

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**AVALIAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE
FUNCIONAL DOS RECURSOS NATURAIS**

Robson Luis Silva de Medeiros

Licenciado em Ciências Agrárias

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE
FUNCIONAL DOS RECURSOS NATURAIS**

Robson Luis Silva de Medeiros

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Valiengo Valeri

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2018

M488a Medeiros, Robson Luis Silva de
Avaliação de bacia hidrográfica como unidade funcional dos recursos naturais / Robson Luis Silva de Medeiros. -- Jaboticabal, 2018
xvi, 40 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientador: Sérgio Valiengo Valeri
Banca examinadora: Marcelo Zanata, Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Bibliografia

1. Morfometria. 2. Floresta Produtiva. 3. Água. 4. Solo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 556.51;631.6.02

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE FUNCIONAL DOS RECURSOS NATURAIS

AUTOR: ROBSON LUIS SILVA DE MEDEIROS

ORIENTADOR: SERGIO VALIENGO VALERI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SERGIO VALIENGO VALERI
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisador Dr. MARCELO ZANATA
Floresta Estadual / Instituto Florestal - Batatais/SP

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 19 de fevereiro de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Robson Luis Silva de Medeiros: Nascido em 10 de Junho de 1993 na cidade de Esperança - PB, filho dos agricultores Ricardo Luis de Medeiros e Rozana Maria Silva de Medeiros. Concluiu o ensino fundamental I na Escola Estadual Monsenhor José Paulino, e o fundamental II e o ensino médio na Escola Municipal Luzia Laudelino Silva de Medeiros em 2010 na cidade de Arara - PB. No ano seguinte, ingressou no curso superior de Licenciatura em Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), campus de Bananeiras. Foi Bolsista de extensão em 2012, trabalhou com Educação Ambiental em escolas públicas da região. Foi bolsista de Iniciação Científica (2012 – 2015) por 3 vigências consecutivas, desenvolvendo pesquisas em Brejo de Altitude e na Caatinga Paraibana. No ano de 2015 foi professor de Biologia do Cursinho solidário do campus III – UFPB e Bolsista do Programa de Iniciação à Docência, onde participou do projeto “Hortas escolares no Brejo Paraibano” em Instituições de ensino da rede Estadual da Paraíba. É aluno cadastrado nos grupos de pesquisa: Ecologia e Produção Vegetal no Semiárido (CCHSA/UFPB), Nutrição e Melhoramento Florestal (FCAV/UNESP) e Grupo de Estudos em Tecnologia de Sementes e Melhoramento Florestal (FCAV/UNESP). É autor e coautor de 16 artigos científico publicados em periódicos do Nacionais e Internacionais, 9 capítulos de livro e mais de 60 resumos (completos, expandidos e simples) publicados em eventos Nacionais e Internacionais. Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2018 com bolsa Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), pelo mesmo programa, com Bolsa do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

“Você pode dizer até logo a sua família e aos seus amigos e afastar-se milhas e milhas e, ao mesmo tempo, carregá-los em seu coração, em sua mente, em sua alma, pois você não apenas vive no mundo, mas o mundo vive em você.”

Willian Yuong

“Nada como o firmamento, para trazer ao pensamento. A certeza de que estou sólido, em toda a área que ocupo. E a imensidão aérea, é ter o espaço do firmamento no pensamento. E acreditar em voar algum dia”

Chico Science & Nação Zumbi

“Ver o mundo e os perigos que virão, ver por trás dos muros, chegar mais perto, encontrar o outro e sentir. Esse é o propósito da vida.”

Dedicatória

Aos meus pais Ricardo Luis de Medeiros e Rozana Maria Silva de Medeiros, que me ensinaram a andar, falar, amar e ter garra para aprender a viver, ler e escrever, e que tanto me apoiam nessa jornada incansável pela busca do verdadeiro alimento de nossa alma: o conhecimento. Vocês são a minha verdadeira fonte de inspiração.

Ao meu irmão Rafael Luis Silva de Medeiros, pelo apoio, compreensão e amor.

Aos meus avôs João Paulino de Medeiros (*in memoriam*) e Manoel Francisco (*in memoriam*) e minhas avós Maria das Dores (*in memoriam*) e Gecina Delminda, pelo exemplo de sinceridade e humildade.

Aos Seres Humanos que lutam diariamente para construir um mundo melhor.

Para todos aqueles em que o destino e a vida pediram para embarcarem na busca dos seus sonhos, se distanciando daqueles que mais amam e pagando o alto preço de viver longe de casa. Nós que vivemos não estamos livres do medo e de tantas fraquezas, mas estamos para sempre livre do medo de nunca termos tentados.

Ofereço

Ao pequeno Davi Luis Barros de Medeiros, que em pouco tempo fez toda a família e amigos sentir um amor inexplicável. A Gabriel Francisco da Silva, um ser humano fantástico que carrega em si um “coração de ouro” e um dom para inspirar quem está ao seu lado.

AGRADECIMENTOS

É difícil descrever em palavras a imensa alegria que sinto por conseguir concluir esta etapa. Não foi uma jornada fácil, no entanto, tenho certeza que teria sido bem mais difícil se não houvesse inúmeras pessoas ao meu lado. Por este motivo quero agradecer de todo coração: aqui está uma parte de minha alma.

A Deus, por ter proporcionado o dom da verdadeira riqueza humana. A Vida, Saúde, Sabedoria, Coragem, Amor, Humildade.

Aos meus pais Ricardo e Rozana, por estarem todo tempo ao meu lado, sempre me incentivando nessa difícil jornada e pelos ensinamentos sempre oferecidos durante toda minha vida. Amo vocês.

A Davi Medeiros, por um incentivo mesmo sem ainda saber pronunciar uma palavra, me incentivando a ser uma pessoa melhor.

Ao meu irmão Rafael Luis e meus primos Alex Eleutério e Saulo Aislan, pelas belas lembranças compartilhadas e sempre a expectativa para que em novos (re) encontros, possamos espalhar nossas conquistas, fracassos, metas e planos para conquistar o “mundo”. Mesmo sozinho, sempre existia alguém comigo.

A toda a minha família por acreditar em mim, pela torcida e disposição para ajudar. Em especial tia Aída Maria, tia Gorete Bento, Flavinha Bento, Flaviana Bento. Ao Tio Gabriel da Silva, pelo companheirismo, inspiração, lições sobre a vida, filosofias e coragem para conquistar “o mundo”, principalmente o imaginário. Sou eternamente grato.

Ao professor Sérgio Valiengo Valeri, pela orientação durante o mestrado. A Banca Examinadora de qualificação e defesa, pelas considerações feitas, incentivando o potencial do trabalho, Rinaldo Cesar de Paula, Teresa Cristina Pissarra e Marcelo Zanata.

Ao incansável Thiago Águas, por toda disposição, alegria em ajudar, determinação, virtude, esperança em construir um mundo melhor e um coração do tamanho do mundo. Sempre serei grato a você, és um ser humano extraordinário. Muito obrigado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), e os Professores Glauco Rolim, José Carlos Barbosa, Pedro Luís Alves, Rinaldo Cesar de Paula, Rouverson Pereira da Silva, Sergio Valiengo Valeri, Teresa Cristina Tarlé Pissarra, pela difícil jornada de levar conhecimento ao mundo, inspirando diferentes gerações. Em especial Arthur Bernardes Cecílio Filho, pela amizade, respeito, incentivo, serenidade, inspiração e sabedoria.

Aos Meus Amigos Álvaro Carlos Gonçalves Neto, Nivânia Menezes, Emmanuel Moreira, pela ajuda nos momentos em que mais precisei. Jamais esquecerei disso, sou imensamente grato a cada um de vocês. A minha orientadora da graduação Dr^a Vênia Camelo de Souza, por ter acreditado em um sonho, pelos ensinamentos, pelas grandes sacadas que teve para a minha formação profissional e pessoal, que viemos trabalhando desde 2012, pela honra de poder receber suas orientações, pela

excelente receptividade, presteza, paciência, pelo exemplo de profissional, pelos conhecimentos e incentivos concedidos, pela grande contribuição e dedicação para a realização de um sonho. Meu sincero respeito e admiração!

À minha namorada Marcilene Machado dos Santos Sarah, pela compreensão, amor, paciência, carinho, dedicação e companheirismo.

Aos amigos de graduação, por todos momentos de convivência, em especial Alian Cassio, Dayvid Oliveira, Walter Francisco, Tiago Trajano, José Eudocio (Netinho), Paulo Júnior, Alex Pinto, Rodrigo Garcia, Ernane Souza, Daniel Meira, Heriberto Xavier, Miguel Avelino, Adailza Oliveira.

Aos meus amigos da grande escola da vida, Márcio José, Mateus Alves, Fernando Henrique, Milena Vaz, Erlando Cardoso, Marcelo Abreu, Wellington Aragão, Janderson Alencar, Ramon Santos, João Everthon (Bimbo), Joselito Eulâmpio, Francellí Farias (Lily), Dário Freire, Lucenildo Amaro, Everaldo Santos, Vando Medeiros, Glauca Gomes, Cleivane Cruz, Tales Duarte e Eduardo Felipe pelas histórias e companheirismo compartilhados.

Aos meus grandes amigos Joel Cabral, Gustavo Moura, Gilberto Rostirolla, Everton Carvalho, Patric Castro. Pela convivência nos últimos dois anos, carinho e disposição para ajudar.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional, e a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a conclusão deste trabalho e que por ventura não mencionei, meu sincero agradecimento.

Aos meus amigos que a FCAV/UNESP, me presenteou Leonardo Correia, Alexson Dutra, Lucas Matias, Victor Carmona, Luiz Claudio (Mancha), Ezequias Correia, Gustavo André, Camila Vieira, Reginaldo Oliveira, Paulo Alexandre, Wallace Leite, Fábio Tiraboschi, Rafael Parras, Antônio Márcio, Domingos Jr., Camila Seno, Karolina Seno, Paloma Teodósio, Yane Freitas, Ebson Silva.

Aos meus afilhados Ronaldo e Aparecida, apesar da distância sempre estão me incentivando. A Amanda Rafaella, por todo amor, carinho e preocupação.

A Leandro de Araújo, pela grande amizade e pelas inúmeras vezes em que foi me levar e/ou deixar no aeroporto para me dirigir a Jaboticabal ou Arara, muito obrigado meu irmão.

Às minhas amigas do GEPFlor professora Kathia Pivetta, Marina Romano, Suzana Targanski Sajovic, Carla Costa, Amanda Kelly. Por todo Carinho, conversas entretenimento, brincadeiras.

Aos amigos estrangeiros, pela compreensão de estarmos tão distantes de casa e a constante vontade para suprir a ausência de familiares e amigos, sempre com eventos maravilhosos, churrascos e as partidas de futebol. Em Especial a Miguel Angel (Don Miguel), Andres Chaparro Pinzon e Mar Roldán Romero (Zumito).

Aos funcionários da seção técnica de Pós-Graduação, pelo prestativo serviço e pela amizade construída fora do local de trabalho. Em especial Branca Rochidali e Diego Mafra.

A todos os funcionários da FCAV/UNESP, pelo constante serviço prestado diariamente e passarem despercebido da comunidade acadêmica. Em especial aos funcionários do departamento de Produção Vegetal Rosane Aparecida Betioli Innocente, Wagner Tarina por animarem o ambiente de trabalho sempre com alegria e disposição. Aos funcionários do restaurante universitário (RU) da FCAV/UNESP. Aos funcionários do Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais (Horto), Adevair José Pugliano, Mauro César de Silva e Roberto Carlos Costa. Aos motoristas Donizete Mafra e Luiz Aparecido Sola.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), na concessão da bolsa para realização do curso de mestrado.

"Eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivesse morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos." Vinícius de Moraes.

Muito Obrigado!!!!

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	XII
ABSTRACT	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIV
LISTA DE FIGURAS.....	XV
LISTA DE TABELAS	XVI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. PLANETA TERRA: UM ORGANISMO FUNCIONAL.....	4
2.2. UNIDADE FUNCIONAL DOS RECURSOS NATURAIS DA SUPERFÍCIE TERRESTRE.....	5
2.3. O USO DOS RECURSOS NATURAIS PROMOVE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL? ...	6
2.4. A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL É EFICAZ PARA O ZONEAMENTO E A PRESERVAÇÃO?	8
2.5. PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS	10
2.6. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE FUNCIONAL	13
3.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 ESTIMATIVA DA UNIDADE FUNCIONAL.....	16
4.2 PROPOSTA DE ZONEAMENTO	25
5. CONCLUSÕES.....	28
6. REFERÊNCIAS	28

AValiação DE Bacia Hidrográfica Como Unidade Funcional Dos Recursos Naturais

RESUMO - As atividades agropecuárias ocupam os solos sem a manutenção representativa de florestas e demais vegetações naturais, causando alterações no ciclo da água, perda de solo e da biodiversidade e mudanças climáticas. O objetivo do trabalho é estimar o tamanho de unidades funcionais dos recursos naturais da superfície terrestre em áreas agrícolas e urbanas na bacia hidrográfica e suas sub-bacias dos municípios de Altinópolis e Batatais – SP e propor o zoneamento das florestas produtivas de conservação e de desenvolvimento sustentável. Foram avaliadas 14 variáveis das sub-bacias: B1 (1ª ordem), B2 (2ª ordem), B3 (3ª ordem), B4, B5, B6 (4ª ordem) e bacia hidrográfica B (5ª ordem). A ordem foi classificada em função do canal principal. As variáveis foram mensuradas e avaliadas com o uso de sistemas de informação geográfica e análise estatística multivariada. Nos municípios estudados, a unidade funcional dos recursos naturais deve ser superior a 67 km², podendo incluir bacias hidrográficas de 3ª, 4ª ou 5ª ordem, com integração das atividades agropecuárias e as florestas de desenvolvimento sustentável. As florestas ripárias e de interflúvio que apresentam serviços ecossistêmicos de proteção legal são componentes essenciais das unidades dos recursos naturais da superfície terrestre e apresentam funções distintas. Recomenda-se que a área de preservação permanente e a reserva legal no meio rural sejam reconhecidas, respectivamente, como vegetação ou floresta produtiva de conservação e de desenvolvimento sustentável. As florestas produtivas de desenvolvimento sustentável, para desenvolver as funções ecossistêmicas, devem estar localizadas em faixas entre as nascentes das cotas mais elevadas e o divisor da respectiva bacia, com largura superior a 100 m.

Palavras-chave: Morfometria, floresta produtiva, água, solo.

EVALUATION OF HYDROGRAPHIC BASIN AS A FUNCTIONAL UNIT OF NATURAL RESOURCES

ABSTRACT - The agricultural activities occupy the soils without the representative maintenance of forests and other natural vegetation, causing changes in the water cycle, loss of soil and biodiversity and climatic changes. The objective of this work is to estimate the size of functional units of the natural resources of the terrestrial surface in agricultural and urban areas in the hydrographic basin and its sub-basins of the municipalities of Altinópolis and Batatais - SP and propose the zoning of the productive forests of conservation and development sustainable development. Were evaluated 14 variables of the sub-basins: B1 (1st order), B2 (2nd order), B3 (3rd order), B4, B5, B6 (4th order) and the total hydrographic basin - B (5th order). The order was classified according to the main channel. The variables were measured and evaluated with the use of Geographic Information Systems and Multivariate Statistical Analysis. In the municipalities studied, the functional unit of natural resources should exceed 67 km², which may include 3rd, 4th or 5th order hydrographic basins, integrating agricultural activities and sustainable development forests. Riparian and interfluvial forests that provide ecosystem services with legal protection are essential components of the natural resources units of the terrestrial surface and have different functions. It is recommended that the permanent preservation area and the legal reserve in the rural environment be recognized, respectively, as vegetation or productive forest conservation and sustainable development. Productive forests of sustainable development, to develop ecosystem functions, should be located between the headwaters of the highest levels and the divisor of the respective basin, with a width greater than 100 m.

Keywords: Morphometry, productive forest, water, soil.

Lista de Abreviaturas

A = Área;

P = Perímetro;

Cr = Comprimento da rede de drenagem;

Nt = Número de Canais;

d% = Declividade;

CN = Coeficiente de rugosidade;

DDN = Distância média Divisor Nascente;

NN = Número de Nascentes;

VRD = Vegetação Ribeirinha Degradada;

VRP = Vegetação Ribeirinha Preservada;

VRT = Vegetação Ribeirinha Total;

VI = Vegetação de interflúvio;

RVI = Reflorestamento de Vegetação de interflúvio;

FRVI = Faixa de reflorestamento de vegetação de interflúvio ou de vertente;

APP = Área de Preservação Permanente;

RL = Reserva Legal.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro e seis sub-bacias nos municípios de Batatais e Altinópolis - SP.13
- Figura 2.** Remanescente florestal sob efeito de borda com predomínio de lianas. Sub-bacia hidrográfica B3, município de Altinópolis - SP.....18
- Figura 3.** Dendrograma de hierarquia dos grupos das sub-bacias de 1ª (B1), 2ª (B2), 3ª (B3) e 4ª ordens (B4 a B6) e da bacia hidrográfica de 5ª ordem (B) do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais - SP.22
- Figura 4.** Projeção bidimensional (biplot) das 14 variáveis das sub-bacias de 1ª (B1), 2ª (B2), 3ª (B3) e 4ª ordens (B4 a B6) e da bacia hidrográfica de 5ª ordem (B) do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais - SP.....24

Lista de Tabelas

Tabela 1. Classes dos fragmentos de remanescentes florestais da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais - SP.....17

Tabela 2. Variáveis das sub-bacias de 1^a (B1), 2^a (B2), 3^a (B3) e 4^a ordens (B4 a B6) e da bacia hidrográfica de 5^a ordem (B) do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais - SP. 19

Tabela 3. Autovalores dos fatores F1 e F2 para o estudo do FVR da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais - SP.....23

1. INTRODUÇÃO

A teoria de Gaia considera que o planeta Terra é um organismo funcional composto de elementos físico-químicos e seres vivos, capazes de regular a composição da atmosfera e do clima num processo de homeostase (CARRANZA, 2013). Sendo assim, a superfície terrestre pode ser considerada um tecido desse organismo, composto por bacias hidrográficas. O estudo da bacia hidrográfica e de suas sub-bacias é importante para definir uma unidade funcional desse tecido, comparado a uma célula, onde todos os seus componentes essenciais precisam ser preservados, para que essa superfície seja saudável. Os componentes essenciais dessa unidade funcional de superfície terrestre são os recursos naturais: o solo, a água, o clima, o ar atmosférico e a vida, representada pela fauna, flora e os homens (CALIJURI e BUBEL, 2006; TEODORO et al., 2007). Cada elemento desses recursos naturais apresenta um papel importante e não está ali por acaso, tendo sua especificidade na parte daquele ambiente (ÁGUAS, 2015). A pressão antrópica sobre os recursos naturais cresceu nas últimas décadas devido ao aumento da densidade populacional e da região de expansão agrícola (NAPPO et al., 2017). A constante demanda por recursos naturais pela população, exige aplicações práticas e eficientes do conhecimento científico em busca de soluções técnicas para eventuais problemas como a falta de água, a poluição, a degradação dos solos ou inundações (MATTOS et al., 2017).

As unidades hidrográficas recebem impactos antrópicos em suas estruturas morfológicas (PÉRICO et al., 2012). A agricultura ocupa de maneira intensiva as bacias hidrográficas, que para a sua sustentabilidade é preciso respeitar os princípios de conservação dos ecossistemas ripários, de interflúvio e ecótonos adjacentes, porque eles são caracterizados por diferentes padrões de cobertura vegetal (ELSENBEER et al., 1992; SUZUKI et al., 2002; GIEHL e JARENKOW, 2008), diferentes intensidades de radiação solar e disponibilidade de nutrientes (DOLPH et al., 2017). Como a poluição agrícola está aumentando nas bacias hidrográficas (GIANG et al., 2015), conhecer as características morfométricas é imprescindível para a conservação de seus recursos hídricos, pois possibilita a escolha de sistemas de manejo adequado para a conservação do solo e para o equilíbrio do ciclo hidrológico (FERREIRA et al., 2012.). A qualidade hidrológica de

uma região determina o potencial de produtividade e desenvolvimento social (SILVA e TONELLO, 2014).

A caracterização morfométrica em bacia hidrográfica é indispensável para conhecimento da dinâmica ambiental local (SILVA e TONELLO, 2014). Essa caracterização é realizada com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas - SIG (FERREIRA et al., 2015) e esse procedimento pode ser efetivado de modo manual ou automático (CARDOSO et al., 2006). A conservação dos recursos naturais da superfície terrestre, essencialmente, o solo, a água, a vida e a qualidade do ar, dependem dos conhecimentos geomorfológicos, do tipo de solo e da vegetação. Sem esses conhecimentos básicos de conservação, as ações antrópicas poderão causar danos e alterar negativamente o ciclo hidrológico (TEODORO et al., 2007).

Simple intervenções nas características ambientais, agregadas às com condições ambientais desfavoráveis, ocasionam processos erosivos complexos (SILVA e TONELLO, 2014). Os ecossistemas florestais são essenciais para que a superfície terrestre possa fornecer os múltiplos serviços dos ecossistemas (BOTTALICO et al., 2016). A vegetação e hidrologia do ecossistema são afetados a curto e longo prazo com a ocupação indiscriminada (RAMÍREZ et al., 2017). Os trabalhos realizados em bacias hidrográficas do interior de São Paulo, bem como em outras regiões onde a agricultura intensiva se estabeleceu, indicam um uso indiscriminado do solo, sem a preocupação em preservar os recursos naturais, principalmente com relação ao solo, água e biodiversidade (GREGGIO et al., 2009; PISSARRA et al., 2013; SILVA et al., 2016).

A unidade funcional dos recursos naturais da superfície terrestre deve ter uma dimensão necessária para respeitar as funções e os diferentes serviços essenciais dos seus ecossistemas (NIN et al., 2016). Essa dimensão será muito dinâmica e deverá respeitar os processos geomorfológicos e biogeoquímicos (HARVEY e GOOSEFF, 2015), a qualidade dos atributos físicos e químicos dos solos (DORAN e ZEISS, 2000), as características hidrológicas (CALIJURI e BUBEL, 2006) e a biodiversidade que envolve a fauna e a flora (HAINES-YOUNG, 2009).

Essa unidade funcional seria uma bacia hidrográfica, um conjunto de sub-bacias, uma sub-bacia ou mesmo parte de uma sub-bacia, que represente as características fisiográficas de uma região, para ser instrumentada, monitorada, manejada e explorada racionalmente (MELLO e SILVA, 2013). O uso e a ocupação dessa unidade devem promover o desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos naturais essenciais. Essa unidade funcional deve ser manejada com base num zoneamento adequado das áreas agricultáveis e florestais (HARVEY e GOOSEFF, 2015), para promover o desenvolvimento sustentável na paisagem (NIN et al., 2016).

A instituição da unidade funcional dos recursos naturais será útil para a adequação da legislação brasileira, bem como de outros países, para o estabelecimento das florestas produtivas de conservação e das florestas produtivas de desenvolvimento sustentável em propriedades agrícolas ou áreas protegidas em unidades de conservação consolidadas. Como existem inúmeras variáveis morfométricas e ecológicas na superfície terrestre, o uso da estatística multivariada torna-se um excelente instrumento para a análise simultânea de variáveis selecionadas que auxiliem na determinação da unidade funcional dos recursos naturais para cada região, e por permitir a obtenção de informações e interpretações que poderiam não ser perceptíveis com o uso da análise estatística univariada (FREITAS et al., 2014).

Assim, o presente trabalho objetivou estimar o tamanho de unidades funcionais dos recursos naturais da superfície terrestre em áreas agrícolas e urbanas na bacia hidrográfica e suas sub-bacias dos municípios de Altinópolis e Batatais – SP e propor o zoneamento das florestas produtivas de conservação e de desenvolvimento sustentável.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Planeta Terra: Um organismo funcional

O planeta Terra vem enfrentando uma crise ambiental causada pela mudança do uso e ocupação do solo (PINA, 2017). Desde o século XVIII, a perda de áreas florestais e a sua fragmentação ocasionada pela pressão antrópica, vêm ameaçando os recursos naturais (FISCHER; LINDENMAYER, 2007).

A teoria de Gaia considera que o planeta Terra é um organismo funcional composto de elementos físico-químicos e seres vivos, capazes de regular a composição da atmosfera e do clima num processo de homeostase (CARRANZA, 2013). O sistema aberto desse superorganismo é composto pelos recursos naturais e seu ambiente interno, que mantém uma condição estável mediante múltiplos ajustes de equilíbrio dinâmico. Os recursos naturais compreendem a atmosfera, as águas interiores (HORNBIK; SWANK, 1992), superficiais e subterrâneas (HARVEY; GOOSEFF, 2015), os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da superfície terrestre (ODUM; BARRET, 2008). A superfície terrestre sintetiza a interação entre a atmosfera, hidrosfera e litosfera que interagem entre si (RICKLEFS, 2000). Na superfície terrestre, são encontrados os ecossistemas naturais, como florestas, campos e desertos (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2011) e agroecossistemas (AQUINO; ASSIS, 2007).

O uso indiscriminado dos recursos naturais está aumentando devido à procura crescente de alimentos, fibras e energia, com um agravamento de perda e degradação dos solos produtivos, escassez de água, perda de biodiversidade e aumento dos fenômenos meteorológicos extremos, além de outros efeitos de mudanças climáticas (FAO, 2009). Os ecossistemas florestais são fundamentais para que a superfície terrestre possa fornecer os múltiplos serviços dos demais ecossistemas (BOTTALICO et al., 2016). Alterações em habitats, redução da biodiversidade e dos recursos genéticos, além de interferirem na qualidade da água, do ar e do solo, são alguns dos exemplos negativos que o processo de fragmentação provoca (HERNANDO et al., 2017).

2.2. Unidade funcional dos recursos naturais da superfície terrestre

Os recursos naturais da superfície terrestre podem ser resumidos em solo, água, ar e vida. O gerenciamento dos recursos terrestres e hídricos são fundamentais para a alimentação humana e proteção dos sistemas naturais (BANCO MUNDIAL, 2010). A bacia hidrográfica é um componente importante da estrutura da paisagem terrestre, sendo considerada a unidade geomorfológica de captação de água oriunda de eventos de precipitação, possui três partes em função das cotas do relevo em um perfil de desenvolvimento fluvial: cabeceira, onde estão localizadas diversas nascentes, calha numa parte intermediária e várzea, próxima ao nível do mar (MELLO; SILVA, 2013). A bacia hidrográfica é formada por um conjunto de sub-bacias (CALIJURI; BUBEL, 2006), e por sua vez, cada sub-bacia microbacia é tratada como uma unidade de ecossistema para estudos específicos de ciclagem de nutrientes, comportamento hidrológico, intemperismo das rochas, manejo, uso e ocupação dos solos e outros processos naturais (PISSARRA; POLITANO, 2004). O tamanho da sub-bacia microbacia tem relação com o sistema ou rede de drenagem, podendo ser formada por drenos ou canais de 1ª, 2ª, 3ª ou mais ordens, dependendo dos estudos e formas de uso que serão desenvolvidos (HORTON, 1945; CHRISTOFOLETTI, 1980).

A água é um elemento fundamental para a vida no planeta, mas milhares de anos após o aparecimento das primeiras civilizações, ainda não somos capazes de adotar um modelo de desenvolvimento para utilizar a água com responsabilidade, criando um desafio atual se implica tanto na quantidade como na qualidade desse recurso (PINA, 2017).

A sub-bacia com canal de 1ª ordem corresponde a menor unidade geomorfológica, constituída de nascente e canal principal, sem tributários e seu tamanho é ampliado em função da classificação dos canais, o canal de 2ª ordem é formado pela união de dois ou mais drenos de 1º ordem, o canal de 3ª ordem é formado pela união de dois ou mais drenos de 2ª ordem, e assim por diante (STRAHLER, 1957). A unidade de uso da bacia hidrográfica depende dos objetivos de estudo e forma de uso, e geralmente para análise de ecossistema representativo da paisagem tem sido inferior a 100 ha (HORNBECK; SWANK, 1992).

O ecossistema é uma unidade de sistema funcional que inclui seres vivos em uma área geográfica onde ocorra a interação com o ambiente físico e conseqüentemente o fluxo de energia, com ambiente de entrada e de saída, além da ciclagem de materiais (ODUM; BARRETT, 2008).

A unidade funcional dos recursos naturais da superfície terrestre terá uma dimensão necessária para respeitar as funções e os diferentes serviços essenciais dos ecossistemas (NIN et al., 2016) envolvidos na paisagem. Essa dimensão será muito dinâmica e deverá respeitar os processos geomorfológicos e biogeoquímicos (HARVEY; GOOSEFF, 2015), a qualidade dos atributos físicos e químicos dos solos (DORAN; ZEISS, 2000), as características hidrológicas (CALIJURI; BUBEL, 2006) e a biodiversidade que envolve a fauna e a flora (HAINES-YOUNG, 2009). Essa unidade funcional seria uma sub-bacia, parte de uma sub-bacia ou um conjunto de sub-bacias que representem as características fisiográficas de uma região, para ser instrumentada, monitorada, manejada e explorada racionalmente, (MELLO; SILVA, 2013). O uso e a ocupação dessa unidade devem promover o desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos naturais essenciais.

Essa unidade funcional que está sendo proposta seria comparada a uma célula animal ou vegetal, em que todos os seus elementos essenciais à qualidade de vida sejam preservados. O seu tamanho, forma de uso e ocupação dependerá de estudos específicos, respeitando as áreas significativas de cobertura florestal ou de outros ecossistemas naturais para garantir o ciclo da água e a conservação do solo (CALDER, 2007), garantir a qualidade de vida no planeta (SOARES-FILHO et al., 2006), apresentar valor econômico em função do mercado agropecuário, de madeira e sequestro de carbono (BOTTALICO et al., 2016). Essa unidade funcional deve ser manejada com base num zoneamento adequado das áreas agricultáveis e florestais (HARVEY; GOOSEFF, 2015), para promover o desenvolvimento sustentável na paisagem (NIN et al., 2016).

2.3. O uso dos recursos naturais promove o desenvolvimento sustentável?

O complexo desenvolvimento humano, após a revolução industrial, utiliza os recursos naturais em larga escala e coloca em risco a estabilidade do nosso planeta e as estruturas sociais e econômicas. Entretanto, os seres humanos podem ser a

grande força transformadora que empurra o nosso planeta em uma nova direção, para estados desejáveis de desenvolvimento (SOLÉ, 2015).

A perda de habitat e a fragmentação da cobertura vegetal natural são fatores determinantes para o declínio da biodiversidade e dos serviços dos ecossistemas no mundo (SALA et al., 2000; FAHRIG, 2004). A intensificação das atividades socioeconômicas, incorporada às práticas inadequadas de manejo dos recursos florestais, vem provocando degradações das florestas, resultando em alterações no ciclo hidrológico, colaborando assim com as mudanças do clima (ANGELO, et al., 2013). A área florestal está em declínio e muitas espécies estão ameaçadas de extinção, e a concentração na atmosfera de dióxido de carbono em breve será duas vezes maior que as concentrações nos tempos pré-industriais, resultando em um aquecimento global (METZGER et al., 2005). Essas mudanças terão um efeito imediato e forte na agricultura, silvicultura, saúde humana e no bem-estar, modificando as paisagens (UNEP, 2002; WATSON et al., 2000, REDDY et al., 2016).

O manejo florestal sustentável procura atingir um equilíbrio entre as funções de produção e ecológica dos ecossistemas florestais (WAKEEL et al., 2005). As florestas apresentam uma densa cobertura vegetal, com o estrato aéreo e subterrâneo que promovem melhor estrutura do solo, ciclagem de nutrientes e infiltração da água da chuva (FIQUEPRON et al., 2013). A cobertura florestal possui uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica (BALBINOT 2008; CALDER, 2007), interferindo no movimento da água em vários compartimentos do sistema, inclusive nas saídas para a atmosfera e para os rios (HARVEY; GOOSEFF, 2015).

A precipitação média em áreas ocupadas por florestas é 25% maior que em áreas degradadas, sendo que tal fato não se deve a maior quantidade de água ofertada para atmosfera através da transpiração da floresta, mas sim pelo efeito da diferença de temperatura e das correntes de convecção (BALBINOT, 2008). Os estudos conjuntos dos impactos antropogênicos nos ecossistemas naturais auxiliam no desenvolvimento de técnicas e planos para a conservação da biodiversidade, evitando os desmatamentos indiscriminados, preservando os ecossistemas naturais de grande relevância e mitigando as alterações climáticas (REDDY et al., 2016).

2.4. A legislação ambiental é eficaz para o zoneamento e a preservação?

De acordo com a FAO (2011), existem cerca de quatro bilhões de hectares de florestas (40 milhões de km²) na Terra, dos quais 366 milhões (9,2%) são protegidos por lei com a função de conservação da biodiversidade e 299 milhões (7,5%) para a conservação do solo e água. Economicamente, o setor florestal contribui com cerca de 1,0% do PIB mundial, emprega 0,4% da força de trabalho total e é responsável por 2,4% do comércio mundial (FAO, 2014).

O Brasil está no centro das controvérsias e das ações ligadas à questão da biodiversidade. É o país mais biodiverso do planeta, abrigando entre 10 e 20% das espécies e 30% das florestas tropicais do mundo (LEWINSOHN, 2006). Assim, boa parte da perda global de biodiversidade ocorre nesse território, pois os biomas brasileiros foram e continuam a ser fortemente impactados (CÂMARA, 2001). Levantamentos recentes do Ministério do Meio Ambiente (MMA) apontam a perda de cobertura vegetal nativa da ordem de 12,5% na Amazônia, 13% no Pantanal, 40% no Cerrado, 36% na Caatinga, 71% na Mata Atlântica e 49% nos Pampas (BRASIL, 2007).

As áreas protegidas em unidades de conservação consolidadas, tanto a nível mundial como no Brasil, representam cerca de 16% da superfície terrestre, o que indica que a maioria das bacias hidrográficas estão sendo usadas em ecossistemas agrícolas e florestais, necessitando assim ser manejadas seguindo princípios de conservação e de legislação vigente no País. Vários países apresentam extensas áreas de monocultura agrícola e a maioria das microbacias estão desprovidas de cobertura florestal, causando efeitos negativos ao ambiente, como é relatado por WAKEEL et al. (2005) na Índia, SOARES-FILHO et al. (2006) no Brasil.

Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas definidas e protegidas pelo Código Florestal (BRASIL, 2012) e estão localizadas em faixas marginais de cursos d'água, tanques, represas e lagos naturais; ao redor de nascentes; em topo de morros e em declividades superiores a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive maiores que 100%, entre outras. São áreas cobertas ou não por vegetação nativa, têm como função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a

estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (PINA, 2017).

Reserva Legal (RL) é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012). A sua localização deve ser estudada devendo ter critérios para sua melhoria no plano de bacia hidrográfica, no zoneamento ecológico-econômico, na formação de corredores ecológicos com outras RL, APP ou unidade de conservação (UC), e nas áreas de maior importância para a conservação da biodiversidade e de maior fragilidade ambiental (PINA, 2017).

A Lei brasileira Nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), que estabelece normas gerais com o fundamento central da proteção e uso sustentável das florestas e demais formas de vegetação nativa em harmonia com a promoção do desenvolvimento econômico, concede flexibilidade para propriedades rurais que desmataram até 2008, permite a proteção e a recuperação de faixas de apenas 5 m de largura ao longo de cursos d'água e o comércio de área de compensação de reserva legal no mesmo bioma. Essa flexibilização, onde os biomas são muito extensos, é prejudicial aos ecossistemas das reservas legais e das áreas de preservação permanente e, conseqüentemente, prejudica a conservação do solo e da biodiversidade, como também à disponibilidade de água da bacia hidrográfica.

A legislação atual no Brasil não se baseia em critérios científicos para estabelecer um zoneamento eficaz das áreas de preservação permanente e da reserva legal, bem como das florestas ou ecossistemas naturais na paisagem. Portanto, a sub-bacia, como unidade básica para a gestão dos recursos hídricos e do uso e ocupação dos solos está inserida perfeitamente no contexto da Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional do Meio ambiente e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (ZANATA; PISSARRA, 2012).

A instituição da unidade funcional dos recursos naturais será útil para a adequação da legislação brasileira, bem como de outros países, para o estabelecimento das florestas produtivas de desenvolvimento sustentável e das florestas produtivas de conservação em propriedades agrícolas e de áreas protegidas em unidades de conservação consolidadas.

2.5. Pagamento por Serviços Ambientais

A interação ser humano-natureza existe há anos, desde que o ser humano foi capaz de perceber que os ecossistemas apresentam uma variedade de produtos e serviços que contribuem, direta ou indiretamente, com seu bem-estar (FAO, 2007). Segundo *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2003) os ecossistemas e os recursos naturais têm sido substancialmente explorados, degradados e destruídos no último século, como consequência do crescimento econômico global.

Diante dos desafios apresentados pelos êxitos e fracassos gerado do crescimento econômico, o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) tornou-se uma ferramenta essencial para a conservação das áreas naturais geradoras de serviços ecossistêmicos (PINA, 2017). A mesma autora afirma que os PSAs são uma fórmula de compensação monetária ou não que vem sendo aplicadas as atividades humanas de melhoria dos ecossistemas para que as áreas de vegetação natural sejam mantidas e/ou recuperadas.

Os primeiros programas formais de PSA ocorreram na Colômbia, no rio Cauca em meados da década de 1990 (ECHAVARRIA, 2002), mas foi verdadeiramente disseminado pela Costa Rica com a Lei Florestal nº 7675 de 1997 criada no intuito de reverter os elevados níveis de desmatamento (PINA, 2017). Até o ano 2009, havia mais de 150 programas de PSA e similares em operação na América Latina, ajudando a conservar aproximadamente 2,5 milhões de hectares (CAMHI; PAGIOLA, 2009). Na Costa Rica e no México existem programas nacionais, financiados pelo governo e no Equador, e programas locais financiados pelos usuários na maioria dos países (CAMHI; PAGIOLA, 2009).

No Equador, a companhia de águas de Quito e a empresa de energia elétrica pagam para conservar as bacias hidrográficas a montante de onde elas captam a água (ECHAVARRÍA, 2002; SOUTHGATE; WUNDER, 2009). Na Costa Rica, a

companhia pública de águas de Heredia paga pela conservação de bacias hidrográficas com recursos de uma taxa especial sobre os consumidores (BARRANTES; GÁMEZ, 2013). Muitas pequenas cidades têm programas semelhantes, incluindo Pimampiro, Equador (WUNDER; ALBÁN, 2008); São Francisco de Menéndez, El Salvador (HERRADOR et al., 2002.); Otoro de Jesús, Honduras (MEJÍA; BARRANTES, 2003) e San Pedro del Norte, Nicarágua (OBANDO ESPINOZA, 2007).

No Brasil, o Projeto de Lei 792 de 2007 que define os serviços ambientais e prevê a transferência de recursos, monetários ou não, aos que ajudam a produzir ou conservar estes serviços, Extrema e Montes Claros, municípios em Minas Gerais de abriram o caminho com programas locais de PSA centrados em recursos hídricos em 2006, Eles foram rapidamente seguidos por outros, bem como por vários estados e muitas organizações ambientalistas não governamentais (PINA, 2017).

2.6. Sistema de Informação Geográfica - SIG

O geoprocessamento é uma ferramenta que é utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vêm influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicação, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA; DAVIS, 2000).

Segundo Valle Júnior et al. (2010), o diagnóstico dos recursos naturais através do uso de técnicas de sensoriamento remoto e SIG são de grande valia para auxiliar a análise ambiental. Para Umeda et al. (2010), as informações sobre superfícies de ecossistemas e paisagens para a elaboração de um plano de criação de corredores ecológicos podem ser obtidas em imagens de satélites, como no sistema orbital Landsat.

A caracterização morfométrica em bacias hidrográficas é realizada com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) (FERREIRA; BEZERRA, 2015) e esse procedimento pode ser efetivado de modo manual ou automático (CARDOSO et al., 2006). A caracterização é uma metodologia indispensável para conhecimento da dinâmica ambiental local (SILVA; TONELLO, 2014).

A confecção gráfica ajuda criação de mapas, uma das formas mais eficientes de representação dessas informações, há a possibilidade de uma análise rápida, econômica e eficiente dos dados, tornando essas ferramentas potenciais para esses estudos (RODRIGUES et al., 2013). O SIG entra nesse trabalho como uma ferramenta facilitadora, uma vez que apresenta resultados em curto espaço de tempo e na análise da imagem permite que seja verificado o uso em locais de difícil acesso *in situ* (PINA, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreende uma superfície de 362,77 km², que envolve a bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro, nos municípios de Batatais e Altinópolis, Nordeste do estado de São Paulo, localizada entre os vértices de coordenadas em Altinópolis 21° 1'22.43"S e 47°22'27.70"O e Batatais 20°53'36.04"S e 47°35'33.34"O, estando a uma altitude estimada em 862 metros. A unidade principal de solo é caracterizada como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2009). O clima de Batatais é classificado como Cwa, tropical (ameno) com inverno seco na classificação de Köppen, temperatura média anual de 21°C, com os principais meses de chuva sendo de novembro a março, com precipitação anual de 1565 mm, no município de Altinópolis, o clima é classificado como tropical de altitude, Cwb segundo Köppen, apresentando duas estações bem definidas, caracterizadas por verão quente e temperaturas médias no mês mais quente com valores superiores a 22 °C e inverno seco, com temperatura média no mês mais seco inferior a 18 °C (CRIVELENTI, 2015). A área possui remanescentes florestais, com o predomínio de áreas ecótonas entre fitofisionomias de Cerrado e de Mata Atlântica, assim como vegetação característica de áreas de várzea (CRIVELENTI, 2015), semelhante ao município de Batatais, caracterizado por vegetação predominante Cerrado e Floresta Tropical Estacional Semidecidual, em ambientes de transição (CALDAS, 2015).

Para estimar o tamanho de unidades funcionais dos recursos naturais, foi selecionada a bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro, localizada nos municípios de Batatais e Altinópolis. Nesta unidade territorial, classificada pela análise morfometria como de quinta ordem de grandeza, com base na sua rede de drenagem principal, foram selecionadas seis sub-bacias de dimensões diversas: a

maior sub-bacia de primeira ordem (B1) e a maior sub-bacia de segunda ordem (B2), seguidas das demais sub-bacias de terceira (B3) e de quarta ordem (B4, B5 e B6) e do conjunto total que compõe a bacia de quinta ordem (B) – Tomba Carro, como ilustra a Figura 1.

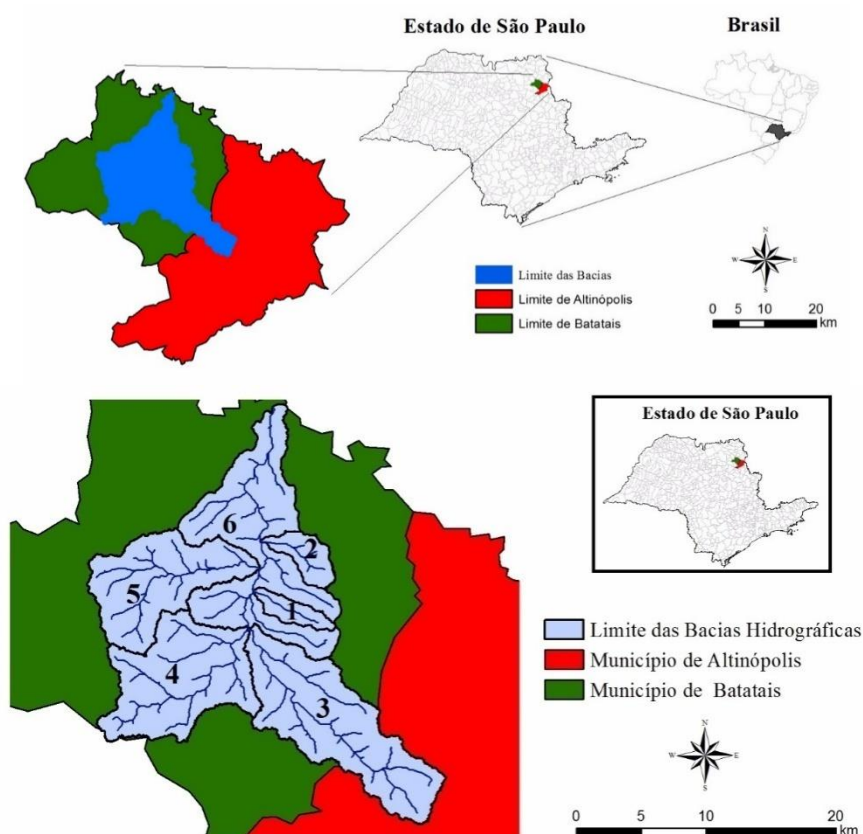


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro e seis sub-bacias nos municípios de Batatais e Altinópolis – SP, Brasil.

3.1. Caracterização da Unidade Funcional

Para caracterizar a unidade funcional dos recursos naturais da região de estudo, nas sub-bacias foram selecionadas 14 variáveis. Primeiramente foi realizado um levantamento dos remanescentes florestais presentes na área de estudo. O presente trabalho classificou a vegetação distribuída na região de estudo em duas categorias, a ripária que representa as áreas protegidas legalmente ao redor de nascentes e ao longo dos cursos d'água, integrando áreas de preservação permanente e a de interflúvio que representa a vegetação presente nas vertentes e

no divisor das cotas mais altas da bacia hidrográfica, com base em Elsenbeer et al. (1992), Suzuki et al. (2002), Giehl e Jarenkow (2008) e Brasil (2012).

A legislação ambiental Brasileira (Brasil, 2012) foi aplicada com referência às Áreas de Preservação Permanente (APP) ao redor das nascentes, respeitando um raio de 50 m e ao longo das redes de drenagem na faixa de 30 m de cada lado, chamada de Vegetação Ripária Total (VRT); As vegetações de APP foram classificadas em duas categorias: Vegetação Ripária Degradada (VRD) e Vegetação Ripária Preservada (VRP); Os remanescentes florestais excedentes, localizados nos interflúvios das sub-bacias foram denominados como Vegetação de Interflúvio (VI). Aplicando-se a legislação brasileira (BRASIL, 2012), foi calculada a área de 20% de reserva legal (RL) de cada sub-bacia. Deste total, foi subtraído o remanescente florestal excedente, resultando na quantidade de área a ser reflorestada no interflúvio, denominada de Reflorestamento de Vegetação de Interflúvio (RVI). A Vegetação a Ser Reflorestada (RVI) servirá para exercer as funções de infiltração das águas das chuvas a serem armazenadas no sistema de recarga de aquífero e abastecimento das nascentes, e deve ser distribuída em faixa entre as nascentes e divisores. Essa área (RVI) é uma proposição para compor a reserva legal em condomínio das propriedades rurais existentes na bacia hidrográfica. Essa área que será considerada como Faixa de Reflorestamento de Vegetação de Interflúvio ou de Vertente (FRVI) é a distribuição da área de reflorestamento de vegetação de interflúvio em cada sub-bacia em função de seu perímetro. Essas variáveis foram calculadas da seguinte forma:

Número de Nascentes - NN (unidade): É a quantidade de nascentes de cada sub-bacia.

Vegetação Ripária Preservada - VRP (km²): É a área ripária preservada vetorizada na imagem do uso do solo.

Vegetação Ripária Degradada - VRD (km²): É a área ripária degradada vetorizada na imagem do uso do solo. Área ripária sem remanescente florestal.

Vegetação Ripária Total - VRT (km²): Superfície resultante da soma de VRP e VRD.

Vegetação de Interflúvio - VI (km²): Superfície dos fragmentos florestais que se encontram fora das áreas protegidas legalmente, ao redor de nascentes e ao longo dos cursos d'água (ripárias), com potencial para compor reserva legal, vetorizada na imagem da superfície da sub-bacia.

Reflorestamento de Vegetação de Interflúvio - RVI (km²): Calculada em subtração da área de RL, que equivale a 20% de cada sub-bacia, descontada a VI existente.

Faixa de Reflorestamento de Vegetação de Interflúvio - FRVI (km): Calculada em razão da área de RVI distribuída ao longo do perímetro de cada sub-bacia.

Distância média divisor-nascentes- DDN (km): Distância média entre nascente e divisor mais próximo das partes mais elevadas da sub-bacia hidrográfica, desconsiderando as nascentes de fundo de vale.

Para caracterizar a dimensão de cada sub-bacia, foram selecionadas as seguintes características morfométricas:

Comprimento da rede de drenagem - Cr (km): comprimento total dos segmentos de rio que forma a rede de drenagem de cada sub-bacia hidrográfica (HORTON, 1945).

Número de canais - Nt (unidade): número de segmentos de rios na bacia ou sub-bacia hidrográfica (HORTON, 1945).

Declividade - (d%): declividade média da microbacia foi gerada pelo ArcSWAT dentro da "AttributeTable", na coluna "Slop1" (SCHUMM, 1956).

Coefficiente de rugosidade - CN: também conhecido como *Ruggedness Number* (RN), é obtido pelo produto da densidade de drenagem da microbacia e declividade média da microbacia. Para a espacialização das características morfométricas foi determinado o número de classes e o cálculo da amplitude de cada classe, com os valores obtidos em cada bacia ou sub-bacia hidrográfica (STRAHLER, 1952).

Essas variáveis foram calculadas utilizando os programas de Informação Geográfica no software ArcGIS da ESRI GIS and Mapping Software, licenciado para o laboratório de Fotointerpretação da FCAV/UNESP. Foi executada uma rotina no módulo Catalog do ArcGIS, para criação de uma plataforma de armazenamento e

organização dos dados e produtos (mapas temáticos). A obtenção das características morfométricas foi realizada em ambiente de SIG, utilizando o software ArcGIS 10.5/ArcMap®. Para fazer a divisão do município em unidades hidrológicas, foi usada a ferramenta extensão para modelagem do programa SWAT (Soil and Water Assessment Tool), desenvolvido pelo Blackland Research Center da Texas Agricultural Station e USDA Agricultural Research Service, em trabalhos realizados no Agricultural Research Service e na Texas A&M University. O geoprocessamento dos remanescentes florestais foi realizado no “Google Earth Pro”, com a data da imagem em agosto de 2016.

3.2. Análise Estatística Multivariada

As 14 variáveis selecionadas foram analisadas por três métodos estatísticos multivariados: análise de agrupamento hierárquica, análise de agrupamento não hierárquica (Ward) e análise de componentes principais (ACP), com base em Silva et al. (2015). Todas as análises multivariadas foram realizadas após a padronização das variáveis, resultando em média nula (0) e variância unitária (1) com o uso do software Statistica®. Essas análises possibilitam identificar arranjos para as sub-bacias, identificando de forma mais ágil as áreas homogêneas, contribuindo para otimização de tempo e recurso necessário para o desenvolvimento de modelos (COSTA, 2015). O uso de métodos estatísticos multivariados permite identificar grupos de bacias com unidades e dinâmicas evolutivas similares (OLIVEIRA et al., 2007; HOTT; FURTADO; RIBEIRO, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativa da Unidade Funcional

Os remanescentes florestais da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro foram quantificados em número e área, resultando em quatro classes de tamanho, para os que se encontram isolados e os que apresentam conectividade às áreas de vegetação ripária (Tabela 1).

Tabela 1. Classes dos remanescentes florestais da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro, isolados na região de interflúvio e conectados às áreas de vegetação ripária, nos municípios de Altinópolis e Batatais – SP, Brasil.

Isolados (ha)	Quantidade (n)	(%)	Área (ha)	(%)
0 – 10	104	44,07	378,17	7,57
10 – 20	17	7,20	245,20	4,91
20 – 40	10	4,24	265,90	5,32
40 – 100	4	1,69	280,00	5,60
Sub-total	135	57,20	1169,27	23,39
Conectados				
Conectados (ha)				
0 – 10	50	21,19	253,37	5,07
10– 40	31	13,14	641,90	12,84
40 – 100	12	5,08	797,90	15,96
100 – 800	8	3,39	2136,00	42,73
Sub-total	101	42,80	3829,17	76,61
Total de Remanescentes	236	100,00	4998,44	100,00

Foram identificados 135 remanescentes florestais isolados, que totalizam 1.169,27 ha, dos quais 104 possuem menos de 10 hectares, correspondendo a 44,07% do número de remanescentes ou 378,17 ha do total. Os remanescentes florestais conectados às vegetações ripárias ocupam uma área de 3.829,17 ha distribuídos em 101 remanescentes, sendo 50 com menos de 10 ha, que correspondem a 21,19% ou 253,37 ha. Os resultados mostram grande quantidade de remanescentes florestais isolados e de tamanho reduzido, favorecendo o

desenvolvimento de gramíneas e a dominância forte de lianas (GREGGIO et. al., 2009). Conforme observado em campo (Figura 2), a fragmentação da floresta provoca mudanças na luminosidade, temperatura, umidade, velocidade do vento, com maiores índices na borda que em direção ao interior da floresta (PINA, 2017). De acordo com Lovejoy et. al. (1986), fragmentos de até 10 ha são totalmente afetados por esse efeito de borda (Figura 2).



Figura 2. Remanescente florestal sob efeito de borda com predomínio de lianas. Sub-bacia hidrográfica B3, município de Altinópolis – SP, Brasil.

Essas alterações e a falta de manejo de conservação dos remanescentes florestais são responsáveis pelo estágio de degradação em que se encontram. A alta incidência de lianas e espécies arbóreas pioneiras, em detrimento das secundárias e climáticas, são comuns em áreas de borda de floresta tropical de até 100 m de largura que faz divisa com pastagem e agricultura (TABANEZ et al., 1997; ALVES JÚNIOR et al., 2006). A maioria dos fragmentos florestais avaliados apresenta forma irregular, o que proporciona elevado nível de perturbação pelo efeito de borda, corroborando com os estudos de Nascimento et al. (2006), na bacia hidrográfica do rio Alegre, ES. Pelo fato dos remanescentes florestais pertencentes às vegetações ripárias possuírem faixa com largura inferior a 100 m, a maioria encontra-se em processo de degradação, de forma semelhante ao que vem ocorrendo nos

remanescentes isolados, como observado por Tabanez et al. (1997) e Alves Júnior et al. (2006).

Os resultados dos valores aferidos para cada variável de vegetação e morfologia da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro são apresentadas na Tabela 2. Destaca-se a área total de 362,77 km², onde foram identificadas 117 nascentes e 247,222 km de cursos d'água que deveriam gerar 25,19 km² de APP, representando 6,94% área de estudo (B).

Tabela 2. Variáveis das sub-bacias de 1^a (B1), 2^a (B2), 3^a (B3) e 4^a ordens (B4 a B6) e da bacia hidrográfica de 5^a ordem (B) do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais – SP, Brasil.

Variáveis	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B
A (km ²)	9,11	12,86	94,88	79,78	66,85	121,58	362,77
P (km)	21,24	22,26	76,36	67,37	59,05	83,77	154,56
Cr (km)	6,12	8,74	62,38	53,37	46,51	85,30	247,22
Nt (Unidade)	1	4	19	19	19	29	86
d%	7,44	6,16	7,84	7,01	7,21	9,56	6,04
CN (ad.)	5,00	4,18	5,16	4,69	5,02	6,71	4,12
DDN (km)	0,16	0,50	0,69	0,58	0,68	0,86	0,85
NN (Unidade)	1	5	31	17	28	41	117
VRD (km ²)	0,01	0,04	1,62	0,31	2,61	3,11	7,65
VRP (km ²)	0,39	0,60	4,50	3,20	3,39	6,46	17,55
VRT (km ²)	0,40	0,64	6,12	3,51	6,00	9,56	25,19
VI (km ²)	0,40	0,64	7,01	9,16	3,98	13,13	37,72
RVI (km)	1,43	1,93	11,97	6,80	9,39	11,18	34,83
FRVI (km)	0,07	0,09	0,16	0,10	0,16	0,13	0,23

A = Área; P = Perímetro; Cr = Comprimento de rede de drenagem; Nt = Número de canais; d% = Declividade; CN = Coeficiente de rugosidade; DDN = Distância média divisor nascente; NN = Número de nascentes; VRD = Vegetação ribeirinha degradada; VRP = Vegetação ribeirinha preservada; VRT = Vegetação ribeirinha total; VI = Vegetação de interflúvio; RVI = Reflorestamento de vegetação de interflúvio; FRVI = Largura da faixa de reflorestamento de vegetação de interflúvio.

Os remanescentes de interflúvio representam uma área equivalente a 10,39%. Para se adequar ao limite de 20% de vegetação natural para compor a Reserva Legal (BRASIL, 2012) e considerando a bacia como uma unidade funcional, como propõe o presente trabalho, seria necessário reflorestar uma área de 34,8340 km² (9,61% da bacia). O relevo apresenta declividade média, variando entre 6,2% a 9,6%, classificado como suave ondulado a ondulado (EMBRAPA, 2009). As variáveis que caracterizam a rede de drenagem (Cr, NN, Nt, d%) são típicas de região que apresentam essa forma de relevo e com pouca variação do tipo de solo (Latossolo).

A necessidade de recuperação da vegetação ao longo dos cursos d'água e nascentes é evidente, com base na variável da superfície de vegetação ripária degradada - VRD. A necessidade de reflorestamento nas áreas de interflúvio para abastecimento das nascentes, para exercer as funções de reserva legal, é representada pela variável RVI. As funções ambientais são indispensáveis para o equilíbrio da dinâmica ambiental, como proteção dos recursos hídricos, atuando como corredores ecológicos, para interligação de fragmentos e manutenção do fluxo gênico (CANTINHO et al., 2010). A recuperação da biodiversidade e redução dos processos erosivos é favorecida pelo estabelecimento desses corredores (CICILIATO; PIROLI, 2012), por facilitar e promover o reestabelecimento do ecossistema (MORAES et al., 2010).

Respeitando a faixa mínima de 100 metros de largura, para diminuir o efeito de borda em floresta tropical (TABANEZ et al., 1997), as sub-bacias de primeira e segunda ordens, da bacia hidrográfica do Ribeirão Tomba Carro, não são adequadas para constituir uma unidade funcional dos recursos naturais, por apresentarem valores de FRVI inferior a 100 m ou 0,10 km (Tabela 2). Verificam-se nessa Tabela, que as superfícies (A) das sub-bacias (B4 a B6) e da bacia

hidrográfica total (B) resultam em faixas de reflorestamento (FRVI), propostas para comporem a reserva legal na forma de condomínio, com larguras que variam de 100 m (B1) a 230 m (B), o que as tornam apropriadas para constituir unidade funcional dos recursos naturais da superfície terrestre dessa região. A Resolução CONAMA nº 9 de 24 de outubro de 1996 também prevê que o corredor ecológico deve ter largura mínima de 100 m (BRASIL, 1996). Assim, nos municípios estudados recomenda-se que a unidade funcional dos recursos naturais seja superior a 67 km², que corresponde a menor bacia B5 (Tabela 2), onde a largura da FRVI é de no mínimo 100 metros (0,10 km), valor limite para mitigar o efeito de borda no reflorestamento a ser implantado. Nesse caso, a unidade funcional dos recursos naturais pode ser representada por bacia hidrográfica de pelo menos 3^a, 4^a ou 5^a ordem. As bacias hidrográficas de 1^a e 2^a ordens de grandeza não devem integrar uma unidade funcional conforme proposto neste trabalho, pois os cálculos (Tabela 2) indicam que nessas bacias a faixa do reflorestamento a ser implantado (FRVI) será inferior a 0,10 km de largura, respectivamente 0,07 km e 0,09 km, pois propiciará o desenvolvimento de plantas invasoras indesejáveis resultando no efeito de borda.

Neste sentido, Ciciliato e Piroli (2012), estudando os fragmentos florestais na bacia do rio Tibagi, Estados do Paraná e São Paulo, verificaram intensa atividade agropecuária que causaram desmatamento e erosão do solo, além de presença de áreas urbanizadas bem próximas aos cursos d'água. No município de Jaboticabal, SP, durante 30 anos, entre 1971 e 2000, houve uma diminuição considerável no tamanho dos fragmentos florestais, mas não em número, promovendo degradação dos remanescentes florestais pelos efeitos de borda (GREGGIO et al., 2009). Na "cabeceira" de drenagem do córrego Rico no município de Monte Alto – SP, Pissarra et al. (2013) estimaram a presença de 3,75 km² de APPs, onde apenas 0,72 km² (19,24%) encontram-se com cobertura arbórea, e 3,02 km² necessitam ser reflorestados com vegetação nativa da região, para respeitar a legislação vigente (BRASIL, 2012).

A análise de cluster (método de Ward) permitiu agrupar as sub-bacias (B1 a B6) e bacia (B) em três áreas fisicamente homogêneas (Figura 3). O dendrograma hierárquico ilustra, da direita para a esquerda, que as sub-bacias de primeira e segunda ordens apresentam semelhanças e pertencem a um grupo comum. O outro

grupo é representado por sub-bacias de terceira e quarta ordens, que apresentam um maior potencial para as unidades funcionais, pois as faixas a serem reflorestadas (FRVI) seriam superiores a 100 m de cada lado do divisor (Tabela 2), diminuindo assim os efeitos de borda e proporcionando um melhor abastecimento das nascentes. A bacia hidrográfica de quinta ordem (B), resultante dessas sub-bacias (B1 a B6), está em um único grupo, e o seu isolamento se deve à sua dimensão grande em relação às dimensões das sub-bacias.

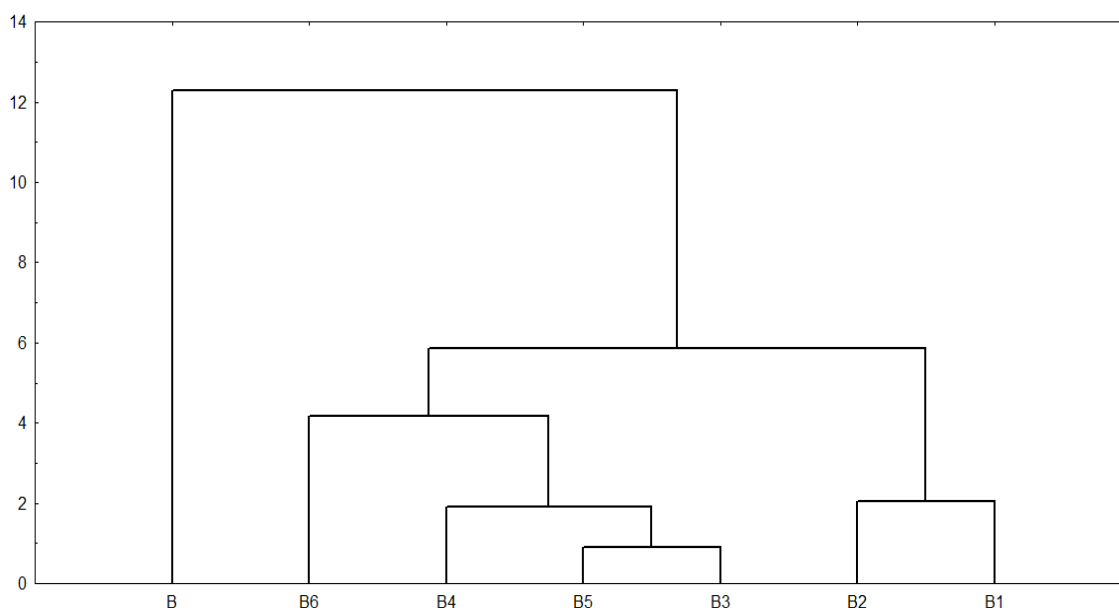


Figura 3. Dendrograma de hierarquia dos grupos das sub-bacias de 1ª (B1), 2ª (B2), 3ª (B3) e 4ª ordens (B4 a B6) e da bacia hidrográfica de 5ª ordem (B) do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais – SP, Brasil.

A análise multivariada revela que a proporção da variância total retida nos dois primeiros componentes principais foi de 95,52% (CP1=80,32%; CP2=15,20%). A maior variação possível na amostra é agregada pelo primeiro componente (CP1), que agrupou as variáveis VRT, VI, RVI, NN, Nt, Cr, A, P, VRP, VRD, FRVI, DDN, indicando as que mais contribuem para a distribuição dos reflorestamentos de conservação e produção (Tabela 3). A segunda maior variação é agregada pelo segundo fator (F2=15,19%), que agrupou as variáveis d% e CN, indicando as variáveis que menos contribuíram para o cálculo do como reflorestar a área de reserva legal.

Tabela 3. Autovalores dos fatores F1 e F2 para o estudo do FVR da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais, SP, Brasil.

Variáveis	CP1	CP2
VRT	-0,99722	-0,01668
VI	-0,99519	0,016305
RVI	-0,99476	-0,05212
NN	-0,99469	-0,00668
Nt	-0,99421	-0,05415
Cr	-0,99359	-0,03737
A	-0,99311	-0,04658
P	-0,97835	0,117337
VRP	-0,97743	-0,04108
VRD	-0,97393	0,067402
FRVI	-0,92302	0,070885
DDN	-0,73883	0,443107
CN	0,153805	0,978914
d%	0,192401	0,968888

A = Área; P = Perímetro; Cr = Comprimento de rede de drenagem; Nt = Número de canais; d% = Declividade; CN = Coeficiente de rugosidade; DDN = Distância média divisor nascente; NN = Número de nascentes; VRD = Vegetação ribeirinha degradada; VRP = Vegetação ribeirinha preservada; VRT = Vegetação ribeirinha total; VI = Vegetação de interflúvio; RVI = Reflorestamento de vegetação de interflúvio; FRVI = Faixa de vegetação a ser reflorestada.

Os resultados indicam que quanto maior a superfície (A e P), maior é a rede de drenagem (Cr, Nt, NN), maior a superfície de vegetação ripária preservada e degradada (VRT, VRP, VRD), maior a vegetação de interflúvio e superfície de

interflúvio a ser reflorestada (VI e FRVI) e maior a distância entre o divisor da bacia e as nascentes (DDN). O CP1 indica a relação direta entre FRVI e a vegetação ripária degradada (VRD), indicando que quanto maior a necessidade de reflorestar a floresta de interflúvio, maior é a degradação nas proximidades dos cursos d'água, como um reflexo do uso e ocupação do solo. A Figura 4 ilustra a projeção bidimensional das variáveis da bacia hidrográfica em função das cargas dos componentes CP1 e CP2.

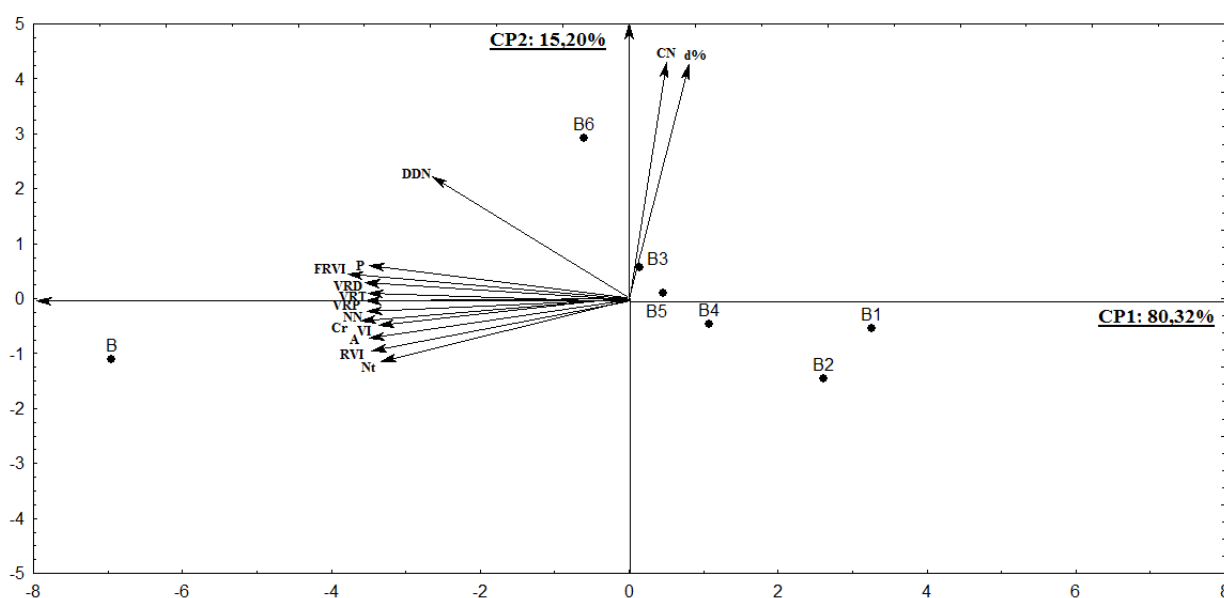


Figura 4. Projeção bidimensional (biplot) das 14 variáveis das sub-bacias de 1ª (B1), 2ª (B2), 3ª (B3) e 4ª ordens (B4 a B6) e da bacia hidrográfica de 5ª ordem (B) do ribeirão Tomba Carro, municípios de Altinópolis e Batatais - SP. A = Área; P = Perímetro; Cr = Comprimento de rede de drenagem; Nt = Número de canais; d% = Declividade; CN = Coeficiente de rugosidade; DDN = Distância média divisor nascente; NN = Número de nascentes; VRD = Vegetação ripária degradada; VRT = Vegetação ripária total; VI = Vegetação de interflúvio; RVI = Reflorestamento de vegetação de interflúvio; FRVI = Largura da faixa de reflorestamento de vegetação de interflúvio.

Nessas condições, a declividade (d%) tem correlação com o coeficiente de rugosidade (CN) e as demais variáveis são independentes destas duas, provavelmente pelo fato da área apresentar pouca declividade, proporcionando o avanço da agricultura. Normalmente, à medida que aumenta a declividade do terreno, há um maior número de nascentes e canais. Quanto maior a declividade,

menor a distância da nascente ao divisor, os solos tendem a ser mais rasos, com afloramento de rochas e a mecanização agrícola para as principais culturas da região, como cana-de-açúcar e café, é prejudicada (SIQUEIRA, 2017).

A distribuição das florestas naturais na paisagem é aleatória e inconstante, prejudicando suas funções de biodiversidade, proteção de solo e manutenção da captação de água, sem conectividade. Quanto maior o coeficiente de rugosidade (CN), maior a declividade (d%). As sub-bacias B1 e B2 se diferem das demais sub-bacias devido, principalmente, pelo fato de apresentarem menor dimensão da superfície. Com base nas variáveis estudadas, a sub-bacia B4 de quarta ordem de grandeza, por apresentar uma superfície de zona urbana da cidade Batatais, não diferiu da sub-bacia de terceira ordem (B3) e de ordem semelhante (B5). Esses resultados indicam que tanto no meio urbano como no meio rural ocorre degradação ambiental até o presente momento. A sub-bacia de quarta ordem B6 se destaca um pouco das demais por apresentar maior coeficiente de rugosidade (CN) e declividade (d%), variáveis dependentes entre si.

Para mitigar o impacto das atividades urbanas no ecossistema, a vegetação que protege os recursos hídricos não precisa ser restaurada e isolada, mas sim as suas funções ecológicas devem ser mantidas e integradas com as características urbanas por meio de projetos paisagísticos (VALLE JÚNIOR et al., 2015; ŻELAZNA-WIECZOREK e NOWICKA-KRAWCZYK (2015), fortalecendo a conectividade florestal. Na bacia do rio Uberaba, um estudo sobre uso e conflito do solo mostra que a área é afetada por antropização, como a densidade populacional e que, no conjunto, causa riscos de degradação em quase metade da área da bacia, onde a situação é preocupante, um plano estratégico de conservação efetiva é urgente para implementação em toda a bacia hidrográfica (VALERA et al., 2016).

4.2 Proposta de Zoneamento

No zoneamento do uso do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Tomba Carro, sugere-se que a faixa de reflorestamento (FRVI) seja distribuída nos divisores da bacia hidrográfica, respeitando o limite de 20% da área da bacia, com nome de floresta ou vegetação produtiva de desenvolvimento sustentável, com as mesmas

funções de reserva legal, a fim de promover a infiltração da água da chuva e abastecimento de um maior número possível de nascentes, bem como apresentar a função de corredor ecológico. Ao redor de nascentes deve-se respeitar uma área com raio que poderá ser igual ou superior a 50 m. Ao longo dos cursos d'água, deve ser preservada uma faixa de pelo menos 30 m de cada lado de rios de até 10 m de largura e que deve ser aumentada proporcionalmente à largura do rio até a faixa máxima de 500 m, nas condições da legislação brasileira (BRASIL, 2012). Sugere-se que ao redor de nascentes e cursos d'água a área receba o nome de vegetação ou floresta produtiva de conservação, com as mesmas funções de áreas de preservação permanente. O zoneamento deve atender o maior número de nascentes e uma área em que a faixa de reflorestamento seja superior a 100 m, para evitar o efeito de borda, infestação por lianas e dominância de espécies pioneiras (TABANEZ et al., 1997; ALVES JÚNIOR et al., 2006).

Para que haja incentivo à implantação da reserva legal, o termo vegetação ou floresta produtiva é atrativo. A floresta produtiva de desenvolvimento sustentável agrega valor econômico ao exercer as funções de reserva legal e como incentivo ao reflorestamento para preservação dos recursos naturais, visando melhoria da qualidade de vida. A valoração dos recursos naturais é possível de ser calculada. Com base no trabalho de Mattos et al. (2007), os proprietários rurais que respeitam a Constituição Federal, deveriam receber compensação financeira pela preservação de suas áreas de preservação permanente. Esse trabalho demonstra que, se cada município contribuísse com a taxa de R\$27,98 por domicílio, haveria a disponibilidade de R\$3.616,52 (ha ano)⁻¹ para serem aplicados na recuperação.

A faixa de floresta produtiva de desenvolvimento sustentável deve respeitar os princípios do direito da reserva legal, podendo incluir espécies nativas da região, frutíferas e madeiráveis, na forma de um sistema agroflorestal. Deve compor a unidade funcional dos recursos naturais, para que a bacia hidrográfica e suas sub-bacias sejam saudáveis, com base em Odum e Barret (2008) e Calijuri e Bubel (2006). Em função dos resultados, a reserva legal é um componente essencial da unidade funcional que se relaciona com as características morfométricas e ecológicas de bacia hidrográfica. A decisão da localização da reserva legal vinculada à propriedade agrícola deve ser feita com base no diagnóstico ambiental realizado e

deve advir de amplas discussões entre os comitês de bacias, técnicos extensionistas e entre os produtores rurais, ser apoiada na inter-relação de aspectos básicos como o econômico, ambiental e cultural, uma vez que interferirão na organização, sociabilidade e qualidade de vida dos proprietários das terras e moradores da bacia hidrográfica (DESTRO e CAMPOS, 2010). Sendo assim, a reserva legal não poderia ser implantada em área de compensação, de modo a resultar em bacias hidrográficas e suas sub-bacias desprovidas de vegetação original ou florestas.

No meio rural, as funções da vegetação ou floresta produtiva de conservação (área de preservação permanente) diferem das funções da vegetação ou floresta de desenvolvimento sustentável (reserva legal) com base nas características morfométricas e ecológicas, motivo pelo qual essas duas categorias devem ser independentes, o que não contempla a Lei Nº 12.651 (BRASIL, 2012), por permitir que a reserva legal inclua áreas de preservação permanente. Como incentivo, também deveria ser amplamente permitido sistemas agroflorestais nas áreas de preservação permanente, sem que haja desmatamento e processo de degradação, independentemente do tamanho da propriedade agrícola e sim em função das características da paisagem. A reserva legal não deve incluir em seu cálculo as áreas de preservação permanente, quando se considerar a unidade funcional dos recursos naturais. Sugere-se que a reserva legal não seja estabelecida de forma isolada e dependente de cada propriedade agrícola que envolve a sub-bacia, como prevê a Lei Nº 12.651 (BRASIL, 2012), mas sim em função das características morfométricas e ecológicas da bacia. Sendo assim, as reservas legais vinculadas às propriedades agrícolas poderiam estar integradas e distribuídas de forma adequada na paisagem sob um regime de condomínio.

O reflorestamento (FRVI), respeitando uma faixa com largura limite mínimo de 100 m será menos susceptível ao efeito de borda e apresentará boas características para compor corredor ecológico e reserva legal (BRASIL, 2012). Quanto maior a largura da faixa, maior a facilidade de desenvolver projetos de sistemas agroflorestais e maior eficiência na condução, exploração e regeneração de florestas naturais de proteção ou de espécies arbóreas madeiráveis e não madeiráveis para o desenvolvimento sustentável.

5. CONCLUSÕES

Nos municípios estudados, a unidade funcional dos recursos naturais deve ser superior a 67 km², podendo incluir bacias hidrográficas de 3^a, 4^a ou 5^a ordem, com integração das atividades agropecuárias e as florestas de desenvolvimento sustentável.

As florestas ripárias e de interflúvio que apresentam serviços ecossistêmicos de proteção legal são componentes essenciais das unidades dos recursos naturais da superfície terrestre e apresentam funções distintas. Recomenda-se que a área de preservação permanente e a reserva legal no meio rural sejam reconhecidas, respectivamente, como vegetação ou floresta produtiva de conservação e de desenvolvimento sustentável. As florestas produtivas de desenvolvimento sustentável, para desenvolver as funções ecossistêmicas, devem estar localizadas em faixas entre as nascentes das cotas mais elevadas e o divisor da respectiva bacia, com largura superior a 100 m.

6. REFERÊNCIAS

ÁGUAS, T.A. **Análise ambiental nas áreas de influência direta e indireta da PCH Costa Rica, no alto curso da bacia hidrográfica do rio sucuriú–MS/2014**. 2015. 127f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três lagoas, 2015.

ALVES JÚNIOR, F.T.; BRANDÃO, C.F.; ROCHA, K.D.; MARANGON, L.C.; FERREIRA, R.L. Efeito de borda na estrutura de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila densa, Recife, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.1, n.1, p.49-56, 2006.

ANGELO, H.; POMPERMAYER, R.S.; ALMEIDA, A.N.; MOREIRA, J.M.M.A.P. O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p.183-191, 2013.

AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. **Ambiente & sociedade**, São Paulo, v.10, n.1, p.137-150, 2007.

BALBINOT, R. O papel da floresta no ciclo hidrológico das bacias hidrográficas. *Ambiência*. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.4, n.1, p.134-137. 2008.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial de 2010: desenvolvimento e mudança climática/Banco Mundial**. São Paulo: Editora UNESP, 2010. p.440.

BARRANTES, G.; GÁMEZ, L. The payments for water services program of Heredia's public service utility. In: PLATAIS, G.; PAGIOLA, S. (Ed.). **Ecomarkets**: Costa Rica's experience with payments for environmental services. Washington: World Bank. 2013.

BOTTALICO, F.; PESOLA, L.; VIZZARRI, M.; ANTONELLO, L.; BARBATI, A.; CHIRICI, G.; LAFORTEZZA R.; LOMBARDI, F.; MARCHETTI, M.; NOCENTINI, S.; RICCIOLI, F.; TRAVAGLINI, D.; SALLUSTIO, LORENZO. Modeling the influence of alternative forest management scenarios on wood production and carbon storage: A case study in the Mediterranean region. **Environmental Research**, Amsterdam, v.144, p.72-87, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.651. **Código florestal brasileiro**. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007. **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**: atualização. Brasília, DF: MMA, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 9, de 24 de outubro de 1996. Define "corredor de vegetação entre remanescentes" como área de trânsito para a fauna. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 nov.1996.

CAIN, M.L.; BOWMAN, W.D.; HACKER, S.D. **Ecologia**. 3.ed. Porto Alegre. Artmed, 2018. 720 p.

CALDAS, A.M. **Diagnóstico geoambiental no município de Batatais-SP**.2015. 108f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

CALDER, I.R. Forests and water—ensuring forest benefits outweigh water costs. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.251, n.1, p.110-120, 2007.

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. Conceituação de microbacias. In: LIMA, W.P.; ZAIKA, M.J.B. **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: Rima, 2006. p.45-59.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Apresentação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V; PAIVA, J.A.; D'ALGE, J.C.L. (Org.). **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. São José dos Campos: INPE, 2000. p.1-5.

CÂMARA, I.G. **Megabiodiversidade**. Rio de Janeiro: Sextante, 2001. 208 p.

CAMHI, A.; PAGIOLA, S. **Payment for environmental services mechanisms in latin america and the Caribbean: a compendium**. Washington: World Bank, 2009.

CANTINHO, R.Z.; GAMA, V.F.; PONZONI, F.J. Definição de áreas prioritárias para restauração florestal no Vale do Paraíba. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 9., 2010, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF/UNICENTRO, 2010. p.626-633.

CARDOSO, C.A.; TEIXEIRA DIAS, H.C.; BOECHAT SOARES, C.P.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARRANZA, C.C. En defensa de una teoría Gaia orgánica. **Revista Ecosistemas**, Móstoles, v.22, n.2, p.113-118, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Ed. Blucher, 1980. 188 p.

CICILIATO, R.N.; PIROLI, E.L. Análise e avaliação dos fragmentos florestais de áreas de preservação permanente no baixo curso do Rio Tibagi em imagens de satélite e geoprocessamento. **Revista Geonorte**, Manaus, v.3, n.4, p.573-582, 2012.

COSTA, R.C.A. **Indicadores morfométricos: uma ferramenta no diagnóstico da vulnerabilidade ambiental**. 2015. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

CRIVELENTI, R.C. **Zoneamento ecológico econômico do município de Altinópolis, SP**. 2014.112f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

DESTRO, G.F.G.; CAMPOS, S. Implantação de reservas legais: uma nova perspectiva na conservação dos recursos naturais em paisagem rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p.887-895, 2010.

DOLPH, C.L.; HANSEN, A.T.; FINLAY, J.C. Flow-related dynamics in suspended algal biomass and its contribution to suspended particulate matter in an agricultural river network of the Minnesota River Basin, USA. **Hydrobiologia**, Paris, v.785, n.1, p.127-147, 2017.

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and Sustainability: managing the biotic component of Soil quality. **Applied Soil Ecology**, Lincoln, v.15, n.1, p.3-11, 2000.

ECHAVARRÍA, M. Financing watershed conservation: The FONAG water fund in Quito, Ecuador. In: PAGIOLA, S.; BISHOP, J.; LNDELL-MILLS, N. (Ed.). **Selling forest environmental services**: market-based mechanisms for conservation and development. Londres: Earthscan, 2002.

ELSENBEER, H.; CASSEL, K.; CASTRO, J. Spatial analysis of soil hydraulic conductivity in a tropical rain forest catchment. **Water Resources Research**, Washington, v.28, n.12, p.3201-3214, 1992.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 2009. p.412.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **Software ArcGIS Desktop, License Type ArcInfo**. version 10, 2011. Disponível em: <<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/get-started/about-licensing.htm>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v.34, p.487-515, 2003.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and aquaculture technical paper. **Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture**, Rome, v.530, p.212, 2009.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Land evaluation: towards a revised framework (LE-Rev)**. Rome, 2007. 107 p. (Land and Water Discussion Paper, 6).

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **State of Europe's forests 2011: Status and trends in sustainable forest management in Europe**. Rome, 2011. 339 p.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food insecurity in the world**. Rome, 2014. p.12.

FERREIRA, P.J.G.; BEZERRA, I.S. Bacia hidrográfica do riacho Engenho Velho: morfometria, uso potencial da terra e conflito do uso da terra. **Revista Ambiental**, João Pessoa, v.1, n.1, p.59-70, 2015.

FERREIRA, R.; MOURA, M.; CASTRO, F. Uso de plataforma SIG na caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pancas–Brasil. **Nativa**, Sinop, v.3, n.3, p.210-216, 2015.

FERREIRA, R.G.; OLIVEIRA MOURA, M.C.; DA SILVEIRA CASTRO, F. Caracterização morfométrica da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ES. **Enciclopédia Biosfera**, Rio Verde, v.8, n.15, p.2247-2256, 2012.

FIQUEPRON, J.; GARCIA, S.; STENGER, A. Land use impact on water quality: valuing forest services in terms of the water supply sector. **Journal of Environmental Management**, London, v.126, p.113-121, 2013.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D.B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v.16, p.265-280, 2007.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J.C.; OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza. v.57, p.224-33, 2014.

GIANG, P.H.; HARADA, H.; FUJII, S.; LIEN, N.P.H; HAI, H.T.; ANH, P.N.; TANAKA, S. Transition of fertilizer application and agricultural pollution loads: a case study in the Nhue-Day River basin. **Water Science and Technology**, San Francisco, v.72, n.7, p.1072-1081, 2015.

GIEHL, E.L.H.; JARENKOW, J.A. Gradiente estrutural no componente arbóreo e relação com inundações em uma floresta ribeirinha, rio Uruguai, sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v.22, n.3, p.741-753, 2008.

GREGGIO, T.C.; PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M. Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal-SP. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.117-124, 2009.

HAINES-YOUNG, R. Land use and biodiversity relationships. **Land Use Policy**, Guildford, v.26, p.S178-S186, 2009.

HARVEY, J.; GOOSEFF, M. River corridor science: Hydrologic exchange and ecological consequences from bedforms to basins. **Water Resources Research**, Washington, v.51, n.9, p.6893-6922, 2015.

HERNANDO, A.; VELÁZQUEZ, J.; VALBUENA, R.; LEGRAND, M.; GÁRCIA-ABRIL, A. Influence of the resolution of forest cover maps in evaluating fragmentation and connectivity to assess habitat conservation status. **Ecological Indicators**, New York, v.79, p.295-302, 2017.

HERRADOR, D.; DIMAS, L.A.; MÉNDEZ, V.E. **Pago por servicios ambientales en El Salvador**: oportunidades y riesgos para pequeños agricultores y comunidades rurales. San Salvador: Fundación PRISMA, 2002. 41 p.

HORNBECK, J.W.; SWANK, W.T. Watershed ecosystem analysis as a basis for multiple-use management of eastern forests. **Ecological Applications**, Tempe, v.2, n.3, p.238-247, 1992.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, New York, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

HOTT, M.C.; FURTADO, A.L.S.; RIBEIRO, C.A.A.S.; ARRUDA, A.D.J.S. de Determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas no município de Campinas. São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIA-
MENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisa Espacial- INPE, p.3381-3388.

LEWINSOHN, T. M. (Coord.). **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira**. Brasília: MMA, 2006. 2 v. CD-ROM.

LOVEJOY, T.E.; BIERREGARD, R.; RYLANDS, A.B.; MALCOLM, J.R.; HAYS, M.B. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: SOULÉ, M.E. (Ed.). **Conservation biology**. Sunderland: Sinauer Press, 1986. p.257-285.

MATTOS, A.D.M. Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.31, n.2, p.347-353, 2007.

MATTOS, J.B.; FALCÃO FILHO, C.A.T.; SANTOS, D.A.; DE PAULA, F.C.F. Diagnóstico geoambiental da microbacia do rio Una, Sul da Bahia: morfometria, vegetação e uso do solo. **AMBIÊNCIA**, Guarapuava, v.13, n.1, p.13-29, 2017.

MEA - Millenium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human wellbeing: a framework for assessment**. Washington: Island Press. 2003. 137p.

MEJÍA, M.A.; BARRANTES, G. Experiencia de pago por servicios ambientales de la Junta Administradora de Agua Potable y Disposición de Excretas (JAPOE) de Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras. In: YOUNG, M.; ESAU, C. (Ed.). **Investing in water for a green economy tegucigalpa: services, infrastructure, polices and management**. Tegucigalpa: PASOLAC, 2003.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455 p.

METZGER, M.J.; LEEMANS, R.; SCHRÖTER, D. A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Enschede, v.7, n.4, p.253-267, 2005.

MORAES, L.F.D.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v.14, n.2, p.437-451, 2010.

NAPPO, M.E.; PEREIRA, R.S.; MIGUEL, E.P.; DE OLIVEIRA GASPAR, R.; MATRICARDI, E.A.T.; ANGELO, H.; MEIRA JUNIOR, M.S.; VALE, A.T.; MARTINS, I.S.L. The effect of vegetation covers on the physical properties of a red latosol. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.12, n.43, p.3154-3159, 2017.

NASCIMENTO, M.C.; SOARES, V.P.; ÁLVARES SOARES RIBEIRO, C.A.; SILVA, E. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do rio alegre, espírito santo, a partir de imagens do satélite Ikonos II. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.3, p.117-124, 2006.

NIN, M.; SOUTULLO, A.; RODRÍGUEZ-GALLEGO, L.; DI MININ, E. Ecosystem services-based land planning for environmental impact avoidance. **Ecosystem Services**, Thorofare, v.17, p.172-184, 2016.

OBANDO ESPINOZA, M. Evolución de la experiencia de los PSA hídricos em Nicaragua: El caso de la micro cuenca Paso de los Caballos, Municipio de San Pedro del Norte, Chinandega. In. In: YOUNG, M.; ESAU, C. (Ed.). **Investing in water for a green economy tegucigalpa**: services, infrastructure, polices and management. *Tegucigalpa*: PASOLAC, 2007. (Serie Técnica, 2/2007).

ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. p.31-32.

OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.de; SILVA, T.M.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E.S.; GUIMARÃES, R.F.; SILVA, N.C. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrológicamente corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Porto Alegre, v.8, n.1, p.3-21, 2007.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; DA.; MOHR, L. R. S. Fisiografia da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, sul do Brasil. **Scientia Plena**, São Cristovam, v.8, n.9, p.1-9, 2012.

PINA, G.F. **Análise multicritério na identificação de áreas para a recuperação ecológica no plano de manejo ambiental municipal**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

PISSARRA, T.C.T.; MARCUSSI, A.B.; LEÃO, G.D.R.; GALBIATTI, J.A.; BORGES, M.J.; CAMPOS, S. Environmental adaptation of the source of the subbasin of Rico Stream, Monte Alto-SP, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.33, n.2, p.303-311, 2013.

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W. A bacia hidrográfica no contexto do uso do solo com florestas. In: VALERI, S.V.; POLITANO, W.; SENÔ, K.C.A.; BARRETTO, A.L.N.

de M. (Ed.). **Manejo e recuperação florestal**: legislação, uso da água e sistemas agroflorestais. Jaboticabal: Funep, 2003. p.29-54.

RAMÍREZ, B.H.; VAN DER PLOEG, M.; TEULING, A.J.; GANZEVELD, L.; LEEMANS, R. Tropical montane cloud forests in the orinoco river basin: The role of soil organic layers in water storage and release. **Geoderma**, Amsterdam, v.298, p.14-26, 2017.

REDDY, C.S.; MANASWINI, G.; SATISH, K.V.; SINGH, S.; JHA, C.S.; DADHWAL, V.K. Conservation priorities of forest ecosystems: Evaluation of deforestation and degradation hotspots using geospatial techniques. **Ecological Engineering**, Oxford, v.91, p.333-342, 2016.

RICKLEFS, R. E. **The economy of nature**. St. Louis: Macmillan, 2008. 656 p.

RODRIGUES, M. F.; PISSARRA, T. C. T.; COSTA, R. C. A.; CAMPOS, S. Compartimentalização da bacia hidrográfica do Córrego Rico para planejamento ambiental. In: Workshop internacional sobre planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas. **Anais...** Presidente Prudente, São Paulo. p. 206-215, 2013.

SALA, O.E.; F.CHAPIN , S.; ARMESTO, J.J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L.F.; JACKSON, R.B.;KINZIG A.;LEEMANS, R.; LODGE, D.M.; MOONEY, H.A.;OESTERHELD, M.; POFF, N.L.; SYKES, M.T.; WALKER, B.H.; WALKER, M.; WALL, D. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, New York, v.287, n.5459, p.1770-1774, 2000.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological society of America bulletin**, New York, v.67, n.5, p.597-646, 1956.

SILVA, E.N.S.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A.R.; RODRIGUES CORREA, A.; TOMAZ, P.K.; FERRAUDO, A.S. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.39, n.2, p.598-607, 2015.

SILVA, J. L.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. A.; MINGOTI, R. Diagnóstico ambiental como subsídio à restauração florestal e manutenção hidrológica da bacia do ribeirão dos pinheirinhos, Brotas–SP. **IRRIGA**, Botucatu, v.21, n.1, p.1-13, 2016.

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

SIQUEIRA, P.C. **Cenários de uso do solo baseados na cobertura de Áreas de Preservação Permanente (APP) e simulação hidrológica na bacia do Rio Sapucaí**. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

SOARES FILHO, B.R.S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L.M.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C.A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, London, v.440, n.7083, p.520-523, 2006.

SOLÉ, R. Bioengineering the biosphere? **Ecological Complexity**, Amsterdam, v.22, p.40-49, 2015.

SOUTHGATE, D.; WUNDER, S. Paying for watershed services in Latin America: A review of current initiatives. **Journal of Sustainable Forestry**, Philadelphia, v.28, n.3-5, p.497-524, 2009.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, Washington, v.38, n.6, p.913-920, 1957.

SUZUKI, W.; OSUMI, K.; MASAKI, T.; TAKAHASHI, K.; DAIMARU, H.; HOSHIZAKI, K. Disturbance regimes and community structures of a riparian and an adjacent terrace stand in the Kanumazawa Riparian Research Forest, northern Japan. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.157, n.1-3, p.285-301, 2002.

TABANEZ, A.J.; VIANA, V.M.; DIAS, A.S. Conseqüências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de

floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.57, n.1, p.47-60, 1997.

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 ReBraM**, Araraquara, v.11, n.1, p.137-156, 2007.

UMEDA, C.Y.L.; SANTOS, T.H.L.; LASTORIA, G.; OLIVEIRA, A.P.G.; COUTINHO, H.L.C.; PARANHOS FILHO, A.C. Uso de sensoriamento remoto na identificação de corredores ecológicos: um estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito, MS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.20, n.4, p.551-557, 2015.

UNEP - United Nations Environment Programme. **GEO-3: Global Environmental Outlook 3**. Nairobi, 2002.

VALERA, C.A.; JUNIOR, R.V.; VARANDAS, S.G.P.; FERNANDES, L.S.; PACHECO, F.A.L. The role of environmental land use conflicts in soil fertility: A study on the Uberaba River basin, Brazil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.562, p.463-473, 2016.

VALLE JUNIOR, R.F.; SANTOS, E.C. DOS.; FERREIRA, A.F.; CHAVES, L.H.; ABDALA, V.L. Diagnóstico das Áreas de Preservação Permanente na microbacia hidrográfica do córrego Lanoso, Uberaba - MG, utilizando Sistema de Informação Geográfica – SIG. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.3, n.3, p.40–49, 2010.

VALLE JUNIOR, R.F.; VARANDAS, S.G.; PACHECO, F.A.; PEREIRA, V.R.; SANTOS, C.F.; CORTES, R.M.; FERNANDES, L.F.S. Impacts of land use conflicts on riverine ecosystems. **Land Use Policy**, Guildford, v.43, p.48-62, 2015.

WAKEEL, A.; RAO, K.S.; MAIKHURI, R.K.; SAXENA, K.G. Forest management and land use/cover changes in a typical micro watershed in the mid elevation zone of Central Himalaya, India. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.213, n.1, p.229-242, 2005.

WATSON, R.T.; NOBLE, I.R.; BOLIN, B.; RAVINDRANATH, N.H.; VERARDO, D.J.; DOKKEN, D.J. **Land use, land-use change and forestry**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 375 p. (IPCC, 2000)

WUNDER, S.; ALBÁN, M. Decentralized payments for environmental services: the cases of Pimampiro and PROFAFOR in Ecuador. **Ecological Economics**, Amsterdam, v.65, n.4, p.685-698, 2008.

ZANATA, M.; PISSARRA, T.C.T. (Cord.). **Informações básicas para o planejamento ambiental - Município de Batatais**. Jaboticabal: Funep, 2012. p.70.

ŻELAZNA-WIECZOREK, J.; NOWICKA-KRAWCZYK, P. The cascade construction of artificial ponds as a tool for urban stream restoration - the use of benthic diatoms to assess the effects of restoration practices. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.538, p.591-599, 2015.