

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CANALIZAÇÃO DO CÓRREGO DA SERVIDÃO
EM RIO CLARO - SP**

Gabrielle Caroline Gardenghi

Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher

Rio Claro (SP)

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

GABRIELLE CAROLINE GARDENGHI

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CANALIZAÇÃO DO CÓRREGO
DA SERVIDÃO EM RIO CLARO - SP

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP

2021

G218a Gardenghi, Gabrielle Caroline
Análise da Influência da Canalização do Córrego da
Servidão em Rio Claro - SP / Gabrielle Caroline Gardenghi. --
Rio Claro, 2021
57 p. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto
de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Andréia Medinilha Pancher

1. Urbanização. 2. Canalização. 3. Qualidade da água. 4.
Uso e ocupação da terra. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GABRIELLE CAROLINE GARDENGHI

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CANALIZAÇÃO DO CÓRREGO DA SERVIDÃO EM RIO CLARO - SP

Trabalho de Formatura apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher (orientador)

Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci

Prof. Dr. Roberto Braga

Rio Claro, 8 de Março de 2021

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Aos meus pais Carlos e Terezinha por todos os esforços, sacrifícios e restrições que sofreram para poderem me proporcionar o caminho que hoje percorro.

Às minhas queridas irmãs, Fabiana e Vanessa, pela força, apoio em maus momentos, amizade, carinho e estímulo.

À minha orientadora, Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher, pela amizade, sabedoria, compreensão, educação, conselhos, paciência e por todo o tempo de boa convivência, minha eterna gratidão.

A todos os professores, técnicos e demais funcionários que contribuíram não somente para minha formação e conhecimento, mas também meu crescimento como pessoa.

Aos meus amigos que conheci durante a faculdade. Especialmente para todas as meninas incríveis que moraram comigo, por conviverem cada momento de dificuldade e de alegria nesta etapa percorrida, que nossa amizade seja eterna.

RESUMO

A formação das cidades ocorre comumente às margens dos rios. Com a intensificação do processo de expansão urbana, desencadeou-se a retirada excessiva da vegetação de várzea e intensificou-se a impermeabilização do solo. Esse processo pode aumentar a incidência de enchentes, fazendo o poder público recorrer à obras de drenagem como a canalização, porém essas obras podem aumentar a velocidade de escoamento a montante e conseqüentemente, intensificar a ocorrência de cheias a jusante. Outro fator afetado pela urbanização é a qualidade da água, que é alterada pela maior presença de sedimentos causada pela desproteção do solo e pelo lançamento irregular de efluentes. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos ambientais gerados pela urbanização e a canalização na área compreendida pela bacia hidrográfica do córrego da Servidão, em Rio Claro – SP realizando a classificação manual do uso e ocupação da área de estudo e das áreas de preservação permanente nos cenários de 1962 (antes da canalização) e 2020 (após a canalização) utilizando o software ArcMap 10.5, além disso, foi feita uma análise da qualidade da água ao longo do córrego da Servidão no ano de 2020 e uma pesquisa hemerográfica no Arquivo Público e Histórico de Rio Claro e em meios de comunicação digitais. Os resultados apontam um aumento significativo da malha urbana e um grande percentual de classes urbanas dentro das áreas de preservação permanente, apesar disso, a qualidade da água no córrego da Servidão se mantém boa. As pesquisas hemerográfica e bibliográfica indicam que a área de estudo, desde o início das obras de drenagem, apresentou problemas com enchentes.

Palavras-chave: Urbanização, canalização, uso da terra, qualidade da água

ABSTRACT

The formation of cities commonly occurs alongside the riverbanks. With the intensification of the urban expansion process, excessive removal of lowland vegetation was triggered, and soil sealing was intensified.

This process can increase the incidence of floods, making the public authorities resort to drainage works to mitigate the problem, plumbing being the most common corrective practice. However, the plumbing process can increase the flow speed upstream and, consequently, intensify the occurrence of floods downstream. Another factor affected by urbanization is the quality of water, which is changed by the increased presence of sediment caused by unprotected soil and irregular discharge of effluents.

Thus, this study aimed to evaluate the environmental impacts generated by urbanization and plumbing in the area comprised by the hydrographic basin of the Servidão stream, in Rio Claro - SP, was carried out a manual sorting of the use and occupation of the study area and areas of permanent preservation in the scenarios 1962 (before plumbing) and 2020 (after plumbing) using ArcMap 10.5 software, in addition, a water quality analysis was done along the Servidão stream in 2020 and a hemerographic survey in the Public and Historical Archive of Rio Claro and in digital media. The results point to a significant increase in the urban network and a large percentage of urban classes within the areas of permanent preservation, despite this, the water quality in the Servidão stream remains good. The hemerographic and bibliographic researches indicate that the study area, since the beginning of the drainage works, has problems with floods.

Keywords: Urbanization, plumbing, land use, water quality

LISTA DE FIGURAS

1 - Mapa de localização da área de estudo.....	18
2 - Geologia do município de Rio Claro - SP.....	20
3 - Pedologia do município de Rio Claro - SP	22
4 - Mosaicos da bacia do córrego da Servidão na cidade de Rio Claro nos anos de 1962 e 2020	27
5 - Mapas de uso e ocupação da terra nos cenários de 1962 e 2020	36
6 - Gráfico das classes de uso da terra – cenário de 1962	37
7 - Gráfico das classes de uso da terra – cenário de 2020	37
8 - Imagem da aérea da Avenida Visconde de Rio Claro e de seu entorno	42
9 - Foto aérea das obras de canalização do córrego da Servidão	42
10 - Imagem do Jornal Cidade de Rio Claro noticiando as obras de canalização do córrego da Servidão em 23 de fevereiro de 1962	43
11 - Imagem do Jornal Cidade de Rio Claro noticiando a ocorrência de inundação na cidade de Rio Claro em 19 de março de 1962.	43
12 - Alagamento em Rio Claro – SP, em 13 de janeiro de 2021	44
13 - Uso e ocupação nas áreas de preservação permanente nos cenários de 1962 e 2020	47
14 - Localização e foto dos pontos visitados no trabalho de campo.	49

LISTA DE QUADROS

1 - Classes de uso e ocupação da terra nos cenários de 1962 e 2020 e suas características físicas.	29
2 - Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em torno de corpos d'água, segundo as Leis nº 4.771/1965 e nº 12.651/2012	32
3 - Descrição e localização dos pontos visitados no trabalho de campo	48

LISTA DE TABELAS

1 - Valores de referência para águas doces de Classe 2	32
2 - Classes de uso da terra (1962 e 2020)	38
3 - Parâmetros de qualidade da água do córrego da Servidão em 2020	39
4 - Uso e ocupação nas áreas de preservação permanente nos cenários de 1962 e 2020.	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1. A importância da bacia hidrográfica como unidade de análise.....	12
3.2. A importância da análise do Uso da Terra nos estudos de bacias hidrográficas	13
3.3. Os reflexos do processo de Urbanização e da Expansão Urbana	14
3.4. Os Reflexos da canalização na bacia hidrográfica	15
3.5. O Geoprocessamento para estudos da urbanização em bacia hidrográfica..	17
4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
4.1. Características gerais de Rio Claro/SP	18
4.2. Breve Histórico da Cidade de Rio Claro	23
5. METODOLOGIA.....	25
5.1. Levantamento de dados bibliográficos e organização da base cartográfica ..	25
5.2. Mapeamento do uso e ocupação da terra.....	28
5.3. Avaliação da qualidade da água ao longo do córrego da Servidão	30
5.4. Análise da legislação florestal em relação as Áreas de Preservação Permanente (APP)	32
5.5. Pesquisa Hemerográfica.....	33
5.6. Trabalho de Campo	34
6. RESULTADOS.....	35
6.1. Mapeamento do uso e ocupação da terra.....	35
6.2. Análise da qualidade de água	39
6.3. Pesquisa Hemerográfica.....	41
6.4. Análise da legislação vigente e áreas de preservação permanente	45
6.5. Trabalho de campo	48
7. CONCLUSÃO	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, após a primeira metade do século XX, houve um significativo aumento da população urbana principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Esse processo contribuiu para o crescimento da malha urbana, muitas vezes sem adequado planejamento, provocando impactos de grandes proporções.

Com o crescimento das cidades, a paisagem é alterada influenciando diretamente os cursos d'água e nos processos hidrológicos. A cobertura vegetal natural é retirada, modificando o uso do solo e dando espaço para áreas impermeáveis e obras de drenagem, que muitas vezes são executadas de maneira ineficaz.

Segundo Tucci (1997), frequentemente o processo de urbanização provoca os seguintes impactos: (i) aumento das vazões máximas em razão dos sistemas de drenagem e impermeabilização do solo; (ii) aumento da produção de sedimentos pela desproteção da superfície e geração de resíduos sólidos; (iii) deterioração da qualidade da água devido a lavagem da rua, transporte de material sólido e ligações clandestinas de esgoto.

Em muitas cidades brasileiras o sistema viário anexou às várzeas dos rios, acarretando a retificação e canalização de córregos e o encerramento de galerias. Como resultado, as várzeas que eventualmente sofrem alagamentos, foram suprimidas, provocando a aceleração do escoamento e o aumento considerável dos picos de vazão, que em muitos casos causam inundações. (CANHOLI, 2014).

Assim, o tipo e o uso da terra influenciam diretamente a dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica. Segundo Pritchett (1979 apud TUCCI, 2006), o solo de uma floresta possui alta capacidade de infiltração, produzindo baixa quantidade de escoamento superficial. Em solos sem cobertura vegetal e compactados, a capacidade de infiltração pode diminuir, e consequentemente há um aumento do escoamento superficial.

Nesse sentido, Moraes, et al. (2012) cita a importância da identificação dos padrões de ocupação em caráter multitemporal, a fim de compreender os impactos gerados pela ocupação humana.

No município de Rio Claro, localizado no interior do estado de São Paulo, na década de 1970 houve a canalização do córrego da Servidão. De acordo com Rosetti (2007), além das obras de canalização, ocorreram simultaneamente a urbanização ao longo do córrego, o início da implantação da Avenida Visconde de Rio Claro e a

remoção da vegetação de várzea. Nos dias atuais, apenas o baixo curso do córrego, a jusante de seu cruzamento com a Rodovia Washington Luís, não está canalizado.

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar os reflexos da urbanização com ênfase na canalização na área compreendida pela bacia hidrográfica do córrego da Servidão, localizada em Rio Claro (SP).

Com base no objetivo fundamental, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar o avanço do uso da terra na bacia do córrego da Servidão entre os cenários de 1962 (antes da canalização) e 2020 (após a canalização);
- b) Identificar os impactos gerados pela urbanização e canalização do córrego;
- c) Verificar e comparar a legislação florestal existente antes da canalização (Lei nº 4.771/1965) e a vigente no cenário atual (Lei nº 12.651/2012) em relação às áreas de preservação permanente e relacionar com os usos e ocupações presentes nos cenários de 1962 e 2020;
- d) Analisar a qualidade da água ao longo do córrego da Servidão no ano de 2020;
- e) Analisar as notícias da imprensa local sobre as obras de drenagem, qualidade da água e as ocorrências de inundações na área de estudo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O levantamento e a análise da bibliografia foram realizados a fim de se obter embasamento teórico sobre a temática desta pesquisa e sobre os procedimentos metodológicos relevantes para desenvolver estudos desta natureza, além de permitir conhecer as características da área de estudo. Desse modo, os itens subsequentes apresentam as principais informações adquiridas nesta etapa da pesquisa.

3.1. A importância da bacia hidrográfica como unidade de análise

Segundo Tucci e Collishonn (2000), a bacia hidrográfica pode ser definida como um sistema físico onde a entrada é caracterizada pelo volume de água precipitado, e a saída pelo volume de água escoado pelo exutório. As perdas intermediárias são representadas pelos volumes evaporados, transpirados e infiltrados profundamente.

A bacia hidrológica engloba o conjunto de superfícies vertentes e uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no exutório. (SILVEIRA et al, 2009).

Para Teixeira et al. (2000), a bacia hidrográfica contempla a área de captação da água pluvial e é demarcada por divisores topográficos. A bacia geralmente é utilizada como unidade geográfica para a realização de estudos envolvendo recursos hídricos, por ser um sistema físico onde é possível quantificar o ciclo da água.

De acordo com Silveira et al, (2009) o papel hidrológico da bacia hidrográfica corresponde a transformação do volume concentrado no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de maneira distribuída no decorrer do tempo. Essas entradas são representadas por hietogramas, enquanto as saídas são representadas por hidrogramas.

Para Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica é considerada um sistema não-isolado, em decorrência das relações mantidas com os demais sistemas do universo; e um sistema aberto, pois nela ocorrem constantes trocas de energia e matéria (inputs e outputs). O autor afirma que a quantidade de água que atinge os cursos fluviais depende diretamente do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.

Andreozzi (2005) destaca que as bacias hidrográficas estão historicamente ligadas à humanidade, presentes no cotidiano e representam referências espaciais. Para o autor, a bacia hidrográfica pode ser estudada não só pelos fatores e processos

físicos, mas também pelas relações humanas desenvolvidas neste meio e a inter-influência dos mesmos, evidenciando que este sistema pode refletir os impactos das atividades antrópicas.

3.2. A importância da análise do Uso da Terra nos estudos de bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas urbanas são compostas por diferentes classes de uso da terra, referentes aos elementos intra-urbanos e aos tipos de coberturas vegetais contidos dentro de uma determinada área.

Os termos uso do solo e uso da terra abrangem aspectos conceituais diferentes. Segundo Santos et al. (2018), a palavra “solo” pode ser compreendida como um conjunto de corpos naturais contendo partes sólidas, líquidas e gasosas, formados por matérias minerais e orgânicas. Por sua vez a palavra “terra” possui um significado mais abrangente, incluindo não só o solo, mas também vários outros atributos de uma área como o relevo, hidrologia, clima e vegetação, infraestrutura e condições socioeconômicas. (FERREIRA, 2006).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2013), o termo “uso da terra” está ligado as atividades antrópicas realizadas em uma certa extensão de terra ou em um ecossistema, com a finalidade de obter produtos e benefícios através do uso dos recursos locais.

De acordo com o International Geosphere-Biosphere Programme - IGBP (1994), o uso e a mudança da cobertura da terra causam grandes impactos nos serviços ecossistêmicos e na dinâmica hidrológica. Tais mudanças podem influenciar a vulnerabilidade de lugares e pessoas, perturbações climáticas e intervenções econômicas e sócio-políticas.

Ross (1995) afirma que o uso da terra pode denotar um retrato estático das manifestações dinâmicas desencadeadas pelas relações socioeconômicas de um território. O autor ressalta que a interpretação desse retrato permite identificar uma série de eventos que representam a evolução histórico-temporal de uma área e, portanto, possibilitando realizar estudos a fim de buscar a origem das alterações ambientais derivadas de usos da terra sem adequado planejamento.

De acordo com Tucci (1993), para haver o uso adequado do espaço geográfico é necessária à análise de características como a cobertura vegetal, topografia, drenagem e tipo de solo. Desta maneira, é possível realizar o planejamento

considerando o desenvolvimento sustentado e realizar o uso da terra de modo que obedeça às características naturais da bacia.

3.3. Os reflexos do processo de Urbanização e da Expansão Urbana

O crescimento da população brasileira teve seu ritmo acelerado a partir do século passado. Em 1950, o país contava com aproximadamente 51,9 milhões de pessoas, e cerca de meio século depois, em 2019, possuía aproximadamente 210 milhões. (IBGE, 2020).

Segundo Moraes (2011), após o processo de urbanização se intensificar no Brasil na década de 1970, houve um aumento no consumo de recursos naturais para a ampliação das cidades. Este processo engloba a retirada da cobertura vegetal e a alteração da cobertura do terra interferindo diretamente nos componentes do ciclo hidrológico natural.

A partir dos anos 1980 houve um intenso crescimento da região sudeste, considerada a área mais urbanizada do país. Patarra et al. (1991 apud MEDINILHA, 1999) destacam a expressiva concentração da população em grandes cidades e regiões metropolitanas na região, sendo que no ano de 1980, somente 14,7% da população estava vivendo em cidades menos expressivas.

Na primeira década do século XXI, o estado de São Paulo já contava com 57 cidades com mais de 100 mil habitantes. O rápido e desordenado processo de expansão no estado levou à impermeabilização de núcleos urbanos, incluindo áreas localizadas em fundos de vale, que, com frequência, foram anexadas ao sistema viário. (TUCCI e MENDES, 2006).

Tavares e Silva (2008) destacam que o crescimento urbano ocorreu também por meio de infraestruturas urbanísticas precárias, como loteamentos clandestinos ou favelas, sem preocupações com locais ribeirinhos e encostas íngremes, deixando a população destes locais sujeita às constantes inundações e deslizamentos, com perdas materiais e até humanas.

Inserido no contexto brasileiro, o interior paulista recebeu diversos estabelecimentos industriais entre as décadas de 1970 e 1990. Esses estabelecimentos, vindos da capital São Paulo, devido a políticas de desconcentração das atividades industriais e a procura de melhores condições de operação, contribuíram para a região ser uma das mais economicamente desenvolvidas do Brasil.

Segundo Moraes, et al (2012) esse processo intensificou o aumento populacional nas cidades do interior de São Paulo, porém, esse crescimento não foi acompanhado de diretrizes de planejamento urbano inseridas no contexto da proteção aos recursos hídricos. Os autores destacam que os primeiros planos diretores de quase todos os municípios do Brasil, não constavam nenhuma restrição relacionada ao loteamento de áreas de risco de inundação.

Como reflexo deste processo, no período da expansão do café no interior paulista, caravanas faziam pouso nas margens do córrego da Servidão. Neste local foi constituído um povoado, que em 1857, se tornou o município de Rio Claro. De acordo com Troppmair, (1998, apud MORAES, 2011) a economia do município se baseou no cenário agrícola até os anos 1900. O progresso de Rio Claro foi marcado pela vinda do trem de ferro que conectava as cidades da Depressão Periférica Paulista à capital, São Paulo.

Com base em Garcia et al. (1993), na década de 1950, o município de Rio Claro tinha suas casas distribuídas no médio curso do córrego da Servidão, ocupando suas vertentes e somando uma área de uso urbano com mais de 5 km². Como consequência da ocupação dos mananciais destas áreas, foi necessária a intervenção por meio de obras de engenharia.

3.4. Os Reflexos da canalização na bacia hidrográfica

O processo de urbanização no Brasil provocou um aumento no uso de recursos naturais e na expansão das cidades. Esse processo abrange as mudanças no uso e na cobertura da terra, incluindo a retirada da vegetação, a impermeabilização do solo e a interferência nos componentes do ciclo hidrológico.

Historicamente as populações tendem a ocupar áreas de várzeas de córregos e rios a fim de suprir suas necessidades de abastecimento e higiene. Segundo Canholi, (2005, apud MORAES, 2011) com o crescimento das cidades, as várzeas dos d'água também passaram a ser incorporadas ao sistema viário resultando em inúmeros córregos retificados e canalizados a céu aberto ou encerrados em galerias.

Os processos de canalização envolvem o alargamento e aprofundamento da calha fluvial, retificação do canal, construção de canais artificiais e de diques, proteção de margens e remoção de obstáculos de canal. As referidas obras de engenharia modificam a calha do rio, causando impactos no canal e na planície de inundação. (BROKES, 1998 apud SANTOS e PINHEIROS, 2002).

A retificação do canal gera uma série de impactos geomorfológicos. Segundo Santos e Pinheiros (2002, p.02): “a redução do comprimento do canal muda o padrão de drenagem com a perda dos meandros; altera a forma do canal com o aprofundamento e alargamento do rio; diminui a rugosidade do leito e aumenta seu gradiente”.

As obras de retificação também geram impactos hidrológicos potenciais, tanto nas águas superficiais como nas águas subterrâneas, ocorrendo ao longo do trecho do canal modificado, na área a jusante do mesmo e na planície de inundação.

No canal modificado, há elevação da capacidade de escoamento das águas superficiais devido ao aprofundamento e alargamento do canal, à redução da sua extensão e ao aumento do declive. No setor a jusante da retificação, existe a tendência de um aumento na frequência de ocorrência de cheias esporádicas (SANTOS e PINHEIRO, 2002).

Tucci e Mendes (2006, p. 112), afirmam que a impermeabilização e a canalização de pequenos cursos d'água resultam no aumento da erosão do solo e na magnitude e frequência da ocorrência de inundações. Os autores ressaltam que “a impermeabilização e a canalização aumenta a vazão de 6 a 7 vezes com relação as condições naturais para uma inundação média”.

De acordo com Tucci (2003), o solo impermeabilizado e o escoamento realizado através de dutos e canais aumenta a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural.

Os estudos de Brookes (1985, 1987 apud VIEIRA e CUNHA, 2008) evidenciam que um corpo d'água canalizado passa a comportar dois tipos de impactos: o direto e o indireto, sendo o primeiro induzido pela modificação do canal e o segundo pela conectividade do sistema fluvial, ou seja, os impactos podem ser refletidos sobre uma ampla área, especialmente em direção à jusante.

Nas cidades, a drenagem urbana tem sido desenvolvida dentro de premissas estruturais, sendo que os impactos podem ser transferidos de montante para jusante, sem nenhum controle de suas fontes. (TUCCI e COLLISHONN, 2000)

3.5. O Geoprocessamento para estudos da urbanização em bacia hidrográfica

De acordo com Moraes (2011), a transição do estado de uso da terra indica mudanças na dinâmica da paisagem geográfica, ou seja, a identificação de padrões de uso e sua variação no tempo e no espaço permitem compreender as funções de uma paisagem e os impactos gerados devido a atividades socioeconômicas e às ocupações humanas.

Para realizar a análise da evolução da expansão urbana e as mudanças no uso da terra em uma região é necessário o uso de produtos obtidos a partir de técnicas de geoprocessamento e a utilização de um Sistema de Informações Geográficas. Essas geotecnologias possibilitam uma análise mais detalhada da superfície urbana e do seu parcelamento, bem como a manipulação de dados de maneira sistematizada e com alto índice de confiança dos dados gerados.

Na concepção de Rodrigues (1993), o geoprocessamento é um conjunto de tecnologias direcionadas para a coleta e o tratamento das informações espaciais. Essa área do conhecimento disponibiliza ferramentas, recursos e dados para que analistas possam determinar a evolução temporal e espacial de um determinado fenômeno geográfico e sua inter-relação com outros elementos.

De acordo com Rossetti (2007), um SIG tem como principal objetivo realizar análises ao integrar dados georreferenciados de diferentes fontes, como mapas analógicos e digitais, produtos de Sensoriamento Remoto, dentre outros.

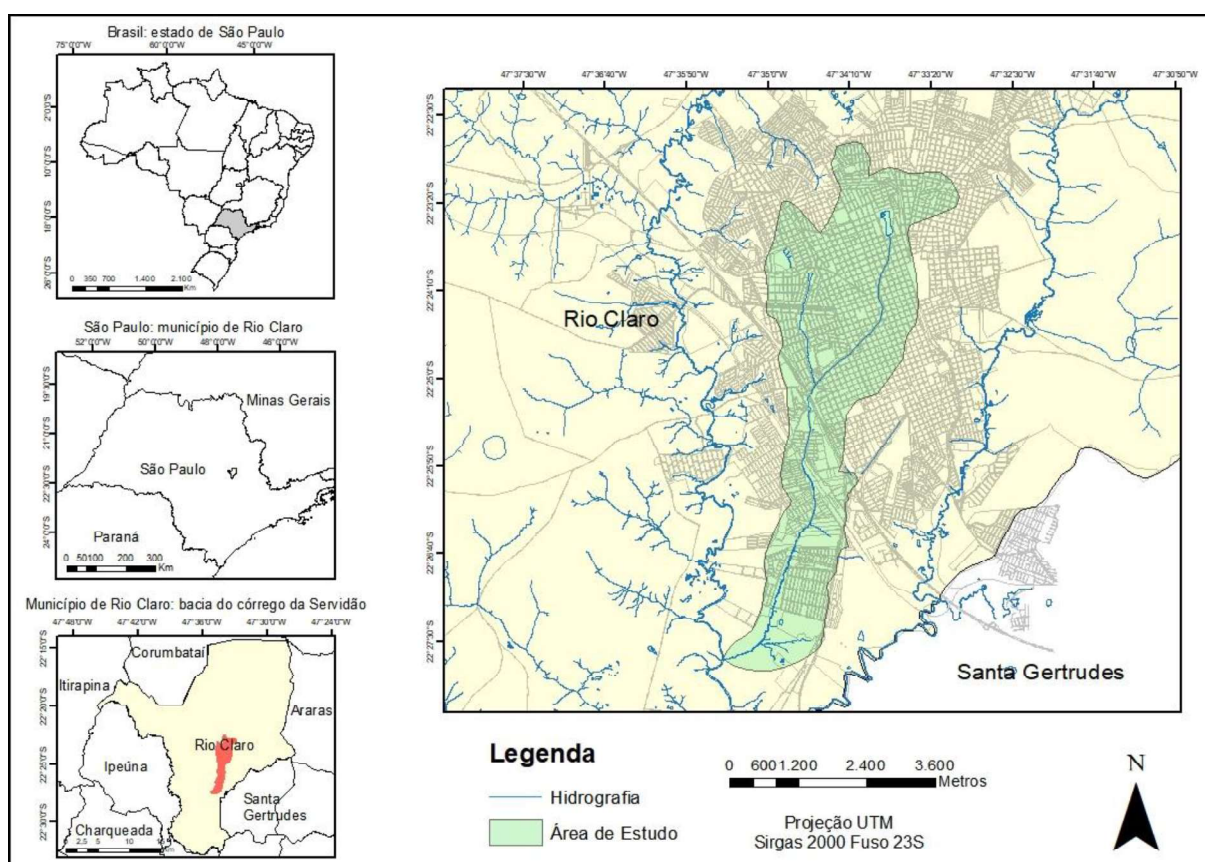
A integração de dados espaciais através dos SIG possibilita a transformação desses dados em informação que pode ser destinada ao apoio à decisão, auxiliando diagnósticos ambientais, elaboração de zoneamentos e previsão de cenários futuros. (MELLO et al, 2013).

Cordovez (2002) afirma que utilizando geotecnologias é possível realizar uma análise espacial que combine mapeamento dos problemas urbanos com informações físicas, demográficas, geográficas, topográficas ou de infraestrutura. Esta análise tem contribuído na estruturação e implementação de planos de gestão de uma área, bem como para a tomada de decisões por parte do poder público local.

4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Rio Claro localiza-se entre as coordenadas 22° 05' e 22° 40' S de latitude e 47° 25' e 47° 55' W de longitude, na porção centro-leste do Estado de São Paulo (figura 1), fazendo parte da Região Administrativa de Campinas, considerada um importante polo industrial do Estado. A cidade está situada a 173 km da capital e o município possui uma área de aproximadamente 498,5km². (IBGE, 2018)

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: elaborado pelo autor

4.1. Características gerais de Rio Claro/SP

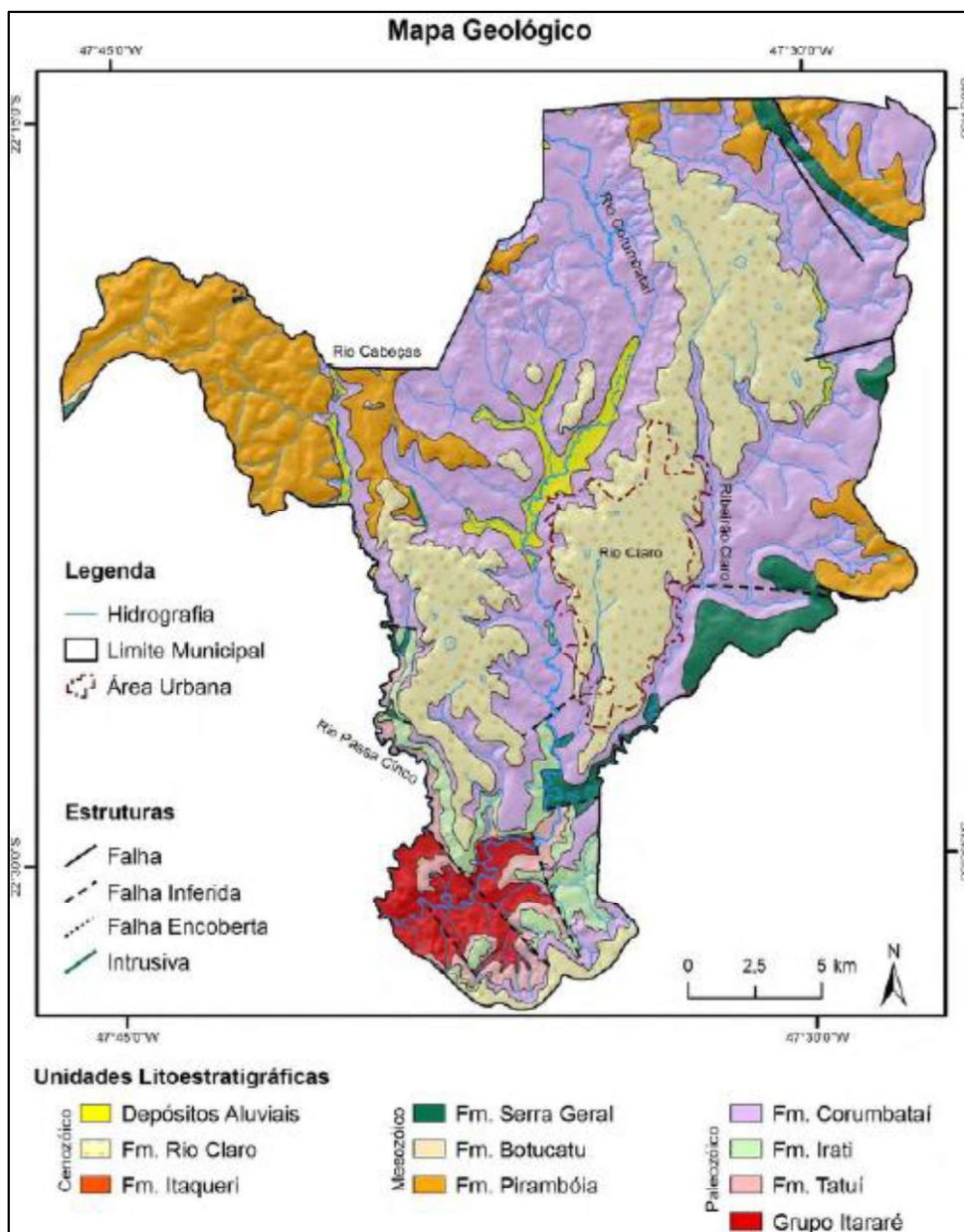
A economia de Rio Claro está atualmente vinculada ao setor de serviços, e ao setor industrial de transformação, em que se sobressai a cerâmica de acabamento, tornando esse município um importante polo de produção nacional no setor. (SEADE, 2018)

Neste contexto, a área de estudo compreende a bacia hidrográfica do córrego da Servidão, localizada dentro dos limites municipais de Rio Claro e que possui uma área de aproximadamente 14,95 km².

O córrego da Servidão é afluente do rio Corumbataí e sua nascente está situada no Lago Azul, que abrange uma área de 424 m² e se constitui num importante ponto turístico da cidade. O eixo principal de fluxo do córrego segue na direção norte-sul e possui aproximadamente 8,93km de extensão. O córrego da Servidão tem como afluente o córrego Wenzel, com 2,10 km de extensão, o qual integra a bacia hidrográfica estudada.

De acordo com Zaine (1994), Rio Claro está situada no setor paulista da porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná. Na região encontram-se rochas sedimentares e vulcânicas das eras Paleozóica (Grupo Itararé, Formação Tatuí, Iratí e Corumbataí), Mesozóica (Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e Cenozóica (Formação Rio Claro e depósitos recentes).

Figura 2 - Geologia do município de Rio Claro - SP



Fonte: PUPIM, 2010, p. 27.

O substrato geológico da bacia do córrego da Servidão é formado por depósitos paleozóicos da Formação Corumbataí do Grupo Passa-Dois, e sobrepostos pelos sedimentos cenozóicos da Formação Rio Claro. (MORAES, 2011).

Segundo Zaine (1994), os depósitos da Formação Corumbataí do Grupo Passa-Dois são compostos por argilitos, siltitos e folhelhos arroxeados e marrom-avermelhados, às vezes esverdeados, com intercalações de arenitos, leitos carbonáticos e coquinas. Seus maciços e contínuos pacotes lamínicos são muito

visados para a mineração, sendo continuamente explorados para produção de cerâmica vermelha.

A Formação Rio Claro é predominantemente formada por depósitos arenosos, esbranquiçados, amarelados e róseos, mal consolidados. Esta formação possui fraca litificação e profunda alteração pedogenética, espesso solo arenoso e domínio de litotipos arenosos, esbranquiçados amarelados e avermelhados, variando de areia fina a grossa, com intercalação de camadas de conglomerados e de sedimentos argilosos. A espessura máxima é da ordem de 40 m, predominando valores entre 25 e 30 m (ZAINÉ, 1994).

De acordo com Penteado (1976), a região de Rio Claro pertence à Província Geomorfológica denominada Depressão Periférica Paulista, descrita como faixa erosiva deprimida entre escarpas mais avançadas da zona de cuestas, que delimitam a borda oriental dos derrames basálticos e o Planalto Cristalino. Neste cenário, o município apresenta uma topografia suave, com interflúvios subtabulares regularmente cobertos por sedimentos arenosos, amplos e aplainados. Possuem baixa densidade de drenagem e é comum a presença de lagoas ligadas às cabeceiras ou isoladas nos topos planos (ZAINÉ, 1994).

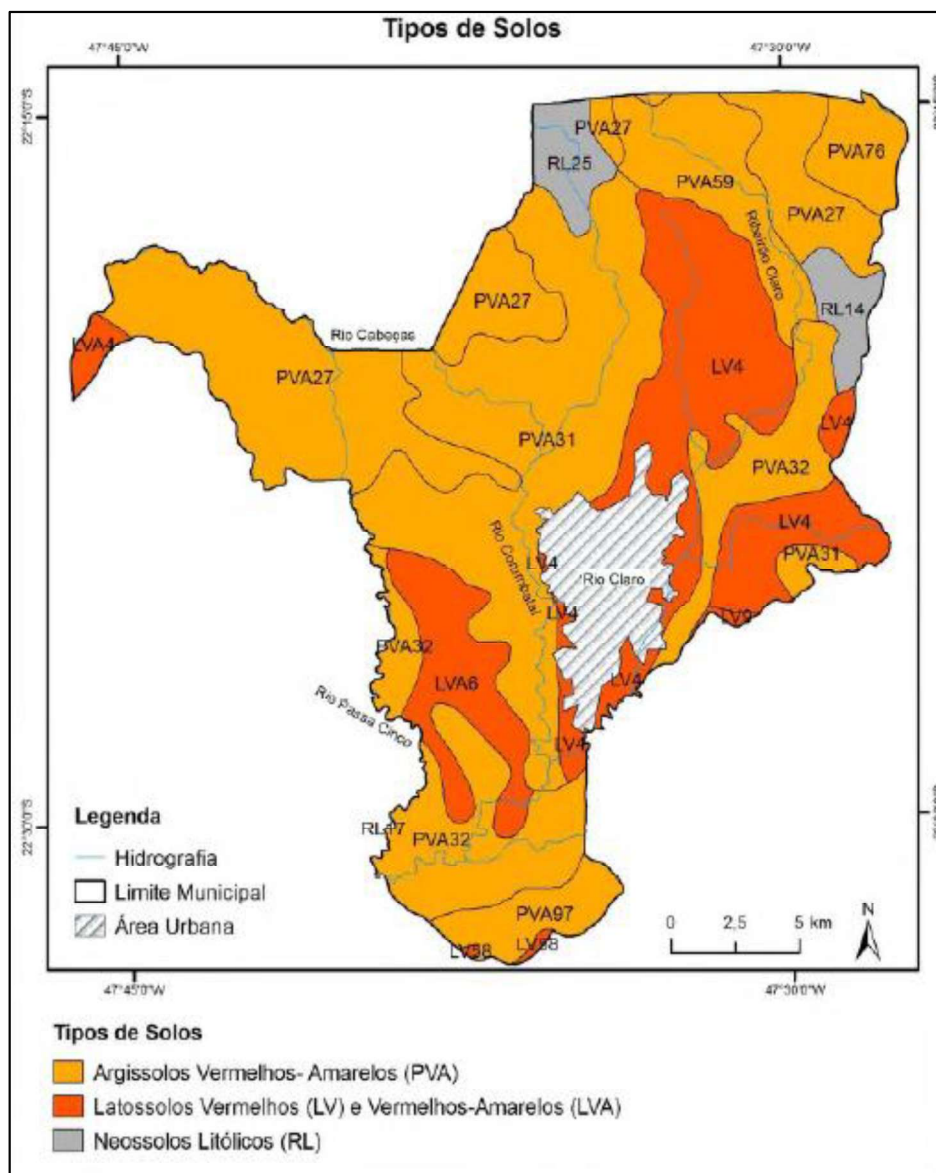
Do ponto de vista altimétrico, a calha do córrego da Servidão é sobrelevada em comparação às calhas do rio Corumbataí e do ribeirão Claro, correndo de forma paralela, sendo a primeira localizada à oeste e a segunda à leste do córrego. Isto indica que o canal do córrego da Servidão está em nível topográfico mais elevado que seus dois canais vizinhos, atribuindo a esta bacia, pelo menos teoricamente, um maior potencial erosivo (MORUZZI et al, 2007).

Moruzzi et. al. (2009), afirmam que o canal do córrego da Servidão segue a direção geral norte-sul, havendo duas mudanças de direção no médio e baixo curso, localizadas próximas à foz, e apresentando orientação nordeste-sudoeste, indicando controle geológico estrutural. O autor também destaca que o contexto geológico e geomorfológico da bacia implica a sua forma alongada, fora dos padrões convencionais, podendo significar menor probabilidade de concentração do escoamento de água da chuva.

A pedologia presente na área de estudo é constituída, em sua maioria, por Latossolo Vermelho-Amarelo correspondente às unidades Coqueiro e Laranja Azeda. De modo geral, os Latossolos são solos muito intemperizados, profundos e com boa capacidade de drenagem. São caracterizados pela grande homogeneidade de feições

ao longo do perfil, mineralogia da porção argila caulínítica ou caulínítica-oxídica, e a quase ausência de minerais primários de fácil intemperização. (IBGE, 2007).

Figura 3 - Pedologia do Município de Rio Claro – SP



Fonte: PUPIM, 2010, p. 44.

O solo da unidade Coqueiro tem como atributos gerais a textura média ao longo do perfil, sendo que os teores de areia são responsáveis pela sua alta friabilidade e pequena plasticidade. Por outro lado, o Latossolo Vermelho-Amarelo – unidade Laranja Azeda, mesmo que ainda possua o caráter de textura média ao longo do perfil, apresenta grau de argila levemente mais alto do que a unidade Coqueiro (OLIVEIRA; PRADO, 1984)

O clima da região é classificado como tropical, com duas estações definidas – Cwa segundo a classificação de Köppen, isto é, período de seca durante o inverno com temperaturas inferiores a 18°C e verões chuvosos com temperatura superior a 22°C. Segundo Monteiro (1973), nesta área prevalece o clima tropical alternadamente seco e úmido, controlado por massas tropicais e equatoriais que estão presentes em mais de 50% do ano.

A distribuição anual de chuvas na cidade de Rio Claro é dividida entre o período seco, de abril a setembro, com índices pluviométricos médios entre 30 e 90 mm por mês e período úmido, de outubro a março, com índices pluviométricos médios de 120 a 260 mm por mês. Considerando as alturas médias mensais, o índice é de 1505 mm de chuva por ano. (CONCEIÇÃO; BONOTTO, 2003)

4.2. Breve Histórico da Cidade de Rio Claro

A fundação de Rio Claro está relacionada com a expansão do café no interior paulista. No início do século XIX, as margens do córrego da Servidão eram usadas como pouso para os tropeiros que seguiam caminho para os sertões de Araraquara. Por volta de 1825 surgiram as primeiras casas, e logo após foi construída uma capela dedicada a São João Batista do Rio Claro, que se tornou “marco” para a expansão rápida daquele pequeno núcleo urbano, sendo elevado a cidade em 1857. (ANTONIO FILHO, 2003).

Segundo Troppmair (1998), o café foi altamente produzido nas terras de Rio Claro entre as décadas de 1830 a 1870, perdurando até 1900, e passou a fazer parte do cenário agrícola caracterizado pelo cultivo (em menor escala) da cana-de-açúcar, milho, algodão e arroz. Durante este período, a cidade contou com mais de 3.300 escravos, e, após a abolição, a adaptação da mão-de-obra se prolongou por anos, e teve o auxílio principalmente de colonos alemães, suíços e italianos. Estes trabalhadores juntamente aos fazendeiros iniciaram o povoamento da cidade.

O processo de ocupação pela urbanização teve uma grande aceleração a partir de 1972. As áreas ocupadas cresceram, principalmente no eixo longitudinal, indicando uma tendência de expansão nos setores da zona norte da cidade, mais especificamente no setor NW. (GARCIA et al, 1983).

Segundo dados do SEADE (2020), o município de Rio Claro, que abrange também os distritos de Assistência e Ajapi, apresenta atualmente população total de 201.212 habitantes, sendo predominantemente residentes da área urbana; menos de

3% da população vive em áreas rurais, além disso, a densidade demográfica de Rio Claro é de 403,70 hab./km².

Segundo o Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAE), Rio Claro conta com 2 estações de tratamento de água e 36 reservatórios, responsáveis pelo abastecimento de 100% dos moradores da área urbana, os quais contam com água encanada e tratada. O esgoto de 100% da população é coletado, e 92% deste é tratado de acordo com a BRK Ambiental. A coleta de lixo é realizada em 100% da área urbana de acordo com Departamento de Resíduos Sólidos Municipal.

Almeida (2002 apud MORAES, 2011) relata que, em 1970, a nascente do córrego da Servidão foi represada, dando origem ao “Lago Azul” e como consequência as águas vindas das ruas dos bairros situados a montante dessa área traziam muitos sedimentos (terra, lixo, entulho) e acabaram assoreando o lago. A autora ressalta que, o córrego da Servidão foi canalizado em 1970 e segue debaixo da Avenida Visconde de Rio Claro e mesmo após a canalização do córrego, ainda havia ocorrência de inundações, infiltrações, erosão e contaminação das águas por esgoto em diferentes pontos do córrego e também do lago. Nos anos 1980 foram executadas obras de recuperação e desassoreamento do Lago Azul, com a instalação de equipamentos de lazer, arborização e estabelecendo-se nesta área o Parque Municipal.

De acordo com Rossetti (2007), a área onde está o “Lago Azul” era coberta por vegetação nativa de várzea até a década de 1960. A partir de 1972, com a urbanização da área, foi retirada a cobertura vegetal e houve a implantação de edificações que fazem parte do Centro Cultural Roberto Palmari. Nesta área, também houve a implantação de gramíneas e herbáceas/arbustivas ornamentais, para fins de recreação e lazer. Segundo a autora, o córrego da Servidão encontrava-se exposto e suas várzeas apresentavam cobertura vegetal nativa na década de 1960, mas a partir de 1972 houve a canalização de seu leito fluvial e a remoção da vegetação de várzea, exceto em setores a jusante do córrego, próximo à Rodovia Washington Luís.

5. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa visaram identificar o avanço do crescimento urbano nos limites da bacia hidrográfica do córrego da Servidão (cenários de 1962 e de 2020), bem como os impactos gerados pela expansão urbana e pela canalização do córrego, através das seguintes etapas:

5.1. Levantamento de dados bibliográficos e organização da base cartográfica

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico em sites oficiais, acervos digitais acadêmicos e na UNESP – Universidade Estadual Paulista, a fim de se obter um embasamento teórico e metodológico relativo à problemática da expansão urbana, canalização de corpos d'água e ao mapeamento de uso e ocupação da terra utilizando geotecnologias. Além disso, o levantamento bibliográfico serviu de base para a caracterização da área de estudo.

Também, foi realizado um levantamento de dados cartográficos em sites que disponibilizam acervos de cartas e mapas, na mapoteca da UNESP, e em softwares de imagens de satélite como o Google Earth Pro. Para elaboração deste trabalho foram utilizadas imagens aerofotogramétricas analógicas do ano de 1962 (escala 1:25.000), convertidas em arquivos digitais através do procedimento de digitalização, fornecidas pelo Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental da UNESP de Rio Claro, bem como imagens orbitais de 2020, adquiridas no programa Google Earth Pro (escala 1:36.000), além da Planta Cadastral da cidade de Rio Claro disponibilizado no site da Prefeitura Municipal.

Com base na Planta Cadastral da cidade de Rio Claro, em formato DWG, foram extraídos os dados vetoriais de curvas de nível, pontos cotados, hidrografia, sistema rodoviário, sistema ferroviário e as quadras. Esses elementos vetoriais foram convertidos para o formato shapefile e exportados para o ArcMap 10.5, software de SIG utilizado para manipulação dos dados espaciais.

A área de estudo foi demarcada de maneira manual no ArcMap, utilizando as curvas de nível como referência. Através dos dados topográficos, foram localizados os topos de morro que delimitam a bacia do córrego da Servidão, e assim traçados os divisores de água.

Em seguida, foi realizado o georreferenciamento das imagens obtidas, utilizando a ferramenta Georeferencing do ArcMap e utilizando como referência uma

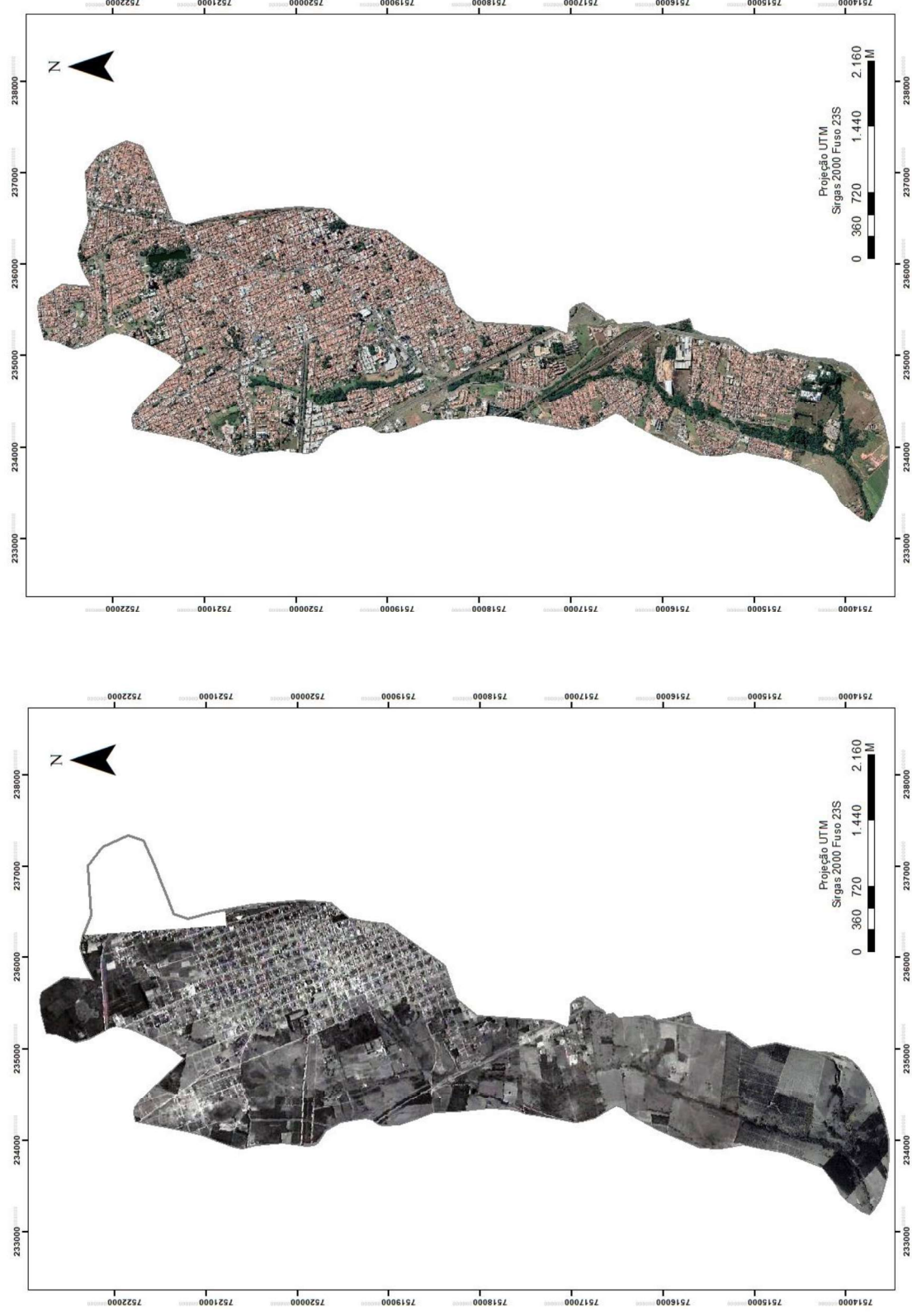
Ortofoto da cidade de Rio Claro, obtida do acervo da EMPLASA (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano) na escala original de 1:25.000. Para cada imagem, foram escolhidos cerca de 12 pontos de controle para comparar com pontos da imagem de referência. Ao todo foram 4 imagens orbitais de 2020 e 5 imagens aerofotogramétricas georreferenciadas.

Segundo o Decreto 89.817 de 1984, o padrão de exatidão cartográfica para a Classe A tolera o erro de 0,5mm na escala, e a Classe B tolera o erro de 0,8mm na escala. Para as imagens de 2020 (escala 1:36.000) o erro médio quadrático ficou entre 0,97 e 3,37m e para as imagens de 1962 (escala 1:25.000), entre 7,68 e 12,23m, portanto, pode-se classificar as imagens de 1962 e de 2020 como pertencentes à Classe A de acordo com o padrão de exatidão cartográfica.

Após o georreferenciamento, foram criados 2 mosaicos, sendo um composto pelas imagens aerofotogramétricas de 1962 e outro com as imagens de 2020. Eles foram recortados de acordo com o limite da área de estudo como mostra a figura 4.

Para este trabalho, foi adotado o Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM) e o DATUM do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), Zona 23 Sul.

Figura 4 - Mosaicos da bacia do córrego da Servidão na cidade de Rio Claro nos anos de 1962 e 2020.



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2. Mapeamento do uso e ocupação da terra

Nesta etapa, foi realizado o mapeamento do uso e ocupação da terra nos cenários de 1962 e 2020 utilizando o ArcMap 10.5. Esse mapeamento teve como objetivo analisar as mudanças de usos ocorridas na bacia hidrológica e nos canais fluviais devido à expansão urbana e realizar uma análise comparativa entre os dois cenários.

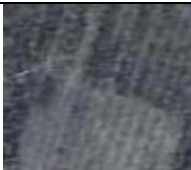
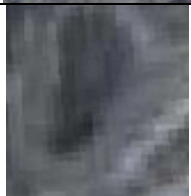
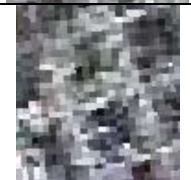
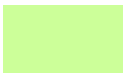
Os dados vetoriais obtidos foram adaptados de acordo com os cenários. Em 1962 a malha urbana era muito menor, sendo necessária a exclusão vetores de quadras e ruas enquanto no cenário de 2020 foi preciso adicionar quadras e estradas. Em ambos os cenários foi preciso vetorizar as feições da área rural, pois só haviam dados vetoriais de área urbana. Os dados vetoriais da hidrografia não foram alterados, pois sofreram poucas mudanças no período.

Levando-se em conta que as bacias hidrográficas urbanas são compostas por diversas classes de uso da terra, apresentam características hidrológicas diferentes. Assim, com base nos parâmetros de infiltração e nos impactos gerados, foram definidas as classes de uso e ocupação da terra evidenciadas no quadro 1.

Para a realização do mapeamento de ambos os cenários, foi realizada a fotointerpretação das imagens e o mapeamento manual das características de uso e ocupação na área de estudo, definindo-se as classes pré-determinadas para os vetores traçados previamente.

A classificação dos cenários permitiu a confecção de mapas temáticos de uso e ocupação da terra de 1962 e de 2020, permitindo-se analisar o avanço da expansão da malha urbana e das mudanças sofridas em torno do córrego da Servidão. Além disso, a partir deste mapa temático foi possível estimar a área ocupada por cada uma das classes, utilizando-se a ferramenta de cálculo geométrico do ArcMap 10.5. Esses valores foram exportados para o Microsoft Office Excel (2013), onde foram elaborados setogramas para a apresentar a proporção de cada classe relativa a evolução da ocupação da área.

Quadro 1- Classes de uso e ocupação da terra nos cenários de 1962 e 2020 e suas características físicas.

Classe	Cenário 1962	Cenário 2020	Característica Física
Agricultura 			Área não impermeabilizada ocupada pelo cultivo agrícola.
Área Úmida 		Não encontrado	Área alagável próxima a corpos d'água com vegetação arbustiva e gramíneas.
Área Totalmente Construída 			Lotes urbanos totalmente construídos, caracterizando áreas completamente impermeabilizadas.
Área Parcialmente Construída 			Lotes urbanos parcialmente construídos, caracterizando áreas urbanas com pouca permeabilidade.
Área Pouco Construída 			Lotes urbanos pouco construídos, com grandes áreas permeáveis.
Estrada Pavimentada 			Áreas ocupadas por pavimentação asfáltica.
Estrada Não Pavimentada 			Áreas ocupadas por estradas sem pavimentação. Geralmente formadas por solo exposto compactado e situadas na zona rural
Gramíneas 			Áreas com vegetação arbustiva, braquiárias ou espécies de gramíneas.
Instituições 			Áreas compostas por instituições como escolas e hospitais. Essas são caracterizadas pela presença de edificações e áreas permeáveis e até mesmo vegetação.

Loteamento 			Lotes encontrados na área urbana, porém sem edificações. São limitados pelo sistema viário e geralmente são compostos por gramíneas.
Outros 			Feições não identificadas, ou que não se encaixaram nas outras classes. Exemplos: ETE, aterro sanitário, indústrias.
Praça 			Lotes urbanos compostos por áreas verdes e áreas impermeáveis, geralmente com porções de vegetação.
Solo Exposto 			Áreas desprovidas de cobertura vegetal e sem uso específico.
Vegetação Arbórea 			Áreas compostas por vegetação arbórea de grande porte, geralmente localizadas próximas a cursos d'água.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3. Avaliação da qualidade da água ao longo do córrego da Servidão

Segundo Tucci (1997), um dos impactos do processo de expansão urbana é a deterioração da qualidade das águas. Esse processo está ligado a ampliação de áreas impermeáveis e agrícolas, lavagem das ruas, transporte de sedimentos e resíduos sólidos e lançamento de esgoto não tratado.

Para este trabalho, foi analisada a qualidade da água do córrego da Servidão em 3 pontos: na nascente, no Lago Azul e em um ponto logo após o final da canalização do córrego no Jardim Inocoop e na sua jusante na ETE do Jardim Novo. O objetivo foi analisar se ocorrem alterações na qualidade da água antes e após o trecho canalizado e se essas mudanças variam durante o ano.

Os dados utilizados para esta avaliação foram obtidos no site da Sala de Situação dos Comitês das Bacias PCJ, porém a coleta das amostras da água e os

testes foram realizados pela BRK Ambiental de Rio Claro, responsável pela coleta e tratamento de esgoto local.

Os parâmetros analisados foram: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), turbidez e demanda química de oxigênio (DQO).

Segundo o Portal da Qualidade das Águas, gerenciado pela Agência Nacional de Águas (ANA), o pH mede qual é a concentração de íons H^+ em uma solução e determina se a água é ácida, neutra ou alcalina. O pH pode afetar o metabolismo de várias espécies aquáticas e aumentar o efeito de substâncias químicas em organismos aquáticos, tais como os metais pesados.

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro essencial para a manutenção da vida aquática em razão da respiração aeróbica. Valores abaixo do normal podem indicar excesso de matéria orgânica na água e valores muito acima do desejado, podem indicar a supersaturação do meio, quando muito oxigênio é produzido por algas para o consumo da matéria orgânica.

A turbidez é a medição da resistência da água à passagem de luz. Esta resistência ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão. A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água.

A demanda química de oxigênio é o parâmetro que analisa a quantidade de oxigênio dissolvido consumido em meio ácido obtido na degradação de matéria orgânica. Esse parâmetro é importante para detectar a presença de esgoto sanitário ou afluentes industriais na água.

Para comparar os valores obtidos em testes no córrego da Servidão, foram utilizados os parâmetros (exceto DQO) presentes na CONAMA 357 para corpos d'água doce classe 2 (Tabela 1). Esses parâmetros estabelecem a destinação da água para o abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação e à aquicultura e à atividade de pesca. O parâmetro DQO não consta na CONAMA 357/2005 e em nenhuma legislação estadual, porém a análise dos valores obtidos podem indicar o vazamento irregular de efluentes orgânicos e industriais, caso haja valores fora da média ao longo do córrego.

Tabela 1 - Valores de referência para águas doces de Classe 2.

Parâmetro	Valores de referência
pH	6 < 9
Oxigênio Dissolvido	< 5mg/L
Turbidez	<100 UNT

Fonte: Resolução CONAMA nº 357 de 2005

5.4. Análise da legislação florestal em relação as Áreas de Preservação Permanente (APP)

A legislação ambiental define normas e infrações a fim de proteger o meio ambiente e reduzir os impactos ambientais gerados pela ação antrópica. Desde 1934 a legislação brasileira regulamenta a existência de áreas de proteção ambiental, porém o termo Área de Preservação Permanente (APP) foi introduzido apenas em 1965 com o Novo Código Florestal.

Conforme citado nas Leis nº 4.771/1965 e nº 12.651/2012 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.

O objetivo desta etapa da pesquisa foi analisar as leis referentes ao código florestal e comparar com os cenários de uso e ocupação da terra de 1962 e 2020, a fim avaliar o cumprimento das determinações da legislação quanto ao uso correto das APP de cursos d'água (Quadro 2).

Quadro 2 - Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em torno de corpos d'água, segundo as Leis nº 4.771/1965 e nº 12.651/2012

Categoria de APP	Largura mínima de faixa marginal	
	Lei nº 4.771/1965	Lei nº 12.651/2012
Cursos d'água de até 10 metros de largura	30m desde o seu nível mais alto	30m desde a borda da calha do leito regular
Cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura	50m desde o seu nível mais alto	50m desde a borda da calha do leito regular
Cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura	100m desde o seu nível mais alto	100m desde a borda da calha do leito regular
Cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura	200m desde o seu nível mais alto	200m desde a borda da calha do leito regular
Cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros	500m desde o seu nível mais alto	500m desde a borda da calha do leito regular

Lagos e lagoas naturais	Não especifica largura mínima	100 m em zonas rurais e 30m em zonas urbanas
Lagos e lagoas artificiais	Não especifica largura mínima	Definido na licença ambiental do empreendimento
Nascentes	Raio mínimo de 50m	Raio mínimo de 50m

Fonte: Brasil (1965) e Brasil (2012)

Com base nas determinações da legislação (Quadro 2) e considerando-se que a largura do córrego da Servidão em todo o seu percurso não ultrapassa 10m, foi constatado que as zonas de APP desta bacia são as faixas marginais de 30m, porém, na Lei de 1965 a faixa marginal começa a ser contada a partir do leito mais alto do corpo d'água, enquanto a Lei de 2012 considera a partir da calha do leito regular.

De acordo com essa informação, utilizando-se a ferramenta Buffer no ArcMap, foi criado um polígono no entorno da hidrografia. Assim, foi possível quantificar o uso e ocupação na faixa que deveria ser destinada à preservação da vegetação nos cenários de 1962 e 2020, utilizando a ferramenta de cálculo geométrico do SIG. Ao final, foi feito um mapa mostrando a faixa que deveria ser destinada às APP e os dados dos usos foram organizados numa tabela, mostrando a real ocupação destas áreas em 1962 e 2020.

5.5. Pesquisa Hemerográfica

Os registros de ocorrência de enchentes urbanas na cidade de Rio Claro datam do início do processo de urbanização e foram relatados pela imprensa local em diferentes épocas. Nesta etapa do trabalho foi realizado uma pesquisa hemerográfica com o objetivo de localizar dados referentes a canalização, supressão da vegetação e ocorrências de enchentes ao longo do canal do córrego da Servidão.

A pesquisa hemerográfica é aquela que utiliza a consulta a materiais e impressos de circulação geral para obter dados veiculados em uma comunidade ou grupo social tendo como base informações e notícias (FORTES, 2003).

A pesquisa foi realizada no Arquivo Público e Histórico de Rio Claro e na internet, onde foram selecionados artigos de jornais, fotos e notícias do período entre 1962 e 2021. Esse material foi analisado e relacionado com o processo de urbanização e de canalização do córrego da Servidão.

5.6. Trabalho de Campo

Após a concretização de todas as etapas, foi realizado um trabalho de campo com o propósito de qualificar o mapeamento de uso e ocupação da terra e documentar as classes escolhidas para o mapeamento.

Primeiramente foram estabelecidos 7 pontos na área de estudo, a partir das informações do Google Earth Pro. Esses pontos foram estrategicamente escolhidos para criar uma rota onde fosse possível visualizar todas as classes de uso da terra mapeadas e visitar locais onde houveram dúvidas na classificação manual das imagens.

O trabalho de campo foi realizado no dia 19/12/2020 e o trajeto foi feito de carro. Nos 7 pontos as feições foram fotografadas e os pontos registrados com um GPS. Em seguida, foi confeccionado um mapa com a localização dos pontos com as respectivas fotos das características das feições.

6. RESULTADOS

A aplicação dos procedimentos metodológicos previstos nesta pesquisa, permitiu o embasamento teórico e metodológico, a organização de dados e a elaboração de mapas temáticos, que embasaram a análise dos reflexos da expansão urbana na área compreendida pela bacia do córrego da Servidão.

6.1. Mapeamento do uso e ocupação da terra

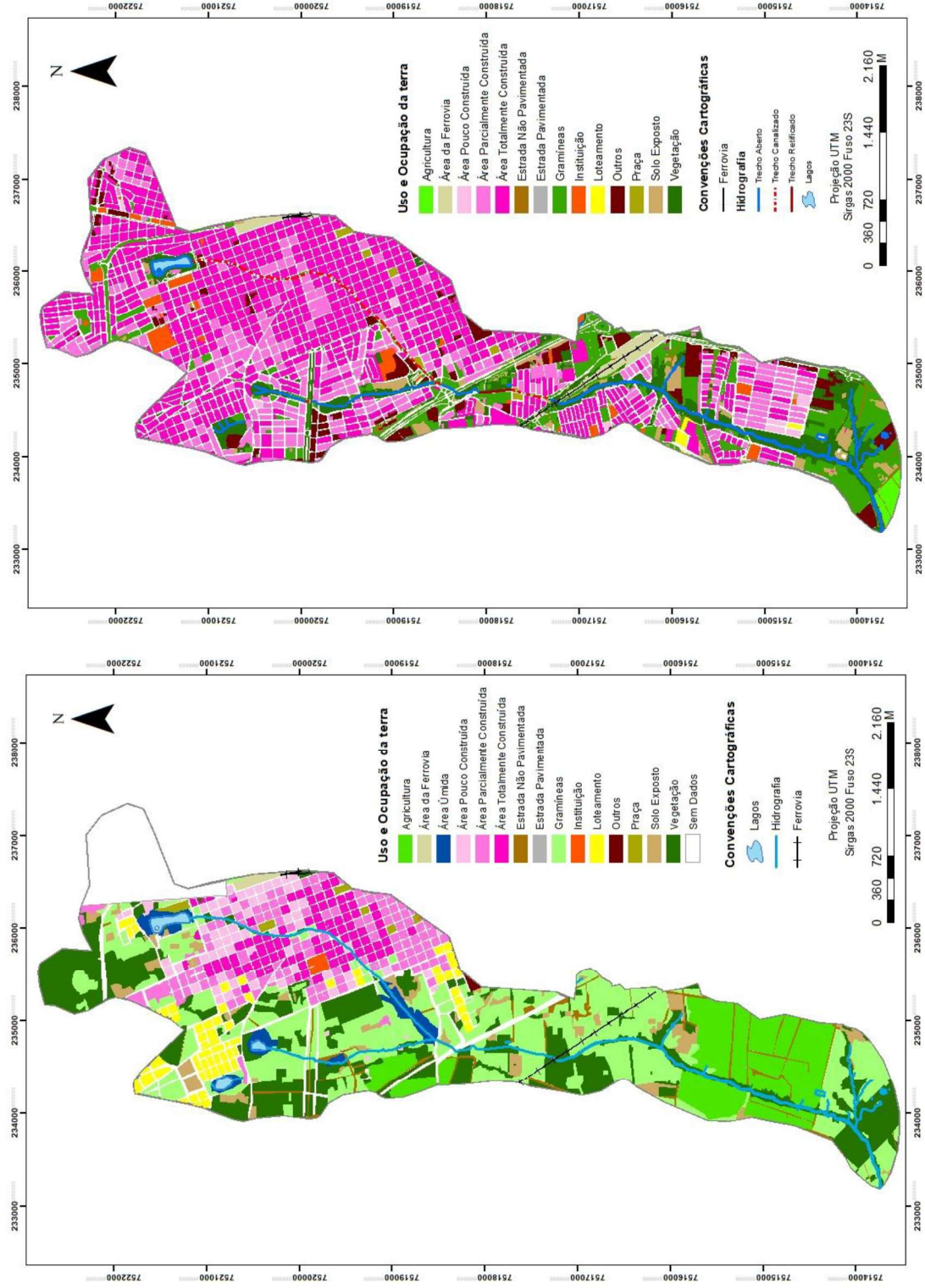
Como resultados iniciais, foram obtidos mapas temáticos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego da Servidão nos cenários de 1962 e 2020. Os mapas evidenciam a distribuição dos diferentes usos da terra na bacia (Figura 5).

Vale salientar, que o mapa temático do cenário de 1962 possui uma área em branco, a medida em que não foi encontrada a fotografia aérea desta região, por isso a porção nordeste do mapa foi classificada como “Sem Dados”.

Através da observação dos mapas temáticos, é possível visualizar uma grande mudança em relação à cobertura da terra durante o período de 1962 e 2020. Para maior compreensão dessas mudanças, foi realizado o cálculo das áreas de cada classe em ambos os cenários (em km), bem como da proporção (em %) ocupada por cada classe temática, além da mudança percentual do cenário de 2020 em relação ao de 1962 (Tabela 2).

O ano de 1962 corresponde ao cenário pré canalização, onde o córrego da Servidão possuía canal aberto e apenas alguns trechos retificados. Este cenário é composto, em sua maioria, por gramíneas, correspondendo a 26,32% da área. Este fato deve-se a grandes áreas de pastagem e à grande maioria da bacia pertencer a zona rural na época. Destaca-se também que quase 20% da área de estudo era coberta por vegetação arbórea, com grandes porções de mata nativa próximas à área urbana e corpos d'água.

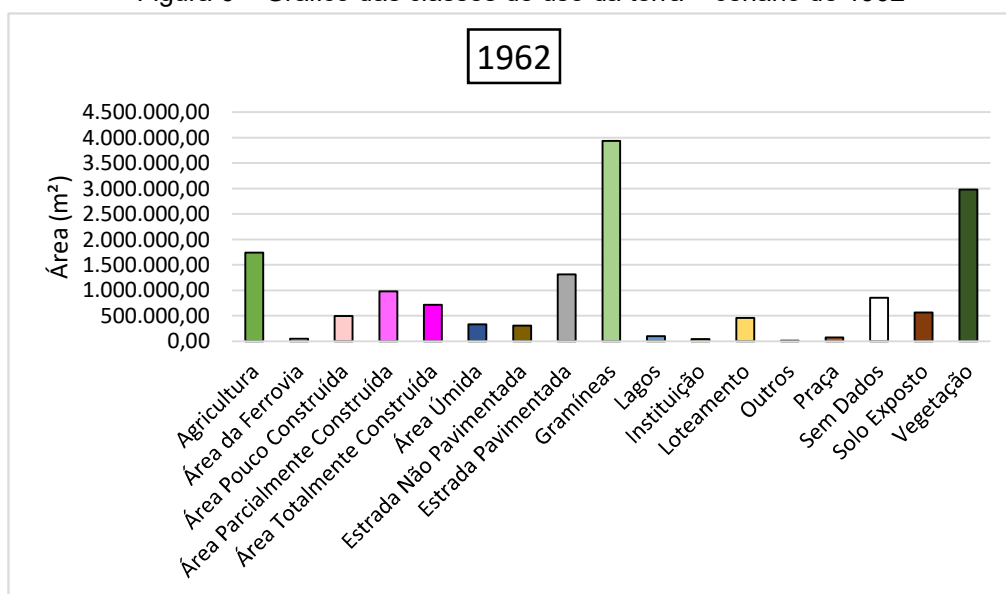
Figura 5 - Mapas de uso e ocupação da terra nos cenários de 1962 e 2020.



Fonte: elaborado pelo autor

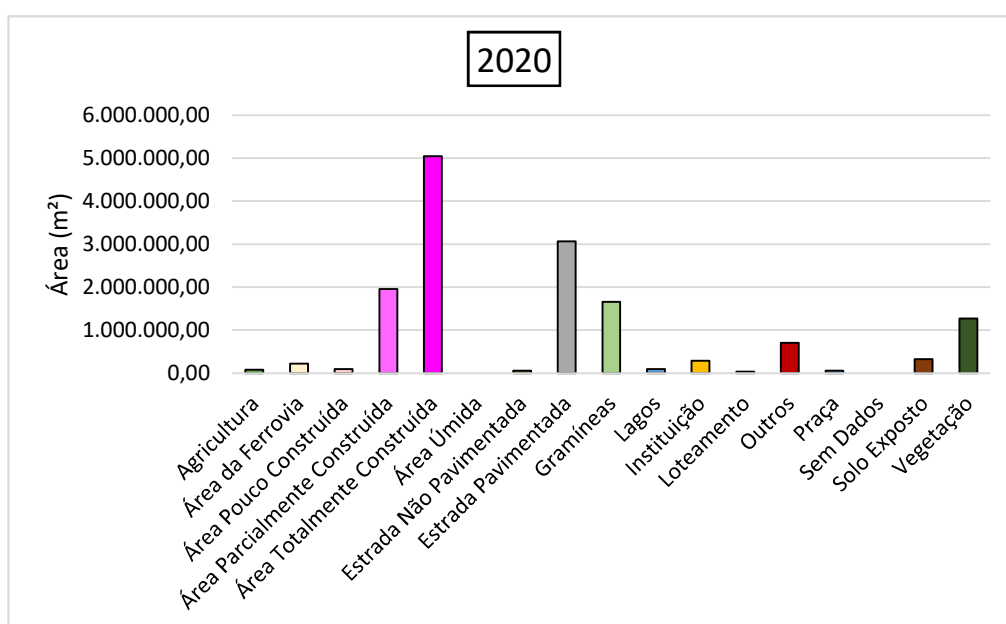
Em 2020, o córrego da Servidão já se encontrava canalizado em quase todo segmento que atravessa a área urbana, ou seja, desde sua nascente até o cruzamento da Av. Tancredo Neves com a Rodovia Washington Luís. Neste cenário, a classe predominante corresponde às áreas totalmente construídas, com 33,72%. Este valor é 603,19% maior do que a área ocupada por essa classe em 1962, comprovando a intensa expansão da área urbana e edificada na bacia do córrego da Servidão.

Figura 6 – Gráfico das classes de uso da terra – cenário de 1962



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 7 – Gráfico das classes de uso da terra – cenário de 2020



Fonte: elaborado pelo autor.

Outro destaque é o aumento das estradas pavimentadas, entre 1962 e 2020, aproximadamente, 1,75 km² da área de estudo foi impermeada para a criação de vias e rodovias neste período. Já as gramíneas e a vegetação, que eram classes dominantes em 1962, tiveram a redução de 57,42% e 57,40% respectivamente, dando espaço, principalmente, às áreas parcialmente e totalmente construídas e estradas pavimentadas.

A presença das áreas úmidas em 1962 é notada próxima dos lagos e no trecho onde hoje está localizado o início da Avenida Tancredo Neves. Em 2020 esta classe não foi observada, ou seja, houve a ocupação total destas áreas para outros usos.

Tabela 2 – Classes de uso da terra (1962 e 2020)

Classe	1962	2020
	Área (m ²)	Área (m ²)
Agricultura	1.742.104,12	81.904,38
Área da Ferrovia	49.393,18	218.441,64
Área Pouco Construída	497.199,60	95.276,48
Área Parcialmente Construída	982.168,50	1.953.736,30
Área Totalmente Construída	717.086,00	5.041.889,49
Área Úmida	330.171,80	0,00
Estrada Não Pavimentada	307.104,71	58.016,03
Estrada Pavimentada	1.310.713,00	3.063.312,45
Gramíneas	3.934.566,65	1.655.524,48
Hidrografia	96.310,58	96.310,58
Instituição	39.789,00	286.406,62
Loteamento	456.244,74	35.623,97
Outros	13.235,21	708.679,69
Praça	73.669,43	60.904,78

Sem Dados	853.457,04	0,00
Solo Exposto	565.897,90	324.538,73
Vegetação	2.981.800,06	1.270.345,90
Total	14.950.911,52	14.950.911,52

Fonte: elaborado pelo autor

As classes de loteamentos, áreas pouco construídas, solo exposto, agricultura e estradas não pavimentadas tiveram um decréscimo significativo devido à grande expansão do perímetro urbano de Rio Claro. Essas áreas, em sua maioria, foram pavimentadas e/ou edificadas, caracterizando uma redução significativa de áreas permeáveis na bacia.

Cabe destacar, que as imagens aerofotogramétricas de 1962, na escala 1:25.000, têm um nível de detalhamento baixo, dificultando a classificação das feições. Devido a essas características, as classes de uso como as instituições, praças, área da ferrovia e outros, foram difíceis de determinar por serem semelhantes à outras classes. Em contrapartida, nas imagens de 2020, de alta resolução (aproximadamente 1 metro), essas classes foram melhor discriminadas.

6.2. Análise da qualidade de água

A partir dos dados obtidos pela BRK Ambiental e publicados pelo comitê de bacias do PCJ, foi possível elaborar a Tabela 3 e comparar os valores dos parâmetros selecionados.

O ponto 1 (P1) é referente à nascente do córrego da Servidão, localizada na saída de água do Lago Azul. O ponto 2 (P2) foi escolhido por se tratar do local onde ocorre o fim da canalização, no Jardim Inocoop e o ponto 3 (P3) localiza-se na área de jusante do córrego, na ETE do Jardim Novo.

Tabela 3 – Parâmetros de qualidade da água do córrego da Servidão em 2020

Mês	Ponto	Parâmetros			
		pH (U.pH)	OD (mg/l)	Turbidez (NTU)	DQO (mg/l)
Janeiro	P1	6.7	4.90	16	36
	P2	7.1	7.50	5	16
	P3	7.3	7.80	8	<11
Fevereiro	P1	7.1	6.30	24	12
	P2	7.2	7.30	19	<11

	P3	7.3	7.80	15	<11
Março	P1	6.8	7.50	18	36
	P2	7.2	7.40	6	11
	P3	7.2	7.50	9	11
Abril	P1	7.5	9	29	29
	P2	7.7	7.8	13	13
	P3	8	8	14	<11
Maio	P1	7.8	10.2	23	46
	P2	7.7	7.8	4	15
	P3	8	9	3	<11
Junho	P1	7.2	6	24	21
	P2	7.5	7.2	12	<11
	P3	7.8	8.2	90	<11
Julho	P1	6.6	6.9	8	<11
	P2	7.0	7.20	2	15
	P3	7.5	7.90	6	35
Agosto	P1	7.6	9.00	21	47
	P2	7.3	7.1	7	<11
	P3	7.9	9.00	8	<11
Setembro	P1	6.7	5.70	31	50
	P2	6.3	7.20	4	<11
	P3	6.4	8.90	2	<11
Outubro	P1	9.0	12.0	32	55
	P2	7.3	7.00	5	12
	P3	7.5	7.60	8	<11
Novembro	P1	7.4	6.50	28	30
	P2	7.3	7.20	9	14
	P3	7.8	7.50	6	14
Dezembro	P1	7.4	7.80	22	17
	P2	7.3	6.90	17	13
	P3	7.6	7.30	30	<11

Fonte: Adaptado da Sala de Situação PCJ, 2020

Com relação aos valores de pH, os resultados variaram entre 6,30 e 9,00 U.pH, sendo o menor valor registrado em Setembro, no ponto 2 e o maior valor em Outubro de 2020, no ponto 1. Apesar da grande variância, todas as amostras estavam dentro dos valores de referência para águas doces de Classe 2 da CONAMA 357/2005 (Tabela 1) (BRASIL, 2005).

É possível observar uma tendência de aumento do pH do ponto à jusante em relação à montante, o que significa que a água da nascente do córrego é ligeiramente mais ácida se comparada à da foz. Em referência ao ano de 2020, praticamente todos

os meses possuíram valores similares, entre 6,6 e 8,00 U.pH; apenas nos meses de Setembro e Outubro foram obtidos resultados fora do intervalo, como já destacado.

Os resultados do fator OD no córrego da Servidão mostram que todas as amostras, com exceção do P1 em janeiro, estão dentro do padrão estabelecido pela CONAMA 357/2005 para águas doce de Classe 2. A média anual é de 7,66mg/l, sendo que o maior valor foi registrado em Maio no P1 e o menor em Outubro, também no P1, mostrando que o P1 apresenta a maior variância entre os meses. Comparando o OD no trajeto do córrego, não foi observado um padrão dominante.

Os números apontados para o fator turbidez variam entre 2 e 90 NTU, sendo o P1, o ponto que geralmente apresenta os maiores valores. Comparando as médias mensais, os meses de Junho e Dezembro detêm os maiores números, porém, nenhuma amostra ultrapassa o valor máximo estipulado pela CONAMA 357/2005.

A demanda química de oxigênio apresentou valores muito maiores no P1 em comparação com os demais pontos a jusante. A média do P1 no ano de 2020 foi de 32,5mg/l, enquanto a média dos pontos P2 e P3 foram de 12,75mg/l e 13,25mg/l, respectivamente. Em relação à dinâmica anual, os meses de Agosto, Setembro e Outubro apresentam os maiores valores de P1.

6.3. Pesquisa Hemerográfica

Como resultados da pesquisa hemerográfica, foram encontradas fotos do processo de canalização do córrego da Servidão sem data, porém é possível visualizar a ocupação do seu entorno e a construção do sistema viário sobre o canal (Figuras 7 e 8). Pode-se observar que ainda haviam porções de vegetação, gramíneas e solo exposto próximas ao córrego, porém a área já estava cercada pela urbanização.

Figura 8 - Imagem da aérea da Avenida Visconde de Rio Claro e de seu entorno. Sem data



Fonte: Acervo Público e Histórico do Município de Rio Claro

Figura 9 - Foto aérea das obras de canalização do córrego da Servidão. Sem data



Fonte: Acervo Público e Histórico do Município de Rio Claro

Em relação às informações da imprensa local, o Jornal Cidade de Rio Claro de 23 de fevereiro de 1962, divulgou uma notícia sobre as obras de cobertura do córrego da Servidão. Esta destacou que as obras da via radial, ao lado do Mercado Municipal, já estavam prontas para receber concreto armado e que a obra deveria ser finalizada em alguns dias.

Figura 10 - Imagem do Jornal Cidade de Rio Claro noticiando as obras de canalização do córrego da Servidão em 23 de fevereiro de 1962



Fonte: Acervo Público e Histórico do Município de Rio Claro

Neste mesmo jornal, foi encontrado um artigo de 20 de março de 1962 sobre o córrego, destacando que houve uma grande inundação em parte da cidade, ocorrida no dia 19 de março. A inundação teria ocorrido entre a Avenida 4 e a Avenida 8, através das obras da via radial, deixando ruas alagadas, veículos submersos, invadindo casas e o Mercado Municipal. Além disso, o artigo destaca que houve imensos prejuízos nas obras municipais da via radial.

Figura 11 - Imagem do Jornal Cidade de Rio Claro noticiando a ocorrência de inundação na cidade de Rio Claro em 19 de março de 1962.



Fonte: Acervo Público e Histórico do Município de Rio Claro

Para a pesquisa de notícias atuais, foi utilizada a internet, consultando-se Portais de notícias de grande influência, assim como jornais locais.

Deste modo, identificou-se uma notícia do dia 20 de março de 2020, do Jornal Cidade, jornal local de Rio Claro, na sua página virtual, mostrando diferentes pontos de alagamento na cidade e os transtornos causados no trânsito devido as chuvas. A reportagem destaca que somente na Avenida Visconde de Rio Claro, 6 carros, que ficaram ilhados, tiveram que ser removidos pelos bombeiros.

A segunda notícia selecionada foi retirada do Portal de Notícias G1, e foi publicada no dia 13 de janeiro de 2021. Esta destaca as fortes chuvas e alagamentos ocorridos na cidade de Rio Claro e Santa Gertrudes. Em Rio Claro, foram registrados 93,8 mm de chuva e a Avenida Visconde do Rio Claro e Avenida 16 foram inundadas, deixando dois carros ilhados. No Jardim São Paulo o muro de um condomínio caiu e um motorista ficou preso na enxurrada. A página também contém um vídeo, onde é possível ver móveis sendo arrastados pela enxurrada no Jardim São Paulo.

Figura 12 - Alagamento em Rio Claro – SP, em 13 de janeiro de 2021



Fonte: G1, 2021

A cerca da qualidade da água do córrego da Servidão, há uma notícia divulgada pelo site da imprensa da Prefeitura Municipal de Rio Claro no dia 14 de dezembro de 2014 que cita o final das obras de canalização do esgoto na Avenida Visconde de Rio Claro e Tancredo Neves. Nestas duas avenidas, o esgoto corria misturado às águas do córrego da Servidão nas galerias sob o asfalto e,

especialmente nos períodos de seca, exalava um mau cheiro que por décadas incomodou moradores, comerciantes e motoristas. Essas obras foram chamadas de “despoluição do córrego da Servidão” e além da canalização do esgoto, contou com a construção da ETE do Jardim Novo, a fim de tratar esses efluentes domésticos.

6.4. Análise da legislação vigente e áreas de preservação permanente

A primeira lei que regulamentou o uso de áreas para a preservação ambiental foi o Decreto nº 23.793/1934. Ele normatizou quatro tipos de floresta, entre elas as “florestas protectoras”, termo precursor das áreas de preservação permanente. Essas florestas tinham finalidades específicas, como por exemplo a conservação do regimento das águas e evitar a erosão do solo. Este decreto também destaca que “Nenhum proprietario de terras cobertas de mattas poderá abater mais de tres quartas partes da vegetação existente” (BRASIL, 1934)

O decreto citado acima foi revogado pela Lei 4.771, de 1965, que instituiu o novo Código Florestal. Esta lei introduz as APPs na legislação brasileira e decreta que as especificações para delimitação destas áreas. Segundo a lei, na área de estudo, as APPs estão localizadas ao longo dos rios e cursos d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal, e a largura mínima deve ser de 30 metros, como mostra o quadro 2. Após 45 anos, a Lei 4.771/1965 foi revogada pela Lei 12.651 de 2012, que considera as APPs a faixa marginal aos longos dos rios e cursos d'água, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 metros.

Apesar da largura mínima da faixa marginal não se alterar em ambas as leis, o início da medição dessas faixas varia de acordo com o nível do corpo d'água. Sendo assim, a Lei de 1965, que considera o nível mais alto para a contagem, abrange uma área maior de APPs do que a Lei de 2012, que considera a calha do leito regular.

Considerando os critérios para a delimitação de APPs citadas nas Leis 4.771, de 1965 e 12.651 de 2012, foram confeccionados os mapas temáticos abaixo (figura 12) que mostram os limites das áreas de preservação e os usos e ocupações no cenários de 1962 e 2020. A área total destinada à preservação, segundo a lei de 1965 deveria ser cerca de 1.520.938,80 m² enquanto a área segundo a lei de 2012, deveria ser de, aproximadamente, 1.184.331 m² porém, nesse espaço, tanto em 1962 quanto em 2020, haviam vários outros usos e ocupações, como mostra a tabela 4.

Tabela 4 - Uso e ocupação nas áreas de preservação permanente nos cenários de 1962 e 2020.

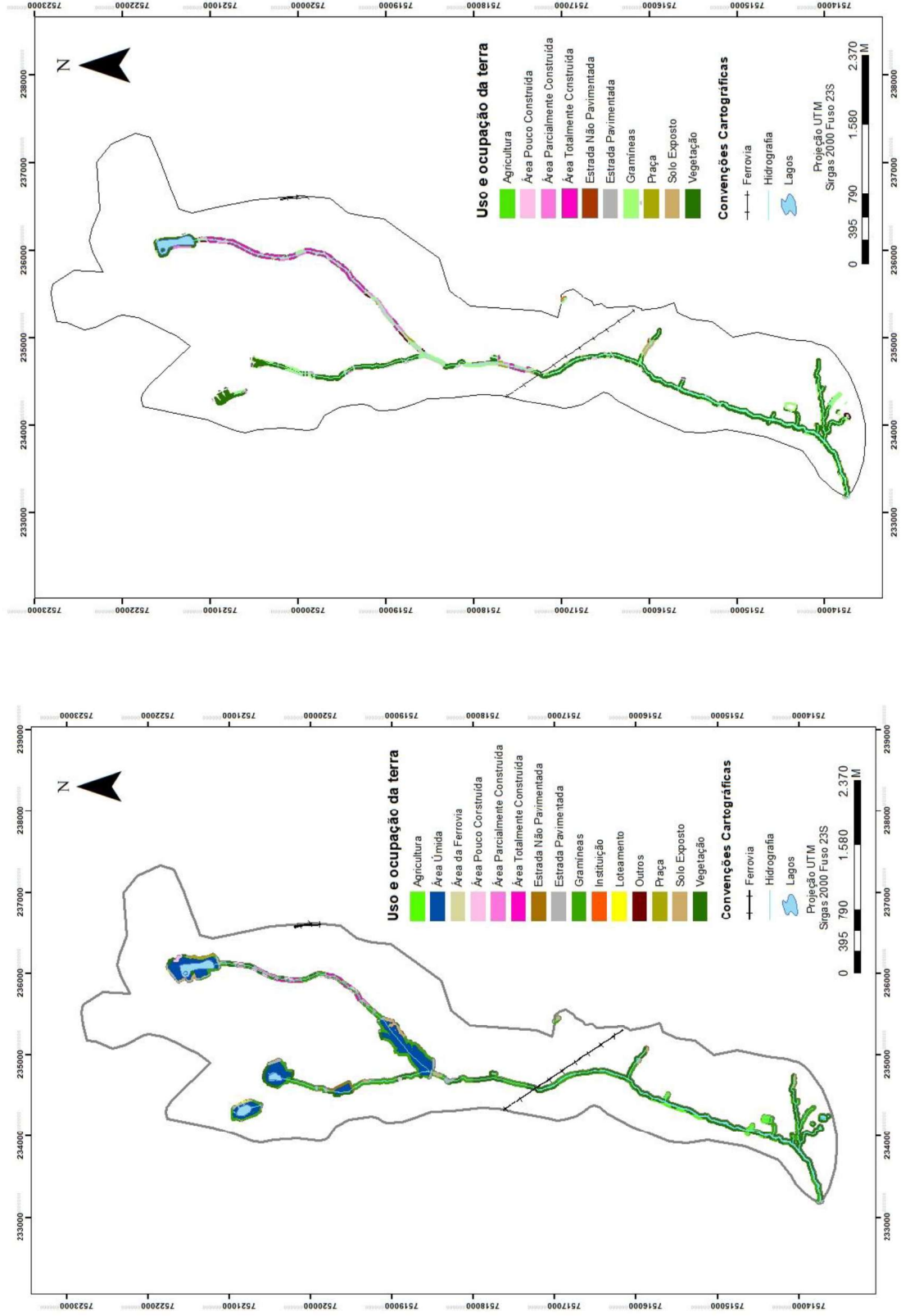
Classe	Cenário 1962	Cenário 2020
	Área (m²)	Área (m²)
Agricultura	37.601,68	1.678,44
Área da Ferrovia	0,00	1.251,62
Área Úmida	330171,80	0,00
Área Parcialmente Construída	10.466,75	22.292,93
Área Pouco Construída	16.959,87	2.716,31
Área Totalmente Construída	13.920,63	59.421,60
Estrada Pavimentada	259.223,82	369.550,84
Estrada Não Pavimentada	13.886,86	3.846,37
Gramíneas	339.261,22	112.024,84
Instituição	0,00	1.540,76
Loteamento	2.840,19	0,00
Outros	0,00	27.426,95
Praça	11.284,25	7.171,79
Solo Exposto	40.314,15	20.385,61
Vegetação	445.007,59	555.023,36
Total	1.520.938,80	1.184.331,41

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao fazer a análise do uso e ocupação nas APPs, é possível notar que nenhum dos cenários possui essas áreas completamente preservadas, apresentando grandes porcentagens de outras classes, principalmente estradas pavimentadas e gramíneas.

As áreas com vegetação arbórea sofreram um aumento entre 1962 e 2020, porém as áreas ocupadas por gramíneas e áreas úmidas caíram drasticamente, sendo que em 2020 não foi constatado áreas úmidas nas APPs. Outro destaque é o aumento nas classes de estradas pavimentadas e áreas totalmente construídas, indicando a impermeabilização severa da área.

Figura 13 - Uso e ocupação nas áreas de preservação permanente nos cenários de 1962 e 2020.



Fonte: elaborado pelo autor.

6.5. Trabalho de campo

Para a qualificação do mapeamento realizado, foi feito um trabalho de campo, a fim de observar as classes de uso e ocupação e identificar pontos onde houveram dúvidas. Foram 8 pontos estrategicamente escolhidos e uma rota traçada a fim de percorrer grande parte da área de estudo, no sentido de fluxo do córrego da Servidão. Em cada parada foram tiradas fotos (Figura 13) e os pontos foram coletados no GPS, exceto o ponto 4 que foi coletado por smartphone (Quadro 3).

Quadro 3 - Descrição e localização dos pontos visitados no trabalho de campo

Ponto	Coordenadas UTM Zona 23 S		Descrição
	Longitude (m)	Latitude (m)	
Ponto 1	236.464	7.521.423	E.E. Profº "João Batista Leme
Ponto 2	236.111	7.521.148	Lago Azul
Ponto 3	235.362	7.519.125	Praça Dalva de Oliveira
Ponto 4	234.745	7.518.478	Final do trecho canalizado do Córrego da Servidão
Ponto 5	234.474	7.517.376	Trecho da Ferrovia
Ponto 6	234.241	7.515.190	Ponto sobre o Córrego da Servidão
Ponto 7	233.740	7.514.308	Vista para o Aterro Sanitário
Ponto 8	233.411	7.513.991	ETE Jardim Novo – Foz do Córrego da Servidão

Fonte: elaborado pelo autor

Ao analisar o córrego da Servidão seguindo a direção de seu fluxo, foi possível observar que em sua nascente (ponto 1), havia muitos resíduos sólidos e a água encontrava-se mais turva do que em relação ao final do trecho canalizado (ponto 4). No ponto 6, onde o córrego se encontra em trecho aberto, notou-se que há um longo segmento de mata ciliar e a água é pouco turva, sendo possível visualizar o fundo da calha do córrego.

A partir da observação em campo, foi possível identificar estradas não pavimentadas que não foram identificadas pelas imagens de satélite, além disso, visitando o ponto 7, foi possível avistar lotes de empreendimentos, não identificados no mapeamento, como um aterro sanitário e um depósito de veículos que entraram na classe “Outros”. Destaca-se que esses lotes se encontravam bem próximos da foz

do córrego da Servidão, onde se encontra a Estação de Tratamento de Esgoto do Jardim Novo, administrada pela BRK Ambiental (ponto 8).

Figura 14 - Localização e foto dos pontos visitados no trabalho de campo



Fonte: elaborado pelo autor

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados os reflexos gerados pelo processo de urbanização e pela canalização na bacia do Córrego da Servidão. Foram analisados o uso e ocupação na bacia hidrográfica e nas APP, antes (cenário de 1962) e depois da canalização (cenário de 2020), além da qualidade da água em pontos estratégicos do córrego. Foi elaborado um embasamento teórico utilizando pesquisas acadêmicas e hemerográficas, além de trabalho de campo para a qualificação do mapeamento e caracterização da área de estudo.

As geotecnologias se mostraram muito eficazes na análise do processo de urbanização na bacia hidrográfica. Neste sentido, a fotointerpretação apresentou grande contribuição na avaliação temporal da área de estudo, permitindo a comparação de parâmetros relacionados a expansão urbana e as alterações que a bacia do córrego da Servidão sofreu em relação à ocupação, no período de 58 anos.

As técnicas de geoprocessamento, utilizadas no software ArcMap, foram efetivas para a análise dos dois cenários e para a confecção dos mapas temáticos. Apesar do cenário de 1962 não cobrir toda a área de estudo e apresentar uma qualidade visual inferior, foi possível fazer uma comparação visual e quantitativa das 14 classes uso e ocupação escolhidas e analisar as mudanças em relação à 2020.

Os mapas gerados mostram que, entre 1962 e 2020, houve a expansão da malha urbana, tornando o cenário de 2020 quase totalmente urbanizado, com exceção da porção sul, ocupada por feições de agricultura e outras classes. Também é possível observar a diminuição das classes permeáveis, como vegetação, gramíneas e área úmida.

Com a comparação das leis florestais de 1965 e 2012, foi possível observar uma mudança nas medições das áreas de preservação permanente e com isso, houve uma diminuição de 336.607,8 m² de APPs entre os cenários de 1962 e 2020. Considerando estas áreas, nenhum cenário de uso e ocupação é satisfatório. Em ambos os cenários havia grandes áreas de vegetação, porém estavam presentes vários elementos urbanos como estradas pavimentadas e áreas construídas. Vale destacar também a extinção da classe áreas úmidas e a queda acentuada na porcentagem de gramíneas no cenário de 2020.

Quanto à qualidade da água, foi possível notar que, em geral, o Córrego da Servidão apresenta uma boa qualidade, sendo que os parâmetros avaliados

encaixam-se na Classe 2 de corpos d'água doce, segundo a CONAMA 357/2005. Contudo a nascente apresenta valores destoantes em relação aos outros pontos. Acredita-se que essa diferença seja em razão de a nascente ser um lago localizado em um parque urbano.

A notícia obtida na imprensa de Rio Claro mostra que nem sempre o córrego teve suas águas com boa qualidade. Ela destaca que havia lançamento de esgoto no corpo d'água e mal cheiro, e que só a partir de 2014 com as obras de canalização de esgoto, houve a despoluição do córrego da Servidão

Através da pesquisa hemerográfica e da revisão bibliográfica, foi possível notar que o problema com inundações em torno do córrego da Servidão é antigo e recorrente, pois desde o início das obras no córrego, há registros de alagamentos na área dessa bacia.

Os resultados obtidos neste trabalho colaboram para enfatizar a importância do planejamento urbano e preservação das áreas ribeirinhas, a fim de evitar perdas materiais e humanas em enchentes e problemas de drenagem. A bacia em questão sofreu grandes mudanças decorrentes da urbanização sem adequado planejamento e obras de drenagem que transferem o problema para áreas a jusante, em vez de resolvê-los.

Com a adoção de melhorias no planejamento urbano, ampliação de áreas permeáveis e preservação da mata ciliar remanescente, seria possível a diminuição nos problemas relacionados a inundações, melhorando a qualidade de vida da população e poupando recursos que seriam utilizados futuramente com obras de remediação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOZZI, S. L. **Planejamento e gestão de bacias hidrográficas: uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica**. Tese de doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, 2005.
- ANTONIO FILHO, F. D. **Crescimento Urbano E Recursos Hídricos: O Caso De Rio Claro (SP)**. Estudos Geográficos, Rio Claro, v.1: 55-62p, Junho, 2003
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**. Brasília: MMA, 2005. 23p.
- BRASIL. Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. **Decreta o Código Florestal**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 1934.
- BRASIL, 1965. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. **Código Florestal**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1965
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Institui o Código Florestal**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2012.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**; 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014, 384 p.
- CHUVA causa transtornos no trânsito de Rio Claro em diversos pontos. **Jornal Cidade**, 2020. Disponível em: <https://www.jornalcidade.net/rc/chuva-causa-transtornos-no-transito-de-rio-claro-em-diversos-pontos/148251/>. Acesso em 20 de jan. de 2021.
- CHUVA forte causa transtornos e alagamentos em Rio Claro e Santa Gertrudes. **G1**, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2021/01/13/fotos-chuva-forte-em-santa-gertrudes-causa-alagamentos.ghtml>. Acesso em 20 de jan. de 2021.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 1980. 188 p.
- CONCEIÇÃO, F. T., BONOTTO, D. M. **Use of U-isotopes disequilibrium to evaluate the weathering rates and fertilizer-derived uranium at São Paulo State, Brazil**. Environmental Geology, 44(4):408-418, 2003.
- CONCLUÍDA obra que acaba com mau cheiro na Visconde do Rio Claro. **Imprensa de Rio Claro – SP**, 2014. Disponível em: <https://imprensa.rioclaro.sp.gov.br/?p=26395>. Acesso em 10 de mar de 2021.
- CORDOVEZ, J.C.G. **Geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana**. I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracajú, 2002
- FERREIRA, F. R. B. **Análise integrada de dados no estudo da dinâmica da terra em uma bacia hidrográfica: o caso do rio Balsinhas – MA**. Tese de doutorado.

Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, 2006.

FUNDAÇÃO SEADE. **Perfil dos Municípios Paulistas** - 2020. São Paulo, Fundação Seade, 2020. Disponível em: <https://perfil.seade.gov.br>. Acesso em: 15 dez. 2020.

GARCIA, G.J.; GARCIA, L.B.R.; GERARDI, L.H.O. **A expansão urbana de Rio Claro - SP: uma aproximação quantitativa**. Geografia, Rio Claro, SP, v.8, n.15-16, p.175-180, 1983.

IGBP - INTERNATIONAL GEOSPHERE-BIOSPHERE PROGRAMME. **Land Use and Cover Change**. 1994. Disponível em: <http://www.igbp.net/researchprojects/igbpcoreprojectsphaseone/landuseandcoverchange.4.1b8ae20512db692f2a680009062.html#:~:text=More%20multimedia%20%C2%BB,Land%20Use%20and%20Cover%20Change,social%20impacts%20of%20this%20change%3F>. Acesso em: 02 jul.2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil: 500 anos de povoamento**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <https://brasil500anos.ibge.gov.br/estatisticas-do-povoamento/evolucao-da-populacao-brasileira.html>. Acesso em 07 jul. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>. Acesso em 07 jul. 2020

MELLO, K. et al. **Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: o caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil**. Revista da Gestão Costeira Integrada, Lisboa, v. 13, n. 4, p. 539-551, dez. 2013. Disponível em http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S164688722013000400011&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 29 jun. 2020.

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica e as chuvas no Estado de São Paulo – estudo geográficos sob a forma de atlas**. IGEOG-USP: São Paulo, 1973.

MORAES, I. C. **Análise da dinâmica do uso da terra e sua interferência em inundações na cidade de Rio Claro (SP)**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011.

MORAES, I. C. et al. **Interferência do uso da terra nas inundações da área urbana do Córrego da Servidão, Rio Claro (SP)**. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 13, n. 2 abr/jun, 2012, 187-200 p.

MORUZZI, R. B. et al. **Contribuição metodológica para a caracterização de áreas potenciais de inundação em uma bacia hidrográfica urbanizada, com o suporte de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: apresentação de dois cenários em um módulo piloto.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. Anais... São Paulo, 2007.

MORUZZI, R. B. et al. **Efeito da ocupação urbana e de obras de drenagem sobre o hidrograma de uma bacia urbanizada: o caso da bacia do Córrego da Servidão em Rio Claro, SP.** In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 5, 2009, Campos gerais. Anais... Campos Gerais, 2009.

MEDINILHA, A. A. **Degradação da mata ciliar e os impactos nos recursos hídricos desencadeados pela expansão urbana de Rio Claro/SP no entorno do Rio Corumbataí.** 1999. Tese de doutorado – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 1999.

OLIVEIRA, H.B.; PRADO, H. **Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos.** II Memorial Descritivo. Instituto Agrônomo de Campinas, 138 p. 1984

PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do Setor Centro-Occidental da Depressão Periférica Paulista.** Tese de doutorado - Instituto de Geografia Universidade de São Paulo. Série Teses e Monografias nº 22, 1976.

PUPIM, F. N. **Aspectos Fisiográficos no Município de Rio Claro – SP.** 2010. 121 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. 2010.

RODRIGUES, M. **Geoprocessamento: um retrato atual.** [Entrevista]. Fator Gis: a Revista do Geoprocessamento, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 20-23, 1993.

ROSS, J. L. S. **Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 9, p. 65 - 75, 1995. Disponível em <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53692/57655>. Acesso em: 02 jul. 2020.

ROSSETTI, L.A.F.G. **Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP).** Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, G. F. dos; PINHEIRO, A. **Transformações geomorfológicas e fluviais decorrentes da canalização do rio Itajaí-Açu na divisa dos municípios de Blumenau e Gaspar (SC).** Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 3, n. 1. p. 1-9, 2002.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: Ciência e aplicação**; 4ª ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ ABRH, 2009, 35-51 p.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. Editora Oficina de Textos. Série Textos Básicos de Geociências, 2000, 569 p.

TAVARES, A.C; SILVA, A.C.F. **Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica**. Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro. v. 3, n.1, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 2, n. 2 jul/dez 1997, 05-12 p.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006, 302 p.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003, 471 p.

TUCCI, C.E.M.; COLLISHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. In: TUCCI, C.E.M; MARQUES, D.M.L.M. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministérios das Cidades - Global Water Partnership - World Bank - Unesco. 269 p. 2005.

VIEIRA, V. T., Cunha, S.B. **Mudanças na morfologia dos canais urbanos: Alto Curso do rio Paquequer, Teresópolis– RJ** (1997/98 – 2001). Revista Brasileira de Geomorfologia. N. 1, 2008.

VON AHN, M. M.; SANTOS, F. C.; SIMON, A. L. H. **Uso da terra, conflitos ambientais e a importância das relações entre geodiversidade e biodiversidade para a conservação da natureza**. Geografia, v. 1, n. 1, p. 131-146, 2016.

ZAINE E.J. **Geologia da Formação Rio Claro, na Folha Rio Claro (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1994.