Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Análise temporal do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do
córrego do Itaperu/Itapocu, no município de Piracicaba**

Bruna Batagin

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2017**

Bruna Batagin
Engenharia ambiental

Análise temporal do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do
Itaperu/Itapocu, no município de Piracicaba
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PETERSON RICARDO FIORIO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Batagin, Bruna

Análise temporal do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, no município de Piracicaba / Bruna Batagin - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - Piracicaba, 2017.

60 p.

Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Fotointerpretação 2. Análise temporal 3. Microbacia hidrográfica 4. Uso e ocupação do solo . I. Título

AGRADECIMENTOS

A Deus que todos os dias me presenteia com o dom da vida e por me dar forças para nunca desistir dos meus planos.

Ao Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas por ceder toda infraestrutura necessária para a elaboração da minha dissertação de mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio por todo apoio, paciência, dedicação e competência na revisão desta dissertação.

Aos professores doutores Carlos Alberto Vettorazzi e Rubens Angulo Filho pelo empréstimo das fotografias aéreas dos anos de 1940 e 1978 utilizadas nessa dissertação, pela avaliação e observações efetuadas nesse trabalho.

Ao professor doutor Pedro Paulo da Silva Barros por toda paciência e prontidão em me ajudar nas minhas dificuldades.

Ao professor doutor Raoni Wainer Duarte Bosquilia pela disposição em me auxiliar com o software ArcGIS.

A todos do Grupo de Pesquisa e Extensão em Topografia - TopoGeo pelo apoio e amizade.

Ao meu marido Beto, meus pais, família e amigos por amor, paciência e apoio.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. BACIA E MICROBACIA HIDROGRÁFICA.....	9
2.2. GEOPROCESSAMENTO	10
2.3. SENSORIAMENTO REMOTO	10
2.4. FOTOINTERPRETAÇÃO.....	11
2.5. O MUNICÍPIO DE PIRACICABA.....	12
2.6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PIRACICABA	12
2.7. EXPANSÃO URBANA DE PIRACICABA	14
2.8. A COBERTURA VEGETAL EM PIRACICABA	14
2.8.1. <i>Floresta Estacional Semidecidual</i>	15
2.8.2. <i>Floresta Estacional Semidecidual Ribeirinha</i>	15
2.8.3. <i>Floresta Estacional Semidecidual com Influência Fluvial Permanente</i>	16
2.8.4. <i>Floresta Estacional Decidual</i>	16
2.9. A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL REFERENTE AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	16
3. METODOLOGIA.....	19
3.1. LOCALIZAÇÃO	19
3.2. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM 1940	23
4.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM 1978	24
4.3. TRANSIÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DOS ANOS DE 1940 A 1978	25
4.4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM 2000	27
4.5. TRANSIÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DOS ANOS DE 1978 A 2000	28
4.6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM 2005	31
4.7. TRANSIÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DOS ANOS DE 2000 A 2005	32
4.8. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM 2011	35
4.9. TRANSIÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DOS ANOS DE 2005 A 2011	36
4.10. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM 2016.....	39
4.11. TRANSIÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DOS ANOS DE 2011 A 2016	40
4.12. ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO ITAPERU/ITAPOCU DE 1940 A 2016.....	42
4.13. ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO PERÍODO DE 1978 A 2016	45
5. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	55

RESUMO

Análise temporal do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, no município de Piracicaba

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar, por meio da técnica de fotointerpretação, o uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, no município de Piracicaba (SP), do período de 1940 até 2016. Foram utilizadas fotografias aéreas dos anos de 1940, 1978, 2000 e 2005 e imagens dos satélites Rapid Eye e Cbers 4 dos anos de 2011 e 2016. Para tanto, o estudo foi dividido em três etapas que consistiram em primeiro analisar o uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica em toda sua extensão; na sequência foi analisada a evolução de áreas urbanas na microbacia e por último foram verificadas as Áreas de Preservação Permanente. Como resultado da primeira etapa foi identificada uma grande mudança da ocupação dos usos do solo ao longo das décadas estudadas. Na segunda etapa, foi constatado o avanço urbano para a área da microbacia hidrográfica que era totalmente rural e ao longo dos anos passou a ser incorporada no perímetro urbano. Na última etapa ao analisar as Áreas de Preservação Permanente, com o crescimento urbano ocorrido no local, houve a extinção de cinco nascentes e alguns cursos d'água tiveram seu comprimento reduzido.

Palavras-chave: Fotointerpretação; Análise temporal; Microbacia hidrográfica; Uso e ocupação do solo

ABSTRACT

Temporal analysis of soil use and occupation of Itaperu/Itapocu stream watershed in the municipality of Piracicaba

The present work was developed with the purpose to analyze, by the photointerpretation technique, the use and occupation of the soil in the watershed of the Itaperu/Itapocu stream in the municipality of Piracicaba (SP), between 1940 and 2016. Aerial photographs from the years 1940, 1978, 2000 and 2005 were used, as well as satellite images of Rapid Eye and Cbers 4 from 2011 and 2016. The study was divided into three steps. First, the use and occupation of the soil in the watershed drainage basin in all its extension were analyzed. Next, the evolution of urban areas in the watershed were investigated. Finally, the Permanent Preservation Areas were studied. In the first stage, it was identified a major shift of the occupation of soil uses over the decades studied. In the second, it was found the urban advance into the hydrographic watershed area, which used to be entirely rural and, over the years, became incorporated into the urban area. In the last step, there was the extinction of five springs and some watercourses had their lengths reduced due to urban growth in the area.

Keywords: Photointerpretation; Temporal analysis; Watershed drainage basin; Soil use and occupation

1. INTRODUÇÃO

A necessidade do ser humano em estabelecer seu território físico levou-o a interagir com o meio ambiente natural, transformando-o e adaptando-o. Essa relação, desde o princípio, tornou-se uma condição de fixação de comunidades, bem como uma maneira da sociedade civil se organizar. Por outro lado, o crescente êxodo rural e a expansão urbana, aliados a uma dependência cada vez maior por matérias-primas e a ausência de um prévio planejamento, tem ocasionado situações de conflitos entre a ocupação antrópica e os recursos da natureza. Especialmente nos centros urbanos os impactos oriundos dessa relação ficam ainda mais evidentes, incidindo-se na ocupação do espaço e na organização do território.

A ocupação humana nas cidades progride simultaneamente à preocupação direcionada às questões socioambientais, pois no processo de expansão urbana, diversas áreas verdes e de preservação permanente são dizimadas e indevidamente ocupadas por edificações, impulsionadas pela força midiática e pela especulação imobiliária.

Nos últimos anos a utilização de geotecnologias evoluiu de forma significativa, abrangendo diferentes utilizações nas áreas agrícola, florestal, de administração municipal, de infraestrutura, de meio ambiente e de educação, destacando-se como uma importante ferramenta de gestão ambiental. O geoprocessamento, que é um conjunto de conceitos, métodos e técnicas de diversas origens, associados a uma base de dados georreferenciados, possibilita ao pesquisador a tomada de decisões sobre determinados eventos.

A utilização de técnicas de geoprocessamento tornou-se instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. A análise temporal do uso e ocupação do solo permite estudar as diversas relações estabelecidas entre o ser humano e o seu ambiente natural. Portanto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) são ferramentas capazes de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões, de maneira simples e eficiente, possibilitando economia de recursos e de tempo.

A unidade ecossistêmica utilizada nessas pesquisas geralmente é a bacia ou microbacia hidrográfica que além de facilitar a interpretação dos dados e o seu planejamento conservacionista, também permite o desenvolvimento de estudos hidrológicos, biogeoquímicos e ambientais.

Deste modo, o presente trabalho selecionou como unidade a microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, situada no município de Piracicaba (SP), por se tratar de uma área que vem sendo ocupada de forma desordenada ao longo de várias décadas e incorporada ao perímetro urbano da cidade, acarretando no adensamento populacional nessa região e, conseqüentemente, gerando impactos ambientais ao seu meio.

Segundo o Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba (2014) o Brasil vivenciou nas últimas décadas uma transformação significativa em sua organização espacial e social tornando-se uma população predominantemente urbana, em Piracicaba cerca de 98% dos habitantes vivem atualmente em áreas urbanizadas.

Neste trabalho serão analisados o uso e ocupação do solo ao longo de várias décadas na microbacia hidrográfica do Itaperu/Itapocu, que se encontra no vetor da expansão urbana de Piracicaba (SP), por meio da interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite, que contem numerosas informações visuais confiáveis, em diferentes épocas, iniciando no ano de 1940 e finalizando no ano de 2016, de forma a gerar mapas que os ilustrem e os quantifiquem, para finalmente, fornecer subsídios para a proposição de medidas de planejamento visando a redução dos impactos ambientais e da melhoria da qualidade de vida da população local.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bacia e microbacia hidrográfica

Bacia hidrográfica, de acordo com Valente & Gomes (2005) e Tucci (2007) é aquela área de terra onde as águas passam por um único ponto de saída, a foz de um rio, córrego ou ribeirão. É uma área de captação natural da água da chuva que faz tender para o mesmo ponto os escoamentos (SILVEIRA, 2003). Barrella (2001) a define como o conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, já Lima (1994) descreve como sendo um sistema geomorfológico aberto, que recebe energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio. O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo da cobertura vegetal (LIMA, 1986). Suas características físicas e bióticas exercem importante papel no ciclo hidrológico regional, controlando a infiltração, os escoamentos sub e superficiais da água.

Dessa forma, ao sofrer a interferência de ações antrópicas, uma bacia hidrográfica pode ter seu comportamento hidrológico alterado, acarretando em danos ambientais.

O uso da bacia hidrográfica como unidade de estudo é uma das alternativas possíveis para estabelecer os limites de uma pesquisa, porém, dependendo da extensão de uma bacia, essa poderá avançar os limites entre cidades ou até mesmo estados e, portanto, provocar embates políticos a respeito da gestão dessa área. Dessa maneira, tem-se como opção adotar como escala de trabalho a microbacia, que analogamente pode-se dizer que a bacia hidrográfica representa a escala macro do estudo e a microbacia a escala micro. Tudo dependerá do objetivo da análise que se deseja realizar.

O conceito de microbacia hidrográfica, assim como ocorre com a bacia hidrográfica, também pode ser descrito de diversas maneiras: Calijuri & Bubel (2006) dizem se tratar de área formada por canais de primeira e segunda ordem e, em alguns casos, de terceira ordem, frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional são fundamentais. Entende-se por canais de primeira ordem aqueles que não há nenhum tributário, sendo ele o principal afluente. Os canais de segunda ordem são os que recebem afluentes de primeira ordem e, por sua vez, os canais de terceira ordem são aqueles que recebem tributários de primeira e de segunda ordem. Para Lima (1994) o conceito de microbacia ainda não está bem definido porque não há um limite de tamanho para a sua caracterização. Na mesma linha, Cecílio e Reis (2006) concordam que não há um consenso de qual seria a área máxima de uma microbacia. Por outro lado, Faustino (1996) estimou como área máxima 100 km² para se enquadrar uma microbacia e a descreve, assim como Araujo & Pinese (2003), como aquela em que toda sua drenagem flui diretamente ao curso d'água principal de uma sub-bacia. No âmbito da hidrologia, microbacia não é analisada apenas em relação a sua extensão, mas também se observa os elementos necessários para a geração dos seus deflúvios. Do ponto de vista ecológico, a microbacia hidrográfica é a menor unidade do ecossistema, portanto, ao utilizá-la como parâmetro em um estudo, faz-se possível identificar e monitorar os impactos ambientais de maneira mais eficiente, uma vez que as alterações ocorridas em seu ciclo hidrológico e uso e ocupação do solo são detectadas com mais sensibilidade do que no âmbito de uma bacia hidrográfica. Calijuri e Bubel (2006) defendem que a microbacia hidrográfica deve ser base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. A análise de uma microbacia propicia a realização do planejamento e da administração, de forma integrada, dos recursos naturais e humanos ali presentes.

2.2. Geoprocessamento

O geoprocessamento ou geotecnologias, segundo Rosa (2005), são conjuntos de tecnologias para coletar, processar, analisar e fornecer informações com referência geográfica.

Elas são constituídas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Como exemplo, pode-se destacar os sistemas de informação geográfica, a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global, bem como a topografia.

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG são sistemas computacionais, usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico (SANTOS et al, 2000).

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica – SIG surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro (CAMARA; DAVIS, 2001).

De acordo com Camara e Davis (2001) no Brasil a introdução do geoprocessamento iniciou-se nos anos 80, a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e da visita do Dr. Roger Tomlinson, que desenvolveu o primeiro SIG, o Canadian Geographical Information System.

Os dados e/ou informações que podem ser descritos por meio dos Sistemas de Informação Geográfica classificam-se em: espacial, temporal e temáticos. Espacial quando o evento muda de local, por exemplo, declividade, profundidade do solo, bioma, entre outros. Já os dados temporais dizem respeito aqueles que variam conforme o tempo, podemos citar a ocupação do solo e densidade demográfica, finalmente, os temáticos são aqueles que sofreram alterações nas suas características, por exemplo, cobertura vegetal (SILVA, 2003).

2.3. Sensoriamento remoto

Segundo Campbell (1987) e Figueiredo (2005) sensoriamento remoto é a ciência que obtém informações da superfície terrestre a distância, ou seja, sem contato físico, por meio da interpretação de dados captados por sensores instalados em aeronaves ou satélites. A obtenção dessas informações geralmente depende da energia eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos de interesse, que respondem em diferentes comprimentos de ondas espectrais a sua radiação. Tal característica é denominada assinatura espectral e é utilizada para distinguir diferentes componentes da paisagem, dessa forma, as bases físicas da radiação eletromagnética são de grande importância para o sensoriamento remoto, pois é uma energia a partir da qual pode viajar através de um meio, como por exemplo corpos de água, a atmosfera ou até mesmo o vácuo, o espaço (BARRETT; POWER; MICALLEF; VOUTE, 1990).

Diferentes equipamentos e técnicas são utilizados para se obter dados, como por exemplo, podemos citar as câmeras fotográficas com diversos tipos de funções, scanners, espectrômetros, radares de micro-ondas, balões, aeronaves, veículos pilotados remotamente (drones) e satélites. Apesar do sensoriamento remoto incluir uma grande variedade de instrumentos e métodos anteriormente mencionados, ele é mais frequentemente associado com técnicas de imagem gerais, como a fotografia aérea e imagens de satélite.

Diante disso, o sensoriamento remoto vem sendo utilizado como instrumento para realização de estudos geoambientais, planejamento territorial e urbano, levantamento de recursos naturais, monitoramento do meio ambiente, etc., nas mais diversas áreas: geologia, agricultura, engenharia florestal, cartografia, engenharia civil, hidrologia, entre outras, resultando em considerável economia financeira e de tempo para a realização de tais estudos, além da regularidade dos dados e da precisão dos resultados. Bologna *et al* (1997) em parceria com a Prefeitura Municipal de São José dos Campos utilizaram dados de sensoriamento remoto para analisar o adensamento e surgimentos de novos loteamentos a fim de efetuar o recadastramento e atualização de imóveis no período de 1985 a 1991 utilizando fotografias aéreas e imagens do satélite Landsat. Bosquilia (2014) comparou a utilização de fotografia aérea e imagens do satélite SPOTS/IKONOS e do software Google Earth para mensurar o comprimento de drenagens e número de nascentes existentes na microbacia hidrográfica do Ceveiro em Piracicaba e, concluiu que a imagem de satélite SPOT/IKONOS foi satisfatória na definição do comprimento das redes de drenagem e a fotografia aérea na contabilização do número de nascentes.

2.4. Fotointerpretação

É uma das técnicas de geoprocessamento que consiste na análise dos fatores contidos em fotografias aéreas ou de satélites, tais como: tonalidade, textura, padrão, forma, dimensão, sombra, cor e sítio topográfico, que são alguns exemplos dos chamados elementos de reconhecimento (MARCHETTI & GARCIA, 1978) utilizados para a identificação das informações presentes na imagem. Através de aerolevantamentos são realizadas as observações e/ou coleta de dados por meio do emprego de equipamentos aerotransportados por sistemas suborbitais (fotografias aéreas) ou sistemas orbitais (imagens de satélite) e seu princípio básico está relacionado ao objetivo de estudar áreas difíceis de serem analisadas *in loco* em virtude da sua dimensão ou acesso, bem como aquelas que necessitam serem avaliadas de maneira abrangente em sua totalidade.

Visando facilitar e orientar o fotointérprete a corretamente nomear o objeto analisado alguns pesquisadores criaram chaves de interpretação ou chaves de classificação, que podem ser de seleção, quando se deseja encontrar um alvo na imagem com as mesmas características da chave ou de eliminação quando se espera o oposto.

Há duas formas de se obter as informações: o primeiro método baseia-se na identificação de forma direta em equipamentos de digitalização estereoscópica, como por exemplo, mesas digitalizadoras ou criar uma cópia digital das fotografias aéreas e com o auxílio de um programa específico efetuar a sua análise. A segunda opção é sobrepor as fotografias aéreas em folhas de acetato ou poliéster transparentes e traçar as feições dos alvos. Nesse caso, é importante estabelecer pontos de controle da fotografia, para que não ocorram equívocos.

A análise dos dados é realizada digitalmente por meio de softwares específicos e pode ser supervisionada ou não, bem como pode ser híbrida, onde os dois métodos podem ser utilizados. Quando a análise é feita pelo método não supervisionado requer-se um mínimo de conhecimento do objeto a ser observado, a análise é realizada automaticamente pelo software onde são classificados no mesmo grupo os pixels com semelhanças espectrais. Tal método é muito utilizado quando se deseja obter uma pré-análise. Por outro lado, quando se busca uma análise mais detalhada utiliza-se o método supervisionado, onde exige do fotointérprete um prévio conhecimento do local para criar padrões espectrais (amostras) das classes de cobertura do solo que, posteriormente serão replicados em toda

área com o auxílio de softwares de geoprocessamento. Essa metodologia é utilizada por grande parte dos trabalhos científicos, em virtude da exatidão das informações geradas.

2.5. O município de Piracicaba

O nome da cidade tem origem do tupi-guarani, significando "lugar onde o peixe para", referindo-se às grandes quedas d'água do rio Piracicaba que intercepta o município.

Piracicaba é um município do Estado de São Paulo, localizado a 22° 42' 30" S e a 47°38'01" W, com altitude de 554 metros. Abrange uma área de 1.378,07 km² (IBGE, 2010), sendo 229,66 km² (17%) de área urbana e 1.147,25 km² (83%) de área rural (IPPLAP, 2014). Limita-se com os seguintes municípios: Rio Claro, Limeira, Anhembi, São Pedro, Charqueada, Santa Bárbara d'Oeste, Rio das Pedras, Tietê, Laranjal Paulista, Conchas, Santa Maria da Serra, Santa Gertrudes e Iracemápolis. Dista 160 km da capital, e a ligação viária é feita pelas rodovias Anhanguera e Bandeirantes. A população de Piracicaba, segundo dados do IBGE (2010) é de 364.571, 17º município mais populoso do Estado de São Paulo. Possui uma economia diversificada, baseando-se principalmente no setor industrial sucroalcooleiro, metal mecânico, papel/celulose, alimentício etc. No setor rural predominam atividades do cultivo da cana-de-açúcar, pecuária, citros e pinos.

Além de contar com um forte setor industrial e de serviços, a cidade se destaca na área educacional contando com diversas universidades de renome, como a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq/Usf), a Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP-Unicamp), a Universidade Metodista de Piracicaba (Unimep), a Fundação Municipal de Ensino (Fumep), mantenedora da Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP), a Faculdade Salesiana Dom Bosco de Piracicaba, a Faculdade de Tecnologia de Piracicaba (Fatep), Faculdade de Tecnologia de São Paulo (Fatec) e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP).

2.6. Uso e ocupação do solo no município de Piracicaba

Piracicaba iniciou sua organização na metade do século XVIII e em virtude da oferta de solo fértil propiciou o cultivo agrícola e incentivou a imigração para a região.

Segundo Sparovek & Costa (2004) na década de 1940 a população rural de Piracicaba era maior do que a população urbana e as regiões que apresentavam grandes áreas de cobertura vegetal estavam localizadas na porção Oeste e Norte, predominando o plantio da cana-de-açúcar, pequenas manchas de pastos, florestas e construções urbanas (Figura 1). Os mesmos autores afirmaram que a Leste havia uma floresta de eucalipto e um trecho com pouca diversidade de espécies arbóreas. Na totalidade do município verificava-se que a cana-de-açúcar estava presente e em pequenos pontos havia cultivo de café e de laranja (SPAROVEK & COSTA, 2004).

De acordo com Sparovek & Costa (2004) em 1960, ao contrário do período anterior, a população piracicabana predominava as áreas urbanas do município e nesta época houve o crescimento da área de cobertura vegetal e do número de fragmentos, tanto na área urbana quanto na rural. No final de 1960, Piracicaba encontrou dificuldades para abrigar os novos municípios, o que impulsionou o surgimento dos primeiros loteamentos de baixa renda, na direção Noroeste (Santa Terezinha) e Sul (Paulicéia) (Figura 1).

A partir da década de 1970, juntamente com o período conhecido como “milagre econômico” e com a criação do Programa Nacional do Álcool, ocorreu o fortalecimento econômico piracicabano que favoreceu ainda mais a indústria de base ligada ao setor sucroalcooleiro. Nesse período, a cidade apresentou uma notável expansão urbana, por meio da chegada de migrantes que buscavam emprego em grandes indústrias que se instalaram, algumas multinacionais como a Caterpillar, uma das maiores fabricantes de tratores do mundo. Novas obras rodoviárias foram construídas como a Rodovia do Açúcar, ligando a cidade a Rodovia Castello Branco e a duplicação da Rodovia Luiz de Queiroz, até a sua ligação com a Rodovia Anhanguera, melhorando as condições de acesso e de escoamento da produção do município. Nessa época, Piracicaba avançou os limites urbanos e abrangeu a região do Ribeirão Piracicamirim, do Ribeirão do Enxofre, e cresceu na direção Noroeste, com o crescimento considerável do distrito de Santa Terezinha. Foram criados loteamentos afastados do centro urbano da cidade e houve a redução significativa da presença de vegetação arbórea (SPAROVEK & COSTA, 2004).

Os anos 90 em Piracicaba, segundo Sparovek & Costa (2004), foi um período que representou grande crescimento e desenvolvimento econômico e urbano, especialmente nas porções Oeste e Norte, onde foram reduzidas as áreas de cobertura vegetal.

Nos anos 2000 a cidade de Piracicaba se expandiu em duas direções principais, a Noroeste e a Sudeste, bem como apresentou um crescimento populacional de 116% entre 1970 e 2000 (Figura 1). Ao contrário da década anterior, houve um aumento na área de cobertura vegetal, muito provavelmente em virtude do respeito a legislação sobre as Áreas de Preservação Permanente – APPs (SPAROVEK & COSTA, 2004).

Fonte: IPPLAP, 2015

Figura 1. Mapa de evolução da mancha urbana de Piracicaba por décadas

2.7. Expansão urbana de Piracicaba

A reconstituição da expansão urbana de Piracicaba revela que, entre 1822 e 1902 a cidade expandiu 12 metros/ano e que, entre 1902 e 1945 expandiu 36 metros/ano, em relação ao limite urbano anterior (Figura 2). Houve, portanto, crescimento contínuo e ponderado no século XIX e um salto nas primeiras décadas do século XX, resultado do ciclo do café. No período de 1962 a 1978, 90% da cidade expandiu até 180 metros/ano do limite urbanizado anterior, mostrando o efeito do “milagre econômico” da década de 1970, observado, também em outros pontos do país. Entre 1978 e 1995, a cidade expandiu 152 metros/ano e, entre 1995-2000, 155 metros/ano, evidenciando diminuição no ritmo de expansão urbana nas últimas décadas (Barretto et al., 2006).

Fonte: Atlas Rural de Piracicaba, 2004.

Figura 2. Vetores da expansão urbana em Piracicaba entre 1784 e 2000 e a localização da área estudada.

2.8. A cobertura vegetal em Piracicaba

Os sucessivos ciclos econômicos baseados em monoculturas e a expansão urbana provocaram a substituição da cobertura florestal da região Sudeste por atividades de produção. No estado de São Paulo, a cobertura florestal foi reduzida de 82% (Victor, 1975) a 5%, na década de 1980 (Consema, 1985).

A partir da década de 1990 houve uma expansão da cobertura florestal, chegando a cerca de 14% em 2003 (Kronka et al., 2003). Possivelmente, esse aumento da cobertura florestal está relacionado com a criação da lei de crimes ambientais, a maior efetividade de fiscalização e à conscientização ambiental, mesmo que ainda pequena, dos proprietários rurais quanto à sustentabilidade econômica, social e ambiental da produção.

As atividades agropecuárias, segundo Rodrigues & Galdolfi (2001), são os principais fatores de degradação dos ecossistemas ciliares, competindo com o represamento de rios para construção de hidrelétricas. Para Camargo et al (1971), a expansão da cafeicultura foi o principal fator da eliminação das formações vegetais da bacia do Corumbataí. Na década de 1980, a região de Piracicaba, juntamente com Jaú, Ribeirão Preto e Araraquara, era um dos principais centros canavieiros do estado, com grande parte da sua área agrícola ocupada pela cana-de-açúcar.

Esse histórico da exploração agrícola resultou em erosão, redução da fertilidade do solo, assoreamento do sistema hídrico superficial e extinção de espécies animais e vegetais, tornando-se muito importante a restauração de matas, principalmente daquelas localizadas ao longo dos cursos d'água. De acordo com Macedo (1993), essa ação é muito importante, pois, devidamente recuperadas, essas matas ciliares podem interligar diversos fragmentos florestais, funcionando, assim, como corredores ecológicos.

A cobertura florestal no município ocupa 27.600 hectares, sendo 22.100 hectares localizados fora dos limites de APP's e 5.500 hectares dentro de APP's. As reservas florestais estão concentradas na região Oeste do município, predominando fragmentos maiores e contínuos e, portanto, com maior sustentabilidade ecológica e capacidade de abrigar a vida silvestre. Próximo ao perímetro urbano e nas áreas mais antigas de cultivo intensivo de cana-de-açúcar, as florestas são menores e mais isoladas, o que torna a restauração mais difícil e onerosa.

Observando-se o levantamento dos tipos florestais ocorrentes em Piracicaba (Rodrigues, 1999) verifica-se que a diversidade de fisionomias vegetacionais é decorrente das características fisiográficas do município, que se encontra, em sua maior parte, sobre a Depressão Periférica, na região denominada Zona do Médio Tietê, e uma porção menor sobre a região das Cuestas Basálticas, no extremo Noroeste (Almeida, 1964).

Abaixo seguem as descrições sobre os tipos florestais ocorrentes no município.

2.8.1. Floresta Estacional Semidecidual

Esse tipo de floresta predomina na região de Piracicaba, sobretudo, nos domínios da Depressão Periférica Paulista, cedendo espaço para manchas de cerrado nas partes mais elevadas da Depressão (IBGE, 1993).

A Floresta Estacional Semidecidual foi a que mais sofreu degradação de origem antrópica e atualmente é a mais ameaçada, restrita a pequenos remanescentes localizados em áreas de difícil acesso, inaptas para produção agrícola e, raramente, protegidas por ação institucional (criação de Unidades de Conservação) ou de proprietários rurais.

A característica dessa formação é possuir dossel contínuo, com trechos irregulares, entre 15 a 20 metros de altura, com árvores emergentes de 25 a 30 metros. Ocorre tanto em solos argilosos, como em arenosos. (IBGE, 1993)

2.8.2. Floresta Estacional Semidecidual Ribeirinha

A formação ribeirinha ocorre nas margens dos cursos d'água. No município de Piracicaba, são consideradas do tipo Floresta Estacional Semidecidual, pois predominam na condição de interflúvio desse tipo florestal. As formações não florestais do interflúvio são restritas a algumas manchas do município, onde ocorre cerrado stricto sensu (Rodrigues, 2001).

Os rios do município apresentam calha bem definida (rios bem encaixados), apresentando elevação altitudinal, conforme se distancia do rio, podendo ocorrer pequenas depressões do relevo local, formando bacias de sedimentação (acúmulo de água durante um período do ano), principalmente quando acontecem enchentes ou elevação do lençol freático. Nesses locais, a vegetação é especializada para as condições de encharcamento do solo (Rodrigues & Shepherd, 2001).

As formações ribeirinhas ao longo dos rios Corumbataí e Piracicaba são muito particulares, pois apresentam elevação altitudinal a longas distâncias, deixando trechos de depressão no relevo local, às vezes, dando origem às lagoas marginais. Essas lagoas são de grande importância, pois propiciam ambientes de grande seletividade de espécies – portanto, definem a fauna e flora locais – e só ocorrem nessas condições muito particulares da região.

Desta forma, a conservação e recuperação desses ambientes é fundamental para a manutenção da biodiversidade regional. A ocorrência dessas depressões em grandes extensões está restrita às margens do rio Piracicaba e em alguns trechos do rio Corumbataí, próximo a sua foz, já bastante antropizada. No município de Piracicaba, já é difícil encontrar esses ambientes conservados, pois a maioria é ocupada por cana-de-açúcar após a drenagem do solo (Barretto, 2006).

2.8.3. Floresta Estacional Semidecidual com Influência Fluvial Permanente

Essa formação ocorre apenas em solos permanentemente encharcados, o que torna sua distribuição bastante fragmentada (Rodrigues, 2001). Os fatores que definem se a formação será florestal ou herbácea ainda são pouco conhecidos. Supõe-se que as herbáceas desenvolvem-se em áreas com maior permanência de água no solo e, as florestais ocorrem em áreas sem impedimento de drenagem superficial ou sub-superficial (Barretto, 2006).

2.8.4. Floresta Estacional Decidual

Essa formação ocorre sobre solos litólicos e é muito importante, pois se distingue, em termos de fisionomia e florística, das demais formações da quadricula de Piracicaba e, também, do estado de São Paulo, pois a ocorrência é definida por fatores edáficos e não climáticos. A formação parece ser condicionada por solos rasos, ácidos, com baixa capacidade de retenção hídrica durante as secas. Esses fatores, portanto, são seletivos para a vegetação (IBGE, 1993).

Em Piracicaba, essa vegetação é pouco estudada, o que é preocupante, pois restam poucos remanescentes. Alguns fragmentos ocorrem na bacia do córrego da Laranja Azeda, na região dos Godinhos (Ivanauskas & Rodrigues, 2000).

2.9. A legislação ambiental referente as Áreas de Preservação Permanente

O início da década de 30 no Brasil foi marcado por importantes mudanças no cenário político e social brasileiro pois, com a Revolução de 30, iniciou-se o processo de transição de um país até então dominado pelas elites rurais para um país que começa a se industrializar e urbanizar, principalmente na região sudeste. Foi nessa década

que foi decretado o primeiro Código Florestal (Decreto nº 23.793/1934), que definiu objetivamente as bases para a proteção territorial dos principais ecossistemas florestais e demais formas de vegetação naturais do país.

De acordo com Medeiros (2006) o Código Florestal de 1934 tinha como principais objetivos legitimar a ação dos serviços florestais, além de regularizar a exploração do recurso madeireiro, estabelecendo as bases para sua proteção. Ele foi, também, o primeiro instrumento de proteção brasileiro a definir claramente tipologias de áreas a serem especialmente protegidas. O Decreto classificava as florestas em quatro tipologias: protetoras, cuja finalidade eram conservar os regimes das águas, evitar a erosão, fixar dunas, assegurar a salubridade pública, proteger sítios, asilar espécimes da fauna, ou proteger, do ponto de vista militar, as fronteiras remanescentes, florestas modelo e de rendimento, a segunda tipologia eram as florestas remanescentes, aquelas declaradas pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal, visando a criação de parques, inclusive pequenos bosques de gozo público e reservas de proteção biológica ou estética, e finalmente as florestas modelo e de rendimento tratavam-se daquelas que poderiam ser submetidas ao manejo de recursos naturais, visando o extrativismo de madeira.

Em setembro de 1965, foi alterado o até então Código Florestal de 1934 pela Lei Federal nº 4.771 que em seu art. 1º, § 2º, inc. II, conceituou Área de Preservação Permanente como aquela área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º da Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

De acordo com o art. 2º do Código Florestal de 1965, considerava-se de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima era de trinta metros para os cursos d'água de menos de dez metros de largura e nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", num raio mínimo de cinquenta metros de largura.

Em maio de 2012, com a sanção da Lei Federal nº 12.651, o Código Florestal de 1965 foi vetado, alterando a classificação das Áreas de Preservação Permanentes, conforme descrito no art. 4, que passou a considerar Área de Preservação Permanente as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de trinta metros, para os cursos d'água de menos de dez metros de largura e as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes no raio mínimo de cinquenta metros.

Observa-se que houve modificações no texto da Lei e, portanto, resultou na extinção da obrigação de se manter a mata ciliar no entorno de nascentes não perenes, ou seja, aquelas que afloram apenas nas épocas chuvosas, além de se utilizar como parâmetro para se computar a faixa dos trinta metros de preservação permanente não mais do ponto mais alto atingido por aquele curso d'água, mas sim a partir da borda regular. Tais alterações ocasionam perdas ambientais e deve-se ressaltar que as Áreas de Preservação Permanente cumprem uma importante função na propriedade, que é a manutenção dos recursos hídricos, evitando-se a erosão e garantindo a qualidade da água. Toda e qualquer propriedade, seja pública ou privada, deve se preocupar com a manutenção integral da Área de Preservação Permanente.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização

A microbacia hidrográfica do córrego Itaperu/Itapocu, que de acordo com Nascentes (1966) origina-se da língua Guarani e significa pedra estratificada, está localizada no município de Piracicaba, a 22° 40' S e 47° 43' W, Estado de São Paulo, na divisão do perímetro urbano com a zona rural e apresenta uma extensão de aproximadamente 900 hectares (Figura 3). De acordo com o Plano Municipal de Recursos Hídricos de Piracicaba (2010) a região pertence ao Grupo Passa Dois formação Corumbataí (Figura 3). Com relação a geomorfologia, predominam colinas médias, morrotes alongados e espigões. Os solos são pouco desenvolvidos pertencentes ao complexo Neossolo Litólico Eutrófico típico (RLe) e Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (CXve), além do Neossolo Litólico Eutrófico típico textura argilosa (RLe). O clima é classificado pelo sistema Köppen como mesófilo úmido sub-tropical (Cwa), que abrange toda a parte central do Estado e é caracterizado por chuvas no verão e seca no inverno e com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. A vegetação natural é do tipo Floresta Estacional Semi-decidual caracterizada por apresentar árvores de 25 e 30 m de altura, presença de espécies decíduas (derrubam folhas durante o inverno mais frio e seco), considerável ocorrência de epífitas e samambaias nos locais mais úmidos, e grande quantidade de cipós (trepadeiras).

Figura 3. Localização da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu com relação ao perímetro municipal de Piracicaba

3.2. Etapas de desenvolvimento

A microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu foi escolhida em função da sua localização, divisão entre o perímetro urbano e rural do município de Piracicaba e por ser vetor da ocupação urbana nos últimos anos.

A metodologia aplicada nesse estudo baseia-se em trabalhos desenvolvidos nessa área do conhecimento e foi adaptada ao material disponível e às características da área analisada. O procedimento foi segregado em etapas, onde primeiramente foi selecionada a área objeto de estudo e, consequentemente adquiridas cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC identificadas pelos códigos SF-23-Y-A-IV-2-50-A e SF-23-Y-A-IV-2-50-C, na escala 1:10.000 datadas de 1978 e utilizado o Mapa Municipal Estatístico elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:50.000 no ano 2000 articulação 1/1, para delimitar a rede de drenagem da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu.

Sequencialmente, foi efetuada uma busca de imagens aéreas da região em diferentes épocas, cujo intuito era analisar as transformações do local ao longo dos anos. Dessa forma, foram estabelecidos os períodos que seriam analisados: 1940, 1978, 2000, 2005, 2011 e 2016. As fotografias aéreas pancromáticas verticais dos anos de 1940 com dimensões de 18x18 cm e de 1978 na escala 1:35.000 com dimensões de 23x23 cm, foram gentilmente emprestadas

do Prof. Dr. Rubens Angulo Filho, do Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas. As fotos aéreas coloridas dos anos de 2000 e 2005 escala 1:30.000 foram fornecidas pelo Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba – IPPLAP. Para o ano de 2011, foi utilizada uma imagem orbital do satélite RapidEye do ano de 2011 com resolução espacial de 5 metros de 16 de junho e para 2016 a imagem utilizada foi do satélite Cbers 4 com resolução espacial de 5 metros datada de 17 de abril de 2016.

A terceira etapa consistiu na fotointerpretação dos pares estereoscópicos das imagens, com o auxílio de estereoscópio de espelho, foram realizadas as estereoscopias em folhas de papel ultrafan, utilizando a técnica de *overlay*, foram delimitadas diferentes classes de usos e ocupação do solo, assim definidos como: maciços arbóreos, cana-de-açúcar, pastagem e áreas urbanizadas, rodovia e fruticultura (Figura 4). Após a finalização dessa etapa, prosseguiu-se com o georreferenciamento das fotografias aéreas e seus respectivos *overlays*, sendo posteriormente digitalizados para obter as áreas de cada classe de uso e ocupação do solo ao longo dos anos estudados. A fotointerpretação das imagens digitais dos satélites RapidEye e Cbers 4 foram efetuadas diretamente no software ArcGis versão 10.2, bem como foram desenvolvidos os mapas ilustrativos dos anos de 1940, 1978, 2000, 2005, 2011 e 2016. A partir dos mapas ilustrativos foi possível mensurar cada uso, assim como, comparar de um período ao outro as transições ocorridas na área, especialmente observar o avanço da área urbanizada na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu.

Figura 4. Estereoscópio de espelho e fotografias aéreas utilizadas na elaboração das estereoscopias

Na última etapa da metodologia foram criados *buffers* das Áreas de Preservação Permanente – APPs, para cada um dos mapas gerados, baseando-se nas legislações pertinentes, quando existentes, a essa matéria vigentes nas

épocas analisadas. É importante ressaltar as legislações ambientais utilizadas para dimensionar as Áreas de Preservação Permanente de cada período foram: Decreto nº 23.793/1934, Lei Federal nº 4.771/1965 e Lei Federal nº 12.651/2012. A partir dos buffers gerados analisou-se se o uso e ocupação das Áreas de Preservação Permanente estava obedecendo o estabelecido em lei.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Uso e Ocupação do solo em 1940

O município de Piracicaba e algumas cidades do seu entorno, na década de 1940, tornaram-se a região mais importante do complexo canavieiro paulista (TERCI *et al.*, 2001), resistindo a tendência seguida por outras cidades de substituir suas culturas pelo café, que a partir da crise de 1929 sofreu seu declínio. Nota-se que na área objeto de análise 26,72 % eram constituídas por cana-de-açúcar (Figura 5), tal fato deve-se a expansão de usinas de cana-de-açúcar em Piracicaba, impulsionada pela criação do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA em 1933 que ampliou o interesse dos proprietários rurais na atividade canaveira-açucareira (TERCI e PERES, 2003), nesse período 85% do açúcar produzido no Estado de São Paulo eram oriundos de usinas e apenas 15% dos engenhos (BRAY, 1989).

Analisando o mapa de uso e ocupação do solo em 1940 (Figura 5) verificou-se que um terço da área era coberta por maciços arbóreos, constituídos por formações florestais e plantios de eucalipto e pouco mais de 30% era formada por pastagens. Observou-se, ainda, que em 70,34 hectares eram cultivadas espécies frutíferas.

Com relação as áreas urbanizadas, bem como as de solo exposto, estas representavam, respectivamente 0,01% e 0,04% (Figura 5).

Figura 5. Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 1940

4.2. Uso e Ocupação do solo em 1978

A análise do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego Itaperu/Itapocu no ano de 1978 revelou que a cana-de-açúcar predominava, abrangendo 46,67% da área da microbacia hidrográfica (Figura 6). Tal resultado, deve-se a existência de uma usina de moagem nas proximidades dos limites da microbacia hidrográfica, bem como pelo grande incentivo do governo, nessa época, com a criação do Programa Nacional do Alcool - Proalcool, que estimulava o avanço dos plantios de cana-de-açúcar para abastecer o país, que enfrentava uma crise econômica com os altos preços do petróleo, tal fato também foi constatado na microbacia hidrográfica do Ceveiro em estudo realizado por Fiorio, Demattê & Sparovek (2000) situada no entorno da área em análise. Thame (1998) afirma que as safras de Piracicaba e Ribeirão Preto entre os anos de 1975 e 1980 aumentaram sete vezes a produção de álcool. Por outro lado, aumentaram os acidentes ambientais por meio do despejo de restilo nas águas dos corpos hídricos dos canaviais, acarretando na morte várias espécies de animais aquáticos.

Além da cana-de-açúcar, 39,36%, ou seja, 352,32 hectares da área eram ocupados por pastagem, conforme apresentado na Figura 8, provavelmente em virtude do tipo de solo existente nesses trechos da microbacia hidrográfica, considerados muito arenosos, pouco férteis, pedregosos, entre outras características que inviabilizam o cultivo de cana-de-açúcar (BARRETTTO et.al., 2004).

Com relação aos maciços arbóreos, na Figura 7 verifica-se que apenas 110,54 hectares ou 12,35% da área de abrangência da microbacia hidrográfica era coberta por eles. 4,43 hectares abrangiam edificações e construções de pequenas propriedades rurais e de lazer (Figura 6), caracterizando áreas urbanizadas. Somente 0,23% da área da microbacia hidrográfica continha solo exposto e 7,96 hectares eram preenchidos por rodovia que interligava a área central do município de Piracicaba as porções Norte, Noroeste e outras cidades do entorno, tais como Águas de São Pedro e São Pedro (Figura 6).

Figura 6. Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 1978

4.3. Transição do Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1940 a 1978

Comparando-se os dados obtidos em 1940 com os de 1978, percebe-se que houve a expansão da cana-de-açúcar na área, o que representou o aumento de 74,68%, passando de 239,18 ha em 1940 para 417,79 ha em 1978 (Tabela 1). Também pode-se observar uma diminuição nos maciços arbóreos de cerca de 189 ha, diminuição de 63,11% da sua área. Apesar de crescer pouco em área o aumento em porcentagem foi elevado para áreas urbanas passando de 0,08 ha a 4,43 ha (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação dos dados de 1940 e 1978

	1940	1978	%
	Área (ha)	Área (ha)	
Maciços arbóreos	299,63	110,54	-63,11%
Cana-de-açúcar	239,18	417,79	74,68%
Pastagem	285,54	352,32	23,39%
Áreas urbanizadas	0,08	4,43	54,38%
Solo exposto	0,34	2,1	5,17%
Rodovia	0	7,96	0,00%
Fruticultura	70,34	0	0,00%

Tal avanço refletiu na conversão de 133,36 hectares de maciços arbóreos, de 144,28 hectares de pastagem e de 1,05 hectares de fruticultura existentes em 1940 em cana-de-açúcar (Tabela 2). Esses resultados foram obtidos por meio da técnica de tabulação cruzada, onde buscou-se comparar as alterações nas áreas e ocupações dos usos nos anos de 1940 e de 1978 (Figura 7).

Ocorreu a redução de 63,11 % dos maciços arbóreos, substituídos em sua maior parte por cana-de-açúcar e pastagens, apenas 58,36 hectares de maciços arbóreos existentes em 1940 foram preservados em 1978 (Tabela 2).

As áreas de pastagem apresentaram um aumento de 66,78 hectares, ou seja, 23,39% com relação ao ano de 1940 (Tabela 2). Vale ressaltar que apenas 110,20 hectares de pastagem existentes em 1940 foram mantidos em 1978, os demais hectares ocupados em 1978 por pasto resultaram do seu avanço sobre áreas de maciços arbóreos, de cana-de-açúcar, fruticulturas e áreas urbanizadas e de solo exposto de 1940 (Tabela 1).

Durante o período de 1940 a 1978, o município de Piracicaba apresentou uma ascensão populacional significativa, ocasionada pelo crescimento da atividade canavieira-açucareira, que por consequência também impulsionou a indústria metalomecânica e de doces, confeitos e conservas. Tal desenvolvimento econômico acarretou na migração de milhares de pessoas para a cidade a fim de suprir a mão de obra local (TERCI e PERES, 2003). Na área objeto de estudo houve o aumento de 54,38 % das áreas urbanizadas, muito provável em virtude do aumento das oportunidades de trabalho, além disso, Costa (2004) verificou que em 1978, no município de Piracicaba a cobertura vegetal das regiões norte e oeste foi substituída por construções e equipamentos urbanos, bem como o vetor de crescimento urbano seguiu para a região noroeste, onde insere-se a área objeto de estudo.

Tabela 2. Tabulação cruzada das áreas do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre os anos de 1940 e 1978

CLASSES		1978						TOTAL (ha)
		Maciços arbóreos (ha)	Cana-de- açúcar (ha)	Pastagem (ha)	Área urbanizada (ha)	Solo exposto (ha)	Rodovia (ha)	
1940	Maciços arbóreos (ha)	58,36	133,36	106,31	0	0,04	1,55	299,63
	Cana-de-açúcar (ha)	28,50	86,83	121,28	0	2,00	0,57	239,18
	Pastagem (ha)	22,62	144,28	110,20	3,67	0,06	4,71	285,54
	Área urbanizada (ha)	0	0,04	0,04	0	0	0	0,08
	Fruticultura (ha)	1,05	53,28	14,15	0,76	0	1,09	70,34
	Solo exposto (ha)	0	0	0,34	0	0	0	0,34
TOTAL (ha)		110,54	417,79	352,32	4,43	2,10	7,93	895,11

Figura 7. Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu em 1940 e 1978

4.4. Uso e Ocupação do Solo em 2000

Após duas décadas, no ano 2000, o uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu apresentou um aumento da área urbanizada com relação ao ano de 1978 (Tabela 3). Tal fato pode ser justificado pelo avanço do perímetro urbano para as proximidades da área objeto de estudo.

Em 1991, o município de Piracicaba propôs em seu Plano Diretor, alguns vetores de expansão urbana que incluíram a região Noroeste que apresentava favorável ao crescimento urbano pela instalação de indústrias ao longo do sistema viário desse setor (PDDP, 1991). Dessa forma, o perímetro urbano foi se desenvolvendo nessa direção, provocando o crescimento populacional nessas regiões e, consequentemente, a modificação da paisagem local. Essa mudança de cenário, levou ao aumento de porcentagem de área de solo exposto, que conforme verificado em fotografia aérea, estão diretamente ligados a ampliação de área a ser loteada e, posteriormente, urbanizada.

No ano 2000 apesar da pequena redução das áreas de cultivo de cana-de-açúcar e de pastagem, elas mantiveram-se predominantes na microbacia hidrográfica (Figura 8).

Figura 8. Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 2000

4.5. Transição do Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1978 a 2000

Para verificar o processo de transição do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica entre os anos 1978 e 2000, foram realizados testes de tabulação cruzada no software ArcGIS (Tabela 4).

Tabela 3. Comparação dos dados de 1978 e 2000

	1978	2000	%
	Área (ha)	Área (ha)	
Maciços arbóreos	110,54	137,3	124,21%
Cana-de-açúcar	417,79	350,47	-83,89%
Pastagem	352,32	291,4	-82,71%
Áreas urbanizadas	4,43	87,36	1972%
Solo exposto	2,1	19,93	949,05%
Rodovia	7,96	8,67	108,92%

Tabela 4. Tabulação cruzada das áreas do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre os anos de 1978 e 2000

CLASSES		2000						TOTAL (ha)
		Maciços arbóreos (ha)	Cana- de- açúcar (ha)	Pastagem (ha)	Área urbanizada (ha)	Solo exposto (ha)	Rodovia (ha)	
1978	Maciços arbóreos (ha)	61,97	18,38	22,48	6,59	0,76	0,37	110,54
	Cana-de- açúcar (ha)	26,20	226,90	113,65	32,32	13,80	4,92	417,79
	Pastagem (ha)	48,51	101,28	150,16	46,32	4,76	1,28	352,32
	Área urbanizada (ha)	0,45	1,24	1,93	0,81	0,00	0,00	4,43
	Solo exposto (ha)	0,10	1,09	0,46	0,44	0,00	0,00	2,10
	Rodovia (ha)	0,06	1,58	2,73	0,87	0,62	2,10	7,96
TOTAL (ha)		137,30	350,47	291,40	87,36	19,93	8,67	895,11

Conforme Tabela 3, para os maciços arbóreos, no período compreendido entre os anos de 1978 e 2000 ocorreu um aumento de 26,76 hectares de maciços arbóreos, ou seja, 124,21%, que totalizou 137,30 hectares, no ano de 2000. A Tabela 4 demonstra que desse total, 61,97 hectares foram provenientes de maciços arbóreos existentes em anos anteriores e 26,20 hectares de áreas cultivadas por cana-de-açúcar, 48,51 hectares da área de pastagem e 0,61 hectare da soma das áreas urbanizadas, de solo exposto e de rodovia existentes em 1978. Tal aumento, muito provavelmente, deve-se ao respeito a legislação ambiental no que se refere as Áreas de Preservação Permanente (APPs), pois conforme observado na microbacia hidrográfica e em estudo realizado por Costa (2004), os locais de maior recuperação foram as áreas de matas ciliares.

Para as áreas de cana-de-açúcar no período de 1978 a 2000 observou-se uma redução de 67,32 hectares, o que significou um decréscimo de 83,89% dessas áreas (Tabela 3), muito provavelmente em virtude da fase de declínio do Proálcool a partir do final da década de 80, com a estabilização do preço do petróleo e suspensão dos subsídios ao setor canavieiro, de acordo com dados levantados por Michellon et. al. (2008). Na Tabela 4, verifica-se que dos 350,47 hectares de cana-de-açúcar existentes no ano de 2000, apenas 226,90 hectares foram oriundos de áreas de cultivo de cana-de-açúcar do ano de 1978, enquanto que o restante da área foi resultado da alteração do uso da terra na microbacia hidrográfica. As áreas com cultivo de cana-de-açúcar avançaram em 18,38 hectares de maciços arbóreos, 101,28 hectares de área de pastagem, 1,24 hectares de áreas urbanizadas, 1,09 hectares de solo exposto e 1,58 hectares de rodovia, existentes em 1978 (Tabela 4). Esses dados demonstram que apesar da redução das áreas de cana-de-açúcar, houve a devastação de 16,63% de maciços arbóreos nessa época (Tabela 4).

Com relação as áreas de pastagem, verificou-se que assim como ocorreu com a área de cana-de-açúcar, também houve uma pequena diminuição das áreas de pasto, cerca de 82,71% (Tabela 3). Dos 352,32 hectares existentes em 1978, somente 150,16 hectares mantiveram seu uso (Tabela 4). Os 141,24 hectares de área de pastagem remanescentes em 2000 foram resultado da ocupação de áreas com diferentes usos em 1978, principalmente plantios de cana-de-açúcar e maciços arbóreos, 39% e 7,71%, respectivamente (Tabela 4).

As áreas urbanizadas foram as que mais apresentaram aumento no ano de 2000, 1972%, ou seja, 82,93 hectares (Tabela 3). O crescimento urbano nesse período, comprova as perspectivas do Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba - PDDP (1991), que estabeleceu como vetor de expansão urbana, a região Noroeste do município, onde situa-se a área objeto de estudo. A Tabela 4, demonstra que esse aumento resultou na ocupação de 6,59 hectares de maciços arbóreos e, em muitos casos, de Áreas de Preservação Permanente, protegidas por lei desde 1965, pelo Código Florestal Brasileiro – Lei nº 4.771, contrariamente, Casagrande (2005) observou que apesar do crescimento urbano na bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins, situada na região sudoeste de Piracicaba houve aumento de fragmentos florestais. Tais conversões de espaços naturais são características intrínsecas do processo irreversível de expansão urbana e, que portanto, devem receber atenção redobrada de autoridades e sociedade como um todo, pois conforme Felliipe & Magalhães Junior (2006) a impermeabilização do solo, a drenagem pluvial ineficiente, falhas no sistema de saneamento, entre outros problemas ocasionados pelo crescimento urbano desordenado sobre áreas protegidas, promovem a redução da qualidade ambiental de nascentes, até mesmo daquelas situadas no interior de parques de proteção integral. Outro dado importante a ser ressaltado é que 45,3% da área urbanizada no ano 2000 não estava dentro dos limites do perímetro urbano da época, o que significa dizer que o avanço da urbanização na região extrapolou os limites urbanos definidos por lei e avançou sobre áreas rurais com cultivo de cana-de-açúcar e áreas de pastagem. De acordo com Caiado & Santos (2006) essa expansão tem ocorrido tanto através de loteamentos populares quanto através de condomínios de alto padrão, destinados à população com alto poder aquisitivo em busca de áreas menos densas e afastadas dos centros urbanos para melhor qualidade de vida. Dessa forma, verifica-se que na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 2000, 39,55 hectares eram ocupados por loteamentos em situação irregular perante a Prefeitura e demais órgãos responsáveis.

Outro uso do solo que aumentou consideravelmente nesse período foi o solo exposto, que de 2,10 hectares existentes em 1978 aumentou 949,05% no ano 2000, totalizando 19,93 hectares (Tabela 3). Os locais que apresentavam solo exposto em 1978, foram transformados no ano 2000, em sua maior parte, 51,90% em áreas de plantio de cana-de-açúcar, 21,90% em áreas de pastagem e em 20,95% em áreas urbanizadas, o que refletiu a diversidade de possibilidade de uso e ocupação dessas áreas (Tabela 4).

A Tabela 3 demonstrou que no ano 2000 a rodovia Geraldo de Barros – SP304 apresentou um aumento de 108,92% da sua área, com relação ao ano de 1978. Esse aumento reflete a instalação de acessos em alguns trechos dessa via, influenciado pela expansão urbana ocorrida no local (Figura 9).

Figura 9. Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu em 1978 e 2000

4.6. Uso e Ocupação do Solo em 2005

No ano de 2005 a área de pastagem predominou a microbacia hidrográfica, ocupando 337,66 hectares, ou seja, 37,72%, seguida da área de cana-de-açúcar que contemplava 34% da área total analisada (Figura 10). O que reflete a aptidão agrícola da área nessa época, que encontrava-se em maior parte localizada na zona rural de Piracicaba. A predominância das áreas de pastagem sobre as áreas de cana-de-açúcar demonstram a mudança do perfil dos proprietários rurais que nesse período priorizaram a pecuária, comprovando as estatísticas levantadas por Veiga Filho & Ramos (2006), que diagnosticaram a diminuição de estratos abaixo de 1.000 hectares e o aumento de estratos acima de 20.000 hectares, o que evidencia que a concentração econômica e social alterou a fonte de renda dos pequenos proprietários que costumavam arrendar suas terras as usinas de açúcar e álcool.

Os maciços arbóreos estavam presentes em apenas 14,54%, o equivalente a 130,14 hectares e a área urbanizada ocupava 102,99 hectares, 11,51% (Figura 10). Em menores proporções estavam em ordem decrescente: solo exposto e a rodovia Geraldo de Barros, com 1,20% e 1,03% da área da microbacia hidrográfica (Figura 10).

Figura 10. Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 2005

4.7. Transição do Uso e Ocupação do Solo dos anos de 2000 a 2005

Ao analisar a evolução do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, no município de Piracicaba, durante 5 anos, de 2000 a 2005, foi verificado que ocorreu a diminuição de 5,21% dos maciços arbóreos, resultando em um déficit de 7,16 hectares no ano de 2005 (Tabela 5), o que significa dizer que com a redução das áreas de maciços arbóreos, houve perda de habitat para a biodiversidade local, além de favorecer a ocorrência dos processos erosivos e de ressecamento nas Áreas de Preservação Permanente, reduzir a infiltração de água no solo e, principalmente, prejudicar a vazão dos cursos d'água pertencentes a microbacia do córrego do Itaperu/Itapocu, que são afluentes diretos do Rio Piracicaba, que desde 2000, deixou de abastecer o município, por apresentar qualidade imprópria de suas águas e pelos altos custos para o seu tratamento (REIS, 2004). Por consequência, é necessário salientar que a diminuição de maciços arbóreos apresentou impacto negativo para a microbacia hidrográfica estudada e deverá ser objeto de monitoramento constante para que não ocorram mais perdas e sejam investidos recursos financeiros e operacionais para a realização da restauração dos locais que tiveram suas áreas reduzidas, principalmente das Áreas de Preservação Permanente (Figura 11).

Tabela 5. Comparação dos dados de 2000 e 2005

	2000	2005	%
	Área (ha)	Área (ha)	
Maçãos arbóreos	137,30	130,14	-5,21%
Cana-de-açúcar	350,47	304,36	-13,16%
Pastagem	291,4	337,66	15,87%
Áreas urbanizadas	87,36	102,99	17,89%
Solo exposto	19,93	10,73	-46,16%
Rodovia	8,67	9,27	6,92%

Tabela 6. Tabulação cruzada das áreas do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre os anos 2000 e 2005

CLASSES		2005						TOTAL (ha)
		Maçãos arbóreos (ha)	Cana-de- açúcar (ha)	Pastagem (ha)	Área urbanizada (ha)	Solo exposto (ha)	Rodovia (ha)	
2000	Maçãos arbóreos (ha)	85,04	15,85	31,51	3,45	1,31	0,14	137,30
	Cana-de- açúcar (ha)	21,73	269,29	51,73	4,73	1,13	1,86	350,47
	Pastagem (ha)	20,94	17,59	227,28	12,86	7,79	4,94	291,40
	Área urbanizada (ha)	2,04	0,59	9,33	73,96	0,51	0,93	87,36
	Solo exposto (ha)	0,33	0,00	11,06	7,97	0,00	0,56	19,92
	Rodovia (ha)	0,06	1,04	6,75	0,02	0,00	0,79	8,67
TOTAL (ha)		130,14	304,36	337,66	102,99	10,73	9,24	895,11

Na Tabela 5 é possível verificar que além da diminuição dos maços arbóreos, nesse período também houve um decréscimo de 13,16% das áreas de plantio de cana-de-açúcar, reflexo do processo de concentração das áreas de plantio, por parte das usinas produtoras de açúcar e álcool, priorizando propriedades rurais próprias e mais extensas, com área acima de 20 mil hectares para tornar mais eficiente seu processo de colheita, bem como conter seus custos, o que por consequência favoreceu a alteração da configuração do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica, levando ao aumento de 46,26 hectares das áreas de pastagem, com relação ao ano 2000 (Tabela 5).

Ademais, nesse período, pela Lei Complementar nº 118, de 24 de fevereiro de 2000 (CAMARA DOS VEREADORES DE PIRACICABA, 2004), foi ampliado o perímetro urbano do bairro Santa Terezinha e do Bairro Santa Olímpia, tomando trecho a Leste da microbacia hidrográfica. Tal avanço, levou ao crescimento da mancha urbana dentro dos perímetros estudados. De 2000 a 2005 o acréscimo de áreas urbanizadas foi de 17,89%, ou seja,

15,63 hectares, totalizando 102,99 hectares de área urbana em 2005 (Tabela 5). A Tabela 6 apresenta que desse total, 12,49% dos pastos foram convertidos em área urbanizada, confirmando a afirmação levantada por Borges et. al. (1993), que o crescimento urbano tem preferências por áreas de pastagem e de culturas como a cana-de-açúcar.

Apesar do aumento do perímetro urbano dentro da microbracia hidrográfica, observou-se que quase metade da área urbanizada, encontrava-se na zona rural do município, fora dos limites urbanos estabelecidos nesse período, desrespeitando a legislação vigente a época e acarretando em impactos ambientais sobre os recursos naturais – ar, solo, água e vegetação, por não prever saneamento básico nessas regiões e tampouco planejamento para a ocupação urbana, resultando em supressão indevida da vegetação, impermeabilização do solo que consequentemente dificulta a drenagem das águas pluviais e favorece a ocorrência de processos erosivos, assoreamento de rios e nascentes, entre outros impactos estudados por Mota (2003).

Figura 11. Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu em 2000 e 2005

Verifica-se na Tabela 5 que as áreas com solo exposto foram reduzidas em 46,16% no ano 2005. 55,52% das áreas de solo exposto de 2000 foram convertidas em pasto, 40,01% em áreas urbanizadas e 2,82% acrescidas na rodovia Geraldo de Barros – SP304, no ano 2005 (Tabela 6). A partir desses resultados, pode-se aferir que mesmo

com a redução das áreas de solo exposto, somente 1,65% resultaram na restauração florestal de maciços arbóreos (Tabela 6). Dessa forma, verifica-se que as áreas de solo exposto contribuíram para o avanço da ocupação urbana na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu.

4.8. Uso e Ocupação do Solo em 2011

No ano de 2011, as áreas de pastagem e de cana-de-açúcar ocupavam, respectivamente 296,43 hectares e 193,33 hectares, totalizando 54,72% da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, demonstrando que a pecuária e a cana-de-açúcar predominavam a microbacia hidrográfica (Figura 12). Barros (2012) ao estudar a microbacia hidrográfica do Ceveiro, no entorno da área objeto do presente estudo observou que nesse período a cana-de-açúcar foi predominante e apenas 11% da microbacia era composta por pastagem.

Os maciços arbóreos representavam 21,46% da área de abrangência do presente estudo (Figura 12), verificando que eles se encontravam, em maior parte, ao longo de cursos d'água e nascentes, ou seja, nas Áreas de Preservação Permanente, estabelecidas nos arts. 2 e 3 do Código Florestal de 1965 – Lei Federal nº 4.771, vigente na época, por outro lado, a microbacia hidrográfica do Ceveiro possuía apenas 15,90% de mata (BARROS, 2012).

Em 2010 e 2011, por meio das Leis Complementares nº 261 e 287, foi alterado o perímetro urbano, estabelecido no Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba de 2006, e englobou todas as áreas urbanizadas existentes na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, que correspondiam a 134,72 hectares, ou seja, 15,05% (Figura 12).

As áreas com solo exposto ocupavam 7,31% da microbacia hidrográfica (Figura 12), conforme analisado por imagem do satélite Rapid Eye, deverão ser convertidas, em sua maioria, em áreas urbanizadas, uma vez que tais locais apresentaram características típicas de terraplenagem, com a delimitação do sistema viário de novos loteamentos urbanos.

Com relação a rodovia Geraldo de Barros – SP304, a área ocupada era de 13,10 hectares, o equivalente a 1,46% da área objeto do presente trabalho (Figura 12).

Figura 12. Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 2011

4.9. Transição do Uso e Ocupação do Solo dos anos de 2005 a 2011

A microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, diferentemente dos resultados apresentados por Barros (2012) referentes a microbacia hidrográfica do Ceveiro, localizada no entorno da área objeto de estudo, apresentou ao longo dos anos a redução das áreas de plantio de cana-de-açúcar e o avanço das áreas de pastagem e urbanas. Porém, mesmo com a redução, durante o período de 2005 e 2011, os plantios de cana-de-açúcar, ainda continuaram ocupando maior parte da área da microbacia hidrográfica, juntamente com as áreas de pastagem (Figura 13).

De 2005 a 2011, as áreas de cana-de-açúcar apresentaram uma queda de 36,48% de sua área (Tabela 7). Conforme tabulação cruzada, Tabela 8, 22,96%, ou seja, 69,89 hectares de área de cana-de-açúcar existentes em 2005 foram transformados em áreas de pastagem em 2011. Além disso, 42,06 hectares de solo exposto existentes em 2011, foram advindos de cultivos de cana-de-açúcar em 2005, bem como, 20,18 hectares de áreas de cana-de-açúcar foram convertidos em maciços arbóreos (Tabela 8). Observa-se que ao longo dos anos a área de cana-de-açúcar vem perdendo seu espaço para outros usos do solo, seguindo a tendência ocorrida nos anos 2000 e 2005 (Figura 11), onde as pequenas áreas cultivadas com cana-de-açúcar estão modificando a ocupação do solo, em detrimento da mudança do cenário econômico das usinas produtoras de açúcar e álcool, após a extinção do Proálcool.

As áreas de pastagem sofreram uma redução de 41,23 hectares em 2011, resultando em uma área de 296,43 hectares (Tabela 7). Desse total, 64,52 hectares, ou 19,11% das áreas de pastagem de 2005 (Tabela 8) foram transformadas em maciços arbóreos, contribuiu no aumento dos maciços arbóreos na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu em 2011. 28,72 hectares foram destinados as áreas urbanizadas e 22,08 hectares substituídos por solo exposto (Tabela 8). A rodovia Geraldo de Barros, utilizou-se de 3,86 hectares de área de cana-de-açúcar para ampliar suas vias (Tabela 8). É relevante salientar que as áreas de pastagem, além de serem mais susceptíveis ao avanço da urbanização e degradação ambiental, também foram, nesse caso, meio de restauração dos maciços arbóreos da microbacia hidrográfica.

No período analisado, houve o aumento de 30,80% das áreas urbanizadas (Tabela 7), coincidente com a promulgação das Leis Complementares do município de Piracicaba nº 261 e 287, de 2010 e 2011, respectivamente, que alteraram trechos do Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba -PDDP de 2006 e ampliaram o perímetro urbano da cidade, inclusive dentro dos limites da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, e incorporou toda a mancha urbana existente na microbacia hidrográfica, inclusive os loteamentos irregulares que antes da promulgação dessas leis encontravam-se em situação irregular perante o município e órgãos ambientais, por estarem situados na zona rural do município. Tal aumento deve-se, portanto, ao incentivo da Prefeitura Municipal em ampliar as fronteiras urbanas e prever em legislação específica as diretrizes para o uso e ocupação desses locais. Além do crescimento das áreas urbanizadas, entre 2005 e 2011, os maciços arbóreos também apresentaram um acréscimo de área, correspondente a 47,60% (Tabela 7), refletindo positivamente a nova configuração da microbacia hidrográfica, pois apesar do avanço das áreas urbanizadas, foram restaurados os maciços arbóreos dentro da microbacia hidrográfica. Pode-se dizer que o crescimento dos maciços arbóreos nesse período, foi resultado da reestruturação do Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais do Estado de São Paulo - GRAPROHAB, cuja função é centralizar e agilizar os procedimentos administrativos de aprovação do Estado, para implantação de empreendimentos de parcelamentos do solo para fins residenciais, públicos ou privados, que passou a exigir o atendimento de condicionantes para que os novos loteamentos pudessem obter a licença, isto é, a autorização do órgão competente, no caso, o GRAPROHAB, para a implantação desses empreendimentos. Dentre as exigências estabelecidas pelo GRAPROHAB está a restauração das Áreas de Preservação Permanente, eventualmente existentes na área a ser objeto de parcelamento do solo, bem como, faz-se obrigatória a destinação de 30% da área do empreendimento para configuração das Áreas Verdes. As áreas com solo exposto apresentaram um aumento significativo nessa época, 510,16%, ou seja, 54,74 hectares (Tabela 7). Verifica-se que esse aumento está relacionado ao avanço futuro de loteamentos na área.

Durante o período analisado, foram instalados novos dispositivos na rodovia Geraldo de Barros – SP304, que resultaram no aumento de 41,93% da área existente em 2005, conforme verifica-se na Tabela 7, visando atender as demandas do aumento do fluxo de veículos e do crescimento urbano.

Tabela 7. Comparação dos dados de 2005 e 2011

	2005	2011	%
	Área (ha)	Área (ha)	
Maçãos arbóreos	130,14	192,09	47,60%
Cana-de-açúcar	304,36	193,33	-36,48%
Pastagem	337,66	296,43	-12,21%
Áreas urbanizadas	102,99	134,72	30,80%
Solo exposto	10,73	65,47	510,16%
Rodovia	9,27	13,10	41,32%

Tabela 8. Tabulação cruzada das áreas do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre os anos de 2005 e 2011

CLASSES		2011						TOTAL (ha)
		Maçãos arbóreos (ha)	Cana-de- açúcar (ha)	Pastagem (ha)	Área urbanizada (ha)	Solo exposto (ha)	Rodovia (ha)	
2005	Maçãos arbóreos (ha)	102,24	11,51	10,14	4,79	1,26	0,19	130,14
	Cana-de- açúcar (ha)	20,18	169,41	69,89	2,20	42,06	0,63	304,36
	Pastagem (ha)	64,52	12,00	206,48	28,72	22,08	3,86	337,66
	Área urbanizada (ha)	4,81	0,41	5,41	91,47	0,04	0,86	102,99
	Solo exposto (ha)	0,32	0,00	3,14	7,21	0,01	0,05	10,73
	Rodovia (ha)	0,01	0,00	1,36	0,33	0,01	7,52	9,24
TOTAL (ha)		192,09	193,33	296,43	134,72	65,46	13,10	895,11

Figura 13. Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu em 2005 e 2011

4.10. Uso e Ocupação do Solo em 2016

A análise do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 2016 apontou que a área urbanizada avançou e totalizou 207,72 hectares, ou seja, 23,20% do local, por outro lado, as áreas de maciços arbóreos estavam presentes em apenas 143,23 hectares, diferentemente da microbacia do rio Vargem dos Pinheiros em Santa Catarina que era ocupado em 79,35% por vegetação nativa e apenas 1,43% por área urbanizada (Schmitt *et al.*, 2016). As áreas de cana-de-açúcar e pastagem apresentaram, respectivamente, 292,09 hectares e 237,70 hectares, equivalente a 59,19% da microbacia (Figura 14), demonstrando que mesmo com o crescimento urbano na região, a atividade agrícola ainda se encontra presente. Silva *et al.* (2015) estudando a microbacia do córrego Santo Inácio, em Minas Gerais, também verificou que 89,72% da área era ocupada por agricultura, ao contrário, Schmitt *et al.* (2016) identificou que apenas 16,50% da microbacia do rio Vargem dos Pinheiros apresentava uso agrícola.

Figura 14. Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 2016

4.11. Transição do Uso e Ocupação do Solo dos anos de 2011 a 2016

Em cinco anos a área sofreu modificações consideráveis, principalmente com relação aos maciços arbóreos que reduziram 25,43% (Tabela 9). Verifica-se na Tabela 10 que 70,72 hectares de maciços arbóreos que existiam em 2011 foram transformados em áreas de cana-de-açúcar e de pastagem.

A área urbana foi a que apresentou o maior crescimento, 54,19% (Tabela 9). Grande parte desse aumento de área ocorreu sobre áreas de pastagem e com solo exposto, seguindo o padrão dos anos anteriores (Figura 15).

Tabela 9. Comparação dos dados de 2011 e 2016

	2011	2016	%
	Área (ha)	Área (ha)	
Maciços arbóreos	192,09	143,23	-25,43%
Cana-de-açúcar	193,33	292,09	51,08%
Pastagem	296,43	237,70	-19,81%
Áreas urbanizadas	134,72	207,72	54,19%
Solo exposto	65,47	0	0
Rodovia	13,10	14,40	0,10%

Na mesma linha, segue a cana-de-açúcar que ao contrário de anos anteriores, apresentou um acréscimo de 51,08% na sua ocupação (Tabela 9). Tal resultado pode estar relacionado ao amplo mercado do álcool no atual cenário econômico brasileiro e internacional, além dos constantes investimentos em manejos agrônômicos que visam a maior produtividade. Bastos *et al.* (2016) observou que a média de produção em 2011 era de 75,36 ton/ha enquanto que 2014 essa média foi para 99,54 toneladas por hectare.

As áreas de pastagem apresentaram redução de 19,81%, provocada pelo avanço da área urbanizada e da cana-de-açúcar (Tabela 10). Assim como as áreas de pastagem, as áreas com solo exposto também foram convertidas em áreas urbanizadas e de cana-de-açúcar (Tabela 10).

A rodovia apresentou um pequeno aumento de área em virtude das obras que estão sendo realizadas nessa autoestrada com o objetivo de duplicar suas vias (Tabela 9).

Tabela 10. Tabulação cruzada das áreas do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu entre os anos de 2011 e 2016

CLASSES		2016					TOTAL (ha)
		Maciços arbóreos (ha)	Cana-de- açúcar (ha)	Pastagem (ha)	Área urbanizada (ha)	Rodovia (ha)	
2011	Maciços arbóreos (ha)	113,10	30,10	40,62	7,51	0,76	192,09
	Cana-de- açúcar (ha)	10,71	150,28	17,54	14,79	0,00	193,33
	Pastagem (ha)	16,59	72,23	153,06	51,53	3,02	296,43
	Área urbanizada (ha)	1,26	7,48	20,59	105,12	0,27	134,72
	Solo exposto (ha)	1,57	31,65	5,64	26,51	0,54	65,47
	Rodovia (ha)	0,00	0,35	0,24	2,26	9,81	13,10
TOTAL (ha)		143,23	292,09	237,70	207,72	14,40	895,11

Figura 15. Transição do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu em 2011 e 2016

4.12. Análise da expansão urbana na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu de 1940 a 2016

Efetuada uma análise do processo de urbanização, a partir de 1940 até o ano de 2016, na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, verifica-se que a área urbana de 1940 ocupava apenas 0,08 hectares da área da microbacia hidrográfica e era constituída por algumas edificações e construções de pequenas propriedades rurais e de sítios de recreio e lazer (Figura 17). Costa (2004) destaca que nesse ano, em Piracicaba, a população rural era maior que a urbana e sua economia era baseada na produção de cana-de-açúcar. Destacavam-se naquela época grandes manchas de cobertura vegetal na porção noroeste, região onde se insere a área objeto de estudo, apesar de já predominar o plantio de cana-de-açúcar.

No final da década de 1960, deu início a expansão de toda a periferia a noroeste, região do bairro de Santa Terezinha, elevando o número de habitantes na cidade e, como consequência do crescimento urbano desordenado surgiram os primeiros bairros constituídos por população de baixa renda na direção da área objeto do presente estudo (COSTA, 2004). Prosseguindo o avanço urbano de 1960, na década de 70, a expansão continuou no sentido

noroeste, levando ao surgimento de muitos loteamentos distantes da malha urbana, com a construção de equipamentos urbanos e novas vias que passaram a interligar a cidade em todas as direções.

No ano 2000, ou seja, após 60 anos, houve um aumento, bastante expressivo, de 109,10% da área urbanizada com relação ao ano de 1940 (Figura 17). Esse avanço pode ser justificado pela ampliação do perímetro urbano para dentro dos limites da área da microbacia hidrográfica, efetuado pelo município de Piracicaba que apostava que a região, onde insere-se a área objeto de estudo, apresentava-se favorável a expansão urbana em virtude da existência de indústrias nas suas proximidades (Figura 16). Diferentemente do resultado aqui obtido, Casagrande (2005) identificou que houve um aumento de apenas 6,5% da urbanização na bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins no período de 1962 ao ano 2000 que se encontra em outra região da cidade.

Figura 16. Evolução da mancha urbana de Piracicaba na área objeto de estudo

A Tabela 4 demonstra que o crescimento urbano nesse período, resultou na ocupação de 6,59 hectares de maciços arbóreos e, em muitos casos, de Áreas de Preservação Permanente, protegidas pela Lei Federal nº 4.771 de 1965, denominada “Código Florestal Brasileiro”. As conversões de espaços naturais em áreas urbanas, sem o devido planejamento, monitoramento e fiscalização por parte de autoridades e da sociedade civil organizada, geram impactos negativos ao meio ambiente, que podemos citar como exemplos os identificados por NOGUEIRA et.al. (2007) e GROSTEIN (2001): assoreamento e poluição dos cursos d’água, redução de maciços arbóreos, impermeabilização do solo e drenagem pluvial deficitária que provocam alagamentos e enchentes, entre outros.

Figura 17. Evolução da expansão urbana ocorrida no período de 1940 a 2016, na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu

É importante ressaltar que 45,3% da área urbanizada no ano 2000 encontravam-se na zona rural do município, isto é, o avanço da urbanização na região ultrapassou o perímetro urbano definido pelo Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba de 1991 e estendeu-se sobre áreas com cultivo de cana-de-açúcar e áreas de pastagem. CAIADO & SANTOS (2006) demonstram em seus estudos que a expansão em áreas não urbanas ocorrem tanto pela construção de loteamentos para população de baixa renda quanto a construção de condomínios à população de alta renda, que almejam melhorar a qualidade de sua vida, buscando por regiões menos densas e afastadas dos centros. Dessa forma, verifica-se que na microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu os loteamentos em situação não regular perante ao município e órgãos competentes configuram-se em condomínio de chácaras para lazer, pela conformação desses locais que apresentavam piscinas e áreas gramadas.

Em 2005 as áreas urbanizadas prosseguiram em processo de crescimento, responsáveis pela ocupação de 11,51% da área da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu.

Seguindo a mesma tendência de anos anteriores (Figura 17), em 2011, ocorreu um aumento de 30,80% das áreas urbanizadas, resultando em uma área de 134,72 hectares, correspondente a 15,05% da microbacia hidrográfica objeto de estudo, já Barros (2012) analisando a microbacia hidrográfica do Ceveiro, situada no entorno da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu identificou que a área urbana correspondia a 12,10%. No período de 2005 a 2011, houve incentivo da Prefeitura Municipal a expansão urbana no contexto municipal, ao publicar as Leis Complementares nº 261 e 287, que ampliou o perímetro urbano da cidade e englobou todas as áreas urbanas existentes na microbacia hidrográfica, inclusive aquelas que encontravam-se em situação irregular, por estarem estabelecidas na zona rural do município (Figura 16). Goulart, Terci & Otero (2014) verificaram que nesse período Piracicaba era a segunda cidade do interior paulista com mais lotes aprovados, atrás apenas de São José do Rio Preto. Otero (2011) observou que no período de 1989 a 2000 o perímetro urbano de Piracicaba teve um aumento de 17,16 quilômetros quadrados, já de 2000 a 2010 esse avanço foi de 47,03 quilômetros quadrados. Em

2016 a área urbanizada dentro do perímetro da microbacia hidrográfica aumentou para 207,72 hectares, resultando num crescimento de 207,64 hectares com relação ao ano de 1940 (Figura 17).

Tais resultados alertam sobre a importância de se analisar os recursos naturais existentes na região objeto de estudo, especialmente sobre os recursos hídricos, uma vez que a medida em que há o adensamento urbano aumenta-se a demanda por água e, em muitos casos as estruturas urbanas não levam em consideração o adequado manejo desses recursos diante desse crescimento. Como consequências da utilização inadequada da água podemos citar a eutrofização, alta concentração de material em suspensão, assoreamento, perda da biodiversidade, alterações no nível dos cursos d'água e, conseqüentemente no ciclo hidrológico, vulnerabilidade da área a proliferação de doenças tropicais de veiculação hídrica, bem como tornar a água tóxica pelo despejo de substâncias *in natura* (REIS, 2004).

CAIADO & SANTOS (2006) destacam que é necessário que seja efetuado o planejamento do uso e ocupação do solo, por meio do poder público, não somente da zona urbana, mas da cidade como um todo uma vez que é recorrente a procura de áreas para recreação nos finais de semana por famílias que deixam a área urbana com o intuito de descansar e entrar em contato com a natureza.

4.13. Análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente no período de 1978 a 2016

Nesta etapa do trabalho, buscou-se analisar como se comportaram as Áreas de Preservação Permanente ao longo dos anos de 1978 até o ano de 2016. As legislações utilizadas para demarcá-las foram: Lei Federal nº 4771 de 1965 e Lei Federal nº 12.651 de 2012. Não foi levada em consideração a legislação de 1940 (Decreto nº 23.793 de 1934) por não constar no corpo da referida lei, a demarcação precisa das áreas objeto de proteção.

Em todos os anos verificou-se que ocorreu a indevida utilização das áreas legalmente protegidas por cana-de-açúcar, pastagem, área urbanizada, rodovia e até mesmo solo exposto, ademais, ocorreu a alteração na área total da Área de Preservação Permanente, seja pelo encolhimento de alguns cursos d'água como até mesmo pelo desaparecimento de nascentes (círculos nas Figuras 18, 19, 20, 21 e 22).

Em 1978 a área total ocupada pelas Áreas de Preservação Permanente era de 172,16 hectares, onde predominavam pastagem e cana-de-açúcar, respectivamente (Figura 18). Apenas em 25,82%, ou seja, um quarto das Áreas de Preservação Permanente da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu no ano de 1978 estava em conformidade com a legislação, por estarem ocupadas por maciços arbóreos (Tabela 11).

Tabela 11. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente no ano de 1978

Uso	Área (hectares)	Porcentagem
Área urbanizada	0,04	0,02%
Cana-de-açúcar	60,26	35,01%
Maciços arbóreos	44,44	25,82%
Pastagem	66,44	38,59%
Rodovia	0,69	0,40%
Solo exposto	0,28	0,16%
TOTAL	172,16	100%

Figura 18. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente, de acordo com a lei vigente no ano de 1978

Figura 19. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente, de acordo com a lei vigente no ano 2000

No ano 2000 apesar da área coberta com maciços arbóreos ter aumentado nas Áreas de Preservação Permanente em relação ao ano de 1978 (Tabela 12) e diminuído as áreas de pastagem, ocorreu o desaparecimento de três nascentes, bem como o encurtamento de alguns cursos d'água da microbacia hidrográfica do Itaperu/Itapocu. Nos dois trechos assinalados onde estão indicadas tais modificações, nas figuras 18 e 19, é possível observar que são locais onde a área urbanizada se instalou, aliás, a área urbana avançou em 3,03% das APPs, e, como já citado anteriormente, o avanço da urbanização sobre áreas legalmente protegidas acarretam em diversos impactos a população, aos recursos naturais, principalmente sobre a qualidade das águas. Da mesma forma, Casagrande (2005) ao analisar a bacia do ribeirão dos Marins no período de 1962 a 2000, em Piracicaba, também observou que houve o aumento dos maciços arbóreos em Áreas de Preservação Permanente mesmo diante do avanço de áreas urbanas.

Tabela 12. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente no ano de 2000

Uso	Área (hectares)	Porcentagem
Área urbanizada	4,98	3,05%
Cana-de-açúcar	43,51	26,67%
Maciços arbóreos	59,81	36,67%
Pastagem	51,85	31,79%
Rodovia	0,72	0,44%
Solo exposto	2,25	1,38%
TOTAL	163,13	100%

Tabela 13. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente no ano de 2005

Uso	Área (hectares)	Porcentagem
Área urbanizada	3,87	2,36%
Cana-de-açúcar	34,40	20,94%
Maçãos arbóreos	55,40	33,73%
Pastagem	68,91	41,96%
Rodovia	0,90	0,55%
Solo exposto	0,76	0,46%
TOTAL	164,23	100%

Em cinco anos, compreendidos entre o ano 2000 e 2005, houve uma redução de 2,94% das áreas cobertas por maços arbóreos, porém houve um aumento de 1,1 hectares das Áreas de Preservação Permanente (Tabelas 12 e 13). Tais modificações podem ser justificadas pela busca pelas condições de equilíbrio dos rios, eliminando as irregularidades locais seja por meio de erosão, por migração para montante, ou até mesmo por alterações no estilo do seu canal (GUEDES *et al.*, 2006). Observa-se. Também, que as áreas urbanizadas deixaram de ocupar as APPs em 0,69%, por outro lado, as áreas de pastagem avançaram sobre esses locais legalmente protegidos em 10,17%.

Figura 20. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente, de acordo com a lei vigente no ano de 2005

Figura 21. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente, de acordo com a lei vigente em 2011

Tabela 14. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente no ano de 2011

Uso	Área (hectares)	Porcentagem
Área urbanizada	5,49	3,59%
Cana-de-açúcar	19,41	12,71%
Maciços arbóreos	85,16	55,75%
Pastagem	35,59	23,30%
Rodovia	0,84	0,55%
Solo exposto	6,25	4,09%
TOTAL	152,74	100%

De 2005 a 2011 os maciços arbóreos estavam presentes em mais da metade das Áreas de Preservação Permanente (Tabela 14), aumento de 22,02% com relação ao ano de 2005. Razão disso, pode estar relacionado ao maior respeito as legislações ambientais, bem como pelo aumento de fiscalizações por parte de órgãos ambientais.

Por outro lado, nesse período ocorreu o avanço do perímetro urbano dentro da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu o que impulsionou a especulação imobiliária nessa região e, acarretou na redução de 11,49 hectares das Áreas de Preservação Permanente. Nas áreas assinaladas pode-se constatar o desaparecimento de duas nascentes e um curso d'água (Figuras 20 e 21).

Outro ponto crítico observado nesse período foi o aumento de solo exposto nas APPs, que propiciam ao assoreamento de nascentes e rios e, consequentemente, impactos na quantidade e qualidade da água da microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu.

No período de 2011 a 2016 as Áreas de Preservação Permanente mantiveram sua extensão de 152,71 hectares (Tabela 15), porém houve uma redução considerável nos maciços arbóreos, na ordem de 40,22 hectares que sinaliza um alto grau de degradação antrópica na microbacia hidrográfica uma vez que a área urbanizada presente em área legalmente protegida subiu de 5,49 hectares para 12,71 hectares, além disso, houve um avanço de áreas de cana-de-açúcar e de pastagem (Tabelas 14 e 15). Observa-se que em um intervalo de cinco anos 47,23% dos maciços arbóreos que existiam em 2011 em Área de Preservação Permanente foram devastados e ocupados pela urbanização e atividade agrícola (Figura 22). Tal resultado indica a necessidade de uma ação imediata na área para mitigar os impactos ambientais ocasionados nesse local, bem como prevenir que esse prejuízo ambiental aumente.

Tabela 15. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente no ano de 2016

Uso	Área (hectares)	Porcentagem
Área urbanizada	12,71	8,33%
Cana-de-açúcar	43,52	28,50%
Maciços arbóreos	44,94	29,43%
Pastagem	50,54	33,10%
Rodovia	0,99	0,65%
TOTAL	152,71	100%

Figura 22. Uso e ocupação do solo em Área de Preservação Permanente, de acordo com a lei vigente em 2016

Analisando o período a partir de 1978 até o ano de 2016, fica evidente apesar da constante modificação do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente a área ocupada pelos maciços arbóreos manteve-se praticamente a mesma, convém ressaltar que esse cenário não pode ser classificado como satisfatório pois, de acordo com a legislação ambiental e para o adequado desenvolvimento das áreas protegidas e da fauna ali existente não deveria existir outros usos do solo além dos maciços arbóreos. Além do mais, de 1978 até o ano 2011 as Áreas de Preservação Permanente foram reduzidas em 19,45 hectares e, como resultado foram extintas cerca de 5 nascentes e a contração de alguns cursos d'água, influenciando diretamente no volume e qualidade das águas da microbacia hidrográfica.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a metodologia utilizada no presente trabalho foi satisfatória para a realização de uma análise temporal de uma microbacia hidrográfica visando a proposição de medidas para a melhoria da gestão pública em determinadas regiões de grande importância ambiental. Ressalta-se que em virtude de o período analisado ter levado em conta quase oito décadas, algumas décadas ficaram comprometidas em razão da dificuldade em encontrar fotografias aéreas.

Com relação à análise do uso e ocupação do solo, ficou evidente a constante alteração dos usos e ocupação do solo em períodos até mesmo inferiores a uma década. Tais modificações acarretam em impactos ambientais naquela região que não permitem a total adaptação do meio ambiente frente a essas mudanças. Além disso, nessa época analisada a área passou de completamente rural para quase na sua totalidade urbana. Como se sabe o avanço urbano sem o devido planejamento provoca graves perturbações ao meio ambiente, especialmente quando não se prevê a adequada disposição e tratamento efluentes domésticos e industriais, ademais, com a concentração da área urbana em determinada área leva a maior circulação de meios de transportes, podendo comprometer a qualidade do ar.

Analisando a expansão das áreas urbanizadas sobre a microbacia hidrográfica do córrego do Itaperu/Itapocu, concluiu que assim como previsto em Plano Diretor desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Piracicaba, o vetor de crescimento urbano seguiu para a região onde está inserida a área objeto de estudo. Tal desenvolvimento influenciou o desmembramento e instalação de novos loteamentos residenciais.

Finalmente, ao se observar o uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente verificou-se que desde 1978 até o ano de 2016 as áreas de maciços arbóreos mantiveram-se as mesmas, porém houve uma redução na área total das APPs de 19,45 hectares, além da extinção de 5 nascentes e o encurtamento de alguns cursos d'água. Ademais os usos não estão em conformidade com a legislação ambiental vigente nos períodos estudados, identificou-se a presença de áreas urbanas, solo exposto, cana-de-açúcar e pastagem. É necessária uma ação urgente do poder público nessa região para mitigar os impactos ambientais ocasionados e prevenir futuros prejuízos ao ambiente local, tais como: restauração das Áreas de Preservação Permanente por meio da demarcação dos seus limites, respeitando principalmente suas nascentes. Providenciar a recomposição florística com o plantio de espécies arbóreas *stricto sensu* em diversidade e quantidade conforme determinado em legislações específicas. É importante ressaltar que em 3 de julho de 2013 o então prefeito de Piracicaba, Gabriel Ferrato assinou o Decreto Municipal nº 15.185 que previa a criação do Parque Linear do Itaperu/Itapocu no município, englobando toda a extensão da microbacia analisada nesse trabalho, porém até a presente data nada foi feito no local, que como pode-se verificar continua sofrendo graves impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. 1964.
- ARAÚJO, P. R.; PINESE, J. P. P. **Planejamento Ambiental em Microbacias Hidrográficas**: Aplicação de uma matriz de impacto ambiental na microbacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia. Zona Norte de Londrina – PR, Paraná. 2003.
- BARRELLA, W. *et. al.* **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2 ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BARRETT, E.C.; POWER, C.H.; MICALLEF, A.; VOUTE, C. **Satellite remote sensing for hydrology and water management**: The mediterranean coasts and islands. Current topics in remote sensing, v1, 1990.
- BARRETO, A. G. DE O.P.; SPAROVEK, G.; GIANNOTTI, M. **Atlas rural de Piracicaba**. Piracicaba: IPEF, 2006.
- BARROS, P.P. da S. **Análise de diferentes cenários para adequação ambiental da microbacia hidrográfica do Ceveiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.
- BASTOS, K.J.J.Z.; LANDELL, M.G.de A.; MIRANDA, E.de S. **Influência da produtividade da cana-de-açúcar no custo do corte mecanizado**. Revista Pecege. v.2. n.4. 2016.
- BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC. v. 3. 2003.
- BOLOGNA, S.M.F; FRIGGI NETO, J.; KURKDJIAN, M. de L.N.de O.; PEREIRA, M.N.; BRITZ JUNIOR,R.A., TOLENTINO, R. **Uso de dados de sensoriamento remoto para subsidiar a atualização do**

cadastro imobiliário urbano do município de São José dos Campos. Prefeitura Municipal de São José dos Campos e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.

BOSQUILIA, R.W.D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de drenagens e nascentes.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

BRAY, S. C. **A Formação do Capital na Agroindústria de São Paulo:** Revisão dos Paradigmas Tradicionais. São Paulo, UNESP, 1989.

CAIADO, A.A.S.C.; SANTOS, S.M.M. dos. **Ocupações urbanas em áreas rurais:** estudo sobre processos socioespaciais em curso no estado de São Paulo. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. ABEP, Caxambu. MG, Setembro, 2006.

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. **Conceituação de microbacias.** In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. **As florestas plantadas e a água.** Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos, Ed. RiMA, 2006.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução:** por que geoprocessamento? Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Fundamentos de Geoprocessamento, São José dos Campos, 2001. p. 1-5. Disponível em: m12.sid.inpe.br/archive.cgi/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.13.48. Acessado em 14 de janeiro de 2015.

CAMARGO, J.C.G.; CESAR, A.A.; GENTIL, J.P.; PINTO, S.A.F. & TROPPEMAIR, H.. **Estudo fitogeográfico da vegetação ciliar do Rio Corumbataí, SP.** In: Série Biogeografia 3. São Paulo: Departamento de Geografia, USP. 1971.

CASAGRANDE, C.A. **Diagnóstico ambiental e análise temporal da adequabilidade do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins.** Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. **Apostila dinâmica:** manejo de bacias hidrográficas. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006.

- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Áreas naturais do Estado de São Paulo**, São Paulo, 1985.
- COSTA, F.P.da S. **Evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba (1940-2000)**. Dissertação (mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- CREPANI, E. **Princípios básicos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, INPE, 1983.
- FARINA, F.C. **Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana**. Cadernos Ebape.br. v.4. n.4. Fundação Getúlio Vargas, 2006.
- FAUSTINO, J. **Plantación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996.
- FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Brasília, 2005.
- FIORIO, P. R.; DEMATTE, J. A. M.; NAGIB. J.M.J.; MAZZA, J. A. **Potencialidade do uso da terra na microbacia hidrográfica do córrego do ceveiro na região de Piracicaba**. *Scientia. agrícola*. vol.56. n.4. pp. 1273-1280, 1999.
- GUEDES, I. C.; SANTONI, G. de C.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; STEVAUX, C.; MORALES, N.; SAAD, A.R. **Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas**. Revista UnG. Geociências. v.5. n1, 2006. 75-102 p.
- IBGE/IBDF. **Mapa de vegetação do Brasil (1:5.000.000)** Rio de Janeiro, IBGE, 1993.
- IBGE. Cidades. Piracicaba, Informações Completas. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=353870&search=|infor%EFicos:-informa%E7%F5es-completas>>, Acesso em 13 de setembro de 2015.

IPPLAP - Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba. 2014. **Caderno de Estudos e Projetos para o desenvolvimento sustentável de Piracicaba e aglomeração urbana**. Mobilidade Urbana. v. 4. Piracicaba, 2014.

IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R. **Florística e fitossociologia de remanescentes de esta estacional decidual em Piracicaba**, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Botânica. volume 23. nº 3, set. 2000.

GOULART, J.O.; TERCI, E.T.; OTERO, E.V. **Expansão urbana em cidades médias do interior paulista: entre o estatuto da cidade e o empresariamento**. XIII Seminário Internacional RII. Salvador, Setembro, 2014.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Apostila LCF/ESALQ. Piracicaba, SP. 1994.

MACEDO, A.C. **Produção de mudas em viveiros florestais: Espécies nativas**. In: Fundação Florestal, 1993.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. Tese de doutorado (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

MARCHETTI, D.A.B., GARCIA, G.J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo, Nobel. 1978.

MEDEIROS, R. **Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil**. Ambiente & Sociedade, v. 9, n. 1, p. 41-64, 2006.

MENDES, C.A.B.; CIRILO, J.A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

NASCENTES, A. **Dicionário etimológico resumido**. Instituto Nacional do Livro. vol. 1, Ministério da Educação e Cultura, 1966.

KRONKA, F.J.N., NALON, M.A., MATSUKUMA, C.K., PAVÃO, M., YWANE, M.S.S., KANASHIRO, M.M., LIMA, L.M.P.R., PIRES, A.S., SHIDA, C.N., FUKUDA, J.C., GUILLAUMON, J.R., BARBOSA, O., BARRADAS, A.M.F., BORGO, S.C., MONTEIRO, C.H.B., PONTINHAS, A.A.S., ANDRADE, G.G., JOLY, C. A., COUTO, H.T.Z. & BAITELLO, J.B. **O verde em São Paulo**. Pesquisa FAPESP, 2003.

OTERO, E.V. **Expansão urbana no município de Piracicaba entre 2000 e 2010**: políticas públicas e atividade imobiliária. XIV Encontro Nacional da ANPUR. Rio de Janeiro, Maio, 2011.

REIS, L.V. de S. **Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público**: caso do manancial do município de Piracicaba. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

RODRIGUES, R.R. **A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno**. In: Circular Técnica IPEF, n. 189. 1999.

RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares**. In: **Matas Ciliares Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP. 2001.

RODRIGUES, R.R.; SHEPHERD G.J. **Fatores condicionantes da vegetação ciliar**. In: Rodrigues, R R. Leitão Fº. H. F. **Matas ciliares. Conservação e Recuperação**. São Paulo: Edusp. 2001.

ROSA, R. **Geotecnologias na geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia. n.16, p.81-90. 2005

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes**: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceira. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

VICTOR, M.A.M. **A devastação florestal**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1975.

TERCI, E. T., RAMOS, P., PERES, M.T.M., GALLO, Z., MARTINS, L.A.T.P., SOUZA, I.V., PIRES, V., MAFFEZOLI, L.C. **O desenvolvimento de Piracicaba: história e perspectivas**. Piracicaba. Editora Unimep, 2001.

TERCI, E. T., PERES, M.T.M. **Os impactos da expansão canavieira-açucareira no mercado de trabalho de Piracicaba**. In: Anais do V Congresso Brasileiro de História Econômica e 6ª Conferência Internacional de História de Empresas. ABPHE-Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica, 2003.

THAME, A. C. de M.. **Rio Piracicaba: vida, degradação e renascimento**. 1998.

TUCCI E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Porto Alegre Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

SCHIMITT, A.L.; RICCE, W. da S.; BRAGA, H.J.; ZAMPARETTI, A. de F.; VIEIRA, V.F. **Proposta de zoneamento ambiental aplicado a microbacia do rio Vargem dos Pinheiros, Angelina, Sul do Brasil**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. v.5. n.1. 2016.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP. Editora da Unicamp. 2003. 236 p.

SILVA, A.G.de S. B.; RODRIGUES, E.F.; VIEIRA, T.J.; SILVA, W.G.; CRUVINEL, A.da S. **Uso de Sistemas de Informações Geográficas no mapeamento de uso e ocupação do solo na microbacia córrego Santo Inácio, MG**. Revista CENAR. v.1. n.1. 2015.

SILVEIRA, L. M. **Análise rítmica dos tipos de tempo no Norte do Paraná, aplicada ao clima local de Maringá - PR**. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SPAROVEK, G.; COSTA, F.P.S. **Evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba – SP (1940-2000)**. Caminhos de Geografia. 2004. Revista on-line. Disponível em: <
<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15354/8653>>. Acesso em 07 de setembro de 2015.