

Sistema de informações geográficas aplicado à análise do uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá (SP)

Mariana Cassiano Ferreira
Isabel Cristina de Barros Trannin
Carolina Cassiano Ferreira
Silvio Jorge Coelho Simões

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG, Departamento de Engenharia Civil. Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333. Pedregulho. CEP: 12.516-410 – Guaratinguetá/SP. E-mail: marysjc@terra.com.br; isatrannin@feg.unesp.br; ccfambiental@yahoo.com.br; simoes@feg.unesp.br

Abstract. In the Brazil land use normally don't consider the preservation of the natural resources. For this reason the delimitation of Permanent Preservation Areas (APPs) is one of most important environment instruments aiming to achieve a more rational use of natural resources and preservation of ecosystems. The aim of this study is to apply the geographic information system (GIS) to delimit the APPs along the riverbanks and of the declivity in the Guaratingueta watershed, in the Paraíba do Sul basin and to evaluate the use and occupation of these areas assists to the effective brazilian environmental legislation. The land use survey was obtained from The Nature Conservation, using digital orthophotos and the APPs were delimited using spatial analyst tools of the ArcGis 9.2. Also, it was used physical landscape maps such as drainage and declivity. The ArcGis 9.2 was used to store a database of the Guaratingueta watershed and to perform several analytical procedures in a GIS environment. The results showed that 56.15% of the APPs don't attend the allowed uses of the Federal laws and regulations (Lei federal 4771/1965 and Resolução CONAMA 303/2002). Fieldworks in this watershed showed that the most impactants activities are those associated with the agropecuary sector which has increased the linear erosion and the oversedimentation in the main streams. These results are of fundamental importance for the development of actions within the ongoing project “Guaratingueta Watershed Revitalization” which is conducted by UNESP researchers in partnership with the Prefeitura de Guaratingueta.

Palavras-chave: watersheds management; environmental legislation; brazilian forest code; environmental degradation, gestão de bacias hidrográficas; legislação ambiental; código florestal brasileiro; degradação ambiental.

1. Introdução

A população mundial vem sofrendo as conseqüências dos impactos ambientais causados pelo uso e ocupação inadequados do solo. Neste sentido, a delimitação de áreas de preservação permanente (APPs) em uma bacia hidrográfica tem o intuito de proteger o meio ambiente e manter a sua composição natural, de maneira a impedir qualquer tipo de alteração proporcionada por ações antrópicas (Costa et al., 1996). As APPs são áreas de grande importância ecológica, cobertas ou não, por vegetação nativa, que têm como função 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 da população (Brasil, 1965). As APPs hídricas são áreas que estão diretamente ligadas aos cursos d'água, como as nascentes ou olhos d'água, locais onde a água aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente; os manguezais; a água subterrânea e as matas ciliares, que são formações vegetais das margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes, que também são conhecidas como matas de galeria, matas de várzea, vegetação ou floresta ripária. As APPs de declividade compreendem as encostas com declividade superior a 45 graus. As APPs são protegidas pelo Código Florestal, que se baseia na Lei Federal nº 4.771/65 (alterada pela Lei Federal nº 7.803/89), e devem ser preservadas e restabelecidas, sendo que o uso indevido é considerado crime ambiental, conforme dispõe a Lei Federal nº 9.605/98. A Resolução CONAMA nº 303/2002

também considera que as APPs são instrumentos de relevante interesse ambiental, integrando o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações.

Portanto, a caracterização do uso e ocupação do solo fornece uma infinidade de informações sobre o espaço em questão, as quais devem ser avaliadas, integradas e armazenadas, sendo o geoprocessamento, uma tecnologia eficiente na integração de várias ferramentas, dados e programas (Rocha, 2000). De acordo com Andrade et al. (2009), a delimitação das APPs não é capaz de eliminar por completo os impactos decorrentes do uso e ocupação inadequados do solo em uma bacia hidrográfica, mas é um mecanismo de extrema importância para a gestão e proteção dos recursos naturais. Estes autores, utilizando imagem IKONOS e o Sistema de Informações Geográficas (SIG), verificaram que cerca de 77% das APPs da bacia do São Bartolomeu, localizada no município de Viçosa (MG), estavam sendo utilizadas de maneira incorreta e contrária aos usos permitidos pela legislação ambiental. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi delimitar, por meio da ferramenta SIG e aplicando o software ArcGis, as APPs hídricas e de declividade da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá, afluente do Rio Paraíba do Sul, porção paulista, e avaliar entre os diferentes usos e ocupação do solo adotados, os que estão de acordo com o que estabelece o Código Florestal vigente e a Resolução CONAMA nº 303/2002 para estas áreas de preservação. Esta sub-bacia é de grande importância socioambiental, considerando que cerca de 16% de seu território está contido na Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Mantiqueira e constitui o manancial de abastecimento de água do município de Guaratinguetá, estando entre as bacias prioritárias para o Plano de Bacias do Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul.

2. Metodologia de Trabalho

Localização da área de estudo

O município de Guaratinguetá está localizado na região do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, entre as coordenadas 22°48'6,48" Sul e 45°11'18,24" Oeste, com uma população aproximada de 113.357 habitantes (IBGE, 2009). O ribeirão Guaratinguetá, afluente da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, nasce na Serra da Mantiqueira e tem todo o seu trajeto contido no município de Guaratinguetá (Figura 1).

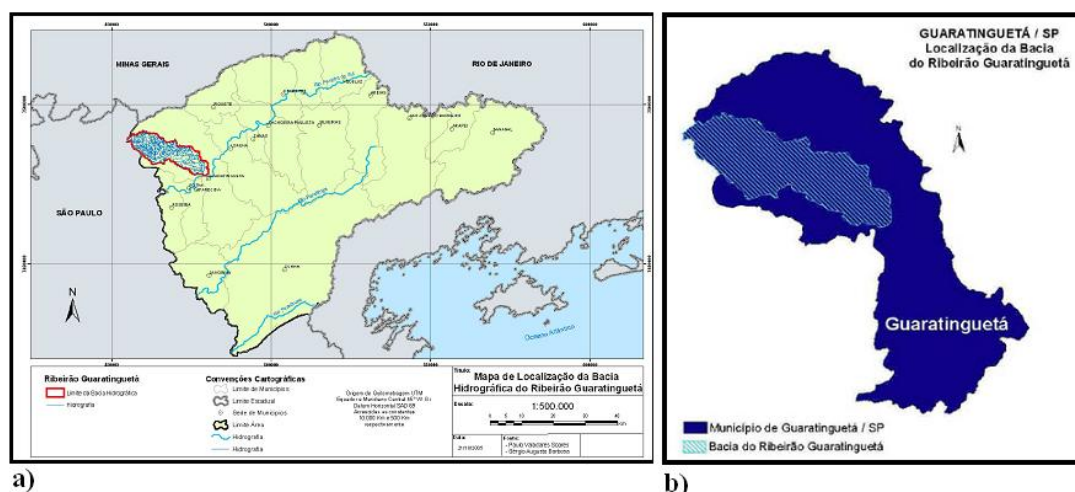


Figura 1. a) Mapa de localização da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá na bacia do Rio Paraíba do Sul, porção paulista (Soares, 2005) e b) Localização da bacia do ribeirão Guaratinguetá no Município (SAEG, 2005).

Geograficamente a sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá encontra-se no norte do município e compreende parcialmente as cartas topográficas de Guaratinguetá (SF.23-Y-B-VI-4), Delfim Moreira (SF.23-Y-B-VI-1) e Lorena (SF.23-Y-B_VI-2), produzidas pelo IBGE, na escala 1:50.000. De acordo com Soares (2005), a bacia possui uma área de, aproximadamente, 164 km², o que corresponde à cerca de 22% da área do município de Guaratinguetá, que é de 734 km². Os principais afluentes na sua porção à montante, que compreendem as áreas de cabeceira e médio curso superior, são os ribeirões Taquaral, Sino e Gomerl e na sua porção à jusante, constituída por área de várzea, o ribeirão Guaratinguetá (Figura 2).



Figura 2. Compartimentação da bacia do ribeirão Guaratinguetá: em alto curso, os ribeirões Gomerl e Taquaral e em médio e baixo curso, o ribeirão Guaratinguetá (CATI, 2008).

Caracterização do Meio Físico

Para o desenvolvimento deste estudo foram considerados os mapas de declividade e de drenagem da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá, obtidos dos levantamentos realizados por Soares (2005), apresentados na Figura 3. A sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá é caracterizada por apresentar uma grande diversidade de relevos, que variam de 550 a 2000 m de declividade e que propicia uma grande heterogeneidade quanto à sua hidrografia, tipos de solo, vegetação e ocupação humana, dificultando o manejo sustentável desta sub-bacia.

Com base em Ponçano et al. (1981), as unidades geomorfológicas dominantes na bacia são as escarpas festonadas e as colinas pequenas com espigões locais, e de forma subordinada morros, morrotes e planícies aluviais. Pelo mapa de declividade verifica-se que as declividades inferiores a 30% correspondem aos terrenos colinosos situados na porção média inferior da bacia e aos terrenos amorreados dos “morros com serras restritas” e “morrotes baixos”, situados no extremo oeste da bacia. As regiões com declividades entre 50 e 100% estão associadas quase que exclusivamente com a unidade de relevo “escarpas festonadas”. As declividades superiores a 100% são espacialmente pouco expressivas, ocorrendo em pequenos trechos de encostas encontrados também na unidade “escarpas festonadas”. O mapa de drenagem mostra que os ribeirões Taquaral e Gomerl situam-se no contexto de rochas cristalinas (porção oeste) e a densidade de drenagem difere substancialmente daquela relacionada ao ribeirão Guaratinguetá (porção leste) que teve todo o seu traçado esculpido no ambiente de rochas sedimentares. A partir do banco de dados de drenagem disponibilizados pelo CEIVAP (2000), foi possível quantificar e definir o tipo de uso do solo atual das áreas de nascentes.

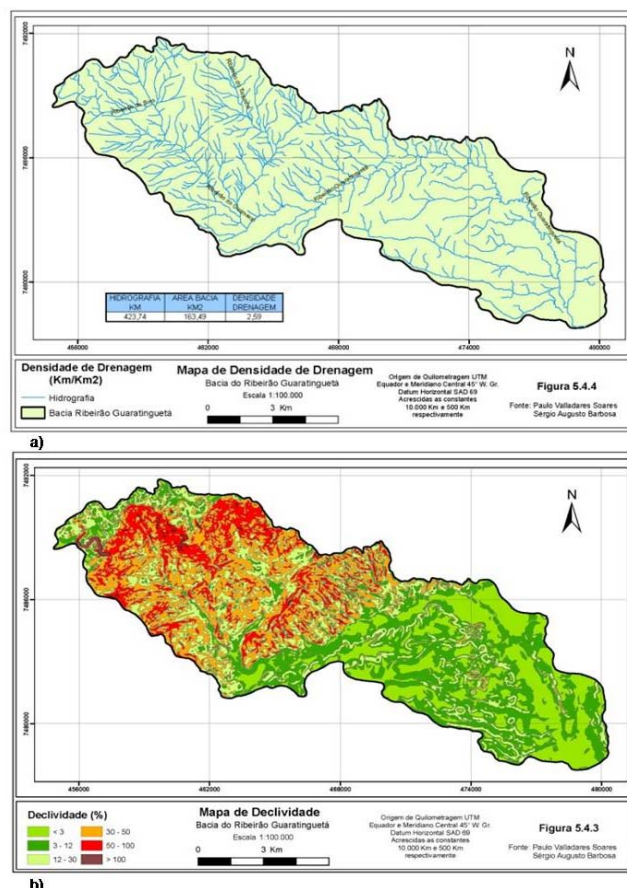


Figura 3. Mapas de levantamento do meio físico da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá: a) mapa de drenagem e b) mapa de declividade (Soares, 2005).

Levantamento do uso e ocupação do solo

Os dados de uso e ocupação do solo empregados neste estudo foram obtidos pelo mapeamento realizado pela TNC - The Nature Conservancy (2006), utilizando ortofotos com escala de voo de 1:30.000 do ano de 2004. Este mapeamento foi gerado por meio de interpretação visual de ortofotos e, a partir da digitalização na imagem dos polígonos, referentes às classes de interesse foram definidas as classes de uso e ocupação contidas na bacia. Também foram obtidos dados do levantamento censitário, realizado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), das Unidades de Produção Agropecuária (LUPAs) da bacia do ribeirão Guaratinguetá, cadastradas na Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente no início de 2008.

Delimitação das APPs e de seus respectivos usos

As APPs foram delimitadas por meio do software ArcGis e as análises espaciais foram realizadas no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Civil da UNESP, campus de Guaratinguetá. A delimitação das APPs hídricas da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá teve como referência o Código Florestal, que se baseia na Lei Federal nº 4.771/65 (alterada pela Lei Federal nº 7.803/89) e a Resolução CONAMA nº303/02, que estabelecem a faixa de 30 metros marginais ao longo dos cursos d'água com largura inferior a 10 metros, faixa de 50 metros ao longo dos cursos d'água de 10 a 50 metros de largura, áreas em um raio de 50 metros ao redor das nascentes e faixa marginal de 50 metros em lagoas na zona rural com área inferior a 20 hectares. Para as APPs de declividade foram consideradas as

encostas com declividade superior a 45 graus, o que equivale a 100 metros de projeção horizontal.

A área total da bacia, obtida nos mapas utilizados por Soares (2005), foi de 164 km², enquanto no mapa de uso e ocupação do solo gerado pela TNC (2006) a área total da bacia foi de 158,6 km², sendo esta última, a área empregada para os cálculos dos diferentes tipos de uso e ocupação adotados na bacia. Para o processo de análise espacial e comparação de informações foi utilizado o *software* ArcGis 9.2, de propriedade da empresa ESRI, por meio do qual foi armazenado um banco de dados geográficos. Definidas as APPs hídricas e de declividade, conforme as faixas determinadas pela legislação ambiental, foi gerado um layer com buffer em torno dos corpos hídricos e das encostas com declividade superior a 45 graus. Seguindo a metodologia descrita por Andrade et al. (2009), após a classificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia e da definição das áreas de APPs, foram realizados cálculos de *overlay* utilizando a ferramenta *intersect* do ArcGis, buscando sobrepor o uso e ocupação com as APPs. Por meio desta operação foi possível gerar um mapa final contendo todas as APPs no interior da sub-bacia e os diferentes tipos de uso que ocorrem nas mesmas.

3. Resultados e Discussão

Analisando o mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia, apresentado na Figura 4, é possível identificar que as áreas onde existe menor ação antrópica são exatamente aquelas situadas em seu alto curso, onde ocorrem as maiores declividades, que dificultam o acesso e o desenvolvimento de atividades produtivas. As áreas mais planas, são as que sofrem maior pressão antrópica, sendo ocupadas principalmente com pastagem e cultivos de várzea.

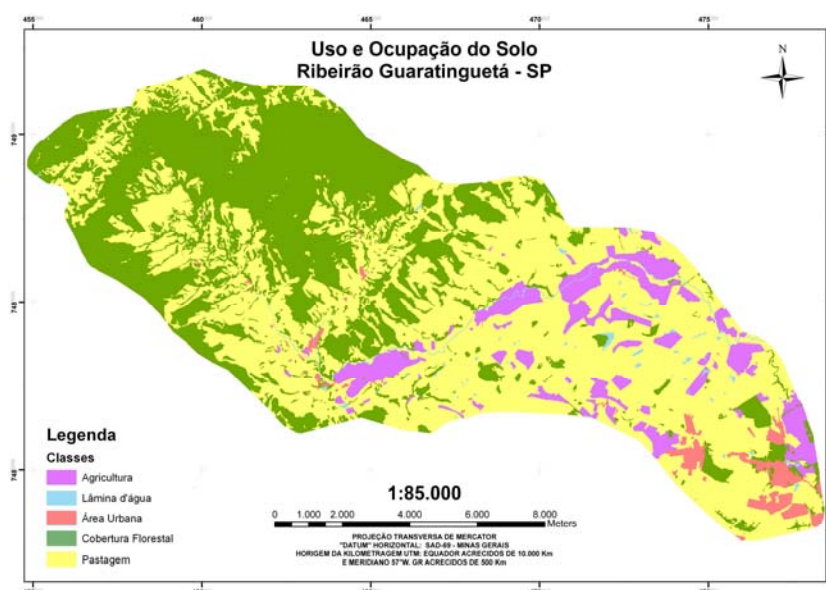


Figura 4. Mapa de Uso e Ocupação do solo da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá (TNC, 2006).

Os dados apresentados na Tabela 1 evidenciam que entre os usos e ocupação do solo, a pastagem é a que ocupa maior parte da bacia, 54%, seguida pela cobertura florestal que corresponde a, aproximadamente, 36%, enquanto a área de uso agrícola ocupa apenas 7,5% da área total da bacia. Apesar da menor porcentagem de uso e ocupação do solo pelas atividades agrícolas, estas podem alterar sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais (Merten & Minella, 2002). Segundo estes autores, estas alterações podem ser avaliadas por meio do monitoramento da qualidade da água, considerando que, as chuvas

precipitadas sobre as vertentes formarão o deflúvio superficial que carreará sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes da bacia, que pode ser avaliado pelos parâmetros de qualidade da água. No caso da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá a rizicultura irrigada se destaca entre as monoculturas desenvolvidas nas áreas de várzeas, e tem conseqüências diretas sobre a qualidade e quantidade da água, considerando que o cultivo de arroz requer uma grande quantidade de água durante todo o ciclo da cultura, em média $1,5$ a $2 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, num período médio de irrigação que varia de 80 a 100 dias. Nos meses de maior demanda por água, a maioria dos agricultores utilizam o escoamento superficial de forma simultânea e não escalonada resultando na impossibilidade do pronto atendimento das vazões solicitadas para todos os usuários, o que gera sérios conflitos pelo uso da água (SAEG, 2005).

Tabela 1. Uso e ocupação do solo e as respectivas áreas que ocupam na sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá (TNC, 2006).

Uso e Ocupação do solo	Descrição	Área (ha)	Porcentagem da área total
Agricultura	Área de uso agrícola	1.192,18	7,52
Área Urbana	Área residencial e/ou urbana	329,29	2,08
Cobertura Florestal	Toda área coberta com vegetação arbórea densa e/ou continua	5.671,62	35,77
Lâmina d'água	Cursos hídricos: rios, lagos e nascentes	95,80	0,60
Pastagem	Áreas com pastagens (plantadas e naturais) e solo exposto (estradas)	8.567,18	54,03
Área total		15.856,07	100,00

O mapa de uso e ocupação do solo em APPs, apresentado na Figura 5, também evidencia a intensa ação antrópica na bacia para fins agropecuários.

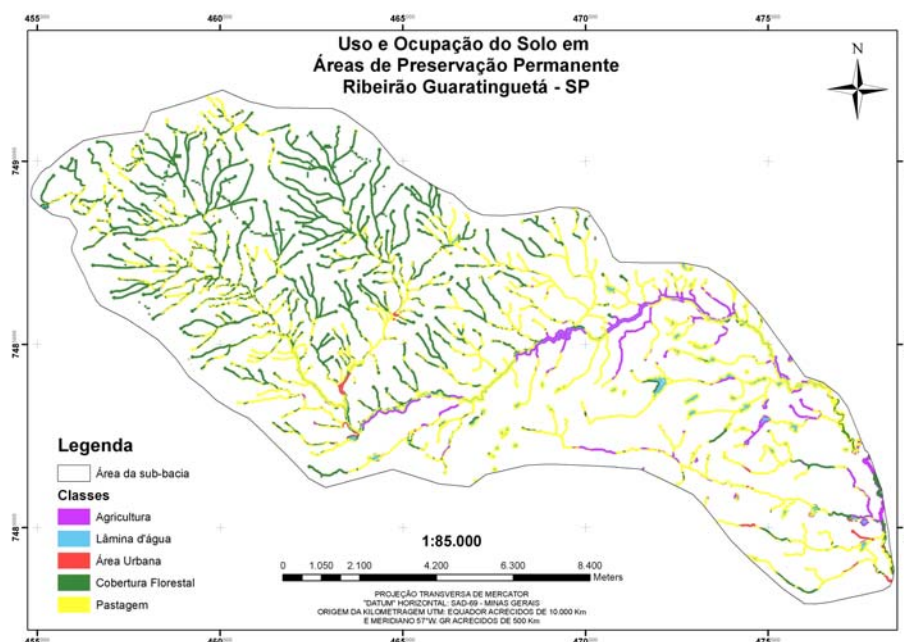


Figura 5. Uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá.

De acordo com este mapa de uso e ocupação do solo e os dados apresentados na Tabela 2, as APPs cobrem uma área de 2.844,45 ha, o que corresponde a 17,94% da área total da bacia, sendo 17,7% de APPs hídricas e 0,24% de APPs de declividade. Os resultados mostram que

56,15% de toda a área delimitada como APP está sendo explorada de forma indevida, principalmente por pastagens e atividades agrícolas, que não atendem ao que estabelece a legislação vigente. Conforme o Código Florestal estas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa, deveriam estar protegidas nos termos dos artigos 2º e 3º, assegurando, não só a qualidade da água e do solo, mas também a qualidade de vida da população.

Tabela 2. Uso e ocupação do solo nas APPs da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá.

Uso e ocupação do solo	APPs hídricas		APPs de declividade		Uso indevido das APPs	
	ha	(%)	ha	(%)	ha	(%)
Agricultura	196,23	6,99	-	-	196,23	12,3
Área Urbana	28,82	1,03	-	-	28,82	1,8
Cobertura Florestal	1.116,98	39,8	34,84	91,7	-	-
Lâmina d'água	95,48	3,4	-	-	-	-
Pastagem	1.368,95	48,78	3,15	8,3	1.372,10	85,9
Total de APPs	2.806,46	100,0	37,99	100,0	1.597,15	100,0

Verificou-se também que as APPs relacionadas às 301 nascentes da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá, que correspondem a uma área de 234,92 ha de APP, são ocupadas em 0,18% por lâmina d'água, 066% por área urbana, 1,96% com uso agrícola, 47,36% com pastagem e 49,83% com cobertura florestal. O fato de 49,92% das APPs relacionadas às nascentes serem ocupadas de forma indevida, sendo que destes, 47,36% são ocupados por pastagens, torna ainda mais problemática a situação da sub-bacia. Isso porque, a destruição dos fragmentos florestais, que constituem as APPs em áreas de nascentes, para a formação de pastos interfere diretamente no ciclo hidrológico, alterando o processo de infiltração de água nos solos e, consequentemente, contribuindo para a falta de água na sub-bacia do ribeirão.

As APPs da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá foram ocupadas por atividades agropecuárias, devido ao descumprimento do Código Florestal. Atualmente existem muitas discussões, abordadas por Metzger (2010), sobre o embasamento científico que permitiu definir os parâmetros e os critérios da Lei 4.771/65, principalmente no que diz respeito à largura das áreas de influência ripária. Este autor revisou diversos estudos realizados em diferentes ecossistemas brasileiros, procurando analisar os avanços científicos dos últimos 45 anos que permitem ou não sustentar o Código Florestal de 1965 e suas modificações ocorridas posteriormente. Em suas conclusões deixou claro que, o conhecimento científico obtido nestes últimos anos permite não apenas sustentar os valores indicados no Código Florestal de 1965, em relação à extensão das APPs, mas na realidade indica a necessidade de expansão destes valores para limiares mínimos de 100 m (50 m de cada lado do rio), independentemente do bioma, do grupo taxonômico, do solo ou do tipo de topografia e que corredores de apenas 30 m têm capacidade muito limitada de manutenção da biodiversidade.

4. Conclusões

As ferramentas do Sistema de Informações Geográficas foram eficientes para delimitar espacialmente as APPs e para quantificar as classes de uso e ocupação do solo que ocorrem nas APPs da sub-bacia do ribeirão Guaratinguetá, sendo o mapeamento gerado com facilidade por meio do processo de digitalização. A sub-bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá apresenta classes de uso do solo bem distribuídas, sendo maiores as áreas ocupadas com pastagem (54%) do que as ocupadas com florestas (36%). De toda as áreas delimitadas como APPs, 56,15% estão sendo explorados de forma indevida, principalmente por pastagens e atividades agrícolas, que não atendem ao que estabelece a legislação vigente e precisam de medidas corretivas urgentes. O embasamento técnico-científico gerado neste estudo

contribuirá com a dinâmica regional de estudos dos recursos naturais, com a tomada de decisões relativas ao uso e ocupação do solo das APPs e subsidiará projetos que visem à revitalização desta sub-bacia.

Agradecimentos: Ao Engenheiro Agrônomo Washington Agueda, Secretário de Agricultura e Meio Ambiente de Guaratinguetá; ao Dr. Paulo Valladares Soares, da ACEVP; ao Agrônomo Marcos Martinelli da CATI de Guaratinguetá e ao Dr. André Luis de Paula Marques, da SAEG, que integram a rede de parceiros e colaboradores, e todos os demais envolvidos no projeto de revitalização do ribeirão Guaratinguetá e que buscam, por meio da integração regional, solucionar os problemas ambientais da bacia do Rio Paraíba do Sul.

Referências Bibliográficas

Andrade, A. M.; Poelking, E. L.; Filho, E. I. F. Uso e Ocupação das Áreas de Preservação Permanente na Bacia do São Bartolomeu, Viçosa (MG). In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa – MG.

Brasil. “Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965”. 1965.

Brasil. “Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002”. 2002.

Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP. Projeto qualidade das águas e controle da poluição hídrica – PQA. ANEEL/SMASP/BIRD/PNUD (CD-ROM). 2000.

Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá – SAEG. “Projeto de monitoramento da qualidade de água do ribeirão Guaratinguetá – Fase I, Diagnóstico da utilização de agroquímicos em agricultura irrigada, cadastro de usuários de água e levantamento da ocupação e uso do solo” – Relatório Final. Geoambiente, 2005. 97p.

Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI. Instituto de Economia Agrícola. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo – LUPA 2007/2008. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008.

Costa, T.C. e C. da.; Souza, M.G. de.; Brites, R.S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1996, Salvador. p.121-127, 1996.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados do IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 21.ago. 2010.

Merten, G.H.; Minella, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

Metzger, J.P. O Código Florestal Tem Base Científica? Painel Florestal. Disponível em: <<http://painelflorestal.com.br/artigos/8244/o-codigo-florestal-tem-base-cientifica>>. Acesso em: 20.ago.2010

Ponçano, W.L.; Carneiro, C.D.R.; Bistrichi, C.A.; Almeida, F.F.M. de; Prandini, F.L. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1981. 94 p. (Publicação no. 1183).

Rocha, C.H.B. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220p.
Soares, P.V. As interrelações de elementos do meio físico natural e modificado na definição de áreas potenciais de infiltração na porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul. (Tese de Doutorado). 2005. 192p.

The Nature Conservancy – “Relatório Técnico: Interpretação de Uso e Ocupação do Solo da Bacia de Guaratinguetá”. 2006.