

## Diagnóstico da sub-bacia do Reservatório Cachoeira, SP.

Paulo de Miranda Bernardo<sup>1</sup>  
Fábio Ávila Nossack<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rua Capitão José Paes de Almeida, nº1453 / Bairro Alto  
18.601-060 - Botucatu-SP, Brasil  
paulombernardo@gmail.com  
fnossack@gmail.com

**Abstract.** This work refers to the Waterfall Reservoir Sub-basin, located in the State of São Paulo, compounding the supply system Cantareira. Analyzing the process of spatio-temporal dynamics of land cover and land use and drainage networks, compared to increased urban sprawl, in which the environment suffers serious consequences, the waters are being polluted and thus contributing to loss of quality of resources water. The importance of diagnosing these areas is due to the Waterfall Reservoir represent about 17% of the total volume of water, along with four other watersheds that comprise the Cantareira System. The objective of this study was to integrate official databases available for the areas in question and critically analyze the interrelationship of water resources and land use, due to their importance for the region, through remote sensing techniques and Geographic Information System (GIS). Data geomorphological features, slope, land cover and use, and permanent preservation areas in order to base a diagnosis of springs and preservation areas were collected. With the mapping of the areas of preservation and its intersection with usage information on Waterfall Reservoir sub-basin, it was found that 48% of the area is under anthropogenic activities undertaken in legally protected areas in environmental law. It is concluded that 59% of springs are in the stage of environmental degradation or inappropriate use in your surroundings.

**Palavras-chave:** anthropogenic activities, GIS, degradation, drainage networks, environment diagnosis; atividades antrópicas, SIG, degradação, redes de drenagem e diagnóstico ambiental.

### 1. Introdução

Este trabalho refere-se à Sub-bacia do Reservatório Cachoeira, situado no Estado de São Paulo, compondo o Sistema de Abastecimento Cantareira. Analisando o processo da dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo e as redes de drenagem, frente a crescente expansão urbana, na qual o meio ambiente sofre consequências graves, as águas estão sendo poluídas e desta maneira contribuindo para perda da qualidade dos recursos hídricos.

O Sistema Cantareira é um conjunto de seis represas: Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Águas Claras e Paiva Castro. As represas Jaguari e Jacareí normalmente são consideradas como única represa, pois, seus reservatórios estão interligados e operam de forma conjunta.

A importância do diagnóstico destas áreas se dá devido ao Reservatório Cachoeira representar cerca de 17% do volume total de água, juntamente com outras quatro bacias hidrográficas, que compõe o Sistema Cantareira.

Localizado nas nascentes das cabeceiras das bacias Piracicaba, Capivarí e Jundiá (PCJ), é considerado um sistema produtor de água, além de fornecer uma das melhores águas do planeta, com padrões de qualidade superiores aos exigidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), de acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). O sistema é responsável pelo abastecimento de 5,2 milhões de habitantes nas bacias PCJ e outros 9 milhões da Grande São Paulo (55% da população da região metropolitana).

Conjuntamente à expansão urbana, houve uma acelerada devastação vegetal, grande parte das nascentes foi degradada, houveram muitas ocupações irregulares nas áreas de

matas ciliares e planície de inundação dos rios, bem como a falta de planejamento agrícola para zonedar áreas com maior importância à conservação ambiental e produção de água.

O desmatamento, a impermeabilização do solo e o descaso com as nascentes afetam diretamente a disponibilidade hídrica. A poluição gerada nas áreas urbanas, oriunda de esgotos domésticos, efluentes industriais e poluição difusa através do escoamento das águas pluviais, assim como a poluição das áreas rurais, pela utilização de agrotóxicos, pelos dejetos animais e pelo carreamento de sedimentos devido à erosão, afetam diretamente a qualidade das águas. Esta situação fica mais complicada quando a bacia hidrográfica em questão é considerada como manancial, ou área de interesse para manancial de abastecimento, como é o caso do território do Reservatório Cachoeira.

O uso do geoprocessamento, como ferramenta para o estudo de bacias hidrográficas, proporciona uma análise temporal e uma visão espacial da realidade ambiental dessas áreas. O manejo de bacias hidrográficas é definido como o processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais, a fim de produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água.

O objetivo deste trabalho foi integrar bases de dados oficiais disponíveis para as áreas em questão analisar de forma crítica a inter-relação dos recursos hídricos e o uso do solo, devido a importância dos mesmos para a região, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram coletados dados de feições geomorfológicas, declividade, uso e cobertura do solo e áreas de preservação permanente de forma a embasar um diagnóstico das nascentes e áreas de preservação.

## 2. Metodologia de trabalho

### 2.1 Área de Estudo

A área da sub-bacia do Reservatório Cachoeira possui uma área de aproximadamente 27.373 ha e está inserida nos municípios de Piracaia e Jaguari, no Estado de São Paulo, conforme a Figura 1.

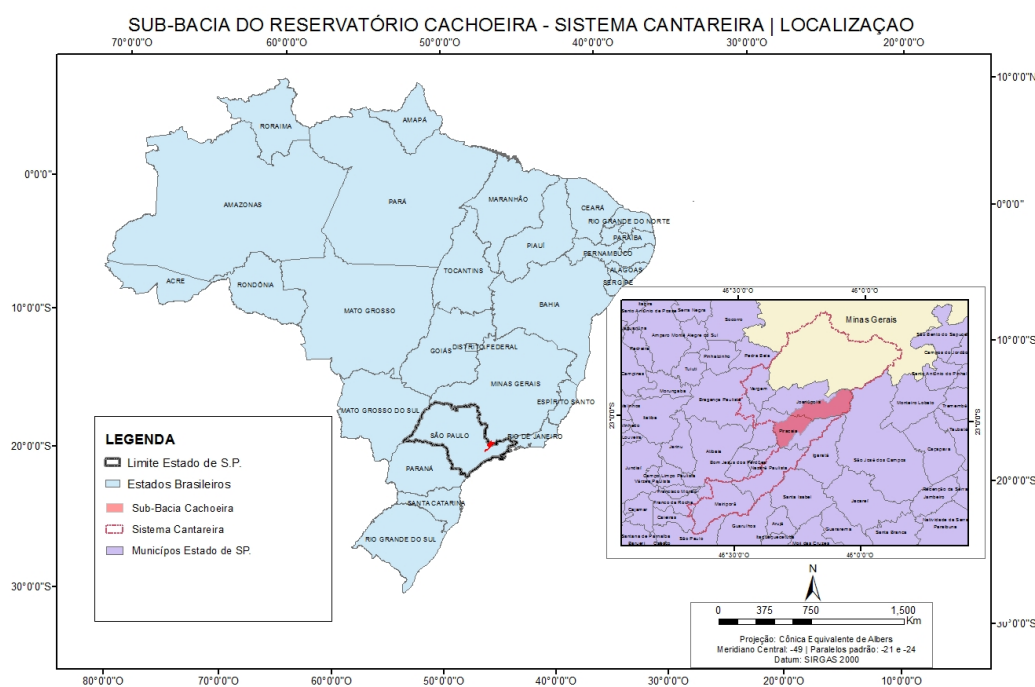


Figura 1. Localização da Sub-bacia Cachoeira no Estado de São Paulo.

## **2.2. Metodologias da montagem do Banco dos Planos de Informação Hidrografia e Hipsometria.**

Foram utilizados arquivos vetoriais em escala 1:50.000 confeccionados pelo IBGE, que são gratuitos e estão disponíveis para download. As cartas Planialtimétricas estão disponíveis no formato digital e vetorial, sendo este último o mais recomendado por já conseguirmos uma importação direta para o Sistema de Informação Geográfica.

Foram necessárias 12 Cartas Planialtimétricas na escala 1:50.000 para compor o banco de Dados da Sub-bacia. Os planos de informação utilizados foram: de Rede de Drenagem Polígonos (Represas e Rios de maior dimensão), Polilinhas (Córregos) e Curvas de Nível. Após adicionar cada uma das cartas, foi necessário unir todas as feições para se obter uma melhor qualidade dos dados gerados a partir delas.

Todos os dados foram projetados para o Sistema Métrico Policônico de Albers no Datum SIRGAS 2000, para que possam ser corretamente cruzados.

## **2.3. Mapa de Uso da Terra**

Este mapa foi construído utilizando diversas fontes diferentes, buscando os principais zoneamentos para Unidades de Conservação Estaduais e Federais, Zonas Urbanas, Reflorestamento, Vegetação natural, Áreas de cultivo Agrícola, Pastagens, Indústrias, etc. O principal problema encontrado foi a cronologia dos dados, buscou-se dados mais próximos possíveis do mapeamento mais completo existente que é o Mapa de Cobertura da Terra realizado pela Secretaria do Meio Ambiente com imagens de 2010. Buscou-se então dados mais próximos desta época.

### **2.3.1. Mapeamento de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo (2010) - (1:100.000)**

O mapa de cobertura da terra do Estado de São Paulo foi realizado pela Coordenadoria do Planejamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente (2013) com base em imagens do satélite Landsat 5 do sensor TM, do ano de 2010, utilizando classificação baseada em objetos e posterior correção visual.

### **2.3.2. Mapeamento de Cobertura da Terra do Comitê das Bacias do PCJ (2010)**

O Mapa temático utilizado para detalhamento do mapeamento foi o apresentado no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (2010-2020), onde cada classe identifica um tipo de uso/ocupação do solo, seja ele natural ou decorrente de atividades antrópicas. Para a obtenção deste mapa foram utilizadas cenas de imagens do satélite Landsat – ETM+, datadas de maio de 2003.

### **2.3.3. Mapeamento das áreas de Cana (CANASAT INPE)**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), realiza o monitoramento anual do cultivo da cana-de-açúcar nas seguintes classes: soca, expansão, em reforma (18 meses) e reformada (18 meses).

O mapeamento é realizado anualmente utilizando imagens obtidas pelos satélites Landsat, CBERS e Resourcesat-I, disponibilizadas gratuitamente pelo INPE/DGI.

O processamento e a interpretação das imagens foram realizados no software SPRING.

As classificações de cana para o mapa temático foram feitas incluindo os anos safra 2008/09, 2009/2010 e 2010/2011, foram realizadas pelo método Visual/manual de interpretação de imagem em uma escala aproximada de 1:50.000 usando o software PRIMAVERA (RUDORFF ET ALL, 2010).

A interpretação visual das imagens Landsat foi feita por vários intérpretes treinados e posteriormente analisadas por um único e mais experiente intérprete. Vários trabalhos de campo, bem como alguns mapas fornecidos pelas plantas de cana foram utilizados durante o processo de formação interpretação de imagens para garantir que o alvo certo estava sendo mapeado (RUDORFF ET ALL, 2010).

#### **2.3.4. Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo (SIFESP)**

O "Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo" constitui uma seqüência das ações que o Instituto Florestal tem desenvolvido objetivando efetuar o mapeamento e a avaliação dos remanescentes da vegetação natural do Estado de São Paulo para fins de estudos e controle da dinâmica de suas alterações. O atual trabalho é um produto digital sendo que as bases georreferenciadas estabelecidas permitem a associação de informações geográficas com banco de dados convencionais (SIFESP, 2014).

Importante conquista do "Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo" foi a conversão das antigas legendas utilizadas na vegetação natural para o sistema de classificação fisionômico-ecológico e hierárquico utilizado pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, de caráter mais universal. Ao mapear com exatidão e em formato digital o tamanho, a forma e o tipo fisionômico-ecológico dos fragmentos da vegetação natural, este Inventário permite que tanto o Poder Público como a sociedade monitorem alterações e/ou agressões a estes poucos remanescentes da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo (SIFESP, 2014).

Para complementar o mapeamento realizado neste trabalho de Uso da Terra para o Estado de São Paulo, foram utilizados os Planos de Informação Unidades de Conservação, Zonas Urbanas (2000), Reflorestamento e Inventário Florestal (2010) fornecidos pelo Instituto Florestal.

### **3. Resultados e Discussão**

Na figura 2 é apresentado o mapa de Rede de Drenagem, com os dados fornecidos pelo IBGE. À partir dos vetores de Córregos, foi possível obter as nascentes e consequentemente cruzar as informações com os dados de Cobertura da Terra. O Resultado deste cruzamento detalhou quais nascentes se encontram ou não em área sem Vegetação Nativa ou Campo Natural. Segundo o Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), estas áreas são áreas de Preservação e deveriam ter sua cobertura vegetal conservada. Desta forma foram classificadas como degradadas todas as nascentes que se encontram em áreas sem Vegetação Natural. Foram identificadas 262 nascentes conservadas e 390 degradadas, o que resulta em 59% das nascentes sem a devida cobertura vegetal.

Em seguida, na figura 3, é caracterizado o relevo da área de estudo, realizado à partir da interpolação das curvas de nível do IBGE, equidistantes 20 metros uma da outra. Este modelo é apresentado com a altimetria do Terreno.

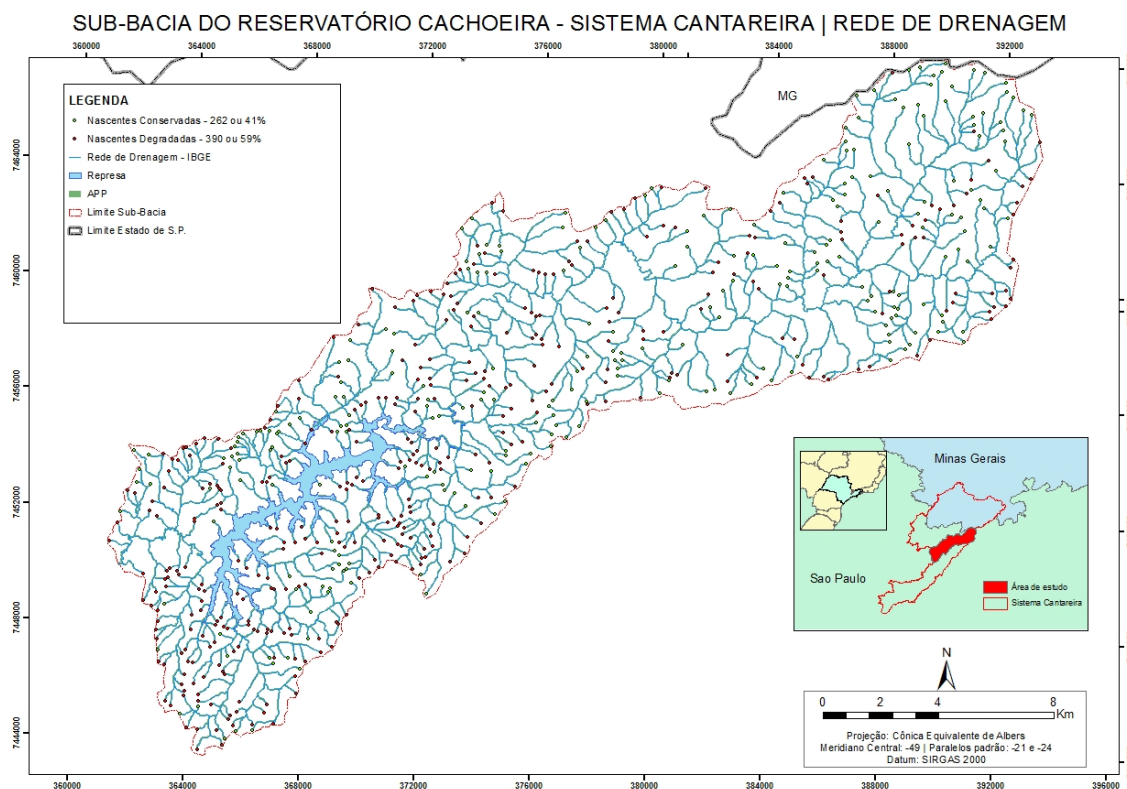


Figura 2. Mapa de Rede de Drenagem da Sub-bacia do Reservatório Cachoeira.

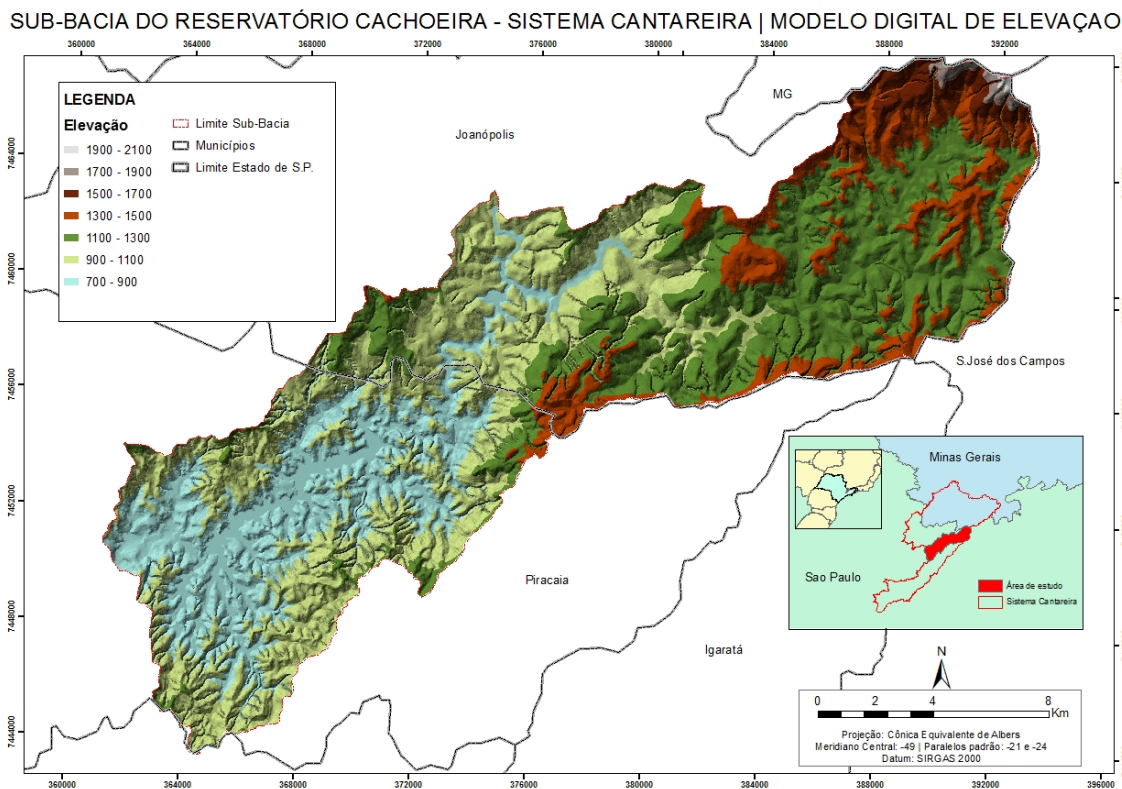


Figura 3. Modelo Digital de Elevação do Terreno, interpolação à partir das curvas de nível do IBGE (1:50.000)

O mapa de Uso e Ocupação da Terra, figura 4, apresenta as áreas de cada classe de feição mapeada no presente trabalho. Constatou-se que aproximadamente 40% da área possui cobertura de Floresta Nativa ou de Campo Nativo e 30% das áreas como pastagem. Existem também grandes áreas de Plantios Florestais (23%), dada a proximidade das indústrias de Papel e Celulose.

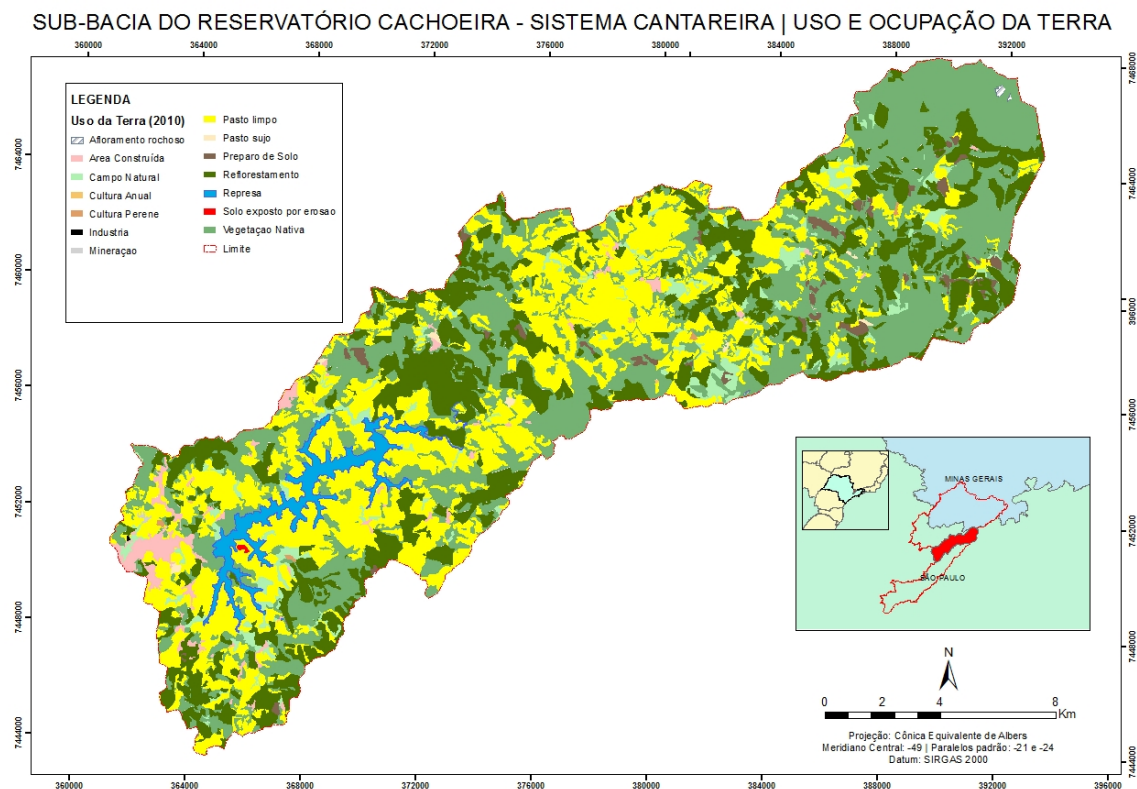


Figura 4. Mapa de Uso e Ocupação da Terra (2010).

Os usos determinados no mapeamento são apresentados na tabela 1. Destaca-se a quantidade de Vegetação Nativa à montante da sub-bacia. As pastagens estão em segundo lugar em quantidade na sub-bacia, com 30% da área total. Áreas com pastagens, quando não utilizadas práticas conservacionistas, apresentam diversos níveis de degradação, acarretando em degradação dos recursos hídricos.

As áreas de Preservação foram definidas conforme o Código Florestal, sendo 50 metros no entorno de nascentes e 30 metros no entorno de córregos de até 10 metros de largura. Estas áreas de preservação, foram determinadas e cruzadas com o mapa de Uso, computando o Uso em Áreas de Preservação, tabela 2, demonstrando que quase metade das áreas de Preservação estão inadequadas ou degradadas.

Dentro das áreas de Preservação o maior conflito foi com Pastagens, com 25% da área total, seguido por Reforestamentos, com 19%. Estas áreas, devido ao interesse ambiental e à importância para o abastecimento público, deverão paulatinamente, ser recuperadas e conservadas, sendo prioritárias para a conservação e produção de água.

Tabela 1. Uso e Cobertura da Terra determinado a partir do mapeamento da Sub-bacia, com a área em hectares e com percentual total na área.

<b>Uso e Cobertura da Terra</b>	<b>AREA - Hectares</b>	<b>%</b>
Afloramento rochoso	15,24495	0,06
Cultura Anual	11,07441	0,04
Campo Natural	983,99921	3,59
Industria	1,87177	0,01
Mineração	7,69140	0,03
Cultura Perene	20,12195	0,07
Pasto limpo	8413,33113	30,74
Pasto sujo	49,25771	0,18
Preparo de Solo	354,86070	1,30
Solo exposto por erosão	7,30400	0,03
Area Construída	497,42280	1,82
Reflorestamento	6349,31343	23,20
Vegetação Nativa	9947,59659	36,34
Represa	713,71361	2,61
<b>Total</b>	<b>27372,80368</b>	<b>100</b>

Tabela 2. Uso e Ocupação da Terra em Áreas de Preservação Permanente.

<b>Uso em APP</b>	<b>Area (Ha)</b>	<b>%</b>
Afloramento rochoso	0,02	0,00
Cultura Anual	2,25	0,05
Industria	0,06	0,00
Mineracao	2,50	0,06
Cultura Perene	2,16	0,05
Pasto limpo	1027,99	25,10
Pasto sujo	11,38	0,28
Preparo de Solo	32,52	0,79
Area Construída	103,81	2,53
Reflorestamento	800,98	19,56
<b>Sub-total</b>	<b>1983,66</b>	<b>48,43</b>
Vegetação Nativa	1911,94	46,68
Campo Natural	199,92	4,88
<b>Sub-total</b>	<b>2111,86</b>	<b>51,57</b>
<b>Total Geral</b>	<b>4095,52</b>	<b>100</b>

#### 4. Conclusões

O SIG mostrou-se adequado para elaboração de banco de dados georreferenciados e processamento de imagens.

Com o mapeamento das áreas de preservação e seu cruzamento com a informação de uso na sub-bacia do Cachoeira, verificou-se que 48% da área está sob atividades antrópicas, desenvolvidas em áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental.

Conclui-se que 59% das Nascentes se encontram em estágio de degradação ambiental ou de uso inadequado em seu entorno.

## 5. Referências Bibliográficas

—. Plano das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020: relatório síntese. 1a Ed. São Paulo: Neoband Soluções Gráficas, 2011. 128p.  
DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DE SÃO PAULO – DAEE.  
Coletânea de Projetos de Água e Esgoto – Anexo do Edital da Proposta Macrometrópole, 2008.

INPE-DPI. **DGI, Manual do usuário**, São José dos Campos, 1996.  
(<http://www.dgi.inpe.br/FTP-pub/docs/ManUsu.pdf>). Acesso em 01 nov. 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Downloads, Geociências. 2014.  
Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal. Brasil. 2012.

MAPEAMENTO DE COBERTURA DA TERRA DO ESTADO DE SÃO PAULO – 2010 - ESCALA 1:100.000 - Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Secretaria Do Meio Ambiente Do Estado De São Paulo, 2013.

Rudorff, B.F.T.; Aguiar, D.A.; Silva, W.F.; Sugawara, L.M.; Adami, M.; Moreira, M.A. **Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data**. Remote Sens. 2010, 2, 1057-1076.

Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo – SIFESP. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/>> Acesso em 20 de jan. 2014