

ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO JUQUERI ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Gabriella Teixeira Dias Leite (IC) e Sergio Vicente Denser Pamboukian (Orientador)

Apoio PIBIC Mackenzie

Resumo:

Recentemente, presenciamos a grande instabilidade do nível do Sistema Cantareira, maior sistema de captação e tratamento de água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o qual possui seis represas interligadas por canais e túneis. A última represa, Paiva Castro, localizada nos municípios de Mairiporã e Franco da Rocha, recebe águas do Rio Juqueri e da Represa Atibainha, e também é o reservatório mais próximo da metrópole. Devido à sua localização, apresenta-se vulnerável à ocupação nas margens do Rio, e consequentemente, uma ameaça à qualidade da água e aos parâmetros necessários para o abastecimento público. Sendo assim, esse trabalho possui o objetivo de identificar as alterações negativas provocadas pelo homem nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao redor do Rio Juqueri, utilizando as técnicas de Geoprocessamento. Com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram elaborados diversos mapas comparativos e utilizadas imagens para análise em torno dessa região. A partir das análises dos dados obtidos é possível verificar a crescente urbanização e desmatamento dessas áreas, que não deveriam ser alteradas já que são protegidas por lei.

Palavras-chave: Rio Juqueri, Área de Preservação Permanente (APP), Geoprocessamento.

Abstract:

Recently, we have witnessed the instability of the level in Sistema Cantareira, the largest catchment and treatment system of water in the Metropolitan Region of São Paulo (RMSP), which has six dams interconnected by waterways and tunnels. The last dam, Paiva Castro, located in the cities of Mairiporã and Franco da Rocha, receives water from Juqueri River and Atibainha Dam, and is also the closest reservoir of the metropolis. Due to its location, it presents itself vulnerable to occupation on the banks of the River, and consequently, a threat to water quality and the parameters required for public supply. Therefore, this project has the objective of identifying the negative changes caused by the man in the Areas of Permanent Preservation (APPs) around Juqueri River, using the techniques of Geoprocessing. With the use of a Geographic Information System (GIS) were prepared several comparative maps and used images to analysis around that region. From the analysis of data obtained is possible check the increasing urbanization and deforestation of this areas, which should not be changed as they are protected by law.

Keywords: Juqueri River, Areas of Permanent Preservation (APP), Geoprocessing.

INTRODUÇÃO

A água é uma substância de fundamental importância para todos os seres vivos. Apesar de ser um recurso abundante na Terra, somente uma pequena fração está disponível para uso e exploração direta. Desta forma, a mínima fração restante é responsável pelo abastecimento da crescente população, produção de alimentos e a indústria.

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) (2016), a água doce representa 2,5% do total de água do mundo, sendo 0,3% nos rios e lagos, 68,9% nos polos, geleiras e icebergs, 29,9% em leitos subterrâneos e 0,9% em outros. No Brasil, está armazenado 13,7% da água doce do mundo, e em São Paulo está abrigado 1,6% dessa fatia brasileira.

Diante disso, percebe-se que a maior parte da água do planeta é salgada ou em geleiras, sendo inviável para a utilização do homem. Consequentemente, seu uso deve ser bem planejado, caso contrário, surgirão situações de escassez causadas pela distribuição desigual dos recursos hídricos, já que o equilíbrio desses está sujeito tanto à fatores climáticos quanto às ações humanas.

Essas ações surgem como impacto direto na disponibilidade de água doce em rios e lagos, podendo acarretar a diminuição do volume disponível para o consumo humano, irrigação de lavouras e até mesmo para a geração de energia hidroeétrica.

Sendo assim, neste trabalho, foram consultadas leis, dentre elas a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 303/02 (BRASIL, 2002) e a Lei Federal nº 12.651/12 (BRASIL, 2012), que visam a proteção da vegetação, margens dos rios ou outros espaços territoriais considerados como Área de Preservação Permanente (APP), a fim de preservar os bens que possuímos, dentre eles, a água.

Tendo em vista o sistema produtor de água de São Paulo em estado mais crítico, o Sistema Cantareira, e seu reservatório mais próximo da metrópole, Paiva Castro, pode-se inferir em alguns dos fatores que induziram a essa situação. Dentre eles, destacam-se: desmatamento das regiões dos mananciais, urbanização e ocupação humana em áreas restritas, despejo de efluentes nos cursos d'água, etc. Este trabalho, portanto, mostra a urbanização ao redor do Rio Juqueri, situado, em sua maior parte, no município de Mairiporã.

Em razão disso, a metodologia adotada no trabalho foi o uso do Geoprocessamento, como ferramenta na geração de mapas comparativos ao redor do Rio Juqueri e também ferramenta para análise de imagens classificadas a partir do uso do solo.

O Geoprocessamento é uma ferramenta de grande importância para o monitoramento da biodiversidade, devido a capacidade em coleta de dados para diversos estudos, bem como realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes de dados. O SIG pode ser considerado como um importante meio de apoio e desenvolvimento de aplicações voltadas ao meio ambiente, facilitando a integração de dados espaciais e permitindo propor alternativas para diminuir impactos identificados no ambiente, inclusive no âmbito das bacias hidrográficas (SENA; SANTIAGO NETO; LEITE, 2012, p. 1).

Para a criação dos mapas são necessárias apenas três coisas: um Sistema de Informações Geográficas (SIG), um banco de dados com as informações a serem estudadas e as camadas, mais conhecidas como *layers*, que servem de base cartográfica para os mapas. O SIG escolhido para o trabalho foi o software QGIS, o qual pode ser obtido gratuitamente através de download via internet. Já os dados e as camadas foram obtidos diretamente de plataformas online como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015), Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA) (2007; 2010), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2015), entre outros. Com isso em mãos, o próximo passo para a criação dos mapas consiste basicamente em agregar, através do software, as informações obtidas a uma posição geográfica no espaço.

Como resultado, o projeto traz uma coleção de mapas temáticos gerados através de técnicas de geoprocessamento que podem contribuir positivamente no monitoramento e análise dessas áreas de modo a incentivar o controle e a fiscalização ambiental. Já em termos científicos e tecnológicos, pode-se acentuar a importância desse trabalho como um dos difusores do conhecimento do Geoprocessamento e dos SIGs, incentivando seu uso para análise de problemas sociais e ambientais, estudo de soluções e como facilitador de gestão e de tomada de decisões racionais e inteligentes.

1.1 Objetivos

Tendo em vista a atual situação do Sistema Cantareira, a grande preocupação com o meio ambiente e uma busca crescente pelo controle, proteção e gerenciamento das reservas de água, o principal objetivo do trabalho é a utilização de técnicas de geoprocessamento e imagens de sensoriamento remoto para identificar alterações negativas provocadas pelo homem nas APPs do Rio Juqueri, na perspectiva de gerar subsídios para o monitoramento dessas regiões. Sendo assim, os objetivos específicos deste projeto são:

- entender a aplicação das leis de APPs nos cursos d'água;
- delimitar o Rio Juqueri;
- identificar as áreas de preservação permanente do Rio Juqueri;
- gerar mapas de uso e ocupação do solo a partir de imagens de satélite e sensoriamento remoto e das informações do Censo IBGE 2000 e 2010;

- elaborar mapas que apresentem as regiões em conflito com as áreas de preservação;
- analisar os mapas obtidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão vistos conceitos básicos como APPs, SIG, Sensoriamento remoto, dados disponíveis para análise, área de estudo, entre outras coisas.

2.1 Área de Preservação Permanente

Segundo a Lei Federal nº 12.651/12 Art. 1º-A, Área de Preservação Permanente é uma

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas [...] (BRASIL, 2012).

“Nas áreas de preservação permanente, é proibido construir, plantar ou explorar atividade econômica, ainda que seja para assentar famílias assistidas por programas de colonização e reforma agrária.” (SENADO FEDERAL, 2012). A Figura 1 exemplifica as faixas marginais de APP:

Figura 1 – Cartilha do Código Florestal para APP.



Fonte: Federação de Agricultura e Pecuária de Goiás (2002).

A Lei afirma também que:

A vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado. Tendo ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei (BRASIL, 2012).

A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei (BRASIL, 2012).

A Resolução CONAMA nº 303/02 foi elaborada com a necessidade de regulamentar o art. 2º da Lei nº 4.771, atual Lei nº 12.651/12, no que concerne às Áreas de Preservação Permanente. Sendo assim, os limites de APPs estabelecidos tanto na Lei Federal quanto na Resolução CONAMA são os mesmos.

2.2 Rio Juqueri

O Rio Juqueri é um afluente da margem direita do rio Tietê. Ela nasce aos pés da Serra Vermelha no bairro do Mascate Grande em Nazaré Paulista, no Estado de São Paulo. Passa pelos municípios de Nazaré Paulista, Mairiporã, Franco da Rocha, Caieiras, São Paulo, na extrema Zona Norte, Cajamar, Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus, onde desagua no Rio Tietê. Em Mairiporã, ele forma a Represa do Juqueri (Paiva Castro), que abastece boa parte da região da Grande São Paulo.

Segundo dados da SABESP, o comprimento do rio é 8.000 m, seção média de 140 m². E o reservatório Paiva Castro possui área de drenagem de 314 km², contribui com 4,4 m³/s da vazão total de 33 m³/s do Sistema Cantareira. E também, um nível máximo de 745,61 m, que é o nível médio que será considerado neste trabalho para sua delimitação.

2.3 Qualidade da água

Por ser o receptor final do sistema, o reservatório Paiva Castro pode refletir a qualidade final da água bruta a ser enviada à ETA do Guaraú. Estando o reservatório alojado entre a crista da Serra da Cantareira e a Serra do Juqueri, este se torna passível de recepção de cargas poluidoras, principalmente de origem doméstica, do município de Mairiporã (GIATTI, 2000, p. 16).

É importante registrar que os principais problemas do município são relativos a saneamento básico além de déficit de 2.000 casas e infraestrutura básica. Grande parte da população não é beneficiada com água encanada e parte dos esgotos, devido a precariedade da rede de captação, é lançada diretamente no reservatório Paiva Castro. As ligações de água atendem 82%, enquanto as de esgoto contemplam 50% das residências (EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A., 1999 *apud* GIATTI, 2000, p. 16).

Segundo Azevedo (2000 *apud* GIATTI, 2000, p. 17), existem 7.500 ligações de água no município e apenas 3.000 ligações de esgoto.

O município de Mairiporã conta com uma estação de tratamento de esgotos operada pela SABESP. Cabe afirmar que as ligações de esgoto atendidas pela estação de tratamento, situam-se na região central da cidade e que, diversos bairros afastados não são contemplados por tais ligações e seus esgotos correm em direção ao manancial sem qualquer tipo de tratamento prévio. Ainda nas proximidades da região central da cidade, o bairro conhecido como Barreiro, pertencente à outra vertente que não a de drenagem dos esgotos para a estação de tratamento, portanto, destina grande quantidade de cargas poluidoras para o reservatório Paiva Castro através de um afluente, o ribeirão Barreiro (GIATTI, 2000).

Segundo Giatti (2000), os efluentes da estação de tratamento de esgotos do município são lançados no córrego Itaim, afluente do Rio Juqueri, localizado à montante do reservatório Paiva Castro, e a captação da água é feita no próprio reservatório, portanto, a jusante do lançamento de efluente.

2.4 Classificação do Rio Juqueri

O rio Juqueri, bem como todos os seus afluentes até a barragem da SABESP enquadram-se na Classe I da legislação estadual paulista referente aos recursos hídricos superficiais (lei nº 997/76, regulamentada pelo decreto 8.468/76), isto significa que suas águas são destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção; também determinando que qualquer tipo de lançamento de esgoto, mesmo tratado, é proibido em corpos d'água desta categoria (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1982).

2.5 Rodovias Dom Pedro I e Fernão Dias

Juntamente com a implantação do Sistema Cantareira a região foi se desenvolvendo economicamente. Destaca-se o término da pavimentação e inauguração da Rodovia Fernão Dias em 1961 integrando, juntamente com as rodovias Presidente Dutra e Juscelino Kubitschek, o “Triângulo Econômico do Brasil” cujos vértices são constituídos pelas três regiões metropolitanas mais populosas do país: as de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1993).

Além da Rodovia Fernão Dias, houve na década de 70 a abertura da Rodovia Dom Pedro I, propiciando mudanças ainda maiores e o fácil acesso à região.

Essas obras interferem na qualidade dos mananciais, propiciando risco de contaminação e poluição das águas, assoreamento do leito de rios e reservatórios, aumento da turbidez e interferências sobre a qualidade das águas de aquíferos subterrâneos. Além

disso, há influência quanto às tendências de uso e ocupação do solo, com sua consequente alteração, já que a Rodovia Fernão Dias adentra a área drenante ao Reservatório Paiva Castro no Rio Juqueri, interceptando alguns cursos d'água e talvegues (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1993).

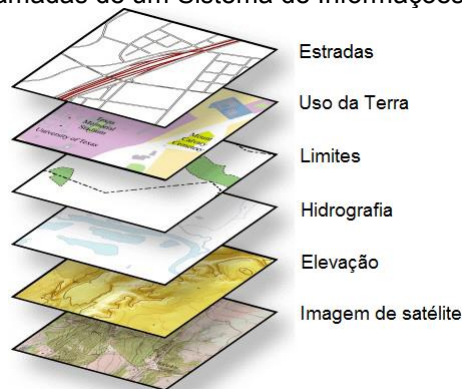
2.6 Sistemas de Informações Geográficas

Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um sistema de *hardware*, *software*, informação espacial e procedimentos computacionais que permite a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem. Neste trabalho, o SIG utilizado é o QGIS, disponível gratuitamente.

Os SIGs integram diversas fontes de informações geográficas: cartas topográficas, mapas temáticos, produtos obtidos através de sensoriamento remoto (imagens de satélites) e de levantamentos aerofotogramétricos, mapas em formato vetorial ou matricial, dados amostrados em campo com coleta da localização geográfica, dados georreferenciados através de equipamentos *Global Navigation Satellite System* (GNSS), modelos digitais de elevação (MDE ou DEM), modelos espaciais, simulações, etc.

Os mapas gerados pelos SIGs são compostos pela sobreposição de camadas (*layers*) matriciais ou vetoriais, cada uma representando uma informação específica (Figura 2).

Figura 2 – Camadas de um Sistema de Informações Geográficas.



Fonte: Adaptado de ESRI (2009).

Nesse contexto, a aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), bem como outras geotecnologias (sensoriamento remoto, GPS, geoprocessamento e outros), podem servir como importantes ferramentas no planejamento e gestão territorial de estudos ambientais, pois permitem o conhecimento do uso do solo, área, comprimento, entre outros. Proporcionando, assim, uma maior capacidade de avaliação, gerenciamento e planejamento de áreas passíveis de degradação, poluição e ocupação indevida (MORAES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2010).

2.7 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é uma técnica utilizada para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico com os objetos investigados. Alguns satélites artificiais como o *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat), por exemplo, possuem diversos instrumentos que realizam o sensoriamento remoto da superfície terrestre em diferentes comprimentos de onda (bandas). A combinação de bandas permite realçar alguns aspectos da superfície como vegetação, espelhos d'água, áreas habitadas, regiões frias/quentes, etc. Além disso, outro modo de diferenciar cada uma dessas regiões é a classificação da imagem.

2.8 Classificação Supervisionada

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Esta técnica é utilizada para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2014). A classificação supervisionada permite classificar as diferentes regiões da imagem (vegetação, água, terra nua, área urbanizada, etc.) através de um processo de treinamento, onde são colhidas amostras de cada uma das regiões, seguido de um processo de classificação da imagem completa com base nas amostras colhidas.

2.9 Censo do IBGE

No site do IBGE estão disponíveis as informações do Censo Demográfico realizado no Brasil dos anos de 2000 ou 2010. O levantamento foi feito utilizando unidades territoriais conhecidas como “setores censitários” que abrigam aproximadamente 1000 famílias. Foram coletadas diversas informações como população, quantidade de domicílios, renda familiar, coleta de esgoto, entre outras. Tais informações foram utilizadas como dados para abastecer o QGIS e gerar os mapas temáticos.

3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

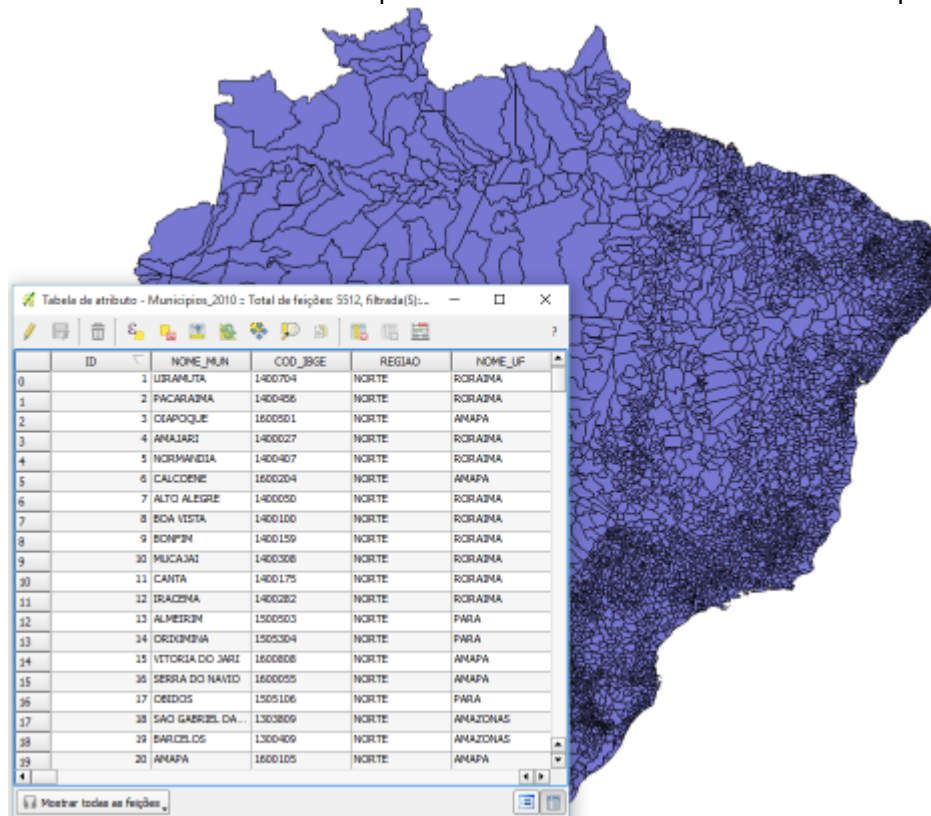
O uso de Geoprocessamento para a geração de mapas temáticos, análise de imagens e classificação supervisionada foi realizado no QGIS e é dotado de algumas etapas a serem descritas nesta seção. Para entender o processo, é necessário definir alguns termos do *software*, descritos a seguir:

- mapa temático: é um mapa de uma região no qual podem ser identificadas informações, visando entender a caracterização e organização do espaço (DOMINGOS, 2006, p. 12). É formado por um ou vários *layers* sobrepostos.
- *layer* ou camada: Pode ser vetorial ou matricial. Uma camada vetorial é um arquivo, geralmente no formato “*Shapefile*”, que possui a geometria espacial da região. Já

uma camada matricial (*raster*) é um arquivo de imagem formado por *pixels*, normalmente no formato “*GeoTiff*”, como imagens orbitais ou sensoriamento remoto.

- feição: elemento geométrico (ponto, linha ou polígono) que compõe uma camada vetorial. Por exemplo: no caso de um *layer* representando um estado, este pode ser dividido em feições que representem os municípios. Cada feição deve possuir um identificador (ID) que o associa à Tabela de Atributos.
- tabela de atributos: cada *layer* vetorial possui sua própria tabela de atributos a qual contém informações referentes às suas feições. As linhas da tabela referem-se às feições e cada coluna corresponde a uma determinada característica daquela feição (Figura 3).

Figura 3 – Camada Vetorial de Municípios Brasileiros e Tabela de Atributos correspondente.



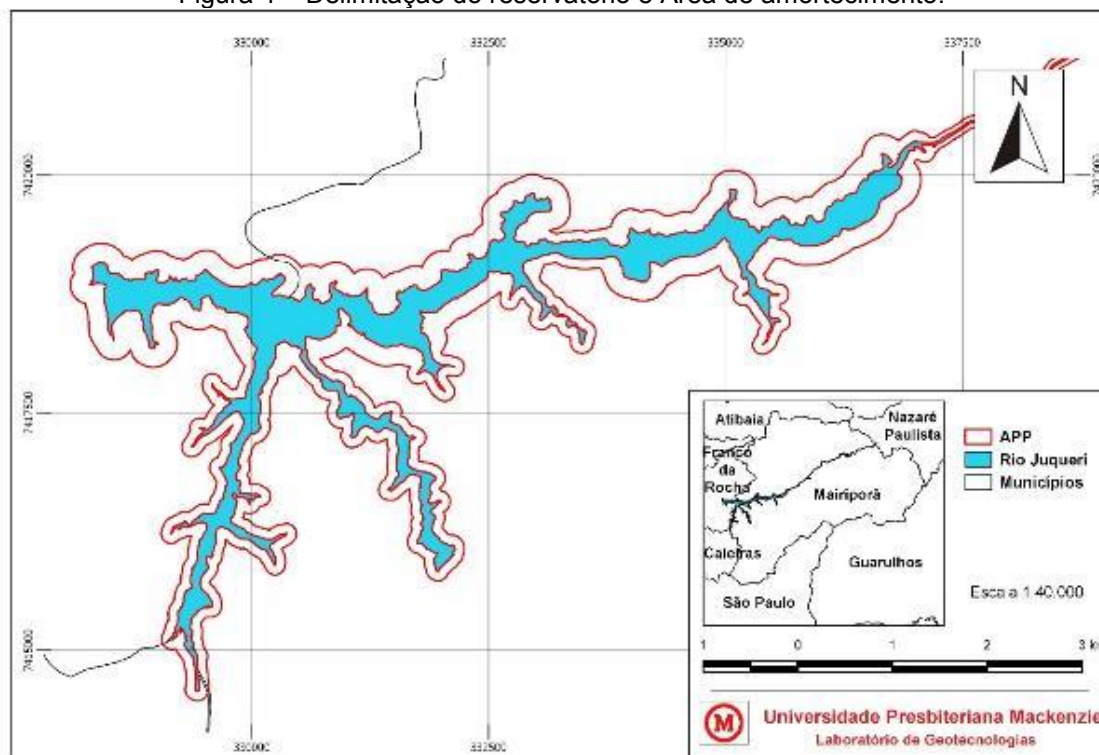
Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

Inicialmente, foi realizada a delimitação do rio Juqueri, com a junção de imagens da EMPLASA em formato *tif* do ano de 2010, por meio da criação de polígonos. Após isso, mediuse a distância das margens de cada trecho do rio para poder determinar qual seria seu limite de APP nas margens. A técnica utilizada para criação de zonas de amortecimento foi a ferramenta *buffers* existente no QGIS, com os valores variando de acordo com as leis que estabelecem estes limites (Figura 4).

Consequentemente, obtido o traçado do Rio foi possível coletar os dados do IBGE,

relacionados aos anos de 2000 e 2010, para realização dos mapas temáticos, demonstrando a urbanização, dentre eles a situação de cada setor, podendo ser urbano ou rural, a média do rendimento mensal, a quantidade de domicílios, a população residente em cada setor e o depósito de esgoto diretamente em algum curso d'água.

Figura 4 – Delimitação do reservatório e Área de amortecimento.



Fonte: O autor.

No site do IBGE é disponibilizado gratuitamente uma planilha de dados em Microsoft Excel e um *layer* com os respectivos códigos de cada setor censitário da RMSP para junção dos mesmos, a partir do ID das feições. Porém para adicionar informações à tabela de atributos de um *layer*, é necessário que elas estejam organizadas em uma tabela no formato CSV (*Comma-Separated Values*, ou valores separados por vírgulas).

Feito isso, o usuário pode escolher como se dará a visualização dos dados (atributos) das feições. O *software* QGIS disponibiliza alguns tipos de visualização, sendo os mais utilizados nesse trabalho:

- Categorizado – as feições são coloridas de acordo com o valor de uma coluna da Tabela de Atributos escolhida pelo usuário. Cada valor único possui uma cor específica em uma escala degradê;
- Graduado – as feições são coloridas de acordo com o valor de uma coluna da Tabela de Atributos escolhida pelo usuário. É definida uma quantidade de Classes

para o mapa e as informações são agrupadas nestas classes de acordo com o valor da coluna escolhida. Existem vários modos para definir as classes: Intervalo Igual, Quantil (contagem igual), Quebras Naturais, Desvio Padrão e Quebras Claras;

Com isso, cria-se o mapa temático na opção “Compositor de Impressão”, permitindo alterar a escala, distribuir e acrescentar título, legenda, rótulo etc.

Outra análise realizada da área de estudo foi a partir da classificação supervisionada de imagens obtidas do INPE, dos anos de 2000 e 2010. A metodologia segue com a instalação de um complemento (*plugin*) denominado *Semiautomatic Classification Plugin* (SCP), diretamente no *software* QGIS. Na aba *Tools*, opção Download Landsat é efetuado o download automático de imagens Landsat de todas as bandas disponíveis a partir da escolha da região, intervalo de data, cobertura máxima de nuvens e, também, o satélite para pesquisa.

A bandas aqui utilizadas foram 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do Landsat 7 no Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 / UTM zona 23S (EPSG:31983).

No SCP, para verificar se a imagem realmente atende às necessidades do usuário, é possível exibir um *preview*, que apesar da baixa resolução permite verificar a qualidade da imagem e se a área de estudo não tem uma cobertura excessiva de nuvens. Antes de utilizar as imagens baixadas, as mesmas podem passar por alguns procedimentos, na guia “*Pre processing*”, opção “Landsat”, de conversão, correção, reamostragem, recorte, etc. para melhorar a qualidade das mesmas e os resultados da classificação.

As bandas baixadas possuem um valor associado a cada pixel que indicam a Radiância do alvo em terra. A Radiância é a quantidade de radiação refletida pelo alvo em um determinado comprimento de onda na direção do sensor. Porém, o ideal é trabalharmos com Reflectância que indica a razão entre a energia refletida e a energia total. A assinatura espectral é a Reflectância em função do comprimento de onda dos sensores.

As opções de Pré-Processamento do *plugin* permitem a conversão automática de radiância para reflectância, a correção atmosférica e também a melhoria na resolução das imagens utilizando a Banda 8 (*pan-sharpening*).

Muitas vezes, a imagem Landsat é muito maior do que a área de projeto, como foi o caso desse trabalho, sendo necessário o recorte da mesma. Para uma qualidade maior, recomenda-se que o recorte seja feito após as conversões, correções e *pan-sharpening*.

Após realizados os ajustes, cria-se as amostras de modo a definir quais serão as classes categorizadas, por exemplo, vegetação, água, solo etc, e a partir delas seleciona-se a visualização do gráfico das assinaturas para uma prévia análise, já que caso essas se encontrem muito próximas irá gerar uma classificação incorreta das classes, pois as

assinaturas servem para diferenciar uma classe da outra.

Após feita a classificação, é necessário determinar as áreas de cada classe, para obtermos uma análise quantitativa, além da visual. Para isso, é necessário transformar a imagem *raster* gerada em vetor. No QGIS, existe o comando Poligonizar no menu *Raster – Conversão*, que possibilita realizar essa transformação. Este procedimento gera diversos polígonos (*singleparts*) para cada classe. Antes de prosseguir, devemos reunir os polígonos de uma mesma classe em um único polígono (*multipart*). Realizado esse comando, deve-se abrir a “Tabela de Atributos”, selecionar a “Calculadora de Campo” para então criar uma coluna com os valores das áreas.

Em comparação à classificação realizada das imagens do satélite Landsat 7, referente aos anos de 2000 e 2010, foram analisadas também, as imagens obtidas da EMPLASA, em uma visita ao local para solicitação dessas com o objetivo de complementar essa pesquisa.

E assim, com essa coletânea de mapas e imagens foi possível comparar o crescimento populacional ao redor do Rio Juqueri entre os anos de 2000 e 2010 e inferir em resultados e conclusões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os fatores estudados nesse trabalho, que proporcionam alterações negativas no Rio Juqueri, foram classificados em três itens: ocupação e mau uso do solo em áreas de preservação, lançamento de esgoto em cursos d’água e crescimento populacional nas margens do rio. As análises e conclusões sobre cada tópico são permitidas através dos mapas e imagens gerados.

4.1 Ocupação e uso do solo

A análise do uso do solo permite inferir sobre a contribuição positiva ou negativa para a qualidade ambiental, já que a urbanização e a ocupação em áreas impróprias e sem planejamento, acabam prejudicando a capacidade de um manancial produzir água (WHATELY; CUNHA, 2007).

A análise do uso e ocupação do solo, obtido através da interpretação de imagens de satélite, é um instrumento para diagnosticar a situação de conservação ambiental de uma determinada região, pois possibilita quantificar os diversos usos existentes. Em bacias hidrográficas utilizadas para abastecimento público, as alterações provenientes de atividades humanas podem ser bastante negativas para produção de água de qualidade e em quantidade adequadas (WHATELY; CUNHA, 2007, p.23).

A Bacia Hidrográfica do Rio Juqueri, dentro do Sistema Cantareira, abastece o Reservatório Paiva Castro (Juqueri), localizado em Mairiporã. O Paiva Castro, diferentemente dos outros reservatórios do Sistema, conta com uma intensa urbanização e é o único que está inserido quase totalmente nos limites de Área de Proteção. Como podemos perceber na

Figura 5, existe uma alta concentração de moradias ao redor do reservatório.

4.1.1 Situação de Ocupação

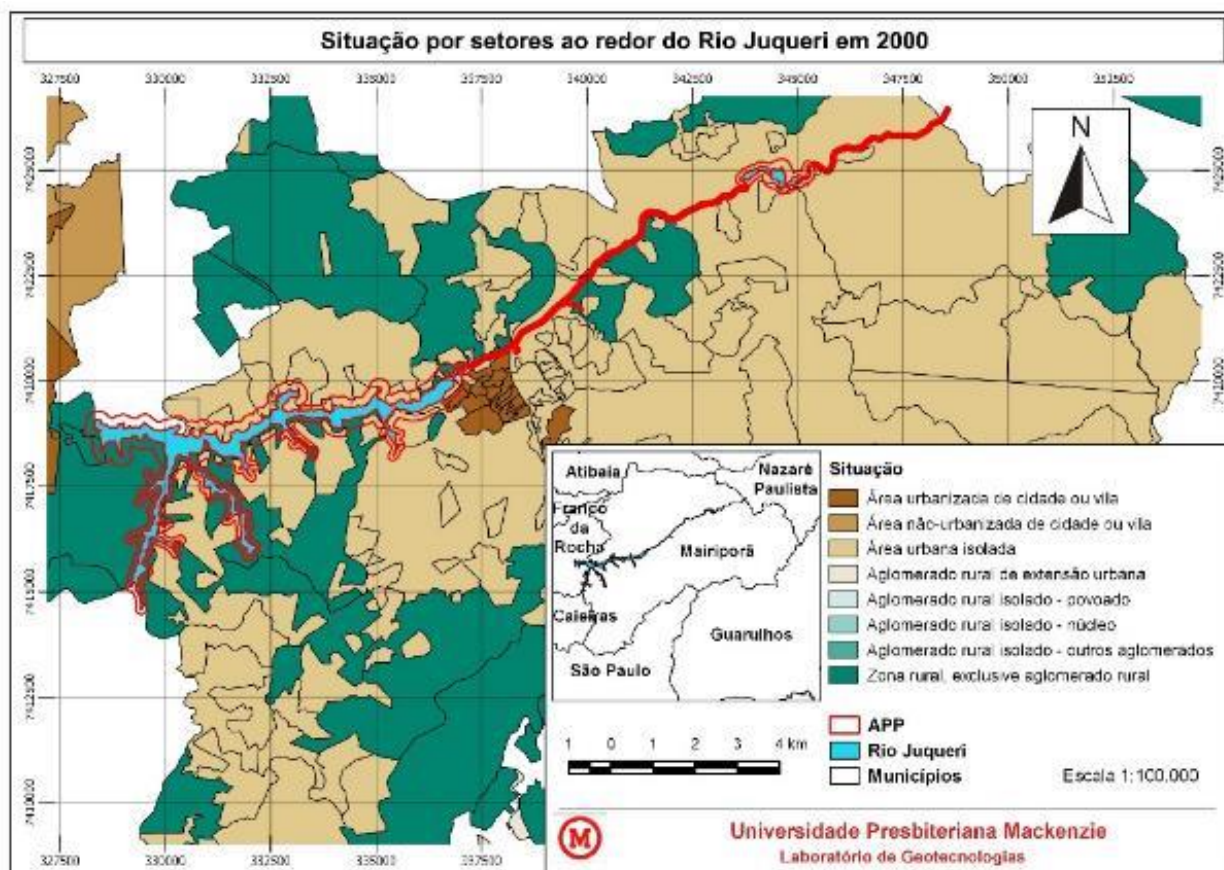
A partir da Figura 6, pode-se perceber que nas margens do Rio, onde deveria ocorrer a predominância de zona rural, acontece o contrário, predominando a área urbana isolada e até mesmo área urbanizada de cidade ou vila.

Figura 5 – Área urbana de Mairiporã, às margens do Reservatório Paiva Castro.



Fonte: Whately e Cunha (2007).

Figura 6 – Mapa de situação por setores.



Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

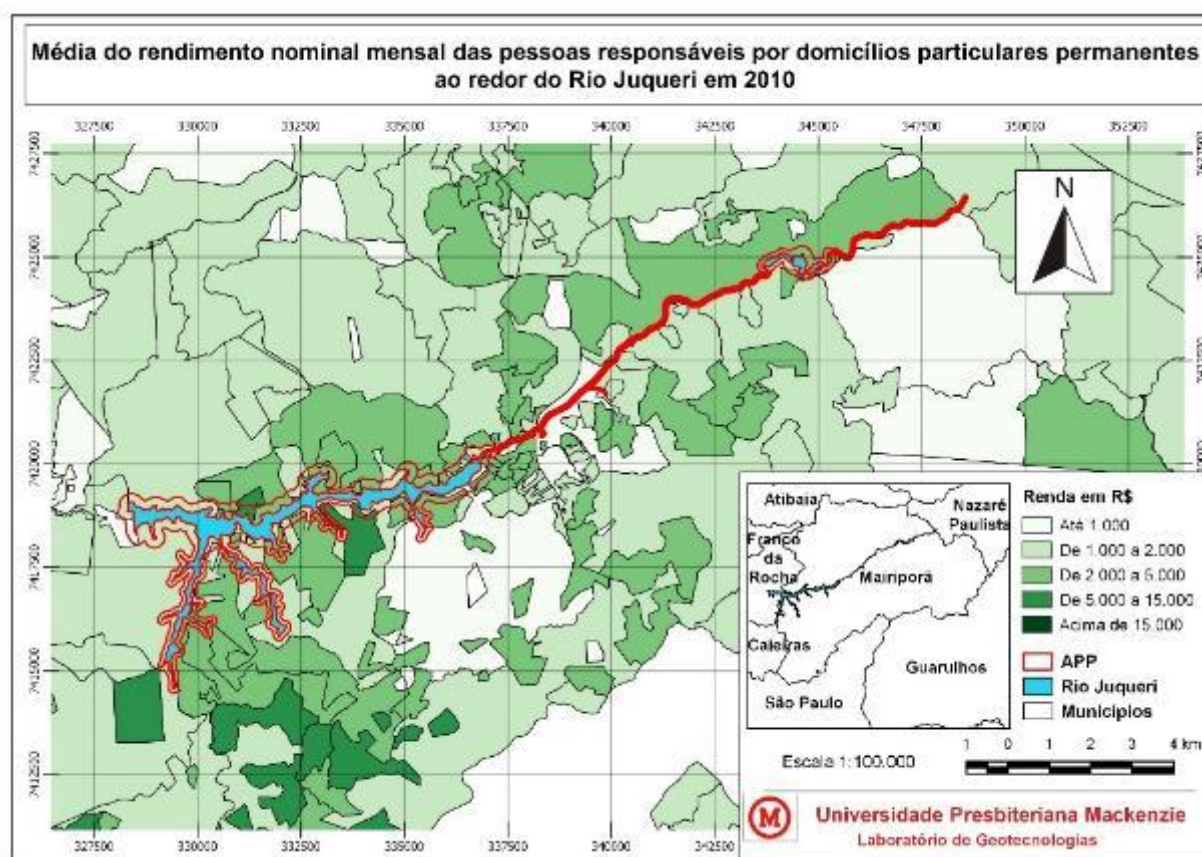
O crescimento de áreas ocupadas por usos urbanos na bacia do Juqueri foi de 41,5% em relação ao existente na região em 1989 e corresponde a 49,6% de toda a expansão identificada no sistema. A maior parte desta expansão ocorreu por meio do incremento de áreas de ocupação dispersa (667,7 hectares) e ocupação urbana de média densidade (257,8 hectares) (WHATELY; CUNHA, 2007, p.36).

4.1.2 Renda Familiar

Pode-se apontar a partir da Figura 7, que a renda familiar dos domicílios nas margens do Rio não é alta, prevalecendo as classes D e E. A renda só aumenta conforme se aproxima do Rio devido à presença de domicílios, já que em áreas mais afastadas predomina a zona rural, como visto na Figura 6.

Sendo assim, além de moradias de baixa renda, nessas áreas, encontram-se também, “loteamentos clandestinos, não podendo ser atendidos pela infraestrutura básica de saneamento, acabam despejando seus esgotos nos mananciais, trazendo materiais orgânicos, coliformes e agrotóxicos de plantações próximas dos mananciais.” (EQUIPE TÉCNICA DE MOGI DAS CRUZES, 2015).

Figura 7 – Mapa do rendimento mensal.

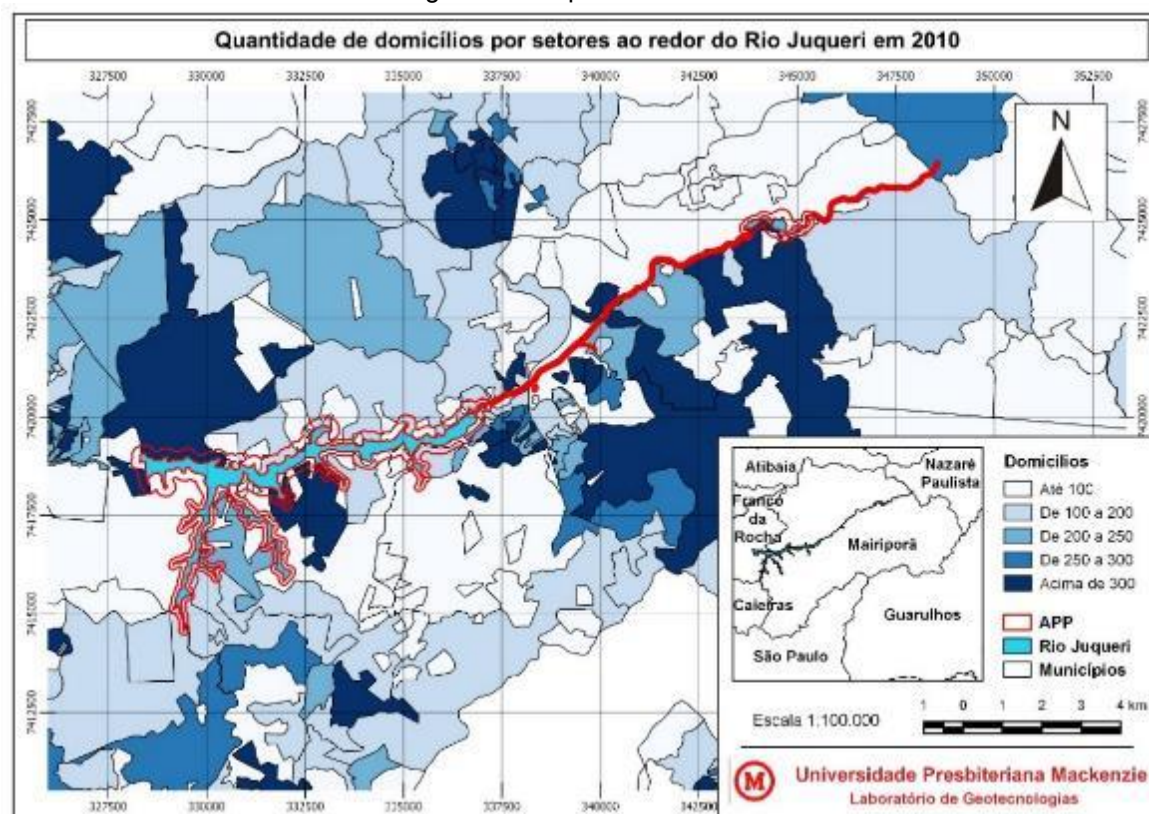


Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

4.1.3 Domicílios

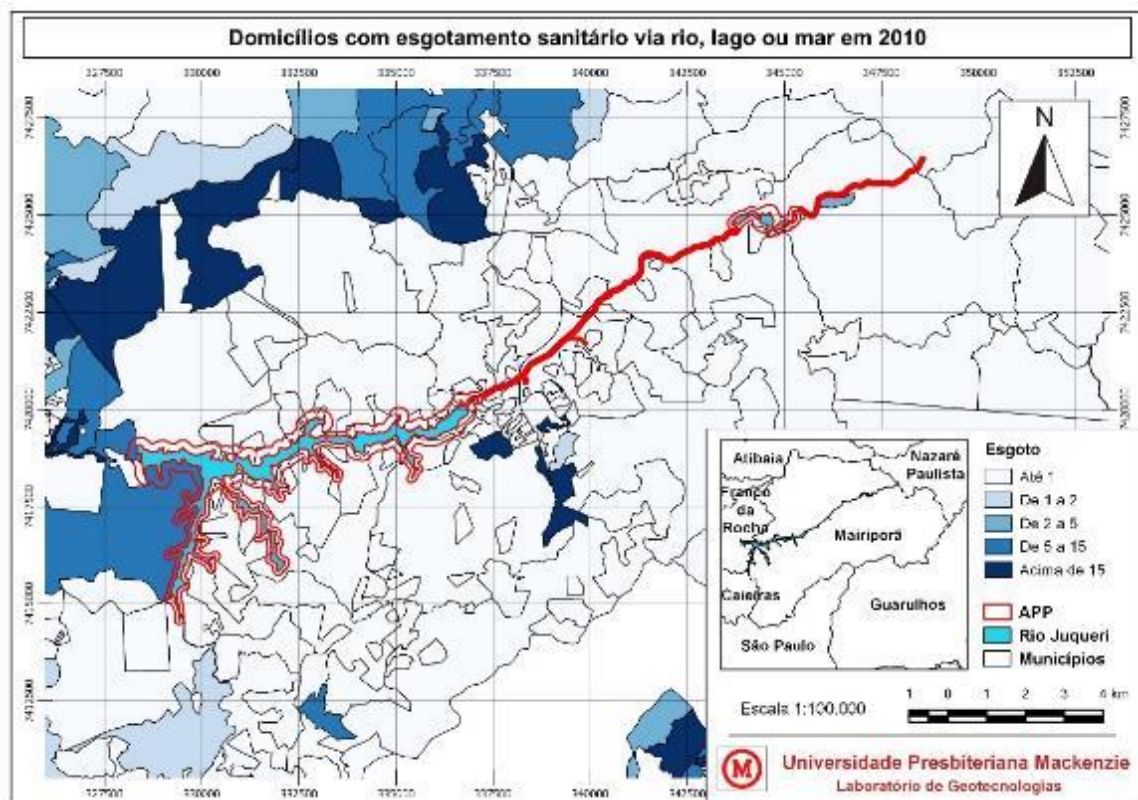
De acordo com a Figura 8, confirmamos a presença de domicílios permanentes, destinados à moradia fixa, dentro da faixa de APPs. Podendo complementar o tópico 4.1.1 no que dizia a respeito da predominância de áreas urbanas de cidade ou vila.

Figura 8 – Mapa de domicílios.



Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

Figura 9 – Mapa de domicílios que lançam despejos de esgoto diretamente no Rio.



Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

4.2 Lançamento de esgotos em cursos d'água

Ao mesmo tempo em que há predominância de domicílios de renda baixa, que são carentes de saneamento básico e infraestrutura adequada, surge o aumento do despejo direto de esgoto domiciliar e industrial em mananciais, prejudicando a qualidade e a produção da água, além de tornar mais caro o tratamento da mesma (Figura 9).

Por isso, “Entre as empresas de saneamento do Brasil, o desenvolvimento urbano foi considerado o fator que mais afeta a conservação dos mananciais.” (EQUIPE TÉCNICA DE MOGI DAS CRUZES, 2015).

Apesar de quase inexistente o lançamento direto ao longo do comprimento do Rio, percebe-se grandes números nas partes mais afastadas, que de qualquer modo chega ao Rio Juqueri por seus afluentes.

4.3 Crescimento populacional entre os anos de 2000 e 2010

“A expansão urbana não ocorreu de forma homogênea ao longo das bacias hidrográficas formadoras do Sistema Cantareira. A bacia hidrográfica do Juqueri, que é a mais urbanizada do sistema, foi a que sofreu maior expansão urbana no período [...]” (WHATELY; CUNHA, 2007, p. 36).

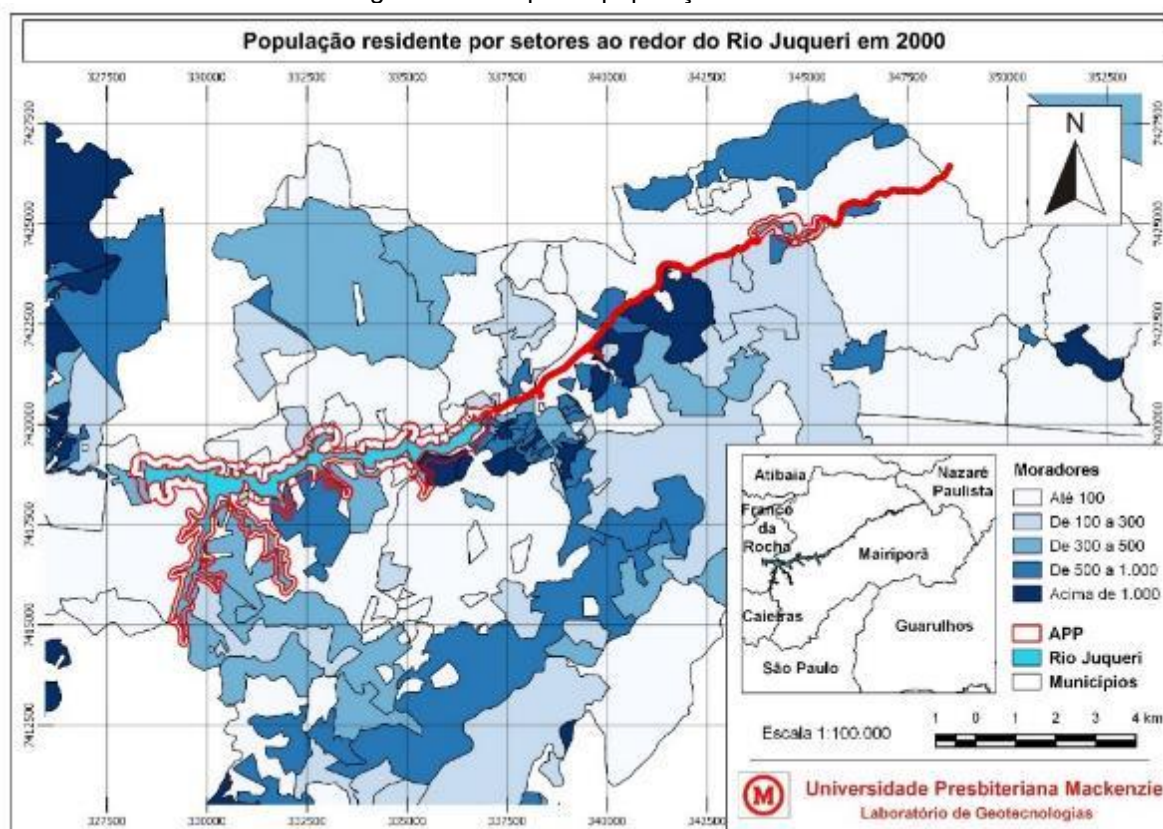
4.3.1 Mapas com dados do IBGE

A partir das Figuras 10 e 11, pode-se analisar o crescimento populacional, principalmente dentro da faixa de APP do Rio Juqueri, com uma população chegando a mais de 1.000 pessoas em apenas um setor censitário. Esta pressão traz efeitos irreversíveis à qualidade e a quantidade de água disponível num manancial.

4.3.2 Mapas do INPE com classificação supervisionada

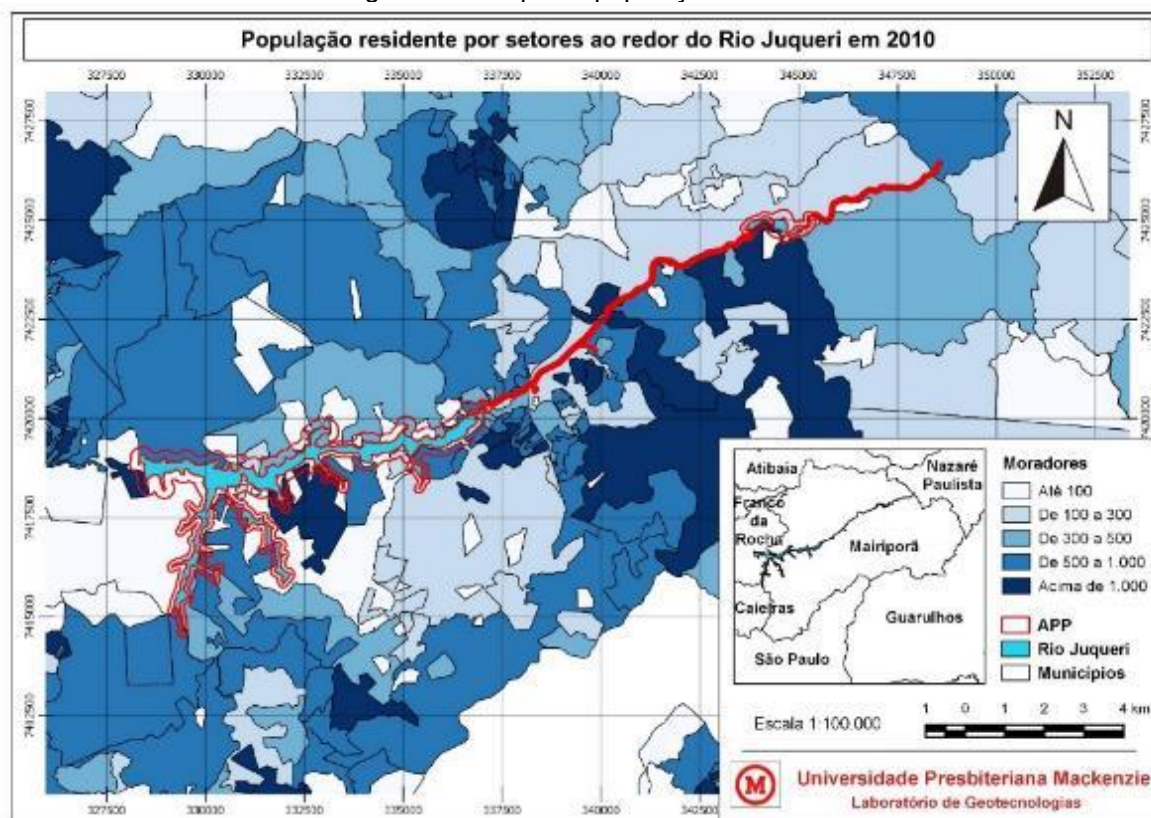
Com o objetivo de complementar e comprovar os mapas temáticos realizados com os dados do IBGE, foram utilizadas imagens da EMPLASA para classificação supervisionada, porém essas não obtiveram precisão, já que suas assinaturas ficaram muito próximas umas das outras. Então, optou-se pela utilização de imagens de sensoriamento remoto do INPE, disponibilizadas diretamente no QGIS, do satélite Landsat, cujas bandas e metodologia específica foram detalhadas no tópico metodologia e desenvolvimento da pesquisa.

Figura 10 – Mapa da população de 2000.



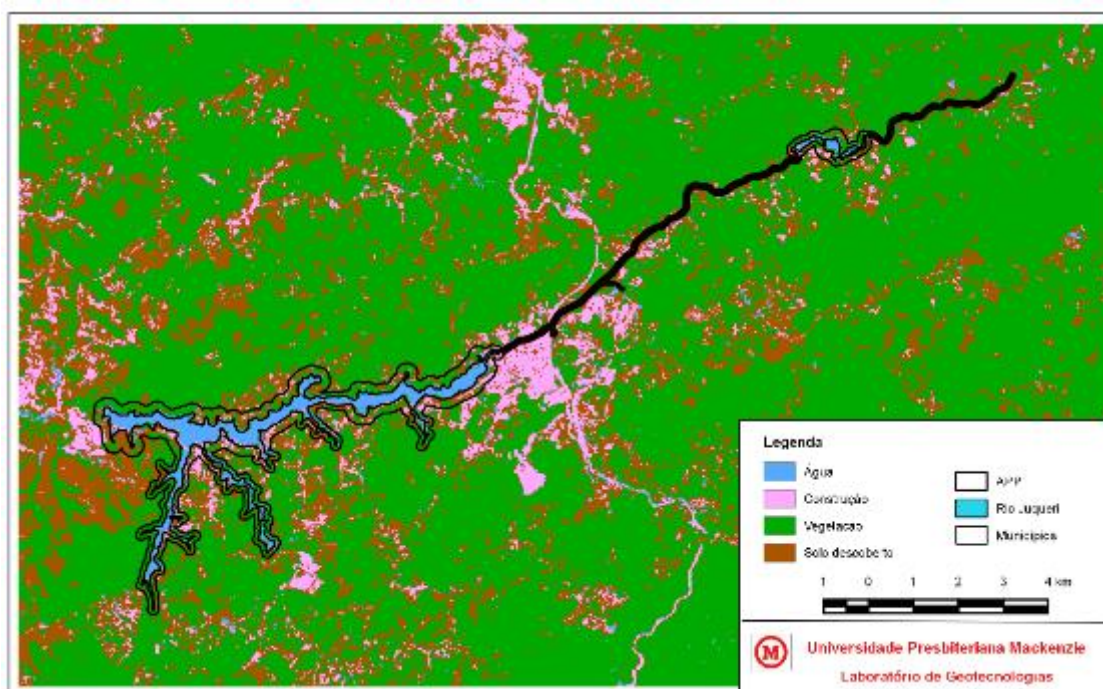
Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

Figura 11 – Mapa da população de 2010.



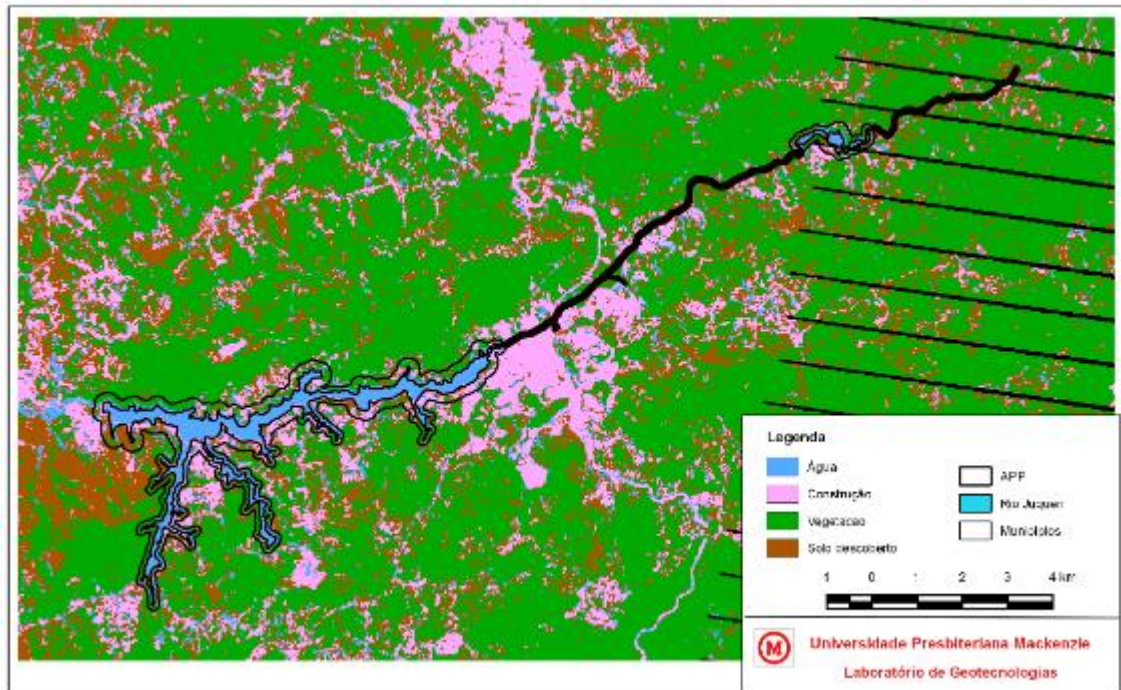
Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

Figura 12 – Classificação supervisionada do ano 2000.



Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2015).

Figura 13 – Classificação supervisionada do ano 2010.



Fonte: O autor, a partir de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2015).

A partir da classificação supervisionada (Figuras 12 e 13) foram calculadas as áreas, em porcentagem, de cada categoria, dentro das áreas de APPs, tendo como resultado a área de urbanização, em 2000, de 11,55% da área total de APP, e em 2010 passou a ser 20,87%. Já a área de vegetação, em 2000, era de 48,07% e em 2010 passou a ser 34,57%.

Além da análise quantitativa, é possível comparar visualmente as duas figuras e perceber o grande aumento da categoria construção (rosa), que é a parte urbanizada com moradias, estradas, entre outros, e também a presença de boa quantidade de solo exposto (marrom), ou então, área desmatada.

O Sistema Cantareira conta com apenas 20,5% de seu território coberto por Mata Atlântica, em diferentes estágios de regeneração. Apesar disso, o desmatamento continua a ocorrer na região. No período entre 1989 e 2003, 3.184 hectares de mata atlântica foram suprimidos, o que representa uma perda de 6,3% em relação ao existente em 1989. A bacia do Juqueri apresentou áreas bastante significativas de desmatamento no período, com 1.745 hectares a menos de vegetação, o que representou uma diminuição de 12,4% da área de vegetação na bacia (WHATELY; CUNHA, 2007, p. 39).

5. CONCLUSÃO

O uso do Geoprocessamento facilitou a interpretação das informações obtidas com a pesquisa, possibilitando um melhor entendimento da região em estudo. Com isso foi possível atingir a todos os objetivos do trabalho, conhecendo os principais motivos que afetam a região do Rio Juqueri, de modo a discutir e analisar todos os fatores levantados através dos mapas criados.

Observou-se que a ocupação e mau uso do solo em áreas de preservação, o lançamento de esgoto em cursos d'água e o crescimento populacional nas margens do rio afetam de maneira simultânea a qualidade de um manancial. Portanto, não seria suficiente apenas a conscientização da população, sendo que a região ao redor do Rio Juqueri não é adequadamente planejada e fiscalizada na preservação dessas áreas.

Além disso, é possível levantar as consequências de todos os itens abordados nessa pesquisa, dentre eles, assoreamento do leito do rio; desequilíbrios ambientais, ocasionando deslizamento ou enchentes; impermeabilização do solo, diminuindo a infiltração de água no mesmo; poluição do manancial; diminuição da qualidade de água; e também, redução da disponibilidade hídrica, sendo esse último vivenciado recentemente em São Paulo.

Conclui-se então que é necessária uma fiscalização maior dessas áreas vulneráveis a qualquer ação antrópica. O monitoramento, planejamento e análise tornam-se imprescindíveis para que a água com qualidade seja mantida por longos anos e isso sendo feito com o uso Geoprocessamento, irá alcançar bons resultados, como mostrado nessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 19 ago. 2014.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 19 ago. 2014.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Água no planeta.** São Paulo. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=97>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Subsídios para uma política de controle de poluição das águas na sub-bacia do Rio Juqueri.** São Paulo; 1982. [Relatório Técnico].

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Rodovia BR381 – Fernão Dias – trecho: Belo Horizonte – São Paulo – Estudo de Impacto Ambiental da Duplicação.** São Paulo, 1993.

DOMINGOS, Jocival Luiz. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica.** Monografia. Vitória: UFES, 2006. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/TesesMonografias/Tese_Site/monografia_jocival.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2015.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). **Ortofotocartas.** São Paulo, 2007. Escala 1:5.000.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). **Ortofotocartas.** São Paulo, 2010. Escala 1:25.000.

EQUIPE TÉCNICA DE MOGI DAS CRUZES. **A importância dos mananciais.** Mogi das Cruzes. Disponível em: <http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/importancia_mananciais.htm>. Acesso em: 15 set. 2015.

ESRI. **ArcGIS Desktop Help 9.1** (Web help). 2009.

FEDERAÇÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DE GOIÁS (FAEG). **APP.** Goiânia, 2002. Disponível em: <http://sistemafaeg.com.br/cache/multithumb_thumbs/b_0_0_0_10_images_cartilha-codigo-florestal_APP.jpg>. Acesso em: 15 abr. 2016.

GIATTI, Leandro Luiz. **Reservatório Paiva Castro – Mairiporã – SP avaliação da qualidade da água sobre alguns parâmetros físicos químicos e biológicos (1987/1998).** 2000. 87 f. In: Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-05062006-145355/pt-br.php>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Downloads.** Disponível em: <<http://downloads.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 set. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Tutorial de Geoprocessamento. **Classificação de imagens.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 23 set. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de imagens.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 29 set. 2015.

MORAES, Iranilda Silva; FERREIRA, Hugo de Souza; OLIVEIRA, Soraia de Fátima da Cruz. **A utilização do SIG como ferramenta para indicação de áreas possíveis a implantação de aterro sanitário na região metropolitana de Belém – PA.** 2010. 4 f. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2010. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/R_215.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

SENA, Felipe Thiago Neres de Sousa; SANTIAGO NETO, Benavenuto José; LEITE, Antonio Celso de Sousa. **Uso do geoprocessamento como subsídio à análise ambiental: imagem SRTM na geração dos mapas hipsométrico e de declividade das bacias difusas da barragem Boa Esperança no Estado do Piauí.** 2012. 5 f. In: Instituto Federal do Piauí, Recife, 2012, IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SIG/121_5.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.

SENADO FEDERAL. **Áreas de Preservação Permanente.** São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/codigo-florestal/areas-de-preservacao-permanente.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

WHATELY, M.; CUNHA, P. **CANTAREIRA 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo.** São Paulo: Instituto Socioambiental, 2007. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/10289.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2014.

Contato: gabriellaleite@outlook.com.br (IC) e sergio.pamboukian@gmail.com (Orientador).