

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
CAMPUS DE SOROCABA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
“PLANEJAMENTO E USO DE RECURSOS RENOVÁVEIS”

**MARIANA SANTOS LEAL**

**CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO ITANGUÁ COMO SUPORTE À  
GESTÃO DA FLORESTA NACIONAL DE CAPÃO BONITO, SP VISANDO À  
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA**

Sorocaba/SP  
2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
CAMPUS DE SOROCABA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
“PLANEJAMENTO E USO DE RECURSOS RENOVÁVEIS”

**MARIANA SANTOS LEAL**

**CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO ITANGUÁ COMO SUPORTE À  
GESTÃO DA FLORESTA NACIONAL DE CAPÃO BONITO/SP VISANDO À  
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em “Planejamento e uso de recursos renováveis”, para obtenção do título de mestre em “Planejamento e uso de recursos renováveis”.

Orientação: Profa. Dra. Kelly Cristina Tonello

Sorocaba/SP  
2016

Leal, Mariana Santos

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO ITANGUÁ COMO  
SUPORTE À GESTÃO DA FLORESTA NACIONAL DE CAPÃO  
BONITO/SP VISANDO À CONSERVAÇÃO DA ÁGUA / Mariana Santos  
Leal. -- 2016.

86 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus  
Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Kelly Cristina Tonello

Banca examinadora: Herly Carlos Teixeira Dias, Rafael Mingoti

Bibliografia

1. Manejo de bacia hidrográfica. 2. Morfometria. 3. Práticas  
conservacionistas de solo. I. Orientador. II. Universidade Federal de São  
Carlos. III. Título.

**MARIANA SANTOS LEAL**

**CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO ITANGUÁ COMO SUPORTE À  
GESTÃO DA FLORESTA NACIONAL DE CAPÃO BONITO/SP VISANDO À  
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, para obtenção do título de mestre em “Planejamento e Uso de Recursos Renováveis”. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, 27 de abril de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

Orientadora



---

Profa. Dra. Kelly Cristina Tonello  
Universidade Federal de São Carlos

Examinador



---

Dr. Rafael Mingoti  
Embrapa

Examinador



---

Prof. Dr. Herly Carlos Teixeira Dias  
Universidade Federal de Viçosa



## **DEDICO**

*A Deus, meu pai, minha mãe, minha irmã e meus avós,  
pois sem dúvida não teria chegado até aqui sem vocês...*





## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba e ao Programa de Pós-graduação em Planejamento e Uso dos Recursos Renováveis (PPGPUR) pelo apoio e por me concederem a oportunidade de desenvolver meus projetos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro, sem o qual a minha dedicação exclusiva ao projeto ficaria comprometida.

A todos os amigos do Grupo de Pesquisa de Hidrologia em Ecossistemas Florestais – Hidrolef pelo companheirismo, sobretudo à Débora Bessi e ao Gustavo Trevizan pelo auxílio no trabalho de campo e pela prazerosa companhia na Flona e ao Victor Alves por toda a ajuda na etapa de geoprocessamento dos dados.

Às queridas Tropicálias, Aline, Lara, Damaris, Karen e Paula pela valiosa amizade e carinho de todos os momentos e aos meus amigos de mestrado pelo companheirismo.

A todos os funcionários da Floresta Nacional de Capão Bonito por permitirem a realização da minha pesquisa na Flona e principalmente ao Flávio e ao Fernando pela grande ajuda no trabalho de campo.

Ao Prof. Dr. Herly Carlos Teixeira Dias e ao Dr. Rafael Mingoti pela participação nas bancas e pelas excelentes contribuições no trabalho.

*“E um agradecimento especial a minha querida orientadora Profa. Dra. Kelly Cristina Tonello, pelas oportunidades proporcionadas, por todo o apoio e confiança depositada em mim, pela amizade e por ter compartilhado comigo seus conhecimentos de uma maneira tão generosa, sempre me orientando o caminho a seguir”.*



## RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais abundantes no planeta, mas que ao mesmo tempo está se tornando escasso tanto em quantidade como em qualidade em diversas regiões, ocasionando inúmeros conflitos. A bacia hidrográfica deve ser um ambiente permeável, onde a água infiltra no solo e alcança o lençol freático para depois ser distribuída de maneira abundante e contínua. O conhecimento das características físicas e biológicas da bacia influencia no manejo e, conseqüentemente, na produção de água. Desta forma, este trabalho teve por objetivo a caracterização da bacia do Itanguá como suporte à gestão da Floresta Nacional de Capão Bonito, SP, visando à conservação da água. Essa dissertação foi dividida em capítulos, sendo que o capítulo 1 contextualizou os temas pertinentes à realização desse estudo, na forma de revisão bibliográfica, o capítulo 2 abordou a caracterização hidroambiental da bacia, o capítulo 3 avaliou a vulnerabilidade da bacia a enchentes e as áreas que necessitam ser reflorestadas, o capítulo 4 identificou as áreas prioritárias à conservação de solo e água e o capítulo 5 apresentou uma conclusão geral. Os primeiros resultados indicaram que 60% das nascentes analisadas in loco, foram caracterizadas como pontuais enquanto que as demais foram difusas e de acordo com a avaliação macroscópica, 13% das nascentes foram consideradas com ótimo, 80% com bom e 7% com razoável estado de conservação. Os principais impactos ambientais negativos observados foram a presença de espécies exóticas tanto animal como vegetal: Javali (*Sus scrofa*) e *Pinus* spp. e a ausência de vegetação nativa na área de preservação permanente dos cursos d'água. A análise morfométrica apontou que a bacia do Itanguá é um local importante para a conservação dos recursos hídricos por apresentar forma mais alongada e baixa tendência a enchentes e ao partir da análise do uso e cobertura da terra foi possível identificar quais os locais que precisam ser reflorestados na área de preservação permanente. Foram ainda encontradas nove diferentes classes de prioridades para a implantação de práticas conservacionistas de solo e seis classes para a restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água. Os resultados obtidos proporcionaram a caracterização da bacia do Itanguá e a obtenção de importantes informações, uma vez que contribuem com o Plano de Manejo da Flona de Capão Bonito. Todas as metodologias utilizadas no trabalho foram satisfatórias para alcançar os objetivos propostos.

**Palavras-chave:** avaliação macroscópica, morfometria, práticas conservacionistas de solo, restauração florestal.



## ABSTRACT

Water is one of the most abundant natural resources on the planet, but at the same time is becoming scarce in both quantity and quality in many regions, causing numerous conflicts. The watershed must be a permeable environment, where water infiltrates the soil and reaches the water table and then can be distributed abundant and continuously. Knowledge of the physical and biological characteristics of the basin influencing the handling and consequently the production of water. This study aimed to characterize the Itanguá watershed to support the management of the National Capão Bonito Forest, SP for conservation of water. This dissertation was divided into chapters: chapter 1 contextualized the issues relevant to this study, in the form of bibliographic review, chapter 2 discussed the hydro-environmental characterization of the basin, chapter 3 identified the vulnerability of Itanguá watershed to the floods and the areas to be reforested in the permanent preservation areas, chapter 4 identified the priority areas for soil and water conservation and chapter 5 provides a general conclusion. The first results indicated that 60% of the sources analyzed in situ, were characterized as point while the others were diffuse and according to macroscopic evaluation, 13% of the sources were considered with great, 80% good and 7% with reasonable conservation state. The main negative environmental impacts observed were the presence of both exotic species such as: Boar (*Sus scrofa*) and *Pinus* spp. and the absence of native vegetation in the area of permanent preservation. The morphometric analysis showed that the Itanguá watershed is an important site for the conservation of water resources by having more elongated and low tendency to form flooding. Were also found nine different priorities classes of soil conservation practices implementation and six classes for forest restoration in permanent preservation area of waterways. The results provided a characterization of the basin Itanguá and important information, since they contribute to the Flona the management plan of Capão Bonito. All methods used in the study were satisfactory to achieve the proposed purpose.

**Keywords:** macroscopic evaluation, morphometry, hydrologically sensitive areas.



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – Introdução geral.....</b>	<b>19</b>
1.1 Introdução.....	19
1.2 Fundamentação teórica.....	21
1.2.1 Nascentes.....	21
1.2.2 Morfometria.....	22
1.2.3 Uso e cobertura da terra.....	25
1.2.4 Definição de áreas prioritárias à conservação de solo e água.....	26
1.3 Referências Bibliográficas.....	28
<b>CAPÍTULO 2 - Caracterização hidroambiental das nascentes da bacia do córrego Itanguá, Capão Bonito, SP.....</b>	<b>33</b>
2.1 Introdução.....	34
2.2 Material e métodos.....	35
2.2.1 Área de estudo.....	35
2.2.2 Caracterização das nascentes quanto ao tipo.....	36
2.2.3 Avaliação macroscópica.....	37
2.3 Resultados e Discussões.....	38
2.3.1 Caracterização das nascentes quanto ao tipo.....	38
2.3.2 Avaliação macroscópica.....	39
2.4 Conclusão.....	46
2.5 Referências Bibliográficas.....	47
<b>CAPÍTULO 3 - Avaliação da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia do córrego Itanguá, Capão Bonito, SP .....</b>	<b>50</b>
3.1 Introdução.....	51
3.2 Material e métodos.....	52
3.2.1 Área de estudo.....	52





3.2.2 Morfometria.....	52
3.2.3 Uso e cobertura da terra.....	55
3.3 Resultados e Discussões.....	55
3.3.1 Morfometria.....	55
3.3.2 Uso e cobertura da terra.....	62
3.4 Conclusão.....	65
3.5 Referências Bibliográficas.....	65
<b>CAPÍTULO 4 - Definição de áreas prioritárias à conservação de solo e água na bacia do córrego Itanguá, Capão Bonito, SP.....</b>	<b>69</b>
4.1 Introdução.....	70
4.2 Material e métodos.....	71
4.2.1 Área de estudo.....	71
4.2.2 Processamento dos dados.....	72
4.3 Resultados e Discussões.....	74
4.3.1 Áreas prioritárias para a implantação de práticas conservacionistas de solo	74
4.3.2 Áreas prioritárias para a restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água.....	79
4.4 Conclusão.....	81
4.5 Referências Bibliográficas.....	81
<b>CAPÍTULO 5 – Conclusão geral.....</b>	<b>85</b>



## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 INTRODUÇÃO

Ao longo de toda nossa história a substituição das florestas por outros usos como a produção agrícola, pecuária, urbanização, somada a exploração dos recursos naturais e o manejo inadequado do solo provocaram a degradação do meio ambiente, fragmentação, diminuição da biodiversidade, intensificação dos processos erosivos e até mesmo a mudança do clima. Consequentemente essas alterações contaminam a água e provocam distúrbios no regime hidrológico, uma vez que qualquer alteração em qualquer porção da bacia provoca impactos na infiltração e na produção de água.

Lima (1996) sugere a água como o principal agente no manejo de bacias hidrográficas, por sua importante relação com os demais recursos naturais.

Diante desse contexto o diagnóstico ambiental é fundamental para o planejamento do uso e cobertura da terra e para a conservação de solo e água, de modo que os impactos ambientais possam ser mitigados e a bacia consiga ser manejada adequadamente.

O manejo de uma bacia hidrográfica deve ser feito de tal forma que a água infiltre no solo e abasteça o lençol freático e, por conseguinte a bacia consiga produzir água. O processo de escoamento superficial fica reduzido, diminuindo também os processos erosivos e de assoreamento dos cursos d'água (VALENTE; DIAS, 2001).

A criação de áreas protegidas, as chamadas Unidades de Conservação (UC), constitui um importante instrumento de planejamento territorial ambiental, medida esta que também contribui com a conservação da água.

Uma UC, de acordo com a Lei federal nº 9.985/00, é constituída por seu espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituída pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

De acordo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) as Unidades de Conservação podem ser divididas em Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. A primeira categoria pressupõe a preservação em caráter permanente, enquanto que a segunda permite o uso sustentável dos recursos naturais.

É essencial, portanto, que o gerenciamento e o manejo das Unidades de Conservação sejam muito bem planejados para que as mesmas cumpram com suas funções ambientais,

sociais e econômicas, culturais e científicas, maximizando as oportunidades de conservação e minimizando os impactos negativos (OLIVEIRA, 2009).

A Floresta Nacional de Capão Bonito ou Flona de Capão Bonito, localizada entre os municípios de Buri e Capão Bonito, SP, foi criada no ano de 1944 pelo Instituto Nacional do Pinho (INP), com a denominação inicial de “Parque Florestal Itanguá” e atualmente está sob a administração do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

Esta UC é uma área de uso sustentável e com grande potencial hídrico, já que em sua área se encontram duas bacias hidrográficas, inclusive a do córrego Itanguá, área do presente estudo. No entanto, se manejada de maneira inadequada, a UC não conseguirá cumprir com seus objetivos referentes à conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos.

Para que as Unidades de Conservação consigam cumprir com seus objetivos, o que configura um grande desafio, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação prevê a elaboração de um plano de manejo, o principal instrumento de gestão das Unidades. Para a criação do mesmo as informações básicas da paisagem são fundamentais, porém uma das principais dificuldades é a falta de uma fonte de dados com essas informações (PISSARA et al., 2003).

A Flona de Capão Bonito, infelizmente, se enquadra nessa situação uma vez que apresenta um plano de manejo obsoleto, do ano de 1989, e que precisa atualmente de revisão, sendo que para isso é necessário o levantamento do meio físico (solo, hidrologia), biótico (fauna, flora), antrópico e riscos ambientais.

Um aspecto diferencial dessa Flona é que possui mais de 50% de seu território ocupado por plantios de *Pinus* spp., com idade aproximada de 50 anos. Dos 4.344 hectares de área, 3.489,39 ha são ocupados por reflorestamentos, distribuídos em: 2.402,19 ha de *Pinus elliotti*; 39,47 ha de *Pinus* spp.; 1.002,00 ha de *Araucaria angustifolia*; 45,73 ha de experimentos com várias outras espécies florestais nativas e exóticas e outros 270 ha de mata nativa. A área restante é ocupada por aceiros, estradas, espaço para edificações e áreas de lazer (CNUC, 2015). A Flona está dividida em duas glebas e 40% de sua área total está inserida na bacia do córrego Itanguá.

O uso de geotecnologias como os sistemas de informação geográfica, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento vêm ao encontro da necessidade de obtenção de informações e auxilia o processo de diagnóstico, contribuindo assim para o planejamento e gestão.

Este trabalho tem por objetivo geral a caracterização da bacia do córrego Itanguá, a partir da identificação do tipo e estado de conservação das nascentes, do conhecimento das características físicas e de uso e cobertura da terra, assim como da identificação das áreas

prioritárias à conservação de solo e água. Essas informações são de grande valia para o planejamento, gestão e manejo, tanto das propriedades rurais da bacia como das áreas pertencentes à Floresta Nacional de Capão Bonito.

Os objetivos específicos foram divididos nos seguintes capítulos:

Capítulo 2: “Caracterização hidroambiental das nascentes da bacia do córrego Itanguá, Capão Bonito, SP”.

Capítulo 3: “Avaliação da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia do córrego Itanguá, Capão Bonito, SP”.

Capítulo 4: “Definição de áreas prioritárias à conservação de solo e água na bacia do córrego Itanguá, Capão Bonito, SP”.

## **1.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **1.2.1 Nascentes**

A água é um recurso natural renovável essencial para qualquer tipo de vida no planeta, para o funcionamento dos ecossistemas e indispensável para produção, seja ela agrícola, industrial, madeireira e energética, porém, infelizmente ela vem sendo explorada indiscriminadamente sem sustentabilidade (RESENDE et al., 2009).

As nascentes consistem em um afloramento do lençol freático dando origem a um fluxo de água (CALHEIROS et al., 2009) e devido a sua importância sua proteção está assegurada no Código Florestal, Lei federal nº. 12.651/12, a qual prevê a existência de cobertura vegetal em um raio mínimo de 50 m em torno de cada nascente.

Uma nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, de maneira abundante e contínua, com boa distribuição no tempo e onde a variação da vazão tenha um mínimo adequado ao longo do ano. Mas para que haja essa boa distribuição ao longo do ano é indispensável a infiltração e o armazenamento de água no solo em toda a bacia hidrográfica (CALHEIROS et al., 2009). Esses processos hidrológicos por sua vez são influenciados por diversos fatores como clima, cobertura vegetal, geologia, topografia, além do uso e manejo do solo (PINTO et al., 2004).

Alguns impactos ambientais como as alterações no volume de água subterrânea, presença de espécies exóticas e invasoras, o pisoteio, impermeabilização e compactação do solo, emissão de resíduos líquidos e sólidos provocados em qualquer ponto da bacia

hidrográfica podem interferir na dinâmica das nascentes. Essas ações podem promover a sua descaracterização, redução da vazão, migração para jusante ou até o desaparecimento das mesmas (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012). Por isso a importância da bacia ser considerada a unidade de gestão e planejamento, como previsto na Lei federal nº. 9.433/97.

A exploração desordenada dos recursos naturais, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos também contribuem com a degradação das nascentes, alterando não só a quantidade, como também a qualidade da água na bacia (PINTO et al., 2004).

Com o aumento da exploração dos recursos naturais e dos impactos ambientais, somados à ausência de ações de conservação, as nascentes cada vez se tornam ambientes mais degradados, como pode-se verificar em estudos realizados por Pinto et al. (2004) em Lavras/MG, Gomes et al. (2005) em Uberlândia, Santos (2009) em Sergipe, onde a maioria das nascentes analisadas se encontrava degradada ou perturbada.

A identificação, o manejo e a prevenção dos impactos ambientais são importantes etapas na gestão de uma bacia hidrográfica, pois contribuem com as ações de conservação das nascentes.

### **1.2.2 Morfometria**

Uma bacia hidrográfica, também considerada uma unidade de planejamento e gestão (Lei federal nº. 9.433/97), é constituída por uma área de captação natural e escoamento superficial da água da chuva para a rede de drenagem e é limitada por um divisor de águas ou divisor topográfico, onde o conhecimento de suas características físicas, de seus processos hidrológicos e de suas interações é importante para se entender o funcionamento da mesma (LIMA, 2008).

As características físicas podem ser expressas pela análise da morfometria, enquanto que o deflúvio, infiltração, escoamento, evapotranspiração são, por exemplo, alguns processos hidrológicos também influenciados pelas características biológicas da bacia (TONELLO et al., 2006).

Por meio da morfometria é possível verificar medidas relacionadas à geometria da bacia, como por exemplo, área, perímetro, comprimento do eixo da bacia, fator de forma (HORTON, 1932), coeficiente de compacidade (VILLELA; MATTOS, 1975), índice de circularidade (MILLER, 1953), razão de alongação (SIMÕES, 2013), índice de sinuosidade (HORTON, 1945) e o padrão de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1974).

O fator de forma, o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade, ao serem analisados conjuntamente, indicam o formato da bacia, o qual segundo Nardini (2013) pode ser redondo, ovalado, oblongo ou comprido e que está relacionado ao tempo de concentração, ou seja, tempo que a água do ponto mais remoto leva para chegar à foz da mesma (LIMA, 2008).

Ainda de acordo com Nardini (2013) o formato da bacia é um importante parâmetro que se refere à suscetibilidade da bacia a enchentes, podendo variar de alta tendência em bacias mais arredondadas à baixa tendência em bacias com disposição mais comprida, o que acaba influenciando diretamente no manejo da bacia hidrográfica.

A sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (HORTON, 1945). De acordo com Antonelli e Thomaz (2007) a tendência do canal principal em ser retilíneo implica em maior velocidade da água, maior carreamento e menor acúmulo de sedimentos.

O padrão de drenagem reflete a estrutura geológica local, podendo ser classificado em: dendrítico, treliça, retangular, paralelo, radial e anelar (CRISTOFOLETTI, 1974).

Entre as características morfométricas que fazem alusão ao relevo pode-se citar a altitude, declividade, razão de relevo (SCHUMM, 1956) e orientação da bacia. A altitude está relacionada com a quantidade de radiação recebida, sendo que quanto menor a altitude da bacia maior a quantidade de radiação recebida e que vai influenciar na evapotranspiração, temperatura e precipitação (CASTRO; LOPES, 2001).

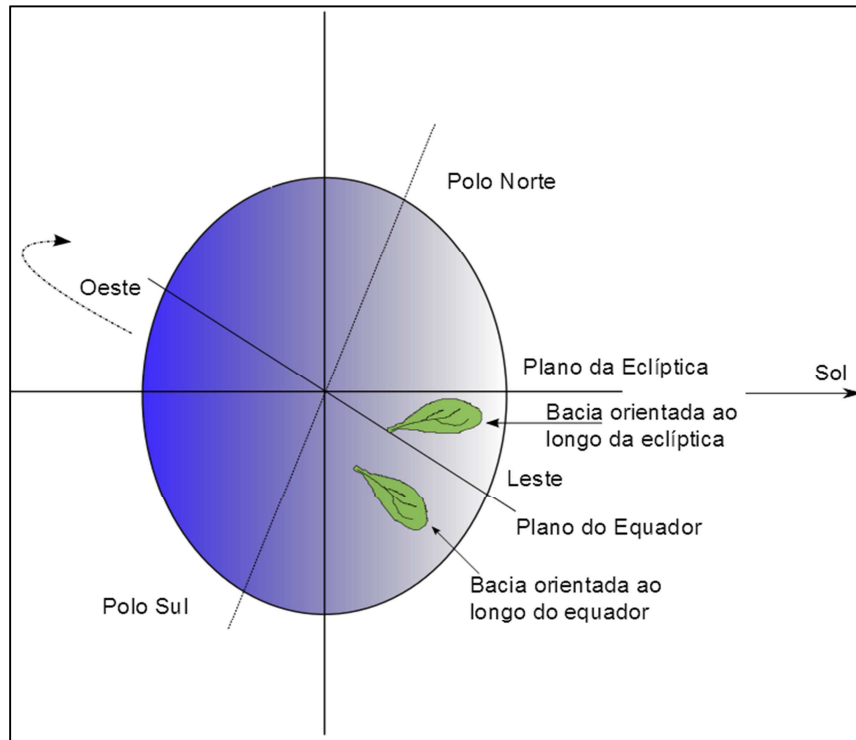
O tempo de concentração da água na bacia sofre influência de sua declividade média, pois quanto menor a declividade maior o tempo de concentração e maior a chance de infiltração da água no solo (LIMA, 2008). Dessa forma, a declividade exerce influência nos processos de infiltração e escoamento da água no solo, porém não é o único fator, esses processos hidrológicos também dependem do uso e cobertura da terra.

A razão de relevo é a razão entre o componente vertical (amplitude altimétrica) e horizontal (comprimento) e quanto menor o seu valor, menos acidentado é o relevo predominante na região e mais lento será o escoamento superficial direto da água das chuvas, podendo ser classificada em baixa, média e alta (PIEDADE, 1980).

A foz da bacia pode estar voltada para uma das seguintes direções: Norte ( $0^\circ$  ou  $360^\circ$ ), Nordeste ( $45^\circ$ ), Leste ( $90^\circ$ ), Sudeste ( $135^\circ$ ), Sul ( $180^\circ$ ), Sudoeste ( $215^\circ$ ), Oeste ( $270^\circ$ ) e Noroeste ( $315^\circ$ ), o que vai consistir na orientação da bacia.

No hemisfério sul as bacias com foz no sentido Leste ou Oeste são as que recebem maior quantidade de radiação solar (FIGURA 1).

FIGURA 1. Posicionamento de bacia hidrográfica com maior incidência de radiação no plano da eclíptica.



Autor: Prof. Dr. Sergio Dias Campos

E por fim as características como a ordem, número de canais, gradiente do canal principal (HORTON, 1945), densidade de drenagem (HORTON, 1932), densidade hidrográfica (HORTON, 1945), coeficiente de manutenção (SCHUMM, 1956) e a extensão do percurso superficial (HORTON, 1945) se referem à rede de drenagem da bacia.

Para se identificar a ordem da bacia, segundo Strahler (1957), os cursos d'água com apenas um segmento são considerados de 1ª ordem e a junção de dois segmentos de 1ª ordem gera um segmento de 2ª ordem e assim sucessivamente. Considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem (TONELLO et al., 2006).

O gradiente do canal principal, o qual expressa em porcentagem a relação entre a cota máxima e o comprimento do canal principal, tem como finalidade indicar a declividade do curso d'água principal, portanto baixa declividade indica escoamento mais lento e menor probabilidade de erosão.



A densidade de drenagem aponta o comprimento de cursos d'água por unidade de área ( $\text{km}/\text{km}^2$ ). O valor deste parâmetro varia de 0,5  $\text{Km}/\text{Km}^2$ , em bacias com baixa drenagem, a 3,5 ou mais, nas bacias excepcionalmente bem drenadas (VILLELA; MATTOS, 1975). Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de solos mais permeáveis, possibilitando que a infiltração seja mais eficiente (LIMA, 2008).

A densidade hidrográfica indica o potencial hídrico da região, ou seja, o número de canais por unidade de área (número de canais/ $\text{km}^2$ ). Já o coeficiente de manutenção indica a área mínima necessária ( $\text{km}^2$ ) para a manutenção de um quilômetro de canal de escoamento.

Dessa forma, as características físicas da bacia influenciam o tempo e velocidade de escoamento o que por sua vez vão influenciar os processos de infiltração e escoamento de água no solo, os quais também são influenciados pela maneira como a bacia está sendo manejada, ou seja, o seu uso e cobertura da terra. Quando os processos estão em equilíbrio a bacia consegue transformar a precipitação em vazão (XAVIER, 2007).

### **1.2.3 Uso e cobertura da terra**

O meio ambiente vem sofrendo diversos impactos devido à maneira como os recursos naturais têm sido explorados, intensa e desordenadamente. Com a exploração cada vez maior é essencial que estudos sejam realizados para expor as reais condições ambientais (BORGES et al., 2008).

O conhecimento do uso e cobertura da terra vem ao encontro dessa necessidade além de favorecer a gestão e o planejamento de ações que promovam a conservação e a manutenção do meio ambiente de maneira adequada à realidade local.

Os sistemas de informação geográfica, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto representam importantes instrumentos que vêm sendo utilizados em mapeamentos de uso e cobertura da terra.

O sensoriamento remoto permite a aquisição de informações de um objeto à partir de um sensor, sem a necessidade do contato físico direto (NOVO, 1999), enquanto que as técnicas de geoprocessamento permitem a interpretação e o tratamento de imagens de satélite.

O sistema de informação geográfica, um modelo matemático dinâmico, permite gerenciar e facilitar a integração e análise de dados digitais georreferenciados provenientes de diversos tipos de fonte como imagens digitais de satélite, mapas temáticos, censos, entre outros (LIU, 2006).

As classes utilizadas para a elaboração dos mapas temáticos dependem da área de estudo e do objetivo proposto, entre algumas que podem ser empregadas estão a hidrografia, malha viária, malha urbana, pastagem, áreas de mineração, áreas degradadas, mata nativa, reflorestamentos, agricultura, entre outras (IBGE, 2013).

Assim sendo, a elaboração de mapas temáticos de uso e cobertura da terra possibilita a avaliação e o monitoramento de determinada área, uma vez que as informações obtidas pela geotecnologia são atualizadas e precisas (BORGES et al., 2008).

#### **1.2.4 Definição de áreas prioritárias à conservação de solo e água**

A água, tanto a superficial como a subterrânea, é um recurso natural que está se tornando cada vez mais escasso, fato este que vem sendo agravado pela distribuição irregular das chuvas, aumentando a insatisfação da população e provocando diversos conflitos em todo o planeta (TONELLO et al., 2006).

A quantidade e a qualidade da água são influenciadas, além dos fatores físicos, pelas condições ambientais das áreas de contribuição. Essas áreas influenciam na infiltração e armazenamento da água subterrânea, que por sua vez podem afetar a vazão das nascentes (PINTO et al., 2004), impactadas principalmente pelas modificações nas áreas de contribuição à montante (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012).

Ainda segundo Felipe e Magalhães Junior (2012) proteger pontualmente apenas as áreas das nascentes não garante a manutenção do equilíbrio hidrológico, já que consiste no resultado de uma dinâmica complexa composta por processos superficiais e subsuperficiais, sendo necessária a ocupação de toda a bacia de maneira adequada, principalmente no tocante à presença de florestas.

O aumento da poluição e da escassez de água e a maior percepção desses problemas acarretaram no surgimento de alguns instrumentos de gestão para a conservação da água, tanto de comando e controle (legislação), quanto econômico, como por exemplo, cobrança pelo uso da água. No entanto, a aplicação somente desses instrumentos não é suficiente para sua efetiva conservação, é também necessária a implantação de medidas preventivas, no âmbito da produção de água, como por exemplo, a preservação da cobertura florestal e adoção de práticas conservacionistas de solo, pois quanto maior a proteção das áreas produtoras e de recarga de água, maior é a quantidade e qualidade da água disponível na bacia.

Como a produção de água é resultado das intervenções que ocorrem em toda a bacia não é possível se pensar em conservação de água sem considerar a conservação dos outros

recursos naturais, principalmente da vegetação. Portanto, o levantamento das áreas importantes à conservação de solo e água é fundamental para o sucesso do planejamento visando a sua produção e conservação, contribuindo assim para o manejo adequado da bacia (PINTO et. al, 2004).

Uma intervenção importante a ser feita na bacia é a preservação da vegetação que se encontra nas margens dos rios, igualmente conhecida como mata ciliar, a qual também influencia a conservação da qualidade e quantidade da água, pois contribui com a infiltração da água no solo e com a diminuição do escoamento superficial e dos processos erosivos, e consequentemente com o arraste de sedimentos para os cursos d'água (LIMA, 1989), exercendo assim influência direta sobre a hidrologia da bacia (ZAKIA, 1998).

Essas áreas são tão importantes que sua preservação também está prevista no Código Florestal, porém o cenário atual observado é de degradação e desrespeito a essas áreas de preservação permanente (PINTO et al., 2012). Além da agricultura, a exploração dos recursos naturais, a presença de espécies invasoras, o pisoteio e até mesmo os processos de urbanização são também fatores de degradação (KUNTSCHIK et al., 2011).

Infelizmente, como a grande maioria das matas ciliares encontra-se degradada ou até mesmo ausente, elas acabam não cumprindo seu papel de protetoras das nascentes e cursos d'água e por isso a restauração dessas áreas é de vital importância para a manutenção de um ambiente equilibrado. Além disso, a adoção de práticas conservacionistas de solo na bacia é importante para evitar os processos erosivos e suas consequências (SIMÕES, 2001), pois Arcova e Cicco (1997) salientam que o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores nas bacias com uso predominantemente agrícola em relação às de uso florestal.

As práticas conservacionistas de solo podem ser de caráter edáfico, mecânico ou vegetativo. As práticas de caráter edáfico promovem, além da proteção do solo, a manutenção ou a melhoria da fertilidade por meio da implantação da adubação verde, orgânica ou calagem (PIRES; SOUZA, 2006). O reflorestamento, a rotação de culturas e a cobertura morta são alguns exemplos de práticas edáficas, pois ao protegem o solo contra o impacto das gotas de chuva usando a própria vegetação evitam a desagregação das partículas.

As práticas mecânicas, como o terraceamento, enleiramentos permanentes e bacias de captação, consistem em barreiras físicas para diminuir a velocidade das enxurradas (SILVA et al., 2003).

Todavia, as ações tanto de conservação quanto de restauração florestal ainda apresentam um custo elevado e como na maioria das vezes os recursos financeiros são insuficientes, a determinação de áreas prioritárias contribui com a alocação desses recursos,

uma vez que promove a integração entre o que deve ser conservado ou restaurado e o local mais adequado para tal, permitindo assim o direcionamento das ações (KANGAS et al., 2000). Uma ferramenta excelente que vem sendo muito utilizada para a definição de áreas prioritárias é o Sistema de Informação Geográfica (SIG), pois permite que um resultado (saída) possa ser obtido pela combinação e transformação de dados espaciais e não espaciais (entrada) (MALCZEWSKI, 2004).

O uso de ferramentas como os Sistemas de Informação Geográfica facilita o planejamento, a otimização e o sucesso das ações ambientais, visto que permitem a espacialização da análise. O avanço tecnológico pelo qual esses sistemas têm passado nas últimas décadas tem proporcionado muitos benefícios nas atividades de zoneamento, mapeamento, vulnerabilidade, sensibilidade e impactos ambientais (VETTORAZZI, 2006).

Os mapas finais são gerados a partir da combinação de planos de informação que contém os dados espaciais (MALCZEWSKI, 1996). Os dados presentes nos planos de informação podem ser do tipo fator, os quais realçam ou diminuem a suscetibilidade de uma ação específica para uma atividade ou objetivo, sendo mais comumente medidos em escala contínua e podendo ser integrados com ou sem a utilização de pesos de importância, ou do tipo restrição, a qual é utilizada para limitar as alternativas sob consideração, excluindo ou limitando áreas não desejadas na análise (VETTORAZZI, 2006).

O método Booleano, a Combinação Linear Ponderada (CLP), a Média Ponderada Ordenada (MPO), a Programação por Compromisso (PC) e a Teoria dos Jogos Cooperativos são alguns exemplos de métodos que podem ser utilizados para integrar as informações, sendo que a diferença entre eles está na forma de agregação das mesmas (MALCZEWSKI, 2000).

### 1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Caminhos da Geografia, Uberlândia**, v. 8, n. 21, p. 46–58, 2007.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Características do deflúvio de duas microbacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmench, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 153-170, 1997.

BRASIL. Lei federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>. Acesso em 23 abril 2015.

BRASIL. Lei federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos,

regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 23 abril 2015.

BRASIL. Lei federal nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 23 abril 2015.

BORGES, R. F.; BORGES, F. A.; COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA, L. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da porção de alto curso da bacia do rio Uberabinha – MG.**

In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação, 2, Recife, 2008. Disponível em:

<[https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII\\_CD/Organizado/cart\\_sig/227.pdf](https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/227.pdf)>. Acesso em: 20 agosto 2015.

CALHEIROS, R. O. et al. **Cadernos da Mata Ciliar n.1: Preservação e Recuperação das nascentes, de água e vida.** São Paulo: SMA, 2009. 35 p.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes.** Viçosa, MG: CPT, 2001. 84 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: EDUSP, 1974. 149 p.

CNUC - CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. **Relatórios de UC.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-gerar-relatorio-de-uc>>. Acesso em: 14 agosto 2015.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG.

**Geografias**, Belo Horizonte-MG, v. 8, n. 2, p. 8–23, 2012.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, v. 17, n. 32, p. 103–120, 2005.

HORTON, R. E. **Drainage basin characteristics.** Transactions - American Geophysical Union, v.13, p.350-361, 1932.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, New York, v. 56, p. 275–370, 1945.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra.** 3ª. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

KANGAS, J.; STORE, R.; LESKINEN, P.; MEHTÄTALO, L. Improving the quality of landscape ecological forest planning by utilizing advanced decision-support tools. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.132, p.157-171, 2000.

KUNTSCHIK, D. P.; EDUARTE, M.; UEHARA, T. H. K. **Cadernos de Educação Ambiental: Matas ciliares**. 1 ed. atualizada. São Paulo: SMA, 2011. 84p.

LIMA, W. P. A função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 25-42.

LIMA, W.P. **Introdução ao manejo de bacias hidrográficas**. USP. 1996, 131p.

LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba/SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, 2008. 245 p.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006. 908p.

MALCZEWSKI, J. A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. **International Journal of Geographical Information Systems**, Abingdon, v. 10, n. 8, p. 955-971, 1996.

MALCZEWSKI, J. On the use of Weighted Linear Combination method in GIS: Common and best practice approaches. **Transactions in GIS**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 5-22, 2000.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, New York, n. 62, p. 3-65, 2004.

MILLER, V.C. **A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee**. 30 f. 1953. Dissertation (Ph.D). Columbia University, 1953.

NARDINI, R. C.; POLLO, R.A.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G.; GOMES, L.N. Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga, Botucatu**, v. 18, n. 4, p. 687–699, 2013.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto**. Rio de Janeiro: UFRJ, IGEO, Departamento Geografia, LAGEOP, v. 2, 1999.

OLIVEIRA, L. R. N. organizador. **Cadernos de Educação Ambiental: Unidades de Conservação da Natureza**. 2 ed. port. São Paulo: SMA, 2009. 104 p.

PIEIDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. Botucatu**. 1980. 161 f. Tese (Livre Docência), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1980.

PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **SCIENTIA FORESTALIS**, n. 65, p. 197–206, 2004.

PINTO, L.V. A.; ROMA, T.N.; BALIEIRO, K.R.C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 495–505, 2012.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. 216 p.

PISSARRA, T.C.T.; AMARAL NETO, J.; FERRAUDO, A.S.; POLITANO, W. Utilização de sistemas de informação geográfica para avaliação de áreas de preservação permanente em microbacias hidrográficas: um estudo de caso para o município de Jaboticabal, SP. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), Belo Horizonte, Brasil, 2003. **Anais XI SBSR**, INPE, 2003. p. 1915-1920.

RESENDE, H. C. MENDES, D.R.; MENDES, J.E.G.; BERNARDES, W. A. Diagnóstico e ações de conservação e recuperação para as nascentes do Córrego-Feio, Patrocínio, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 5, p. 112–119, 2009.

SANTOS, T. I. S. **Estado de conservação e aspectos da vegetação de nascentes do riacho Grilo-SE**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2009.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Bulletin of Geological Society of America**, v. 67, p. 597-646, 1956.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140 p.

SIMÕES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias**. 2001. 171 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

STHALER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans. American Geophysical Union, v. 38, p. 913-920, 1957.

TONELLO, K. C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 4, n. 8, p. 156-168, 2006.

VALENTE, O.F.; DIAS, H.C.T. A bacia hidrográfica como unidade básica de produção de água. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, n.20, p.8-9, 2001.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos**. 2006. 151 f. Tese (Livre docência). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

XAVIER, M. C. R. **Estudo da distribuição espacial de vazões na gestão dos recursos hídricos**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ZAKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma bacia hidrográfica experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. 1998. 98 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade Paulista, São Carlos, 1998.



## CAPÍTULO 2

### CARACTERIZAÇÃO HIDROAMBIENTAL DAS NASCENTES DA BACIA DO CÓRREGO ITANGUÁ, CAPÃO BONITO, SP

**Resumo.** As nascentes consistem em um afloramento do lençol freático que dão origem aos fluxos d'água formadores da rede de drenagem. Os impactos ambientais negativos, provocados em qualquer porção da bacia podem interferir na quantidade e qualidade da água e dependendo do impacto, formas ou alternativas diferentes de manejo deverão ser implantadas visando à melhoria do ambiente. Este trabalho teve por objetivo a caracterização das nascentes da bacia do córrego Itanguá, quanto ao tipo e estado de conservação, assim como a identificação de impactos ambientais negativos presentes. Quanto ao tipo as nascentes foram classificadas em pontual ou difusa e o estado de conservação, obtido por meio da avaliação macroscópica, foi ranqueado em ótimo, bom, razoável, ruim e péssimo. Na bacia foram identificadas 19 nascentes e das 15 que puderam ser visitadas, nove foram classificadas como pontuais enquanto que seis foram difusas. Quanto ao estado de conservação duas foram classificadas como ótimas, 12 como boas e uma como razoável. Também a partir da avaliação macroscópica foi observado que a presença de espécies exóticas tanto animal (*Sus scrofa*) como vegetal (*Pinus* spp.) e a ausência de vegetação nativa na área de preservação permanente foram os impactos ambientais negativos mais encontrados. A metodologia empregada se mostrou eficiente como análise qualitativa visual da situação das nascentes e como fornecedoras de importantes informações de modo a subsidiar ações que proporcionem a conservação da água na Floresta Nacional de Capão Bonito, SP.

**Palavras-chave:** avaliação macroscópica, hidrologia, conservação de água, *Sus scrofa*.

**Abstract.** The springs consists of an upwelling of groundwater from which the flows of water forming the drainage network. The negative environmental impacts caused in any portion of the basin may affect the quantity and quality of water and depending on the impact, different management alternatives should be implants aimed at improving the environment. This study aimed to characterize the springs of watershed Itanguá, on the type and conservation status, as well as identifying negative environmental impacts present. As for the type, springs were classified as point or diffuse and the conservation status obtained by macroscopic evaluation was ranked excellent, good, fair, bad and very bad. In the watershed 19 springs were

identified and 15 that could be visited, nine were classified as point while six were diffuse. About the conservation status two springs were classified as excellent condition, 12 as good and one as reasonable. From the macroscopic evaluation conducted in the springs was observed that the presence of both animals and plant exotic species: Boar and *Pinus* spp. and the lack of vegetation in permanent preservation areas were environmental impacts more frequently found. The methods used were efficient as a first analysis of the situation of the springs and as providers of important information to support programs that provide better conservation of water in Floresta Nacional de Capão Bonito, SP.

**Keywords:** macroscopic evaluation, hidrology, water conservation, *Sus scrofa*.

## 2.1 INTRODUÇÃO

As nascentes consistem em um afloramento do lençol freático que dão origem aos fluxos d'água formadores da rede de drenagem. Porém, para a nascente ser considerada ideal ela deve fornecer água de boa qualidade, de maneira abundante e contínua, com boa distribuição no tempo e onde a variação da vazão tenha um mínimo adequado ao longo do ano (CALHEIROS et al., 2009).

A área de preservação permanente (APP) que se constitui em área protegida com a função ambiental de preservar a estabilidade geológica, a paisagem, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, são também indispensáveis na preservação dos recursos hídricos (BRASIL, 2012). Devido a essa tamanha importância sua preservação é prevista em lei. No Código Florestal, Lei federal nº. 12.651/12, as áreas ao redor das nascentes num raio mínimo de 50 metros devem ser ocupadas por vegetação nativa e mantidas preservadas.

As unidades de conservação, tanto as de proteção integral quanto as de uso sustentável, apresentam como um de seus objetivos a proteção dos recursos hídricos, indo ao encontro dessa necessidade de preservar não só esses recursos como também as áreas com vegetação nativa em toda a bacia (BRASIL, 2000).

Um subsídio importante à gestão das bacias é a identificação dos impactos negativos presentes, pois dependendo do impacto, formas ou alternativas diferentes de manejo deverão ser implantadas visando à melhoria do ambiente. Situações, por exemplo, em que há impactos relacionados à poluição sanitária promoverão alterações da qualidade da água, enquanto que impermeabilização e/ou compactação do solo acarretam uma diminuição da infiltração de água no solo. A ausência de proteção ao redor das nascentes também pode facilitar o fluxo de

peças e animais, ocasionando o pisoteio e por consequência, alteração na vazão das nascentes.

A avaliação macroscópica das nascentes, considerada por Felipe e Magalhães Junior (2012) uma metodologia simples, prática, didática e com resultados satisfatórios, tem o objetivo de verificar de forma qualitativa e visual o grau de conservação em que as nascentes se encontram a partir da identificação dos impactos ambientais negativos presentes, para que possam ser mitigados.

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo a caracterização das nascentes da bacia do córrego Itanguá, quanto ao tipo e grau de conservação, assim como a identificação de impactos ambientais negativos presentes de modo a subsidiar ações que proporcionem a conservação da água na Floresta Nacional de Capão Bonito, SP.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

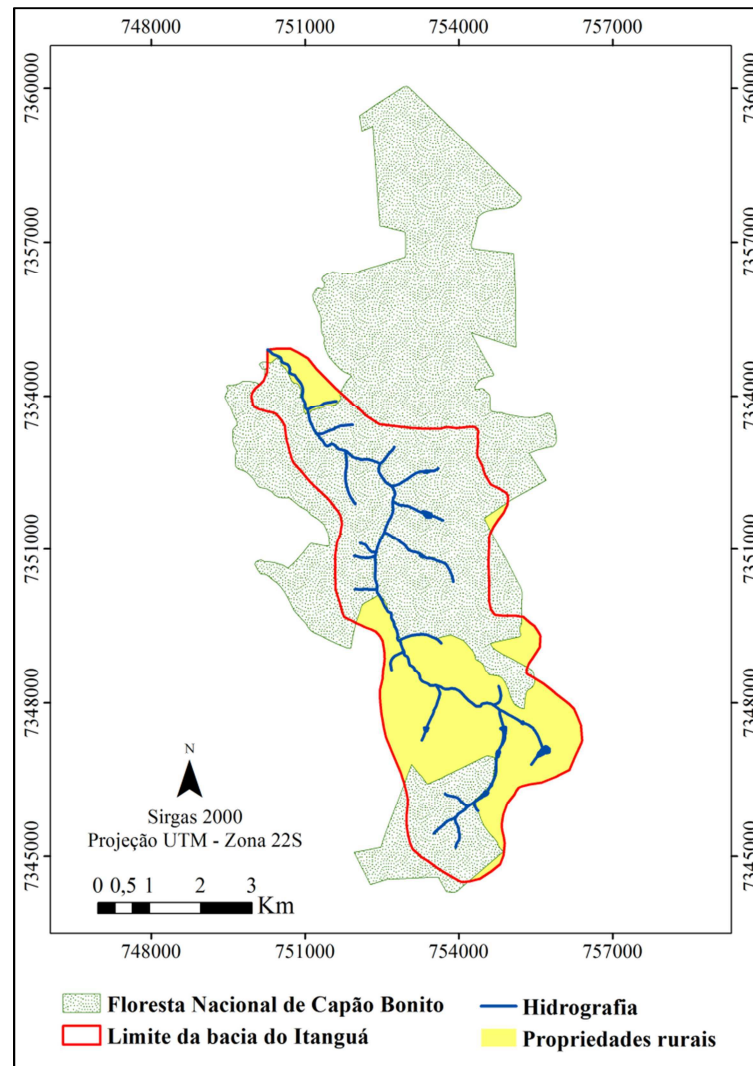
### **2.2.1 Área de estudo**

A bacia do córrego Itanguá está localizada no município de Capão Bonito, estado de São Paulo, entre as coordenadas 23°54' e 23°59' S; 48°30' e 48°32' W. Grande parte de sua área está inserida na Floresta Nacional de Capão Bonito, localizada entre as latitudes 23°50' e 24°00' S e longitude 48°20' e 48°40' O, entre os municípios de Capão Bonito e Buri, região do Vale da Serra do Paranapiacaba, sudoeste do estado (FIGURA 1).

Sua vegetação é composta por Floresta Ombrófila Densa e Savana (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2012). A altitude média é de 700 metros, com relevo levemente ondulado e o clima da região é caracterizado como Cwa segundo a classificação de Koeppen, com invernos secos e verões chuvosos e precipitação média anual de 1200 mm (CEPAGRI, 2015).

A espécie florestal exótica mais encontrada na Flona de Capão Bonito é a do Pinus, a qual ocupa cerca de 50% da área da unidade de conservação (CNUC, 2015). O gênero *Pinus* spp. foi introduzido na área para a realização de experimentos devido à política de reflorestamento em larga escala que estava sendo incentivada no país na década de 60, restando uma grande quantidade de talhões em pé até hoje. A exploração do Pinus era feita de maneira indiscriminada por meio de desbastes, corte raso, resinagem e coleta de sementes até a publicação da Lei federal nº. 9.985/2000 (SNUC), a partir da qual a exploração passou a ser feita por meio de leilões.

FIGURA 1. Floresta Nacional de Capão Bonito e bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

### 2.2.2 Caracterização das nascentes quanto ao tipo

A bacia foi visitada durante os meses de dezembro/2014 a fevereiro/2015. As nascentes foram georreferenciadas com um receptor GPS de navegação Garmin eTrex Vista e analisadas *in loco*. A espacialização e análise das informações, tanto as coletadas em campo quanto as obtidas nas cartas topográficas de Buri (SF-22-Z-D-V-4) e Itanguá (SF-22-Z-D-VI-3) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram realizadas no programa QGIS 2.8 e ArcMap 10.1.

As nascentes foram então classificadas quanto ao seu tipo, podendo ser pontual quando apresentava uma exfiltração de água em um único ponto do terreno ou difusa quando havia vários pontos (MINGOTI, 2012; CASTRO, 2007). A classificação quanto à persistência

de fluxo e a quantificação da vazão das nascentes não puderam ser realizadas devido à ausência de quantidade de água necessária para tais aferições.

### 2.2.3 Avaliação macroscópica

Para a identificação dos impactos ambientais das nascentes da bacia, qualitativamente, foi realizada uma avaliação macroscópica, onde os parâmetros foram adaptados de acordo com as necessidades presentes neste trabalho, tendo como base as metodologias propostas por Gomes et al. (2005) e Felipe e Magalhães Junior (2012). Estes autores utilizaram como base o Guia de Avaliação da Qualidade das Águas (2004) e a Classificação do grau de impacto da nascente (2004).

A avaliação adaptada utilizou os parâmetros especificados na Tabela 1, os quais foram classificados em bom, médio e ruim a partir da atribuição de um valor de um a três, de acordo com a qualificação que cada um recebeu.

TABELA 1. Parâmetros utilizados na avaliação macroscópica de nascentes.

Parâmetro	Qualificação		
	Ruim (1 ponto)	Médio (2 pontos)	Bom (3 pontos)
Lixo	Muito	Pouco	Ausente
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Ausente
Espumas	Muito	Pouco	Ausente
Óleos	Muito	Pouco	Ausente
Esgoto	Presença	Evidências	Ausente
Vegetação na APP	Ausente	Exótica	Nativa
Uso pela fauna	Presença	Evidências	Ausente
Uso antrópico	Presença	Evidências	Ausente
Proteção (cerca)	Ausente	Presente, mas com fácil acesso	Presente, mas com difícil acesso
Áreas construídas	Menos de 50 metros	Entre 50 e 100 metros	Acima de 100 metros
Tipo da área de inserção	Informação ausente	Propriedade privada	Área protegida

Fonte: adaptada de Gomes et al. (2005) e Felipe e Magalhães Junior (2012)

Após a contabilização (soma) dos pontos da avaliação, as nascentes foram classificadas quanto ao grau de conservação em relação aos impactos presentes (TABELA 2). De acordo com a metodologia, a pontuação varia de 11 pontos, quando todos os parâmetros são considerados ruins, a 33 pontos, no caso de todos os parâmetros serem bons.

TABELA 2. Pontuação e grau de conservação correspondente a cada classe.

<b>Classe</b>	<b>Grau de conservação</b>	<b>Pontuação</b>
A	Ótimo	31 – 33
B	Bom	28 – 30
C	Razoável	25 – 27
D	Ruim	22 – 24
E	Péssimo	Abaixo de 22

Fonte: adaptada de Gomes et al. (2005) e Felipe e Magalhães Junior (2012)

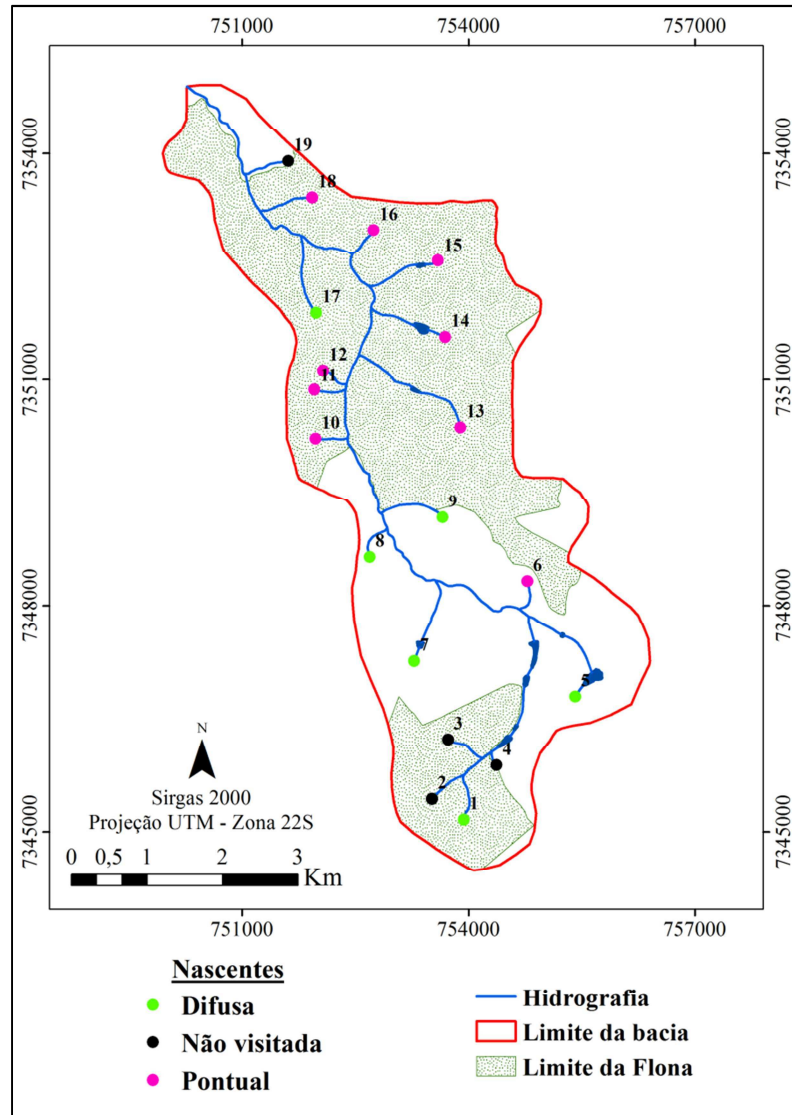
## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Caracterização das nascentes quanto ao tipo

Na bacia do Itanguá foram identificadas 19 nascentes, sendo 12 localizadas dentro da Floresta Nacional de Capão Bonito e as demais nas propriedades rurais do entorno. Do total, três não constam nas cartas topográficas utilizadas, mas foram visualizadas em campo (nascentes 6, 8 e 9).

Quatro nascentes não puderam ser visitadas em decorrência da dificuldade de acesso ao local, portanto somente 15 puderam ser avaliadas *in loco*. Dessas, nove foram classificadas como pontuais enquanto que seis foram difusas (FIGURA 2).

FIGURA 2. Localização das nascentes da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP, e a classificação quanto ao tipo.



Fonte: próprio autor

### 2.3.2 Avaliação macroscópica

Nenhuma nascente apresentou pontuação máxima, porém todas apresentaram pontuação superior a 25, não existindo nenhuma nascente com qualificação ruim (D) ou péssima (E) (TABELA 3). O menor valor (27) foi verificado na nascente 7 enquanto que a 5 e a 6 obtiveram a maior pontuação (31) (FIGURA 3).

TABELA 3. Pontuação por nascente de acordo com os parâmetros analisados na bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Nascente	Tipo	Lixo	Material Flutuante	Espuma	Óleo	Esgoto	Vegetação	Uso por animais	Uso antrópico	Proteção	Áreas construídas	Área de inserção	Pontos	Classe
1	Difusa	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	30	B
5	Difusa	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	31	A
6	Pontual	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	31	A
7	Difusa	3	3	3	3	3	1	2	3	1	3	2	27	C
8	Difusa	3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	2	29	B
9	Difusa	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	30	B
10	Pontual	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	30	B
11	Pontual	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	30	B
12	Pontual	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	30	B
13	Pontual	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	3	29	B
14	Pontual	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	3	30	B
15	Pontual	3	3	3	3	3	2	2	2	1	3	3	28	B
16	Pontual	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	3	29	B
17	Difusa	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	3	29	B
18	Pontual	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	3	29	B

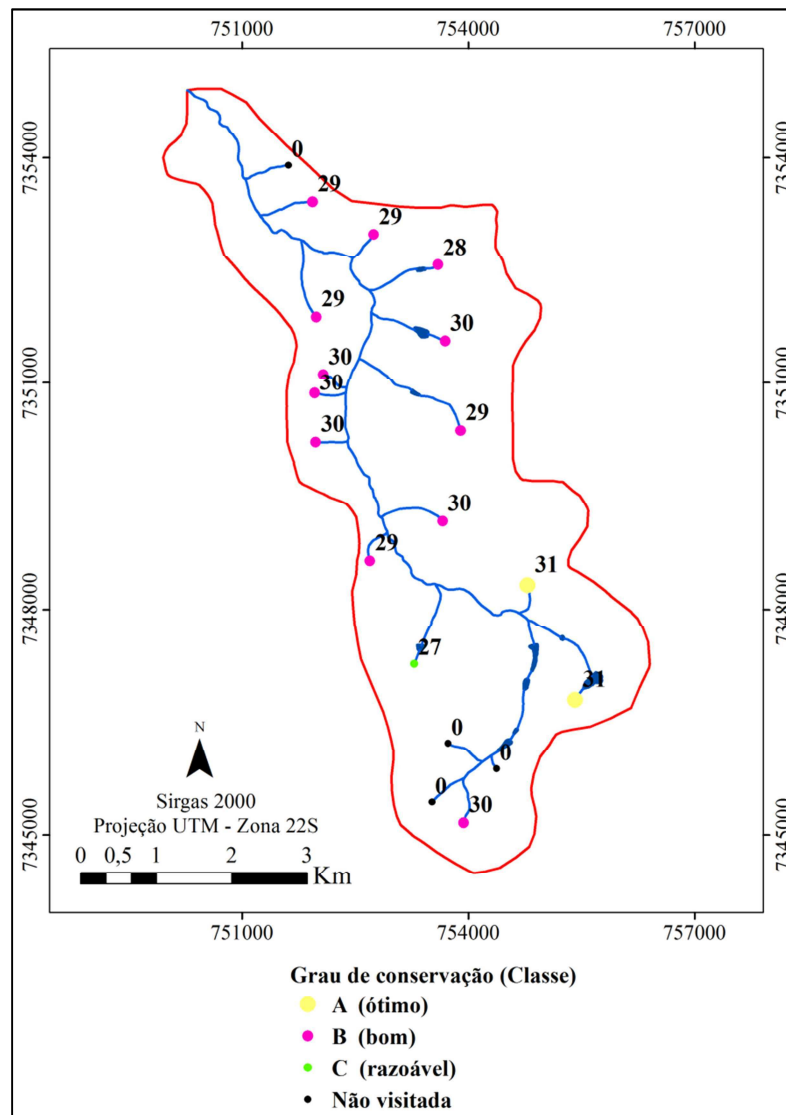
Qualificação: 1 – ruim, 2 - médio, 3 – bom

Classe: A - ótima, B - boa, C - razoável, D - ruim, E - péssima

Fonte: próprio autor



FIGURA 3. Pontuação e grau de conservação das nascentes da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

Todos os parâmetros foram analisados e apresentaram as seguintes considerações:

- Lixo, Materiais flutuantes, Espumas, Óleos, Esgoto: nenhum desses materiais foi encontrado em nenhuma das nascentes avaliadas. Mesmo nas nascentes com fácil acesso não houve nenhum indício de lixo nem de poluição sanitária. Esses resultados indicam menor probabilidade de contaminação, fato este que só pode ser comprovado a partir de uma análise química da qualidade da água.

- Vegetação: 60% das nascentes apresentaram vegetação exótica (*Pinus spp.*) predominante na área de preservação permanente, enquanto que em 27% havia predominância de vegetação nativa e somente 13% estavam com solo descoberto.

- Uso pela fauna e antrópico: em 46,7% das nascentes foi constatado o uso por animais. Em seis delas havia evidência de uso por Javali, espécie facilmente encontrada na região e que vem causando vários impactos no ambiente. Nas demais nascentes, havia evidência de pisoteio pelo gado, contudo não foi encontrado nenhum animal no momento da avaliação (FIGURA 4). Esse uso pelos animais pode acarretar em contaminação da água por fezes e urina. Todas as nascentes com presença de pegadas de javali estão localizadas dentro da Flona.

Verificou-se também o uso antrópico em apenas uma nascente, uso este relacionado ao uso por animais, já que a evidência encontrada foi a presença de ceva na nascente, local apreciado pelo javali.

FIGURA 4. Pegadas de javali na nascente 16 (a) e presença de ceva na nascente 15 (b) na bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP, 2015.



(a)

(b)

Fonte: próprio autor

- Proteção: a proteção da área com cercas é uma prática importante em termos de conservação da área, pois pode impedir o acesso às nascentes, principalmente dos animais, evitando assim que a degradação ocorra. Todas as nascentes que se encontravam dentro da área da unidade de conservação não apresentavam cerca ao redor, mas já se encontram em uma área protegida por lei.

- Áreas construídas: quanto mais próximas as nascentes estão das áreas edificadas maior a probabilidade de impactos antrópicos, no entanto nenhuma nascente apresentou construções a

menos de 100 metros de distância, fato corroborado pela ausência de lixo, esgoto, óleos e materiais flutuantes nas nascentes.

- Tipo da área de inserção: 66% das nascentes avaliadas se encontram dentro da área da unidade de conservação.

A partir da análise dos dados pôde-se perceber, portanto, que os maiores impactos negativos nas áreas das nascentes são a presença de espécies exóticas, tanto animal como vegetal e ausência de vegetação nativa na área de preservação permanente.

Os javalis são altamente competitivos com as espécies nativas, pois consistem em uma espécie agressiva e resistente sem predadores naturais, impactando o ambiente por onde passam, provocando o revolvimento do solo, destruição da vegetação nativa devido ao pisoteio e alimentação e até mesmo a desestruturação do solo, podendo desencadear processos erosivos e de assoreamento dos corpos d'água, sem contar os prejuízos econômicos das lavouras (MASSEI; GENOV, 2004).

O javali selvagem europeu (*Sus scrofa*) foi introduzido na América do Sul, mais especificamente na Argentina, no início do século XX para fins comerciais devido à alta qualidade de sua carne. Atualmente também é possível notar a ocorrência de híbridos férteis entre javalis e porcos, encontrados tanto na natureza quanto em cativeiro (TANCHEV; KATSAROV, 1993). Alguns anos depois sua distribuição geográfica expandiu em direção ao Uruguai e Brasil, se tornando uma praga não só para as culturas agrícolas, mas também para a vegetação nativa, alterando os processos ecológicos de sucessão e composição de espécies (DEBERDT; SCHERER, 2007; NOGUEIRA FILHO, 1998; HADJISTERKOTIS, 2004).

No mundo todo é possível encontrar casos de distúrbios provocados pelos javalis. Mitchell (2011) verificou significantes impactos na qualidade da água em áreas tropicais alagadas na Austrália. Em um estudo realizado na Nova Zelândia foi identificado a perturbação direta pelos suínos selvagens através da retirada de plantas e indiretamente pelo aumento de nitrato, provocando alterações no ambiente (KRULL et al., 2013). Nos Estados Unidos os javalis também estão presentes e a população já tem sentido os prejuízos provocados pelos animais, como mostra o levantamento realizado por Campbell e Long (2009).

No Brasil a presença de grupos de javalis asselvajados já foi registrada nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Bahia e Acre (IBAMA, 2015). Segundo os anexos do 1º Relatório do

grupo técnico sobre espécies exóticas com potencial de invasão o município de Capão Bonito está na lista dos 64 municípios com registro de javali no estado de São Paulo (CBRN, 2013).

Em um estudo realizado na região sul do Brasil os resultados mostraram a preferência da espécie por áreas naturais preservadas, representando uma grande ameaça para as florestas e áreas protegidas dessa região. Os autores também sugerem mais estudos quanto ao impacto da espécie sobre os ambientes naturais, principalmente o impacto provocado pela predação de sementes de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), espécie arbórea presente na Flona de Capão Bonito e que acaba se comportando como fornecedora de alimento (HEGEL; MARINI, 2013).

Esses animais têm atraído a atenção de governos e pesquisadores por ser considerada uma das piores espécies exóticas invasoras (LOWE et al., 2000). No Brasil, em razão do crescimento populacional e dispersão sem controle dos javalis em todo o país, a Instrução Normativa nº. 03/2013 autoriza o controle populacional do javali que vive em liberdade em todo o território nacional, sem limite de quantidade e em qualquer época do ano, devido à comprovação dos efeitos nocivos que essa espécie e suas linhagens provocam no meio natural e culturas agrícolas e por apresentarem altas taxas reprodutivas. Outro tipo de controle apontado em estudos é a colocação de cercas, que pode ajudar, dependendo de cada caso (MITCHELL, 2011 e CAMPBELL; LONG, 2009).

Para o controle do javali a caça na região da Flona já tem ocorrido e segundo funcionários e moradores da região o avistamento desses animais já diminuiu. A construção de cercas ao redor das nascentes evitaria o acesso do gado e de outros animais, protegendo as mesmas.

Como a Flona é uma Unidade de Conservação de uso sustentável o plantio de espécies exóticas como o Pinus é permitido, porém elas não devem estar presentes nas áreas de mata ciliar, margeando os cursos d'água e as nascentes. As áreas de preservação permanente, segundo a Lei federal nº. 12.651/12, devem estar ocupadas por vegetação nativa. Portanto, é importante que, gradativamente, esses talhões de Pinus irregularmente alocados sejam substituídos por mata nativa.

O Pinus além de ser exótico é também considerado uma espécie invasora em ambientes naturais que apresenta elevado consumo de água quando plantado de maneira adensada, além de poder impedir a regeneração natural. Porém, ele também pode promover benefícios em determinadas circunstâncias atuando como facilitador.

De acordo com Liesenfeld e Pellegrim (2004) o estabelecimento de plantações com espécies florestais exóticas em nossos ambientes naturais altera totalmente a estrutura da

vegetação (frequência, dominância e densidade das populações nativas) e, conseqüentemente, a distribuição da biomassa, a altura da vegetação, área foliar, serapilheira e taxa de decomposição, o comportamento em relação ao fogo, a ciclagem de nutrientes e o balanço de energia no sistema. Também pode modificar a distribuição e funções das espécies, os processos evolutivos e a relação entre as plantas e os polinizadores (ZANCHETTA; DINIZ, 2006).

Onaindia et al. (2013) verificou que a regeneração natural no sub-bosque de um plantio antigo de *Pinus radiata*, espécie exótica, no Norte da Península Ibérica apresentou composição pouco semelhante à floresta nativa, sendo necessário algum manejo para o avanço do processo sucessional.

No Brasil, em um estudo realizado em uma região de Cerrado, no município de Assis, SP, Durigan et al. (2014) perceberam que o plantio de *Pinus elliottii*, independente do espaçamento, acelerou cerca de quatro vezes a cobertura do terreno em relação à área testemunha sem plantio, porém a densidade de plantas em regeneração tem sido menor nos últimos anos, indicando que a remoção gradual dos indivíduos poderia ser favorável. No entanto, os autores advertem que são necessários mais estudos a longo prazo em relação à competição da espécie exótica com as nativas, sendo insuficiente os seis anos de observação.

Modna (2007) em seu estudo concluiu que o plantio de *Pinus elliottii* se comportou como facilitador da regeneração natural ao sombrear as gramíneas limitantes à regeneração até os onze anos após o plantio. No entanto a autora ressalta que esses resultados não devem ser generalizados sem restrições e que as técnicas usuais de retirada podem danificar os indivíduos regenerantes exigindo assim meios menos impactantes de exploração.

Em um estudo já realizado na Flona de Capão Bonito pôde-se verificar a presença de indivíduos regenerantes ( $CAP \geq 15$  cm) sob plantios de *Pinus elliottii* Engelm, distribuídos em 38 espécies e 20 famílias, numa densidade de 600 ind/ha (SCHIEVENIN, 2013).

O Pinus também pode influenciar, além da vegetação, a dinâmica hídrica da bacia. Em um estudo realizado por Swank e Douglas (1975) eles verificaram uma diminuição no deflúvio de aproximadamente 94 mm em uma bacia com floresta plantada de *Pinus strobus*, com idade de 10 anos, em relação à floresta natural.

Em uma bacia da África do Sul, onde a vegetação natural foi substituída por *Eucalyptus grandis* e *Pinus patula*, foi observada uma redução de 30% no deflúvio a partir do terceiro ano de implantação (SCOTT; LESCH, 1997). No entanto, Lima e Freire (1976) ao estudarem áreas com eucalipto, pinheiros e vegetação herbácea natural, situadas à margem do

Córrego Monte Olimpo em Piracicaba, SP, não detectaram nenhuma consequência adversa sobre o regime da água do solo como consequência do reflorestamento.

Dessa forma, os resultados aqui apresentados podem subsidiar a gestão ambiental da Flona e do entorno, podendo ser voltada, principalmente, para a substituição das espécies exóticas florestais por espécies nativas nas áreas de preservação permanente. No entanto, o manejo dessas espécies deve ser planejado de acordo com o comportamento das mesmas no local, ou seja, é importante observar se ela está atuando como facilitadora ou não, já que as duas situações podem ser encontradas no local.

A colheita florestal, atividade que inicia esse processo de substituição de espécies, pode acarretar em significativos impactos negativos na bacia hidrográfica, como a alteração do balanço hídrico, da vazão e da concentração de nutrientes na água, como pode ser visto no estudo realizado por Oki (2002), onde a autora verificou um aumento na concentração de sedimentos na água devido ao maior escoamento superficial após o corte raso de uma floresta de *Pinus*. Por isso a exploração deve ser bem planejada nessas áreas mais próximas aos cursos d'água, como as de matas ciliares, para minimizar os impactos.

Nas áreas em que a substituição do pinus não é exigida pela lei o manejo deve ser adequado, realizando-se desbastes por exemplo. Já foi verificado que após a realização de um desbaste leve em povoamentos de *Pinus* sp. houve a redução do consumo de água em 75% em comparação com uma floresta não desbastada (LIMA, 1979). No entanto esses valores podem variar de acordo com as características inerentes a cada local. No caso das nascentes que se encontram sem vegetação com outros tipos de uso é necessário que elas sejam restauradas por meio de plantio de espécies nativas.

A metodologia empregada se mostrou eficiente como uma análise qualitativa visual da situação das nascentes e como fornecedoras de informações importantes no direcionamento do manejo a ser seguido para o controle dos impactos ambientais negativos. Esse tipo de conhecimento se constitui em importante etapa da gestão e planejamento. Neste caso, a mitigação dos impactos negativos proporciona recursos (*Pinus* e javali) que podem ser aproveitados social e economicamente, sem deixar de lado a conservação do meio ambiente.

## **2.4 CONCLUSÃO**

Das nascentes analisadas in loco 60% foram caracterizadas como pontuais enquanto que as demais foram difusas e de acordo com a avaliação macroscópica, 13% das nascentes foram consideradas com ótimo, 80% com bom e 7% com razoável estado de conservação.

Os principais impactos ambientais negativos observados foram a presença de espécies exóticas tanto animal como vegetal: Javali (*Sus scrofa*) e *Pinus* spp. e a ausência de vegetação nativa na área de preservação permanente dos cursos d'água.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>. Acesso em 23 abril 2015.

BRASIL. Lei federal nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 23 abril 2015.

BRASIL. Instrução normativa nº. 03, de 31 de janeiro de 2013. Decreta a nocividade do Javali e dispõe sobre o seu manejo e controle. Disponível em: [http://www.ambiente.sp.gov.br/fauna/files/2014/07/IN\\_Ibama\\_03\\_2013.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/fauna/files/2014/07/IN_Ibama_03_2013.pdf). Acesso em: 25 jun. 2015.

CALHEIROS, R. O. et al. **Cadernos da Mata Ciliar n.1: Preservação e Recuperação das nascentes**, de água e vida. São Paulo: SMA, 2009. 35 p.

CAMPBELL, T. A.; LONG, D. B. Feral swine damage and damage management in forested ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 2319–2326, 2009.

CASTRO, P. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2007. 272 p.

CBRN – Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. **Anexos do 1º relatório do grupo técnico sobre espécies exóticas com potencial de invasão**. Disponível em: <[http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2013/12/Anexos\\_relatorio\\_GT\\_EEI\\_2013.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2013/12/Anexos_relatorio_GT_EEI_2013.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_118.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_118.html)>. Acesso em: 03 jun. 2015.

CNUC - CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. **Relatórios de UC**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-gerar-relatorio-de-uc>>. Acesso em: 14 agosto 2015.

DEBERDT, A.J.; SCHERER, S.B. O javali asselvajado: ocorrência e manejo da espécie no Brasil. **Natureza e Conservação**, v. 5, p. 31-44, 2007.

DURIGAN, G.; CONTIERI, W. A.; MELO, A. C. G.; GARRIDO, M. A. O. **Regeneração da mata ciliar sob plantio de *Pinus elliotti* var. *elliotti* em diferentes densidades**. Pesquisas

em Conservação e Recuperação ambiental no Oeste Paulista, 2014. Disponível em: <http://iflorestal.sp.gov.br/files/2004/01/IF-c21.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2015.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG.

**Geografias**, Belo Horizonte-MG, v. 8, n. 2, p. 8–23, 2012.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103–120, 2005.

HADJISTERKOTIS, E. The introduction of wild boar *Sus scrofa* L. on the Island of Cyprus. **Galemys**, v. 16 (Special edition), p. 233-242, 2004.

HEGEL, C.G.Z.; MARINI, M.A. Impacto do javali europeu, *Sus scrofa*, em um fragmento da Mata Atlântica brasileira. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 8, n. 1, p. 17-24, 2013.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. **O javali asselvajado**: Norma e medidas de controle. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/fauna\\_silvestre\\_2/texto\\_para\\_download/javali%20asselvajado.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/fauna_silvestre_2/texto_para_download/javali%20asselvajado.pdf). Acesso em: 20 jun. 2015.

KRULL, C. R.; CHOQUENOT, D.; BURNS, B.R.; STANLEY, M.C. Feral pigs in a temperate rainforest ecosystem: disturbance and ecological impacts. **Biol Invasions**, v. 15, p. 2193–2204, 2013.

LIESENFELD, M. V. A.; PELLEGRIM, L. M. **Risco biológico: a invasão por Pinus e a problemática das espécies alienígenas vegetais no Parque Estadual de Itapuã - Viamão, RS**. Pelotas: Instituto Gaúcho de Estudos Ambientais, 2004. 9 p.

LIMA, W.P. **A água do solo e o crescimento da floresta**. CIRCULAR TÉCNICA n.º. 59, IPEF, 1979.

LIMA, W.P. & O. FREIRE. Evapotranspiração em plantações de eucalipto e de pinheiro e em vegetação herbácea natural. IPEF, Piracicaba, v. 13, p. 75-90, 1976.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DEPOORTER, M. 100 of the World's worst invasive Alien species. **A selection from the Global Invasive Species Database**, 2000. 12 p.

MASSEI, G.; GENOV, P.V. The environmental impact of wild boar. **Galemys**, v. 16 (Special edition), p. 135-145, 2004.

MINGOTI, R. **Efeitos da espacialização da cobertura florestal e da profundidade dos solos na produção de água de uma bacia hidrográfica**. 2012. 170 f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MITCHELL, J. **Ecological impacts of feral pigs (*Sus scrofa*) on freshwater ecosystems in tropical Australia**. In: European Vertebrate Pest Management Conference, 8th, Julius-Kühn-Archiv, 2011.



MODNA, D. **Aspectos ecológicos e econômicos do plantio de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* como facilitadora da restauração de mata ripária em região de Cerrado (Assis, SP, Brasil).** 2007. 184 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

NOGUEIRA FILHO, S.L.G. **Manual de criação de javali.** Centro de Produções Técnicas, Viçosa, 1998. 50 p.

ONAINDIA, M.; AMETZAGA-ARREGI, I.; SAN SEBASTIAN, M.; MITXELENA, A.; RODRIGUEZ-LOINAZ, G.; PEÑA, L.; ALDAY, J. G. Can understorey native woodland plant species regenerate under exotic pine plantations using natural succession? **Forest Ecology and Management**, v. 308, p. 136–144, 2013.

OKI, V.K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias.** 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SCHIEVENIN, D.F. **Avaliação da Regeneração Natural em Sub-bosque de plantios de *Pinus elliottii* Engelm. e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Capão Bonito - SP.** 2013. 23 f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

SCOTT, D.F.; LESCH, W. Streamflow responses to afforestation with *Eucalyptus grandis* and *Pinus patula* and to felling in the Mokobulaan experimental catchments, South África. *Journal of Hydrology, The Netherlands*, v. 199, n.3/4, p. 360 – 377, 1997

SOS MATA ATLÂNTICA/INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica**, dados de 2012. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>> Acesso em: 16 abril 2015.

SWANK, W.T.; DOUGLAS, J.E. Conversion of hardwood-covered watershed to White Pine reduces water yield. *Water Resources Research, St. Louis*, v. 4, p. 947 – 954, 1975.

TANCHEV, S.; KATSAROV, V. Karyotype characterization of hybrids between domestic and wild swine. **Genetik I Seleksiya**, v. 26, p. 241-24, 1993.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F.V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina, SP, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.18, p.1-14, 2006.

### CAPÍTULO 3

#### **AValiação da Morfometria e do Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Córrego Itanguá, Capão Bonito, SP**

**Resumo.** Uma bacia hidrográfica deve se comportar como um recipiente permeável para que consiga fornecer água durante o ano todo em quantidade e qualidade adequada. A partir do conhecimento dos processos hidrológicos e dos fatores que atuam sobre eles é possível obter informações que dão subsídio à gestão e à utilização do recurso de maneira sustentável. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo a identificação da vulnerabilidade da bacia do córrego Itanguá às enchentes e a identificação das áreas que devem ser restauradas na bacia. Para a avaliação morfométrica foram considerados parâmetros geométricos, de relevo e relacionados à rede de drenagem. A partir de uma imagem digital orbital foi possível fazer uma interpretação visual preliminar e posteriormente a classificação do uso e cobertura da terra por meio de vetorização em tela. Analisando a morfometria da bacia percebeu-se que ela apresenta baixa tendência a enchentes e que as suas características são positivas em termos de conservação de água na região, porém a ausência de vegetação nativa, principalmente na área de preservação permanente, apontou a necessidade de restauração dessas áreas.

**Palavras-chave:** Floresta Nacional de Capão Bonito, processos hidrológicos, área de preservação permanente.

**Abstract.** A watershed has to behave as a permeable container to provide water throughout the year in quantity and adequate quality. From the knowledge of hydrological processes and factors that influence them is possible to obtain information that give subsidy to the management and sustainable use. Therefore, this study aimed to identify the vulnerability of Itanguá watershed to the floods and to identify the areas to be reforested in the permanent preservation areas. For the morphometric evaluation were considered geometric, relief and drainage parameters. From an orbital digital image was possible to make a preliminary visual interpretation and then the classification of land use and coverage. Analyzing the morphometry is noticed that it has a low tendency to flooding and its features are positive in terms of water conservation in the region, but the lack of native vegetation, especially in the, points out the need for restoration.

**Keywords:** Floresta Nacional de Capão Bonito, hydrological processes, permanent preservation areas.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Ao mesmo tempo em que a água é um dos recursos mais abundantes do planeta tem se tornado ultimamente um recurso muito escasso em diversas partes do mundo, devido, principalmente, ao não abastecimento do lençol freático e à distribuição irregular das chuvas, provocando conflitos sociais e econômicos além dos ambientais.

Para que a bacia, unidade de planejamento e gestão (BRASIL, 1997), consiga fornecer água durante o ano todo em quantidade e qualidade adequada é necessário que a mesma se comporte como um recipiente permeável, pois quando não ocorre o abastecimento do lençol freático as nascentes podem diminuir a vazão e até mesmo desaparecer nas estações secas (CALHEIROS, 2008).

A partir do conhecimento dos processos hidrológicos e dos fatores que atuam sobre eles, como o relevo, a geometria e o uso e cobertura da terra, é possível obter informações que permitem a gestão e a utilização do recurso de maneira sustentável (PINHEIRO, 2011).

Em relação ao uso e cobertura da terra, destaca-se que a falta de cobertura vegetal, principalmente na área de preservação permanente (APP), além de influenciar negativamente na precipitação local, diminui a infiltração e deixa o caminho livre para o escoamento superficial da água e o aumento dos processos erosivos e de assoreamento, provocando a diminuição de água na bacia (PIRES; SANTOS, 1995).

Nesse sentido, para que a gestão e o manejo da bacia ocorram de maneira adequada é importante se conhecer o uso e a cobertura atual da terra, o qual pode ser realizado por meio do uso geotecnologias como os sistemas de informação geográfica, geoprocessamento e sensoriamento remoto, já que consistem em instrumentos que podem prover informações atualizadas e precisas (BORGES et. al, 2008).

Devido a importância de se conhecer as características físicas e biológicas de uma bacia hidrográfica (LIMA, 2008), as quais podem subsidiar o planejamento e gestão da bacia contida na Floresta Nacional de Capão Bonito, SP, este trabalho teve por objetivo a identificação da vulnerabilidade da bacia do córrego Itanguá às enchentes e a identificação das áreas que devem ser restauradas na bacia.

## 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de estudo

A bacia do córrego Itanguá, com coordenadas 23°54' e 23°59'S; 48°30' e 48°32' O, está localizada no município de Capão Bonito, região do Vale da Serra do Paranapiacaba, sudoeste do estado de São Paulo. Parte da bacia está inserida na Floresta Nacional de Capão Bonito, uma unidade de conservação de uso sustentável.

O clima da região é caracterizado como Cwa segundo a classificação de Koeppen, com invernos secos e verões chuvosos e precipitação média anual de 1200 mm (CEPAGRI, 2015). A vegetação natural encontrada na região consiste no contato entre a Floresta Ombrófila Densa e Savana (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2012). O relevo é caracterizado como levemente ondulado com altitude média de 700 metros.

### 3.2.2 Morfometria

Os planos de informação necessários, como o limite da bacia, hidrografia, altimetria, foram obtidos a partir da vetorização das cartas planialtimétricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nas seguintes folhas: Buri (SF-22-Z-D-V-4), Itanguá (SF-22-Z-D-VI-3).

Para a avaliação morfométrica foram considerados parâmetros geométricos (TABELA 1), de relevo (TABELA 2) e relacionados à rede de drenagem (TABELA 3), sendo que os dados foram analisados nos programas QGIS 2.8 e ArcMap 10.1.

Os parâmetros geométricos da bacia são índices importantes de serem calculados, pois estão relacionados ao tempo de concentração, ou seja, tempo que a água do ponto mais remoto leva para chegar à foz e a tendência da mesma a enchentes (LIMA, 2008).

TABELA 1. Parâmetros morfométricos relacionados à geometria da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Parâmetro morfométrico	Método	Referência
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 * P / \sqrt{A}$ , onde P é o perímetro da bacia (km) e A é a área da bacia (km <sup>2</sup> )	Villela e Mattos (1975)
Fator de forma (Kf)	$Kf = A / Le^2$ , onde A é a área da bacia (km <sup>2</sup> ) e Le é o comprimento do eixo da bacia (km)	Horton (1932)

## Continuação da Tabela 1

Índice de circularidade (Ic)	$Ic=12,57*A/P^2$ , onde A é a área da bacia (km <sup>2</sup> ) e P é o perímetro da bacia (km)	Miller (1953)
Razão de alongação (Re)	$Re=1,128*(A^{0,5}/Le)$ , onde A é a área da bacia (km <sup>2</sup> ) e Le é o comprimento do eixo da bacia (km)	Simões (2013)
Índice de sinuosidade (Is)	$Is=L/dv$ , onde L é o comprimento do curso d'água principal (km) e dv é a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (km)	Horton (1945)
Padrão de drenagem	Classificação feita com base em critérios geométricos: Dendrítica, treliça, retangular, paralela, radial e anelar	Christofolletti (1974)

As características relacionadas ao relevo são também importantes, uma vez que estão relacionadas à velocidade de escoamento superficial e erodibilidade do solo, além da relação com a temperatura, precipitação, evaporação (SANTOS, 2001).

TABELA 2. Parâmetros morfométricos relacionados ao relevo da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Parâmetro morfométrico	Método	Referência
Amplitude altimétrica ( $\Delta a$ )	$\Delta a=H-h$ , onde H é altitude máxima (m) e h é altitude mínima (m)	Lima (2008)
Declividade	Obtida através do modelo digital do terreno em ambiente de Sistema de Informação Geográfica	Menezes et al. (2014)
Orientação da bacia	É definida de acordo com a direção da foz da bacia a umas dessas possíveis direções: Norte (0-360°), Nordeste (45°), Leste (90°), Sudeste (135°), Sul (180°), Sudoeste (215°), Oeste (270°) e Noroeste (315°)	Tonello (2006)

## Continuação da Tabela 2

Razão de relevo (Rr)	$Rr = \Delta a / L$ , onde $\Delta a$ é a amplitude altimétrica (km) e L é o comprimento do curso d'água principal (km)	Schumm (1956)
----------------------	---	---------------

A rede de drenagem, formada pelo curso d'água principal e seus afluentes, sugere como é a distribuição, o caminhamento e a saída da água na bacia.

TABELA 3. Parâmetros morfométricos relacionados à rede de drenagem da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Parâmetro morfométrico	Método	Referência
Ordem do curso d'água	Cursos d'água com apenas um segmento são considerados de 1ª ordem. A junção de dois segmentos de 1ª ordem gera um segmento de 2ª ordem e assim sucessivamente	Strahler (1957)
Gradiente do canal principal (Gc)	$Gc = H/L * 100$ , onde H é a altitude máxima (km) e L é o comprimento do curso d'água principal (km)	Horton (1945)
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = Lt/A$ , onde Lt é comprimento total dos cursos d'água (km) e A é a área da bacia (km²)	Horton (1932)
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = n/A$ , onde n é o número de cursos d'água e A é a área da bacia (km²)	Horton (1945)
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = 1/Dd$ , onde Dd é a densidade de drenagem (km/km²)	Schumm (1956)
Extensão do percurso superficial (Eps)	$Eps = 1/2 * Dd$ , onde Dd é a densidade de drenagem (km/km²)	Horton (1945)

Cabe ressaltar que nenhum desses índices isoladamente é capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia (TEODORO et al., 2007).

### **3.2.3 Uso e cobertura da terra**

Para a elaboração do mapa temático do uso e cobertura da terra foi utilizada uma imagem orbital do satélite Rapideye do ano de 2013, com resolução espacial de 5 m (MMA, 2015). O georreferenciamento da imagem foi obtido por meio de pontos de controle com coordenadas geográficas conhecidas.

Durante as atividades de coleta de dados no campo foi possível coletar pontos no GPS em cada tipo de uso e cobertura, sendo que posteriormente foi possível fazer uma interpretação visual do uso e cobertura na imagem de satélite à partir da identificação do padrão de cada uso. A delimitação das classes foi realizada por meio de vetorização em tela no programa ArcMap 10.1, considerando as seguintes classes: área úmida, corpo d'água, estrada de terra, rodovia, edificação, araucária, eucalipto, imbuia, pastagem, pinus, cultura temporária, cultura perene, vegetação natural e área descoberta (IBGE, 2013), sendo quantificada a área de cada classe.

Também foi analisado o uso e cobertura da terra na área de preservação permanente dos corpos d'água, porém antes dessa análise a APP teve de ser delimitada por meio da criação de buffers: 50 metros de raio ao redor de cada nascente, 30 metros de largura nas margens dos rios e 50 m de largura nas acumulações naturais ou artificiais de água com mais de 1 ha (BRASIL, 2012).

Em relação às áreas de acumulações de água tem-se que naquelas com superfície inferior a 1,0 ha a APP fica dispensada (BRASIL, 2012), no entanto, pelo fato de que dentro das Unidades de Conservação não é necessário seguir o mesmo limite estabelecido de áreas de preservação na legislação foi adotado o critério de APP de 50 m de largura para as acumulações de água apresentando área inferior a 1,0 ha dentro dos limites da Flona.

## **3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.3.1 Morfometria**

A bacia do córrego Itanguá apresentou área de 28,30 km<sup>2</sup>, padrão dendrítico e grau de ramificação de 2<sup>a</sup>. ordem, ou seja, pouco ramificada (TABELA 4). A microbacia do Marivan em Araraquara, SP estudada por Teodoro et al. (2007) também foi classificada como de 2<sup>a</sup>. ordem, porém com área muito inferior a do presente estudo.

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), neste caso maior que 1,0; indica que a bacia se aproxima de uma forma mais alongada, pois quanto mais próximo ou igual a 1,0 mais circular é a bacia (VILLELA; MATTOS, 1975).

TABELA 4. Valores dos parâmetros morfométricos relacionados à geometria da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Parâmetro morfométrico		Valor
Área	A	28,30 km <sup>2</sup>
Perímetro	P	29 km
Comprimento do eixo da bacia	Le	11 km
Coeficiente de compacidade	$K_c$	1,53
Fator de forma	$K_f$	0,23
Índice de circularidade	$I_c$	0,42
Razão de alongação	Re	0,54
Índice de sinuosidade	Is	1,25
Padrão de drenagem	-	Dendrítico

Fonte: próprio autor

Uma bacia com o fator de forma ( $K_f$ ) como o valor encontrado para a bacia em estudo, é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma distinto (VILLELA; MATTOS, 1975), pois quanto mais próximo o valor do fator de forma for de 1,0 mais circular tende ser a bacia (LIMA, 2008).

No caso do índice de circularidade quanto mais próximo de 1,0, mais circular é a bacia (LIMA, 2008). Portanto de acordo com o  $I_c$  encontrado a bacia se aproxima de uma forma mais alongada.

A análise conjunta do fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de circularidade aponta a forma de uma bacia hidrográfica, que por sua vez está relacionada ao tempo de concentração, ou seja, tempo que a água do ponto mais remoto leva para chegar à foz da mesma.

Dessa forma, a análise desses parâmetros indicou que a bacia apresenta forma oblongo-comprida segundo classificação sugerida por Nardini et al. (2013). Isto indica que a bacia tem tendência baixa a enchentes, até mesmo uma tendência à conservação de água. A razão de alongação encontrada, valor menor que 1,0, corrobora com esta informação.



Antoneli e Thomaz (2007) analisaram uma bacia hidrográfica em Guamiranga/PR e concluíram que a bacia do Arroio Boa Vista também tende a ser mais alongada favorecendo um processo mais lento de escoamento.

A sinuosidade dos canais ( $I_s$ ) é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (HORTON, 1945). Para Schumm e Lichty (1963) os canais apresentam tendência retilínea quando o  $I_s$  possui valor próximo a 1,0 e tendem a ser tortuosos com valores superiores a 2,0, enquanto que os valores intermediários indicam formas transicionais.

O  $I_s$  encontrado, próximo a 1,0, reflete a tendência do canal principal ser retilíneo, o que implica em maior velocidade da água, maior carreamento e menor acúmulo de sedimentos, de acordo com Antonelli e Thomaz (2007). A bacia do Ribeirão Água-Fria em Bofete, SP analisada por Nardini et al. (2013) apresentou um valor de  $I_s$  muito próximo ao do presente estudo, indicando maior transporte de sedimentos.

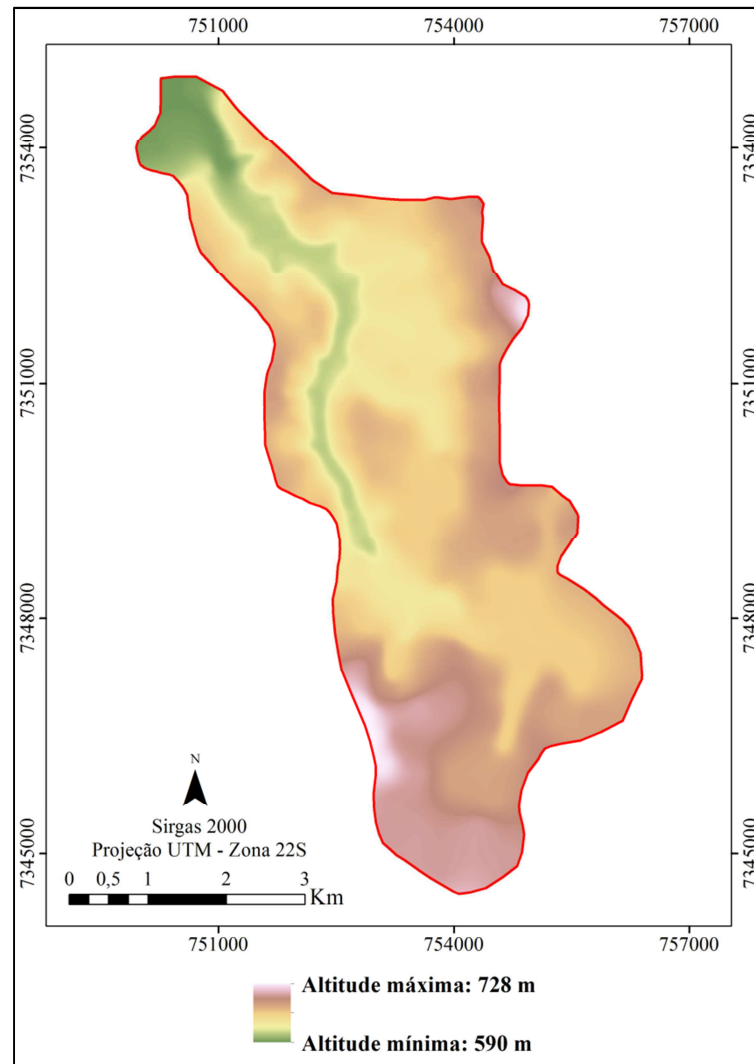
Quanto às características de relevo da bacia, nota-se que a altitude variou de 590 a 728 metros, apresentando uma amplitude de 138 metros (TABELA 5). A altitude é uma característica importante a ser estudada, pois quanto menor ela for maior será a quantidade de radiação recebida e que influenciará nas taxas de evapotranspiração, temperatura e precipitação (CASTRO; LOPES, 2001). Neste caso a altitude média observada foi de 569 m (FIGURA 1).

TABELA 5. Valores dos parâmetros morfométricos relacionados ao relevo da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Parâmetro morfométrico		Valor
Altitude mínima	h	590 m
Altitude média	Hm	659 m
Altitude máxima	H	728 m
Amplitude altimétrica	$\Delta a$	138 m
Declividade mínima	-	0,005 %
Declividade média	Dm	5,0 %
Declividade máxima	-	34,0 %
Orientação	-	Noroeste
Razão de relevo	Rr	0,01

Fonte: próprio autor

FIGURA 1. Altimetria da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

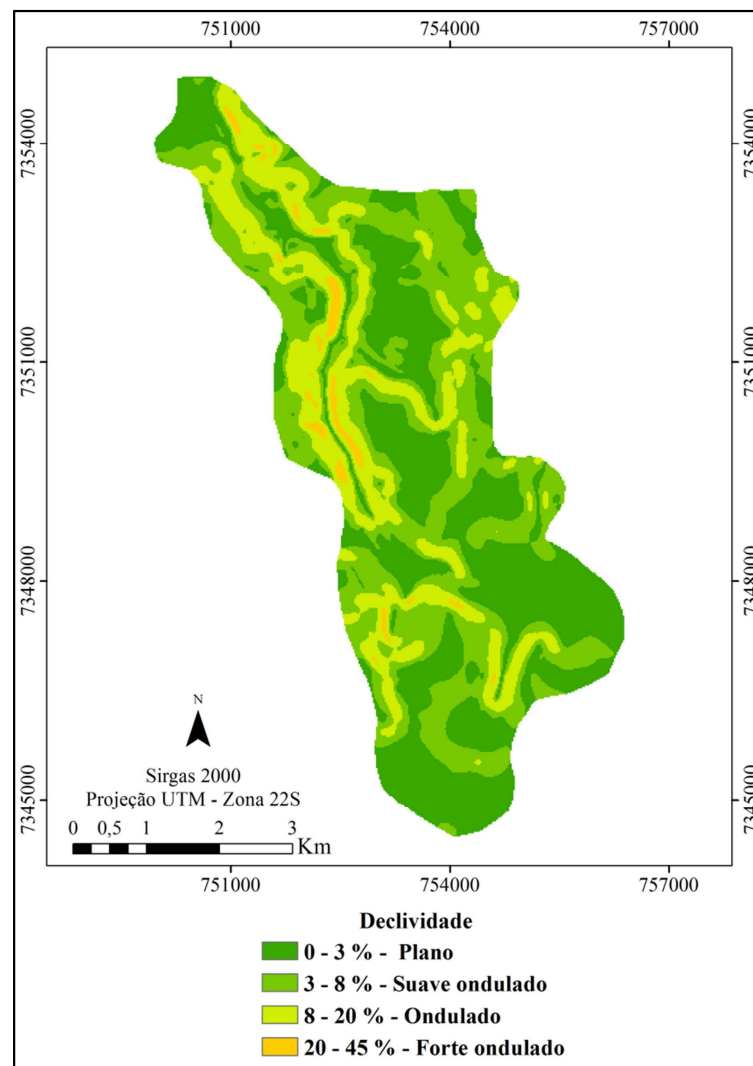


Fonte: próprio autor

As classes de declividade foram obtidas de acordo com a classificação sugerida pela Embrapa (1979): terreno plano (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), forte ondulado (20% a 45%), montanhoso (45 a 75%) e escarpado (acima de 75%). A declividade média da bacia foi de 5% sendo condizente com as características da região, onde 40,95% do terreno foram classificados como plano; 37,90% suave ondulado; 21,14% ondulado; 0,01% forte ondulado (FIGURA 2), não existindo nenhuma porção do terreno com características de montanhoso ou escarpado. Pinheiro et al. (2011) também verificou baixos valores de declividade na maior parte da microbacia do Ipaneminha em Sorocaba, SP, indicando então que grande porção da área da microbacia possui terras que podem ser utilizadas na agricultura.

De acordo com Lima (2008) a declividade média tem relação com o tempo de concentração da água na bacia. Ela influencia o tempo em que a água da chuva demora a alcançar a rede de drenagem, sendo que quanto menor a declividade, como neste caso, maior o tempo de concentração e maior a chance de infiltração da água no solo, o que também vai depender do uso e cobertura da terra. Para Romanovski (2001) a declividade é de extrema relevância para o planejamento de uma bacia.

FIGURA 2. Declividade da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

Com relação às atividades agropecuárias as áreas com relevo plano são as mais indicadas ao plantio de culturas temporárias, enquanto que as áreas com relevo ondulado são mais recomendadas para culturas permanentes, visto que estas espécies proporcionam maior proteção do solo que as anuais. Já as atividades silviculturais, pecuaristas e de conservação ambiental podem ser alocadas nas áreas com maiores declives, sempre respeitando a

legislação ambiental vigente e adotando as práticas conservacionistas de solo com o objetivo de evitar os processos erosivos (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

A orientação da bacia influencia a quantidade de calor recebida, podendo afetar as perdas por evapotranspiração e até mesmo as relações entre a precipitação e o deflúvio. A orientação também define a direção geral para a qual a declividade está exposta e o direcionamento do fluxo (LIMA, 2008). No hemisfério sul, como as bacias com foz voltada para o Norte não são as que recebem maior quantidade de radiação solar, as nascentes voltadas nessa mesma direção, podem ser consideradas conservadoras de umidade, esperando-se menor taxa de evapotranspiração e maior produção de água (CASTRO; LOPES, 2001). Entretanto, a análise ainda deve considerar os distintos tipos de cobertura vegetal, uma vez que cada uma possui diferente contribuição em termos de água no solo. Silva e Tonello (2014) também estudaram uma bacia com orientação noroeste, no município de Brotas, SP.

A razão de relevo (Rr), razão entre o componente vertical (amplitude altimétrica) e horizontal (comprimento), pode ser classificada em baixa (0 a 0,1), média (0,11 a 0,30) e alta (0,31 a 0,60), de acordo com Piedade (1980). O valor encontrado, classificado como baixo, indica que o relevo predominante na região é menos acidentado.

O gradiente do canal principal (Gc) tem como finalidade indicar a declividade do curso d'água principal e probabilidade de erosão, portanto, expressa em porcentagem a relação entre a cota máxima e o comprimento do canal principal (ANTONELI; THOMAZ, 2007). Nesse caso o valor encontrado pode ser considerado baixo (TABELA 6).

TABELA 6. Valores dos parâmetros morfométricos relacionados à drenagem da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Parâmetro morfométrico		Valor
Ordem da bacia	-	2 <sup>a</sup> .
Número de canais	N	19
Gradiente do canal principal	Gc	5,60%
Densidade de drenagem	Dd	0,95 km/km <sup>2</sup>
Coefficiente de manutenção	Cm	1,05 km <sup>2</sup> /km
Extensão do percurso superficial	Eps	0,47 km
Densidade hidrográfica	Dh	0,67 canais/km
Comprimento do curso d'água principal	L	13 km
Comprimento total dos cursos d'água	Lt	26,80 km

Fonte: próprio autor

Dessa forma a razão de relevo e o gradiente de canais sugerem que a baixa declividade da área em estudo faz com que o escoamento superficial da água ocorra mais lentamente, proporcionando maior infiltração da água no solo.

A bacia do córrego Itanguá apresentou uma baixa densidade de drenagem, pois o valor encontrado foi de apenas 0,95 km/km<sup>2</sup> e segundo Villela e Mattos (1975) o valor deste parâmetro pode variar de 0,5 Km/Km<sup>2</sup>, em bacias com baixa drenagem, a 3,5 ou mais, nas bacias excepcionalmente bem drenadas. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de solos mais permeáveis, possibilitando que a infiltração seja mais eficiente (LIMA, 2008). Valor próximo de densidade de drenagem (0,97 km/km<sup>2</sup>) foi encontrado por Stipp et al. (2010) na bacia do rio Taquara/PR.

De acordo com o coeficiente de manutenção obtido é preciso no mínimo 1,05 km<sup>2</sup> de solo para manter um quilômetro de curso d'água. A densidade hidrográfica indicou um baixo potencial hídrico da região, pois há somente 0,67 canais/km.

A extensão do percurso superficial da água (Eps) representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal, logo, a distância a ser percorrida nesse caso, de 470 metros, indica maior chance de infiltração da água no solo ao longo de todo esse trajeto, sendo que o uso e a cobertura da terra e a baixa declividade podem contribuir ainda mais com a diminuição da velocidade da água que escoam superficialmente. Nardini et al. (2013) ao encontrar um valor de Eps próximo ao dessa bacia ressaltou que o valor encontrado implica em maior tempo de concentração da água, diminuindo assim a tendência de erosão e aumentando a conservação da bacia.

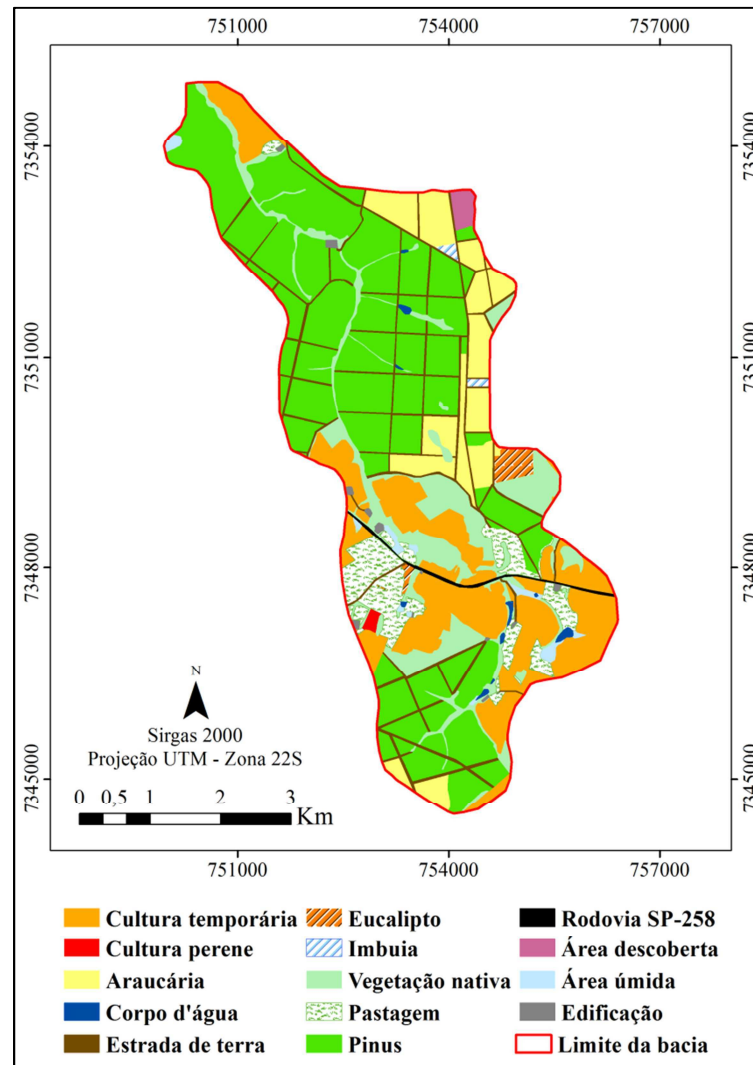
A forma da bacia, sendo mais próxima de um formato alongado, indicou baixa tendência a enchentes. Ao encontro dessa informação a baixa declividade do terreno proporciona um escoamento superficial mais lento e maiores taxas de infiltração de água no solo. O adequado uso e cobertura da terra de acordo com a aptidão agrícola e o emprego de técnicas de conservação de solo podem favorecer ainda mais a conservação da água na bacia.

O canal principal por apresentar tendência mais retilínea pode carrear sedimentos mais rapidamente e em maior quantidade, no entanto devido aos baixos valores encontrados para a  $R_r$  e  $G_c$  a velocidade de escoamento se torna mais lenta, com menor pressão de erosão do leito.

### 3.3.2 Uso e cobertura da terra

A bacia do córrego Itanguá está totalmente inserida na zona rural. O mapa de uso e cobertura da terra da bacia do córrego do Itanguá com as 14 classes existentes pode ser visualizado na Figura 3.

FIGURA 3. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

A partir do mapa final foi possível quantificar a área ocupada por cada categoria de uso e cobertura da terra, como pode ser visto na Tabela 7.

A agricultura ocupa cerca de 20% da bacia e é a segunda maior classe em termos de área. Os baixos valores de declividade encontrados na área favorecem o cultivo agrícola, principalmente das espécies temporárias, representadas na região principalmente por milho e soja.

TABELA 7. Área ocupada por cada categoria de uso e cobertura da terra da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Classes de uso e cobertura da terra	Área (ha)	(%)
Cultura temporária	514,95	18,19
Cultura perene	5,04	0,18
Araucária	273,82	9,67
Área úmida	22,94	0,81
Edificação	10,47	0,37
Corpo d'água	8,96	0,32
Estrada de terra	117,01	4,13
Eucalipto	27,37	0,97
Imbuia	7,72	0,27
Vegetação nativa	364,55	12,88
Pastagem	169,04	5,97
Pinus	1279,95	45,21
Rodovia SP-258	12,47	0,44
Área descoberta	16,79	0,59
Total	2831,10	100

Fonte: próprio autor

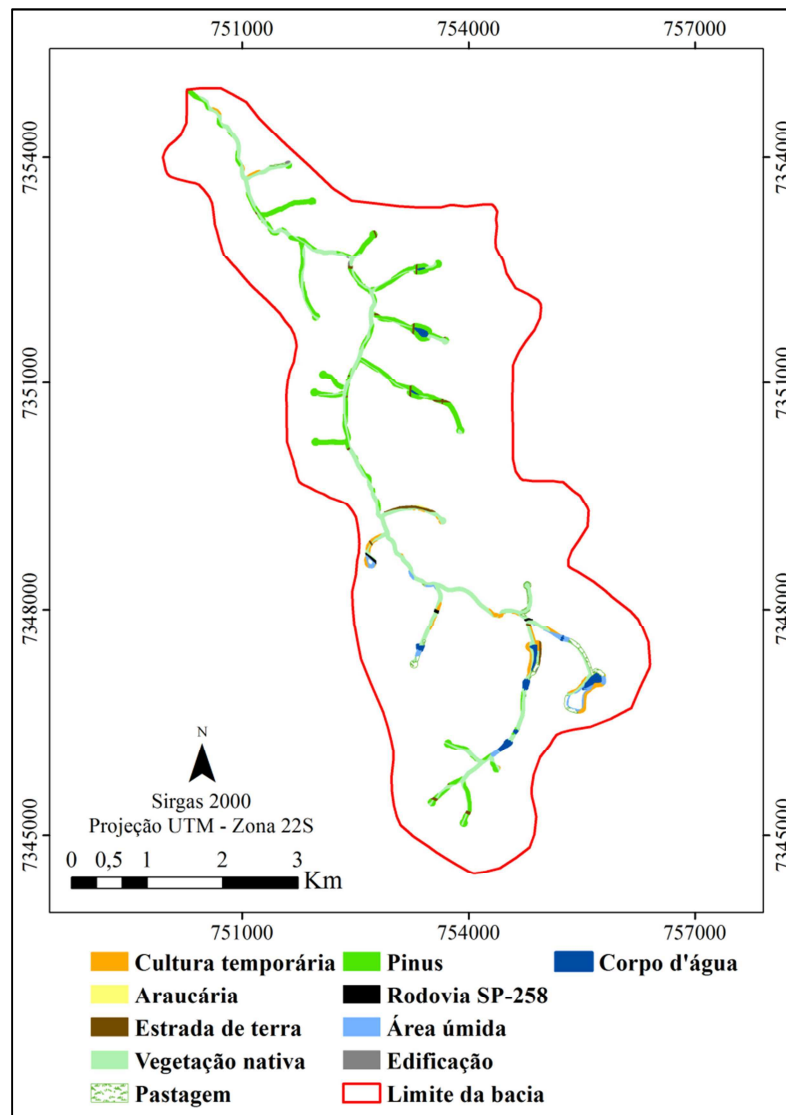
Os talhões de Araucária, todos pertencentes a Flona e que ocupam quase 10% da área da bacia, podem fornecer alimento e abrigo para as espécies selvagens da unidade de conservação além de representarem um importante banco genético, uma vez que se trata de uma espécie nativa criticamente ameaçada de extinção pela União Internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, 2013).

A vegetação nativa, constituída pela fisionomia florestal, não chega a representar nem 15% da área e se encontra fragmentada, principalmente entorno dos cursos d'água (FIGURA 4).

O reflorestamento com espécies exóticas constitui a maior classe de uso do solo da bacia. Os plantios de *Pinus* spp. são os responsáveis por ocupar a maior parte da área da bacia, quase que 50%, assim como também ocupam a maior parte da área da Flona.

A área classificada como área descoberta está nessa situação devido a uma colheita de *Pinus* spp. no local.

FIGURA 4. Mapa de uso e cobertura da terra na área de preservação permanente da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

A APP dos corpos d'água apresenta uma área de 175,40 ha e cerca de metade de sua área está sendo ocupada por vegetação nativa, seguida por *Pinus* spp., cultura temporária e pastagem, em termos de área (TABELA 8), todavia de acordo com o Código Florestal, 100% dessas áreas deveriam estar cobertos por vegetação nativa. Deste modo, é necessário que as espécies exóticas sejam substituídas gradativamente e nos locais onde não há vegetação nativa ela deve ser implantada.



TABELA 8. Área ocupada por cada categoria de uso e cobertura da terra na área de preservação permanente dos cursos d'água da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Categorias de uso e cobertura da terra	Área (ha)	(%)
Agricultura temporária	8,06	4,59
Araucária	0,25	0,14
Área úmida	4,90	2,79
Edificação	0,36	0,21
Estrada de terra	3,90	2,22
Vegetação nativa	98,38	56,09
Pastagem	7,12	4,06
Pinus	51,55	29,39
Rodovia SP-258	0,88	0,50
Total	175,40	100

Fonte: próprio autor

### 3.4 CONCLUSÃO

Analisando a morfometria da bacia do córrego Itanguá percebe-se que as suas características são positivas em termos de conservação de água, ao apresentar baixa tendência a enchentes.

A ausência de vegetação nativa em quase 50% da área de preservação permanente da bacia aponta a necessidade de restauração dessas áreas, seja substituindo as espécies exóticas por nativas, seja implantando espécies nativas onde não há vegetação nativa, para que assim a mata ciliar consiga contribuir com a conservação dos recursos hídricos e com a estabilidade do meio ambiente.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Caminhos da Geografia, Uberlândia**, v. 8, n. 21, p. 46–58, 2007.

BORGES, R. F.; BORGES, F. A.; COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA, L. **Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da porção de alto curso da bacia do rio Uberabinha – MG**. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação, 2, Recife, 2008. Disponível em: <[https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII\\_CD/Organizado/cart\\_sig/227.pdf](https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/227.pdf)>. Acesso em: 20 agosto 2015.

BRASIL. Lei federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 23 abril 2015.

BRASIL. Lei federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 23 abril 2015.

CALHEIROS, R.O.; TABAI, F.C.V.; BOSQUILIA, S.V.; CALAMARI, M. **Preservação e Recuperação das Nascentes** (de água e de vida). Piracicaba, SP. 2008. 40 p.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84 p.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_118.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_118.html)>. Acesso em: 03 jun. 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: EDUSP, 1974. 149 p.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **SÚMULA DA X REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. **Transactions-American Geophysical Union**, v.13, p.350-361, 1932.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 275–370, 1945.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

IUCN - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **Red List of Threatened Species**, 2013. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/32975/0>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba/SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, 2008. 245 p.

MENEZES, J. P. C. et al. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 4, p. 659–672, 2014.

MILLER, V.C. **A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee.** 30 f. 1953. Dissertation (Ph.D). Columbia University, 1953.

MMA. Ministério do Meio Ambiente – **Geo Catálogo.** Disponível em: <<http://geocatalogo.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2015.

NARDINI, R. C. et al. Análise morfométrica e simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687–699, 2013.

PIEIDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. Botucatu.** 1980. 161 f. Tese (Livre Docência), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1980.

PINHEIRO, R. C. TONELLO, K.C.; VALENTE, R.O.A.; SANTOS, I.P. Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do Córrego Ipaneminha, Sorocaba-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 234–245, 2011.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, São Carlos, v.19, n.10, p.4-45, 1995.

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

ROMANOVSKI, Z. Morfologia e aspectos hidrológicos para fins de manejo da microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo. 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SANTOS, A. R. **Caraterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG.** 2001. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Bulletin of Geological Society of America**, v. 67, p. 597-646, 1956.

SCHUMM, S.A., LICHTY, R. W., Channel widening and flood -plain construction along Cimarron River, southwestern Kansas. **Geol. Soc. Am. Bull.**, v. 70, p. 16-75, 1963.

SILVA, J. L.; TONELLO, K. C. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas/SP. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 103–114, 2014.

SOS MATA ATLÂNTICA/INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica**, dados de 2012. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>> Acesso em: 16 abril 2015.

STHRALER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** Trans. American Geophysical Union, v. 38, p. 913-920, 1957.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Taquara - Uma contribuição para o estudo das Ciências Ambientais. Portal da Cartografia, Londrina, v. 3, n. 1, p. 105–124, 2010.

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. **Revista Uniara**, v. 20, p. 137–157, 2007.

TONELLO, K. C. DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 4, n. 8, p. 156-168, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

## CAPÍTULO 4

### DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS À CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA NA BACIA DO ITANGUÁ, CAPÃO BONITO, SP

**Resumo.** O uso inadequado dos solos pode provocar erosão e assoreamento dos cursos d'água reduzindo assim a quantidade e qualidade da água na bacia. A implantação de práticas conservacionistas de solo e a presença de vegetação nativa são ações de fundamental importância para a conservação do solo e água na bacia, uma vez que elas atuam diminuindo o escoamento superficial da água e os processos erosivos. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo a definição de áreas prioritárias à conservação de solo e água na bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP, inserida na Floresta Nacional de Capão Bonito, por meio da determinação de áreas com maior necessidade de implantação de práticas conservacionistas de solo na bacia e de restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água. Para a elaboração dos mapas temáticos os planos de informação de uso e cobertura da terra e declividade do terreno foram combinados pelo método booleano em um sistema de informação geográfica. A partir da análise dos dados foram encontradas nove diferentes classes de prioridade para implantação de práticas conservacionistas e seis classes de prioridade para a restauração florestal na área de preservação permanente. A metodologia se mostrou adequada ao objetivo proposto e os mapas produzidos constituem importantes ferramentas na tomada de decisão, especialmente neste caso, para o adequado planejamento da Unidade de Conservação.

**Palavras-chave:** práticas conservacionistas de solo, restauração florestal, área de preservação permanente.

**Abstract.** The soil improper use can cause erosion and silting of watercourses reducing the quantity and quality of water in the watershed. The implementation of soil conservation practices and the presence of native vegetation are crucial actions for the conservation of soil and water in the basin, since they act decreasing water runoff and erosion. This study aimed to define areas with greater need to implement conservation practices for soil and water conservation in Itanguá watershed, Capão Bonito, SP, through the determination of the important areas for the implementation of soil conservation practices and forest restoration in permanent preservation area of waterways. For the preparation of thematic maps the information plans of use and land cover and slope were combined by the boolean method in geographic information system. After the analysis were founded nine different classes of

priority to the implementation of conservation practices and six priority classes for forest restoration in permanent preservation areas. The methodology was adequate to the purpose and produced maps are important tools in decision making.

**Keywords:** soil conservation practices, forest restoration, permanent preservation area.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A água, ao mesmo tempo em que é considerada indispensável à vida, é um recurso natural que atualmente vem sofrendo grandes pressões e problemas de escassez tanto em qualidade como em quantidade em algumas partes do planeta, principalmente nas áreas próximas a regiões urbanizadas e com agricultura intensiva, onde o consumo é elevado.

O desmatamento e a substituição das florestas por outros usos, somados à fragmentação, urbanização e manejo inadequado do solo provocam a degradação e a compactação do mesmo, que por sua vez, aumentam o escoamento superficial e diminuem a infiltração da água no solo, reduzindo assim, a quantidade de água armazenada nos lençóis freáticos e aquíferos.

Em relação à qualidade, uma das maiores ameaças é a poluição difusa, resultante principalmente do uso inadequado dos solos, que também pode provocar erosão e assoreamento dos cursos d'água (NOSSACK, 2012).

A bacia hidrográfica se configura em importante unidade de gestão, como estabelecido na Lei federal 9.433/97, pois todas as intervenções e impactos presentes não só nas nascentes, mas em toda a bacia, poderão provocar alterações na quantidade e qualidade de água produzida (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012).

Para que a água seja armazenada em uma bacia hidrográfica é vital que a cobertura florestal seja mantida, pois os solos florestais contribuem na capacidade de infiltração da água no solo por apresentarem uma significativa camada de material orgânico e maior porosidade e agregação das partículas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990), principalmente nas áreas de matas ciliares, as áreas de preservação permanente (APP).

A implantação de práticas conservacionistas de solo em toda a bacia também é de fundamental importância para a conservação do solo, pois estudos vêm demonstrando que os preparos conservacionistas são eficazes no controle de erosão, podendo apresentar reduções de 50 a 95% nas perdas de solo em relação ao preparo convencional (COGO et al., 2003).

No entanto, na maioria das vezes, os recursos financeiros são escassos, sendo necessária a definição de áreas prioritárias, as quais podem ser determinadas com o auxílio de

um Sistema de Informação Geográfica (SIG), ferramenta esta que vem sendo bastante utilizada com fins de planejamento e gestão (VETTORAZZI, 2006).

A partir dos mapas temáticos gerados é possível se determinar qual o nível de prioridade que cada porção da bacia apresenta, facilitando assim o planejamento e a gestão da região em termos de conservação de solo e água.

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho a definição de áreas prioritárias à conservação de solo e água na bacia do córrego Itanguá, Capão Bonito, SP, por meio da determinação de áreas para a implantação de práticas conservacionistas de solo e para a restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água.

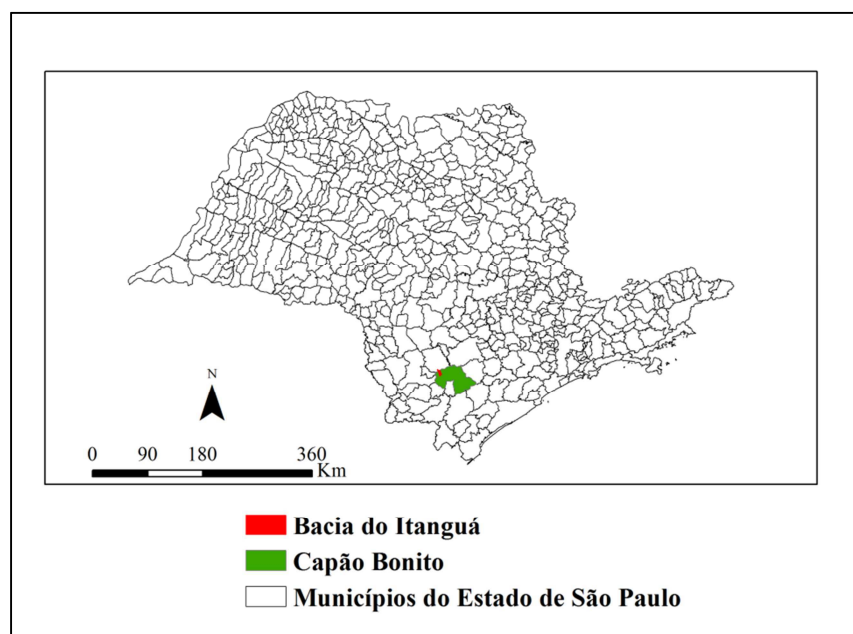
## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Área de estudo

A bacia do córrego Itanguá apresenta uma área de 28,3 km<sup>2</sup> e cerca de 60% de sua área faz parte da Floresta Nacional de Capão Bonito, uma Unidade de Conservação de uso sustentável importante para a região.

A área de estudo está localizada na região do Vale da Serra do Paranapiacaba, sudoeste do estado de São Paulo, município de Capão Bonito (FIGURA 1), entre as coordenadas 23°54' - 23°59' S e 48°32' - 48°30' O.

FIGURA 1. Localização da bacia do Itanguá e do município de Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

Possui como vegetação natural Floresta Ombrófila Densa e Savana (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2012) e a altitude é em torno de 700 metros com relevo levemente ondulado. A precipitação média anual é de 1200 mm sendo que o clima da região é caracterizado como Cwa segundo a classificação de Koeppen, com invernos secos e verões chuvosos (CEPAGRI, 2015).

Esta bacia deságua no rio Apiaí Mirim, afluente do rio Paranapanema, um dos mais importantes rios do estado de São Paulo não somente em função de suas características socioambientais, mas também por ser um divisor entre São Paulo e Paraná e ser classificado como o menos poluído de todo o estado.

#### **4.2.2 Processamento dos dados**

Todo o processamento dos dados foi realizado em ambiente SIG, nos programas QGIS 2.8 e ArcMap 10.1.

A definição das áreas prioritárias tanto para a implantação de práticas conservacionistas de solo quanto para a restauração florestal na APP foi realizada utilizando os planos de informação de uso e cobertura da terra e declividade do terreno, ambos obtidos no capítulo anterior.

Esses fatores foram selecionados devido à influência que eles exercem no tempo de concentração da água na bacia e nos processos hidrológicos de escoamento superficial e infiltração da água no solo (LIMA, 2008).

Analisando-se o uso e cobertura da terra, percebe-se que cada categoria proporciona um diferente comportamento no que se refere ao escoamento superficial e infiltração da água no solo, sendo que quanto mais desprotegido o solo estiver, maior pode ser a velocidade de escoamento superficial, a desagregação e o carreamento de partículas do solo.

A hierarquização das classes de uso e cobertura da terra foi realizada de acordo com o valor do fator C da "Equação Universal de Perda de Solo" (USLE), que corresponde ao uso e manejo do solo e pode variar de zero a um, sendo mais próximo de zero nos sistemas de manejo conservacionistas, e de um nos sistemas não-conservacionistas (BERTOL et al., 2002). Portanto quanto maior o valor, maior a prioridade da categoria para a sua conservação.

Em relação à declividade pode-se verificar que quanto maior ela for maior é o efeito de processos erosivos no solo devido à menor proteção oferecida pela cobertura do solo.

As classes de declividade de 0 a 3% e de 3 a 8%, segundo Ramalho Filho e Beek (1995), apresentam pouca ou nenhuma suscetibilidade a erosão e que pode ser controlada com práticas conservacionistas simples, portanto menor a prioridade, sendo que neste caso somam



78,85% da bacia do Itanguá. Ainda segundo os mesmos autores, as terras com 8 a 13% de declividade apresentam moderada e as de 13 a 20% forte suscetibilidade à erosão, requerendo, por conseguinte práticas mais intensivas de controle, correspondendo a 14,82% e 6,32% do terreno, respectivamente.

As terras com 20 a 45% de declividade têm o seu uso agrícola restrito, pois apresentam elevada suscetibilidade à erosão, neste caso sendo representadas por apenas 0,01% da bacia. As classes acima desses valores não foram encontradas na área de estudo.

TABELA 1. Hierarquização das diferentes categorias dos planos de informação utilizados na definição das áreas prioritárias para a implantação de práticas conservacionistas de solo na bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.

Uso e cobertura da terra	Fator C*	Declividade	
		0-8%	8-45%
Área descoberta	0,90	-	X
Estrada de terra	0,50	-	X
Cultura perene	0,37	-	X
Cultura temporária	0,25	-	X
Pastagem	0,25	-	X
Florestas Plantadas	0,05	-	X
Área descoberta	0,90	X	-
Estrada de terra	0,50	X	-
Cultura perene	0,37	X	-
Cultura temporária	0,25	X	-
Pastagem	0,25	X	-
Florestas plantadas	0,05	X	-
Restrição	-	-	-

\*ANA (2008)

Fonte: próprio autor

Para a definição das áreas prioritárias as categorias de uso do solo de Pinus e Eucalipto foram agrupadas na categoria Florestas plantadas, devido ao fato de ambas apresentarem porte arbóreo. As áreas com edificação, rodovia, corpo d'água e área úmida por já apresentarem um uso consolidado e a Araucária e a Imbuia por serem espécies nativas preservadas na Flona e a

vegetação nativa por já exercer as funções de conservação de solo e água foram desconsideradas da análise, sendo classificadas como restrição.

A araucária mesmo que tenha sido plantada na forma de talhões ela é uma espécie nativa e se encontra criticamente ameaçada de extinção pela União Internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, 2013) e, de acordo com estudo realizado na área, sob os plantios de *Araucaria angustifolia* foram amostrados 652 indivíduos com CAP maior que 15 cm, distribuídos em 93 espécies, 44 famílias e densidade de 1204 ind/ha, favorecendo então a regeneração natural do sub-bosque (SCHIEVENIN, 2013).

Os planos de informação de uso e cobertura da terra e declividade, em ambas as análises, foram então combinados por meio da lógica booleana gerando mapas temáticos com diferentes classes de prioridade.

No método Booleano os critérios são reduzidos a declarações lógicas de adequação e combinados por meio de um ou mais operadores lógicos, tais como intersecção e união (EASTMAN, 2001).

## **4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.3.1 Áreas prioritárias para a implantação de práticas conservacionistas de solo**

As informações foram cruzadas e gerou-se então uma tabela com as classes de prioridade encontradas na área, podendo-se perceber que não foi visualizada apenas a categoria de área descoberta na declividade de 8 a 45%.

As categorias de uso da terra de cultura temporária e pastagem, por apresentarem o mesmo valor do Fator C, foram agrupadas em uma mesma classe de prioridade.

A classe de maior prioridade para a implantação de práticas conservacionistas de solo foi a de estrada de terra na região de maior declividade, enquanto que a categoria com maior área foi a de prioridade 9 que corresponde às florestas plantadas em áreas de baixa declividade, ocupando quase 40% de toda a área da bacia, seguida pelas classes de prioridades 8 e 4 (TABELA 2).

TABELA 2. Classes de prioridade na bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP e suas respectivas áreas (em hectares).

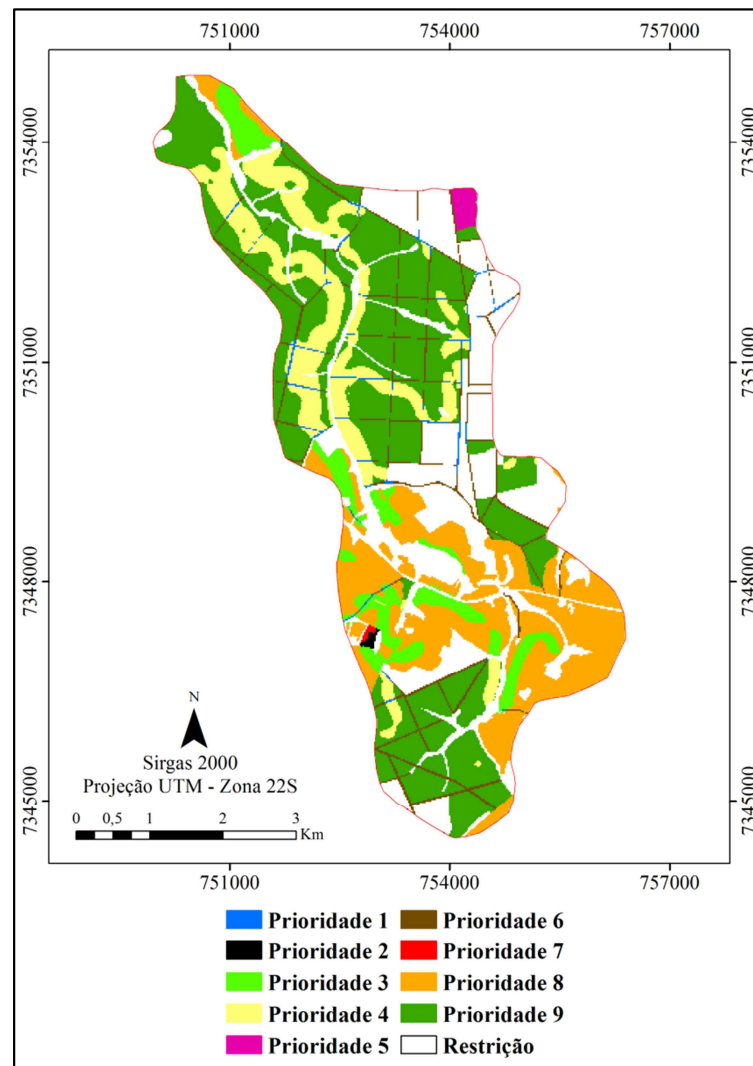
Uso e cobertura da terra	Declividade		Prioridade	Área (ha)	Área (%)
	0-8%	8-45%			
Estrada de terra	-	X	1	23,34	0,82
Cultura perene	-	X	2	3,12	0,11
Cultura temporária/Pastagem	-	X	3	162,76	5,75
Florestas Plantadas	-	X	4	343,92	12,15
Área descoberta	X	-	5	16,84	0,59
Estrada de terra	X	-	6	94,00	3,32
Cultura perene	X	-	7	2,00	0,07
Cultura temporária/Pastagem	X	-	8	520,32	18,38
Florestas plantadas	X	-	9	964,6	34,07
Restrição	-	-	-	700,2	24,73
			Total	2831,10	100

Fonte: próprio autor

Um mapa temático com as diferentes classes de prioridade também foi obtido após o processamento dos dados em ambiente SIG. Esse mapa permitiu a visualização das classes de acordo com a sua prioridade à implantação de práticas conservacionistas de solo (FIGURA 2).

Rosa et al. (2016) realizou um estudo semelhante, em Ibiúna, SP, com priorização de áreas para o pagamento de serviços ambientais e de acordo com as suas observações este tipo de análise demonstrou ser viável no suporte à tomada de decisão.

FIGURA 2. Áreas prioritárias para a implantação de práticas conservacionistas de solo na bacia do Itaguá, Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

A implantação de práticas conservacionistas é de grande relevância para a conservação do solo e água, pois elas são capazes de atuar na diminuição da velocidade do escoamento superficial da água, de proporcionar maior infiltração de água, manter a umidade do solo e melhorar a agregação das partículas evitando os processos erosivos. Elas podem ser de caráter mecânico, vegetativo ou edáfico e podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto (PIRES; SOUZA, 2006).

As práticas mecânicas consistem em barreiras físicas para diminuir a velocidade das enxurradas, como por exemplo, o terraceamento, enleiramentos permanentes e bacias de captação, enquanto que as vegetativas são aquelas que além de diminuir a velocidade da água também protegem o solo contra o impacto das gotas de chuva, evitando a desagregação

das partículas, como por exemplo, o reflorestamento, cobertura morta, plantas de cobertura do solo, culturas em faixas, rotação de culturas (SILVA et al. 2003).

As de caráter edáfico, que consistem no cultivo do solo de acordo com sua aptidão, podem promover a manutenção ou melhoria da fertilidade além de sua proteção. A adubação verde, orgânica e a calagem são alguns exemplos de práticas edáficas (PIRES; SOUZA, 2006) (TABELA 3).

TABELA 3. Uso e cobertura da terra e possíveis práticas conservacionistas a serem adotadas

<b>Uso e cobertura da terra</b>	<b>Possíveis práticas a serem adotadas</b>	<b>Referência</b>
Área descoberta	Recobrimento do solo.	Carvalho et al. (1990), Anjos et al. (1992), Silva et al. (2003)
Cultura temporária	Plantio direto, curva de nível, terraceamento, cultivo em faixas intercaladas, rotação de culturas.	Bertoni e Lombardi Neto (1985), Silva et al. (1989), Pruski et al. (2009)
Estrada de terra	Manutenção, bacias de captação e retenção da água da chuva.	Bertolini (1993), Pires e Souza (2006), Griebelle et al. (2009)
Pastagem	Manejo sustentável.	Santos et al. (1998), Pires e Souza (2006)
Cultura perene	Curva de nível, cultivo mínimo, manutenção das entrelinhas, cobertura do solo com resíduos culturais.	Carvalho et al. (1990), Anjos et al. (1992), Pires e Souza (2006), Pruski (2009)
Florestas plantadas	Manejo sustentável na colheita e posterior recobrimento do solo.	Oki (2002), Lima e Mendes (2007)

Em um estudo realizado no Distrito Federal, Chaves e Piau (2008) concluíram que o tipo de uso e manejo do solo afetou de forma significativa o escoamento superficial e o aporte de sedimento no período estudado, obtendo maiores valores de escoamento nas áreas de preparo convencional quando comparadas às áreas de plantio direto e vegetação nativa.

A cobertura do solo pode ser obtida por meio dos resíduos culturais deixados na superfície ou pela presença de vegetação. Essas práticas tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, pois diminuem o impacto das gotas da chuva, que por sua vez diminui a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, aumentando assim a infiltração da água (COGO et al., 2003).

Ainda segundo Cogo et al. (2003), ao observarem um solo muito argiloso na região das Missões/RS perceberam que as perdas de solo por erosão hídrica foram menores nas áreas com semeadura direta do que nas áreas com preparo convencional.

Em Lajes/SC Schick et al. (2000) chegaram a conclusão de que a rotação de culturas reduziu as perdas de solo em 37% em relação ao plantio convencional.

As pastagens, para contribuírem com a conservação do solo e da água, devem ser manejadas de maneira sustentável, ou pelo contrário elas podem impactar as bacias hidrográficas quando geram impactos ambientais negativos, como a redução da infiltração da água no solo e a degradação das propriedades químicas e físicas do solo desencadeando processos erosivos. Em um estudo realizado em uma propriedade rural da região de Marabá no Pará, permitiu-se concluir que uma pastagem degradada diminuiu a cobertura do solo deixando-o exposto à chuva e ao pisoteio, o que resultou na sua compactação (MULLER et al., 2001).

As florestas plantadas geralmente apresentam valores baixos de erosão, exceto se perturbadas com fogo, colheita e construção de estradas florestais (MACHADO et al., 2003), por isso a atividade de colheita da madeira, que ocorre na Flona, deve ser muito bem planejada com mínimos impactos, visto que após o corte raso o solo fica desprotegido e pode haver maior velocidade de escoamento superficial e carreamento de sedimentos para os cursos d'água, como visto por Oki (2002), acarretando em perdas de solo e de nutrientes e consequentemente em degradação do solo e da água (LIMA; MENDES, 2007).

Os terraços, estruturas conservacionistas compostas por um camalhão e um canal e que são construídas no sentido perpendicular ao declive do terreno, diminuem a velocidade de escoamento superficial da água e aumentam a infiltração da água no solo, uma vez que a água fica acumulada nos canais, facilitando assim sua infiltração (SEAB, 1994).

As bacias de captação e retenção, que promovem a captação, retenção e infiltração do excesso de água das estradas, acabam por evitar os danos ocasionados pela erosão no leito das mesmas e nas áreas vizinhas, além de contribuírem com o abastecimento do lençol freático (BERTOLINI, 1993).

Casarin (2008) ao adotar práticas de construção de terraços associados a bacias de captação e retenção para o controle da erosão no trecho de uma estrada no Centro-Oeste do estado de São Paulo obteve resultados positivos para a contenção das águas pluviais e diminuição do assoreamento à jusante em áreas de recarga de recursos hídricos.

No entanto, o custo de construção e manutenção de um sistema de terraceamento, bem como a construção de bacias de captação é relativamente alto, por isso é recomendado que

seja feito um diagnóstico do local para que a implantação dessas técnicas seja a mais eficiente possível (BERTOLINI et al., 1989).

Dessa forma, a implantação de práticas conservacionistas se mostra fundamental para a conservação do solo e da água.

Esses resultados auxiliam no processo de planejamento e gestão da Flona de Capão Bonito e das áreas no entorno, pois permitem visualizar em quais locais a implantação de técnicas conservacionistas de solo é mais prioritária para se favorecer a conservação do solo e da água, além de auxiliar na escolha de quais práticas podem ser adotadas.

#### 4.3.2 Áreas prioritárias para a restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água

As áreas de preservação permanente de acordo com a Lei 12.651/2012 devem estar cobertas por vegetação nativa devido aos benefícios que as matas ciliares proporcionam ao solo e aos cursos d'água.

No entanto, como visto no capítulo anterior a vegetação nativa está presente em apenas 56,09% da APP, existindo deste modo a necessidade de restauração florestal nas demais áreas que estão sendo ocupadas por outros usos.

Posteriormente ao cruzamento das informações e construção da Tabela 4 pôde-se perceber que nem todas as categorias propostas na Tabela 1 foram encontradas.

TABELA 4. Classes de prioridade para a restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água da bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP e suas respectivas áreas (em hectares).

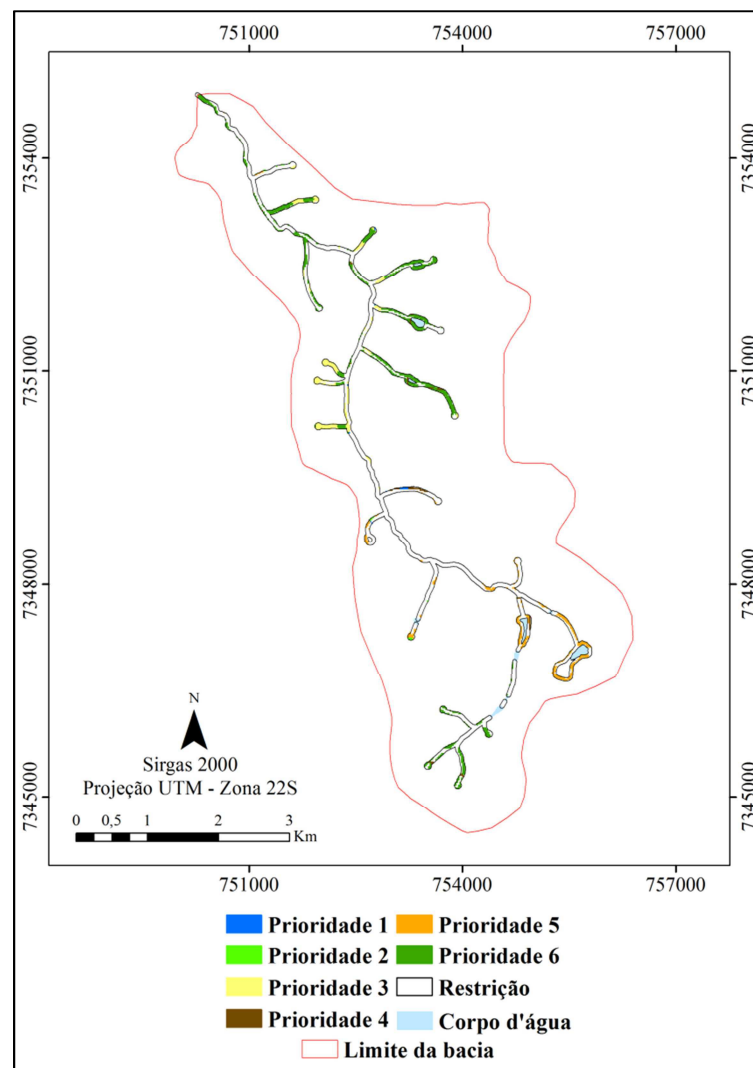
Uso e cobertura	Declividade		Prioridade	Área (ha)	Área (%)
	0-8 %	8-45%			
Estrada de terra	-	X	1	0,72	0,41
Cultura Temporária/Pastagem	-	X	2	0,64	0,36
Florestas Plantadas	-	X	3	13,20	7,53
Estrada de terra	X	-	4	3,00	1,71
Cultura Temporária/Pastagem	X	-	5	13,22	7,54
Florestas Plantadas	X	-	6	39,12	22,30
Restrição	-	-	-	105,50	60,15
			Total	175,40	100

Fonte: próprio autor

A área ocupada pela restrição representa 60% da área total, portanto a área que necessita de restauração florestal corresponde a cerca de 40% da APP, sendo composta principalmente pelas áreas com Florestas Plantadas em região de baixa declividade (22,30%).

O mapa temático, obtido a partir dos planos de informação de uso e cobertura da terra na APP e declividade apontou as áreas prioritárias à restauração florestal (Figura 3).

FIGURA 3. Áreas prioritárias para a restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água na bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP.



Fonte: próprio autor

Esses resultados encontrados também auxiliam no processo de planejamento e gestão da Flona e das áreas no entorno ao identificar diversos níveis de prioridade de restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água, uma vez que se torna inviável



a substituição do uso atual pela vegetação nativa de toda a área necessária de uma só vez, já que os recursos financeiros, na maioria das vezes, são escassos.

#### 4.4 CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados pôde-se concluir que existem nove diferentes classes de prioridade para a implantação de práticas conservacionistas de solo na bacia do Itanguá, Capão Bonito, SP, sendo que a classe de maior prioridade para a implantação de práticas conservacionistas de solo foi a de estrada de terra na região de maior declividade, enquanto que a categoria com maior área foi a de florestas plantadas em áreas de baixa declividade, seguida pela cultura temporária e pastagem também em baixa declividade e florestas plantadas em alta declividade.

Quanto à prioridade de restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água foram identificadas seis diferentes classes, onde a área que necessita de restauração florestal corresponde a cerca de 40% da APP, sendo composta principalmente pelas áreas com florestas plantadas em região de baixa declividade.

A metodologia se mostrou adequada ao objetivo proposto e os mapas produzidos são importantes ferramentas na tomada de decisão, colaborando com a gestão da Floresta Nacional de Capão Bonito e das áreas do entorno pertencentes à bacia do Itanguá.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Programa Produtor de Água – Manual Operativo**. Brasília: ANA, 2008. 60 p.

ANJOS, J.T.; UBERT, A.A.A.; VIZZOTO, V.J.; LEITE, G.B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.18, p.139-145, 1994.

BERTOLINI, B. **Controle de erosão em estradas rurais**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 37 p.

BERTOLINI, D.; GALETI, P.A.; DRUGOWICH, M.I.; . Tipo e formas de terraços. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, Campinas. **Anais...**Campinas, SP: Fundação Cargil, 1989. p. 79-98.

BERTOL I., SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 545-552, 2002.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo**. Editora Ícone: São Paulo, 1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 368 p.

BRASIL. Lei federal nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 23 abril 2015.

Carvalho, F.L.C.; Cogo, N.P.; Levien, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.227-234, 1990.

CASARIN, R. D. **controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas , utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação**. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

CEPAGRI - **CENTRO DE PESQUISAS METEREOLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA**. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_118.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_118.html)>. Acesso em: 03 jun. 2015.

CHAVES, H. M. L.; PIAU, L. P. Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 333–343, 2008.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 743–753, 2003.

EASTMAN, J. R. Decision support: decision strategy analysis. In: **Idris 32 release 2: guide to GIS and image processing**. Worcester: Clark University, Clark Labs,. v. 2, p. 1–22, 2001

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. **Geografias**, Belo Horizonte-MG, v. 8, n. 2, p. 8–23, 2012.

GRIEBELE, N.P; PRUSKI, F.F; SILVA, J.M.A. **Controle da erosão em estradas não pavimentadas**. In: PRUSKI, F.F (editor). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 279 p.

IUCN - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **Red List of Threatened Species**, 2013. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/32975/0>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

LIMA, W.P.; MENDES, C.A.B. Análise de impactos ambientais de florestas plantadas, no contexto de bacias hidrográficas: princípios norteadores. **Anais do I Seminário de Recursos**

Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o ciclo hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro de 2007, IPABHi, p. 263-270.

LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba/SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, 2008.

MACHADO, C.C.; GARCIA, A.R.; SILVA, E.; FONTES, A.M. Comparação de taxas de erosão em estradas florestais estimadas pelo modelo wepp (water erosion prediction project) modificado em relação a medições experimentais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.295-300, 2003.

MULLER, M.M.L. GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1409–1418, 2001.

NOSSACK, F. A. **Planejamento da recomposição florestal pela análise multicriterial na sub-bacia do córrego do Descalvado visando a conservação dos recursos hídricos**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

OKI, V.K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. 216 p.

PRUSKI, F.F.; GRIEBELE, N.P; SILVA, J.M.A; OLIVEIRA, J.R.S. **Práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica em áreas agrícolas**. In: PRUSKI, F.F (editor). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2009. 279 p.

ROSA, F.S; TONELLO, K.C; LOURENÇO, R.W. Eleição de áreas prioritárias para pagamento por serviços ambientais: uma análise em nível de microbacia. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, 2016.

SANTOS, D.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ FILHO, A.B.; TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.33, n.2, p.183-189, 1998.

SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo**. 2. ed. Curitiba, 1994. 306 p.

SILVA, I. F.; CAMPOS FILHO, O.R; ANDRADE, A.P.; COÊLHO, E.A.C; DINIZ, E.J. Influência do cultivo isolado e do consórcio sobre as perdas de solo e água numa terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.111-115, 1989.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140 p.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O; BALBINOT Jr., A.A. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 427–436, 2000.

SCHIEVENIN, D.F. **Avaliação da Regeneração Natural em Sub-bosque de plantios de *Pinus elliottii* Engelm. e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Capão Bonito - SP.** 2013. 23 f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

SOS MATA ATLÂNTICA/INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica**, dados de 2012. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>> Acesso em: 16 abril 2015.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos.** 2006. 151 f. Tese (Livre docência em Geoprocessamento) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2006.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÃO GERAL

A avaliação macroscópica das nascentes resultou em importantes informações sobre as nascentes e os impactos ambientais negativos que estão presentes, como a presença de espécies exóticas tanto animal como vegetal: Javali (*Sus scrofa*) e *Pinus* spp. e a ausência de vegetação nativa na área de preservação permanente dos cursos d'água. Das nascentes analisadas in loco 60% foram caracterizadas como pontuais enquanto que as demais foram difusas e de acordo com a avaliação macroscópica, 13% das nascentes foram consideradas com ótimo, 80% com bom e 7% com razoável estado de conservação.

A partir do conhecimento das características físicas da bacia, ou seja, de sua morfometria foi possível verificar que por se tratar de uma bacia com forma mais alongada e com baixa tendência a enchentes ela é um local importante para a conservação dos recursos hídricos. A ausência de vegetação nativa em quase 50% das áreas de preservação permanente da bacia apontou a necessidade de restauração dessas áreas.

A partir da análise dos planos de informação de declividade e uso e cobertura da terra puderam-se encontrar nove diferentes classes de prioridade para a implantação de práticas conservacionistas de solo na bacia sendo que a classe de maior prioridade para a implantação de práticas conservacionistas de solo foi a de estrada de terra na região de maior declividade, enquanto que a categoria com maior área foi a de florestas plantadas em áreas de baixa declividade, seguida pela cultura temporária e pastagem também em baixa declividade e florestas plantadas em alta declividade.

Com relação à prioridade de restauração florestal na área de preservação permanente dos cursos d'água foram identificadas seis diferentes classes, onde a área que necessita de restauração florestal corresponde a cerca de 40% da APP, sendo composta principalmente pelas áreas com florestas plantadas em região de baixa declividade.

Demais trabalhos, como por exemplo, análise química da água, medição da vazão e do balanço hídrico e a correlação desses resultados com o uso e cobertura da terra podem complementar as informações obtidas nesse estudo.

Os resultados obtidos neste trabalho contribuem com o manejo da bacia hidrográfica do córrego Itanguá para a conservação do solo e da água além de fornecerem importantes informações para o Plano de Manejo da Flona de Capão Bonito servindo de suporte a gestão e planejamento da Unidade de Conservação.