios de Botucatu e Pardinho, como mostra na Figura 1, abrangendo uma área de 153,71km<sup>2</sup>, está geograficamente localizada entre as coordenadas 23°06'14" e 22°56'07" de latitude sul e, 48°28'37" e 48°20'40" de longitude oeste de Greenwich, com altitudes variando entre 840 e 1000 metros. O Rio Pardo é afluente direto do Rio Paranapanema, que por sua vez integra a bacia hidrográfica do Rio Paraná.

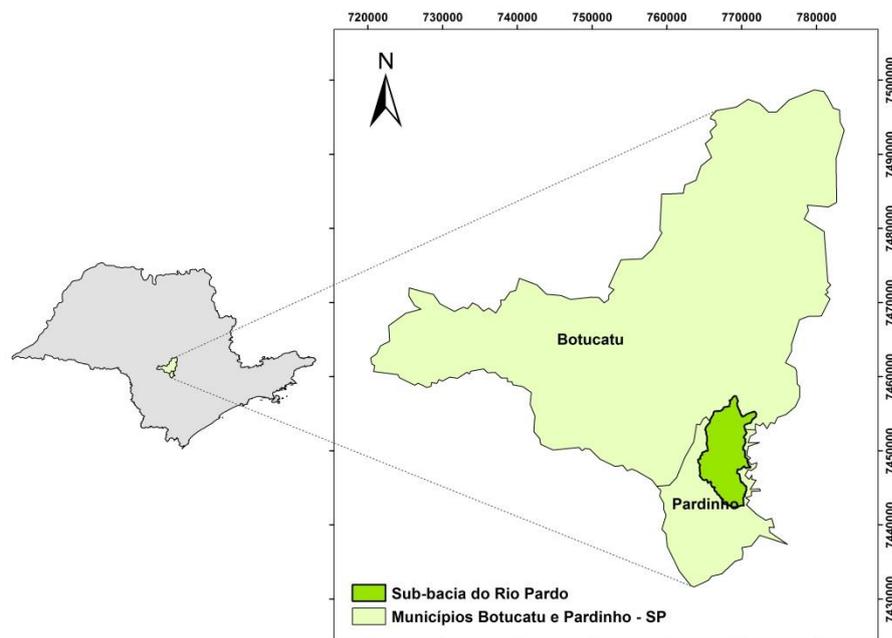


Figura 1. Localização da sub-Bacia do Rio Pardo-SP.

Com relação ao clima, a região pode ser enquadrada como tendo um clima mesotérmico, com estação mais seca no inverno e identificada como Cwa, segundo a classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais torno de 20°C e o índice pluviométrico entre 1.100 e 1.700 mm anuais (Carvalho e Jim, 1983) podendo, segundo Leopoldo et al. (1998), atingir valores superiores a 1.800 mm anuais.

Do ponto de vista da vegetação, a biodiversidade é expressiva. Estão presentes matas de transição e atlântica, vegetação de cerrado e campo cerrado, contando ainda, segundo Tornero (1996), com “(...) espécies isoladas do Pinheiro-do-Paraná (*Araucaria brasiliensis*), testemunho de um clima pretérito mais frio.

## 2.2 Imagens orbitais

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo foram empregadas imagens orbitais obtidas pelo sensor HRC (High Resolution Camera ou Câmera Pancromática de Alta Resolução) a bordo do satélite CBERS 2B. O sensor HRC possui uma única banda espectral, que opera no espectro do visível e infravermelho próximo e destaca-se pela alta resolução espacial que oferece (com 2,7 metros).

Foram necessárias duas cenas para o recobrimento de toda a área da bacia. Essas cenas são referentes à passagem do dia 12 de julho de 2008, segundo (Sartori, 2010).

## 2.3 Mapeamento do uso e cobertura

O procedimento na elaboração do plano de informação uso e cobertura do solo seguiram as seguintes etapas conforme (Sartori, 2010): registro de imagem, realce de contraste e classificação do uso da terra em tela, saída de campo/fotografia aérea e classificação final, que serão descritas a seguir:

a) registro de imagem: a etapa de georreferenciamento da imagem compreendeu uma transformação geométrica que relacionou as coordenadas da imagem (linhas e colunas) com as coordenadas do sistema de referência utilizado, neste caso, o sistema Universal Transverse Mercator (UTM) de coordenadas métricas, com o Datum SIRGAS 2000;

b) realce de contraste: foi gerado o RGB do respectivo mapa de uso e cobertura do solo, desta forma, foram estudadas as chaves de interpretação que explanam as melhores combinações de faixas espectrais para ter uma melhor interpretação visual;

c) classificação: foram digitalizados os polígonos em áreas específicas para caracterizar os diferentes tipos de uso do solo que estão presentes nas imagens de satélite. O mapa de uso do solo foi elaborado a partir da classificação em tela, desta forma evitando misturas das respostas espectrais dos pixels;

d) saída de campo/fotografia aérea: para classificação da imagem de 2008 foram realizadas saídas a campo e utilizado fotos aéreas, para conferir se as informações que haviam sido geradas eram coerentes com a realidade; e

e) classificação final: elaboração do mapa temático de uso e cobertura do solo de 2008.

## 2.3. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes (APP's)

Para a definição das áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água, utilizou-se o programa Autodesk Map na obtenção do “buffer” de 30m para cada lado de toda rede de drenagem da bacia. Esse limite está fundamentado na resolução CONAMA nº 303/2002, Art.3º “constitui Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura”, e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa; “com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”.

## 2.4. Mapa de conflito de uso nas APP's

Para identificação das áreas de conflito de uso nas APP's foi realizado uma sobreposição ou “overlay” do mapa de uso e cobertura da terra com o mapa das APP's. Esse procedimento delimitou as áreas onde existiam solos ocupados, qualificando e quantificando as áreas que

estavam contidas nos limites dos 30m das APP's. O procedimento metodológico do estudo está resumido na Figura 2.

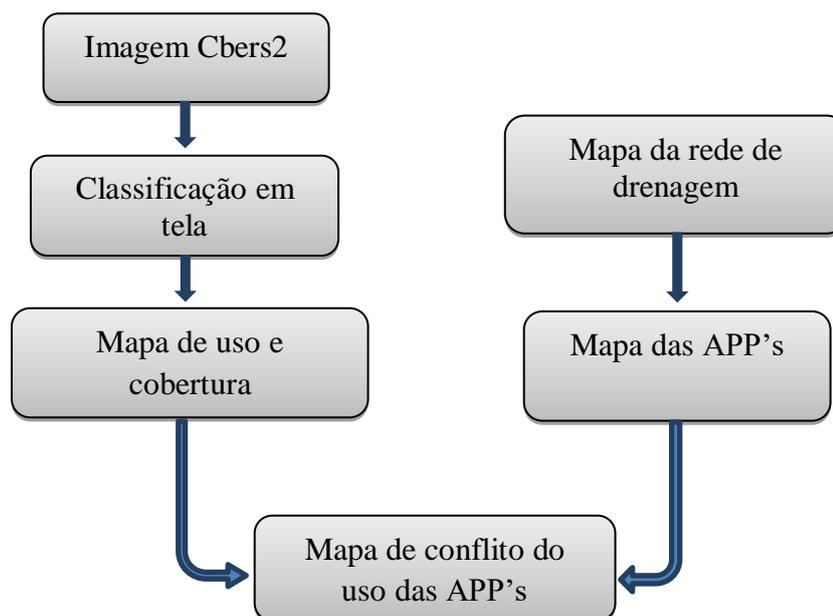


Figura 2. Fluxograma metodológico do estudo sub-bacia do Rio Pardo – SP.

### 3. Resultados e discussões

Com a classificação da imagem de satélite Cbers2 foi possível mapear seis diferentes classes de uso e cobertura do solo presentes na área em estudo: mata nativa, pastagem, agricultura, área de várzea, corpos d'água e áreas urbanas, como ilustra a Figura 3.

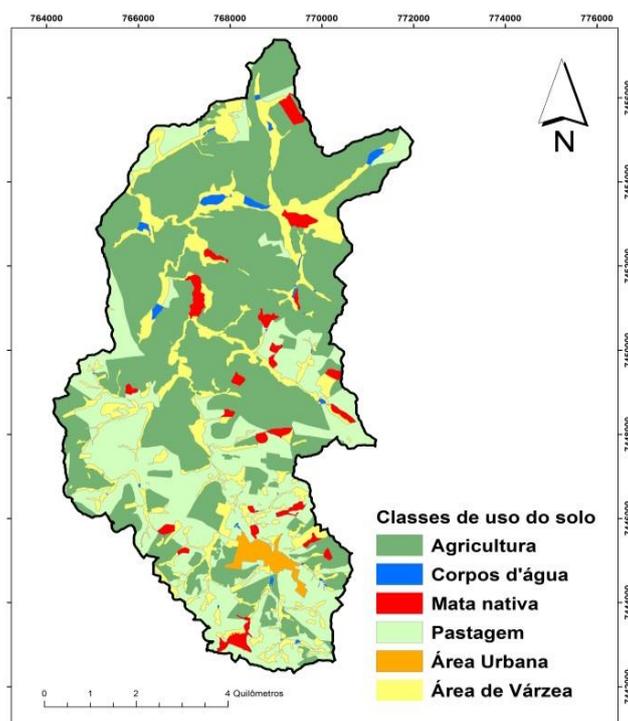


Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo da sub-bacia do Rio Pardo – SP.

As classes de uso e cobertura do solo foram quantificadas, obtendo-se o percentual correspondente a cada classe, quantificado na Tabela 1. Pela distribuição dos usos na bacia pode-se constatar que a maior parte dela está ocupada por agricultura (52,60%), fator que pode determinar maiores perdas de solo devido à grande mobilização deste. Isso ocorre devido à movimentação no solo através da mecanização das lavouras, tornando o solo exposto, causando diminuição da espessura do solo, aumento na temperatura e perda de umidade e consequentemente a diminuição do teor de matéria orgânica e de outros nutrientes.

Outra classe de uso significativa é a pastagem (28,08%) que proporciona o recobrimento do solo durante o ano todo, se bem manejada. Esta classe confere proteção ao solo contra o impacto direto das gotas de chuva, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo e contribui também com redução a exposição direta do solo à radiação solar.

Existem muitas áreas de mata em regeneração e áreas de várzea, principalmente em áreas de borda dos fragmentos de floresta e cursos d'água, com muitas espécies pioneiras, típica de capoeira, dada a proximidade das áreas urbanas e utilizadas com agricultura durante muitos anos segundo Sartori, (2010). Poucas áreas vegetadas na área de estudo são matas "primárias" e, dada a dificuldade de diferenciação nas imagens, optou-se pela inclusão de áreas de regeneração e várzea. Esta classe de uso representa aproximadamente 15% da área total da sub-bacia.

A utilização de bacias hidrográficas como unidades de planejamento e manejo das terras é fundamental para que se possa elaborar um plano de manejo e conservação da biodiversidade e da qualidade e quantidade da água disponível e adequada para uso, evitando assim conflitos.

A necessidade da presença de áreas em regeneração e várzea é sem dúvida inquestionável, pelas suas funções com efeitos que não são apenas locais, mas refletem na qualidade de vida de toda a população sob influência de uma bacia hidrográfica (Davide et al., 2000).

Os principais benefícios das áreas em regeneração e de várzea são: manutenção da qualidade e quantidade da água pela sua função de tamponamento entre os cursos d'água e as áreas adjacentes cultivadas, retendo grande quantidade de sedimentos, defensivos agrícolas e nutrientes e pela sua capacidade de proteção do solo contra os processos erosivos e aumento na capacidade de infiltração de água no solo; estabilização das margens dos rios através da grande malha de raízes que dá estabilidade aos barrancos e atuação da serrapilheira retendo e absorvendo o escoamento superficial, evitando o assoreamento dos leitos dos rios e das nascentes; habitat para a fauna silvestre proporcionando ambiente com água, alimento e abrigo para um grande número de espécies de pássaros e pequenos animais, além de funcionarem como corredores de fauna entre fragmentos florestais; e no habitat aquático proporcionando sombreamento nos cursos d'água, abrigo, alimento e condição para reprodução e sobrevivência de insetos, anfíbios, crustáceos e pequenos peixes. (Lima e Zákia, 2000). As áreas em regeneração permitem o funcionamento saudável da sub-bacia constantemente.

Foi verificado em campo que grande parte da vegetação nativa foi suprimida para dar espaço às atividades agrícolas, onde esta classe representa aproximadamente 3% da área de estudo, conforme Tabela 1. Essa perda da classe nativa se deve ao processo de reflorestamento com espécies exóticas e também devido à expansão da cana-de-açúcar. Tornero (1996) detectou o aumento da área ocupada por lavouras anuais e reflorestamento, ao mesmo tempo em que se verificou uma redução da área ocupada por mata nativa e ciliar.

Tabela 1. Quantificação das áreas de uso legal e em conflito da Bacia do Rio Pardo - SP

Classes de uso do solo	Área da sub bacia		Área de conflito de uso em APP	
	ha	%	ha	%
Agricultura	3446.72	52.60	94.13	13.98
Corpos d'água	51.40	0.78	48.52	7.20
Mata nativa	187.53	2.86	37.67	5.60
Pastagem	1840.19	28.08	123.50	18.32
Área urbana	80.24	1.22	5.64	0.84
Área de várzea e regeneração	945.55	14.46	364.32	54.06
<b>Total</b>	<b>6551.63</b>	<b>100</b>	<b>673.78</b>	<b>100</b>

As áreas de preservação permanente foram delimitadas de acordo com as orientações do Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65), totalizando uma área mapeada de 673.78ha, indicando que 10,28% da área da sub-bacia do Rio Pardo é APP. Foram avaliadas áreas de uso adequado e áreas de uso inadequado (conflito). Verificou-se que as áreas de uso adequado, ocupado por área de várzea, correspondem a 54,06% da área total de APP, o que é de significativa importância para a conservação do solo e da água e da vitalidade da sub-bacia. As áreas de conflito de uso (Figura 4) foram consideradas as áreas alteradas por ações antrópicas, sendo elas, as classes de agricultura, pastagem, e área urbana.

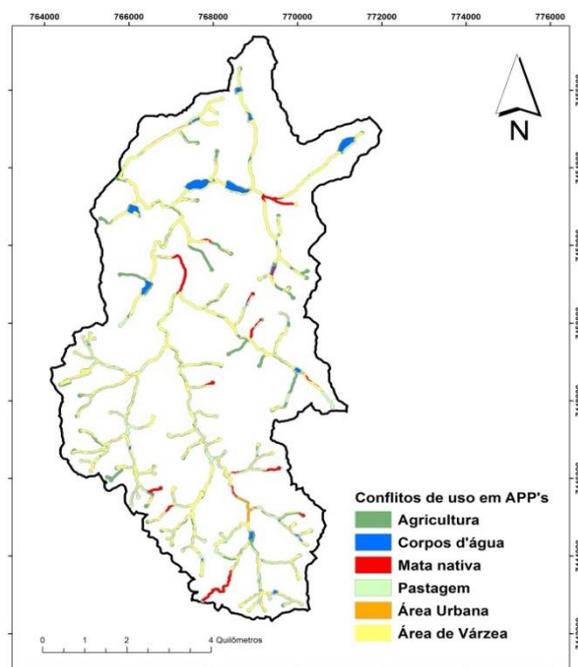


Figura 4. Mapa de conflito do uso do solo em APP's.

Na análise do mapa de conflito do uso do solo em APP's verificou-se que aproximadamente 55% da área de APP estão em conflito com a legislação ambiental, como mostra a Tabela 1. Estas áreas de conflito foram alteradas por ação antrópica, onde a agricultura e pastagem são consideradas fatores de maior impacto, pois ocupam 32% da área

total de preservação permanente, áreas em regeneração e várzea que deveriam estar sendo preservadas.

As áreas em regeneração e de várzea são os ecossistemas mais intensamente utilizados e degradados pelo homem, por possuírem solos férteis e úmidos, ideais para a agricultura; fornecimento de madeira; para exploração de areia e cascalho; silvicultura e, devido à sua beleza cênica serem intensamente utilizadas para urbanização e recreação e etc.

Vários danos causados pelo homem na área podem comprometer o futuro da sub-bacia, dentre eles o assoreamento, desmatamento, erosão e a poluição são os principais problemas enfrentados e o resultado disso influencia na natureza e na atividade econômica do local.

A agricultura causa o desmatamento de áreas em regeneração e de várzea, que favorece a seca das nascentes e causa erosão, na qual lixivia o solo e o torna cada vez menos produtivo e de difícil regeneração florestal, resultado do desprendimento e arraste das partículas do solo que vão parar no rio, juntamente com todo o resto de poluição.

Na ausência dessas vegetações, todos os sedimentos e poluentes, como agrotóxicos e fertilizantes chegam aos leitos dos rios, e causam o assoreamento, no qual provoca redução do volume de água, altera a visibilidade e a entrada de luz, e, ainda, reduz a renovação do oxigênio, colaborando para o desequilíbrio do ecossistema aquático. São consequências contínuas e que degradam cada vez mais e desequilibram a sub-bacia.

## Conclusões

A área de estudo esta ocupada predominantemente por classes de uso com agricultura e pastagens, conseqüentemente em termos da conversão de habitats naturais em áreas agrícolas, pastagens ou áreas urbanas, têm sido consideradas a principal forma de impacto ambiental decorrente das atividades humanas.

Com o mapeamento das áreas de conflito de uso nas APP's da sub-bacia do Rio Pardo, verificou-se que aproximadamente 32% da área está em conflitos, sob atividades antrópicas, desenvolvidas em áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental.

A imagem orbital do sensor CCD do satélite CBERS-2 também foi de suma importância na realização do trabalho, pois contribuiu para o mapeamento e posterior diagnóstico da sub-bacia do Rio Pardo, além de ser uma ferramenta essencial para o planejamento do uso da terra.

## Referências Bibliográficas

Azevedo, P. F. F.; Sartori, A. A. C. Pupo H. F. F. Mapas de declividade da Área de Proteção Ambiental (APA), do município de Botucatu- SP: a partir das Cartas Topográficas do IGC e IBGE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORAMENTO REMOTO-SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 5002-5007.

Botelho, S. A.; Davide, A. C. **Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares.** In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., Belo Horizonte. Água e biodiversidade: palestras. [Belo Horizonte: SOBRADE], 2002. p. 123-145.

Carvalho, W.A., Jim, J. **Áreas de proteção ambiental:** Região da “Serra de Botucatu” e Região da “Serra de Fartura”. Botucatu: Instituto Básico de Biologia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1983. 47p.

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. In VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORAMENTO REMOTO. **Anais...** Salvador: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996. p.121-127.

Davide, A. C. et al. Restauração de matas ciliares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.65-74, 2000.

Leopoldo, P. R.; Sternberg, S.; Salati, E. **Tendências de alterações no regime pluviométrico da região central do Estado de São Paulo**, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL, 2.;

CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 5., La Plata, 1998. Libro de las Memórias... Avances en el manejo del suelo e agua en la Ingenieria rural Latinoamericana. La plata: Editorial de la Universidad nacional de la Plata, 1998. 6 p. (Paper ICR52). 1 CD-ROM.

Lima, W. P.; Zákia, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. ed. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Edusp, São Paulo. 320 p. 2000.

Magalhães, C.S.; Ferreira, R.M. **Áreas de preservação permanente em uma microbacia. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 21, n.207, p. 33-39, 2000.

Rizzetti, D. M.; Matte, L. I.; Rossatto, T. M.; Teixeira, P. W. B. **Impactos ambientais na sub-bacia hidrográfica do rio soturno decorrentes do desmatamento da mata ciliar**. In: FÓRUM INTERNACIONAL ECOINNOVAR, 3., 2014, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Inovação e sustentabilidade, 2014.

Sampaio, S. S.; Sartori, A. A. C.; Zimback, C. R. L. Geoprocessamento na identificação de conflito do uso da terra em áreas de preservação permanente na Sub-Bacia do Rio Pardo, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORAMENTO REMOTO-SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais...**Curitiba: INPE, 2011. p. 6681-6687.

Sartori, A. A. 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 SENSORAMENTO REMOTO-SBSR, 14.,2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 6197-6202.

Sartori, A. A. da C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais**. 2010. 112 p. Dissertação (Mestrado em agronomia, energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu. 2010.

Sioli, H. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. **Boletim Geográfico**, [S.l.], v. 79, p. 147-153, 1964.

Tornero, M. T. **Fotointerpretação da Cobertura Vegetal e da Rede de Drenagem da Bacia Experimental do Rio Pardo, no período de 15 anos**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1996. 129p. Dissertação de Mestrado.