

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO AMBIENTAL

MARIANA DOS SANTOS PELEGRINI

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO CLARO, NO MUNICÍPIO
DE SANTA RITA DO PASSA QUATRO – SP**

Sorocaba 2021

MARIANA DOS SANTOS PELEGRINI

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO CLARO, NO MUNICÍPIO
DE SANTA RITA DO PASSA QUATRO - SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Doutor Emerson Martins Arruda

Sorocaba 2021

MARIANA DOS SANTOS PELEGRINI

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA SUB-BACIA DO RIO CLARO, NO MUNICÍPIO DE
SANTA RITA DO PASSA QUATRO – SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Sustentabilidade na Gestão Ambiental para obtenção do
título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

Sorocaba, 26 de agosto de 2021.

Orientador

Dr. Emerson Martins Arruda
Universidade Federal de São Carlos

Examinador

Dr. André Cordeiro Alves dos Santos
Universidade Federal de São Carlos

Examinador

Dr. Ronaldo Missura
Universidade Federal de Sergipe

Pelegrini, Mariana dos Santos

Caracterização ambiental da Sub-bacia do Rio Claro, no município de Santa Rita do Passa Quatro -SP / Mariana dos Santos Pelegrini -- 2021.

68 f.

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

Orientador (a): Emerson Martins Arruda

Banca Examinadora: André Cordeiro Alves dos Santos, Ronaldo Missura

Bibliografia

1. Elementos do meio físico. 2. Fragilidade ambiental. 3. Caracterização ambiental. I. Pelegrini, Mariana dos Santos. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Mariana dos Santos Pelegrini, realizada em 26/08/2021.

Comissão Julgadora:

Emerson Arruda

Prof. Dr. Emerson Martins Arruda (UFSCar)

Emerson Arruda

Prof. Dr. Andre Cordeiro Alves dos Santos (UFSCar)

Emerson Arruda

Prof. Dr. Ronaldo Missura (UFS)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que desde o início me ensinaram a batalhar pela pesquisa e por um futuro melhor. Aos amigos pelo apoio e compreensão ao longo desta jornada. E a todos que torceram por mim.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus por meio da intercessão de Nossa Senhora de Aparecida e Santa Rita de Cássia por me capacitarem para realização deste feito.

Agradeço ao meu orientador Prof. Emerson pela atenção e conhecimento transmitido. Obrigado por confiar em mim.

Aos professores da UFSCar André Cordeiro, Ismail Barra Nova, Eliana Cardoso Leite, Rogério Hartung Toppa. Cada um de vocês me ajudou com algo para realização deste trabalho, mais uma vez manifesto meu agradecimento. Aos membros externos André de Oliveira Souza e Dr. Ronaldo Missura pela colaboração na pesquisa.

A todos os colegas da turma de mestrado, em especial aos alunos: Priscila, Suenylse, Jéssica, Lucas, Duane e Manuela. A vocês minha eterna gratidão.

Agradeço de maneira especial à Prefeitura Municipal de Santa Rita do Passa Quatro pela colaboração em possibilitar a abertura de portas de alguns locais da pesquisa para que pudéssemos realizar as visitas e levantamento de campo.

Por fim agradeço a instituição Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, por me proporcionar todas as condições necessárias para poder realizar esse sonho de estudar mais.

RESUMO

PELEGRINI, Mariana dos Santos. Caracterização Ambiental da Sub-Bacia do Rio Claro no Município de Santa Rita do Passa Quatro - SP. 2021. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2021.

O crescimento acelerado da população, aliada às atividades socioeconômicas, resulta numa contínua e intensa pressão sobre os recursos naturais, causando transformações nas unidades de determinado ambiente. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar os elementos físicos que compõem a Sub-Bacia do Rio Claro, localizada em Santa Rita do Passa Quatro, SP, buscando mapeamentos temáticos para auxílio de uma melhor visualização do espaço e análise dos componentes, sendo necessário compreender a influência que a área de entorno dessa bacia exerce sobre o município. Para isto, analisou-se a influência da hidrografia, declividade, tipos de solo, hipsometria, formas de relevo e uso e ocupação da terra que afetam diretamente o local. Essa influência foi avaliada em termos da dinâmica da topografia e também da expansão urbana na área. Por fim, a análise das informações levantadas indicou pontos que apresentam de médio a alto grau de fragilidade, tanto potencial, quanto emergente, sendo estes locais susceptíveis a processos de impactos ambientais como erosão, assoreamento, degradação de APPs, entre outros. Verifica-se então a necessidade de reavaliação do uso e ocupação do solo e revela-se que trabalho poderá subsidiar futuros projetos de planejamento e gestão territorial do município.

Palavras-chave: Elementos Físicos; Fragilidade; Impactos Ambientais; Sub-Bacia do Rio Claro.

ABSTRACT

PELEGRINI, Mariana dos Santos. Environmental Characterization of the Rio Claro Sub-Basin in the Municipality of Santa Rita do Passa Quatro - SP. 2021. Dissertation (Master in Sustainability in Environmental Management) - Federal University of São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2021.

The rapid growth of the population, combined with socioeconomic activities, results in a continuous and intense pressure on natural resources, causing transformations in the units of a given environment. In this context, the objective of this research was to characterize the physical elements that make up the Sub-Basin of Rio Claro, located in Santa Rita do Passa Quatro, SP, seeking thematic mappings to aid in a better visualization of the space and analysis of the components, being necessary understand the influence that the area surrounding this basin exerts on the municipality. For this, the influence of hydrography, slope, soil types, hypsometry, relief forms and land use and occupation that directly affect the location were analyzed. This influence was evaluated in terms of the dynamics of the topography and also the urban expansion in the area. Finally, the analysis of the information collected indicated points that present a medium to high degree of fragility, both potential and emerging, being these places susceptible to processes of environmental impacts such as erosion, silting, degradation of APPs, among others. The need for reassessment of land use and occupation is then verified, and it is revealed that the work can support future planning and territorial management projects in the municipality.

Keywords: Physical Elements; Fragility; Environmental impacts; Sub-Basin of Rio Claro.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
ARTIGO 1: Caracterização Ambiental dos Elementos do Meio Físico da Sub-Bacia.	15
INTRODUÇÃO.....	15
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ARTIGO 2: Discussão sobre a qualidade da água em Santa Rita do Passa Quatro ..	30
INTRODUÇÃO.....	30
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ARTIGO 3: Estudo da Fragilidade Ambiental da Sub-Bacia do Rio Claro	46
INTRODUÇÃO.....	46
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CONCLUSÃO GERAL	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.....	17
Figura 2: Visão a partir do monumento do Cristo Redentor, Morro Itatiaia.....	21
Figura 3: Mapa das unidades de relevo da sub-bacia.....	22
Figura 4: Escarpa arenítica florestada na porção norte da bacia.....	22
Figura 5: Aspecto geral da unidade 4.	23
Figura 6: Mapa de hipsometria da Sub-bacia do Rio Claro.....	24
Figura 7: Mapa de declividade na Sub-bacia do Rio Claro	26
Figura 8: Mapa de uso e ocupação da terra na Sub-bacia do Rio Claro.....	25
Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo.....	31
Figura 2: Equipamento utilizado em campo para medição do ORP.	35
Figura 3: Amostra retirada da represa de abastecimento de Santa Rita	37
Figura 4: Mapa Hidrológico da Sub-Bacia do Rio Claro.....	38
Figura 5: Localização das amostras na região do levantamento de campo.....	39
Figura 6: Mapa de uso e ocupação da terra na Sub-bacia.	41
Figura 7: Córrego Passa Quatro no local em contexto urbanizado.	42
Figura 8: Imagem de duas propriedades.	43
Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo.....	47
Figura 2: Mapa de rugosidade do relevo.....	52
Figura 3: Mapa de Declividade da área de estudo.....	52
Figura 4: Mapa de tipos de solo na área de estudo..	53
Figura 5: Mapa de Uso e Ocupação da terra na área de estudo... ..	54
Figura 6: Mapa de Fragilidade Potencial da Sub-Bacia.....	55
Figura 7: Mapa de Fragilidade Emergente da Sub-Bacia.	56
Figura 8: Grande erosão encontrada na Sub-bacia do Rio Claro..	57
Figura 9: Grande área de assoreamento encontrada na Sub-bacia.....	58
Figura 10: Visão espacial da localização da Estação de Tratamento de Esgoto.a.	59
Figura 11: Mapa de Zoneamento de Santa Rita do Passa Quatro.....	59
Figura 12: Visão espacial da Estação de Tratamento de Esgoto.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Declividade na Sub-bacia do Rio Claro em área e porcentagem.....	25
Tabela 2: Área e porcentagem das classes do mapa de uso e ocupação.....	26
Tabela 1: Características morfométricas de bacias hidrográficas.....	34
Tabela 2: Parâmetros coletados para as 11 análises..	39
Tabela 3: Parâmetros morfológicos dos curso fluvial	40
Tabela 4: Área e porcentagem das classes do mapa de uso e ocupação.....	41
Tabela 1: Valores de vulnerabilidade das classes de uso e cobertura da terra.....	50
Tabela 2: Critérios adotados para hierarquização da vulnerabilidade	50
Tabela 3: Pesos em função da erodibilidade natural das classes de solo.....	51

LISTA DE SIGLAS

AIA (Avaliações de Impactos Ambientais)
RMRP (Região Metropolitana de Ribeirão Preto)
IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)
SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)
MDE (Modelo Digital de Elevação)
IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)
SIG's (Sistemas de Informações Geográficas)
APPs (Áreas de Preservação Permanente)
FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente)
IQA (Índice de Qualidade de Água)
COPAM (Conselho Estadual do Política Ambiental)
OD (Oxigênio Dissolvido)
MFP (Mapa de Fragilidade Potencial)
MFE (Mapa de Fragilidade Emergente)
ETE (Estação de Tratamento de Esgoto)
APA(Área de Proteção Ambiental)
ARIE (Área de Relevante Interesse Ecológico)

INTRODUÇÃO GERAL

Estudos de caracterização e diagnóstico de atividades realizadas em bacias hidrográficas têm sido elaborados para melhor compreensão da dinâmica e implantação de práticas de conservação. Estes estudos mostram-se diretamente ligados a recursos naturais, tais como solo, vegetação e hidrografia, uma vez que o ambiente de uma determinada região deve ser reconhecido e monitorado para que se mantenham bons níveis de qualidade ambiental, visando a sustentabilidade. Dessa maneira, o conhecimento de ações antrópicas, dado o crescimento populacional e territorial ao longo dos anos, é o primeiro passo para um planejamento ambiental.

O levantamento das informações de variáveis ambientais que servem de base para elaboração de um plano de ação representa um estágio importante em estudos para fins do planejamento, proporcionando aspectos relevantes do espaço utilizado pela sociedade humana. Portanto, o diagnóstico dos recursos naturais associado a sua utilização é uma excelente ferramenta na determinação de problemas, como os conflitos de uso, os quais podem auxiliar no planejamento racional, em escalas adequadas, de todo o espaço em questão.

Destacam-se as bacias hidrográficas como unidade de planejamento, uma vez que representam sistemas naturais bem delimitados geograficamente, onde fenômenos e interações podem ser integrados, além de corresponder o local onde os recursos naturais se integram. Ainda, uma bacia hidrográfica apresenta-se como uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, sendo ligada ao seu manejo e manutenção.

A caracterização ambiental nestas áreas pode ser utilizada com foco no desenvolvimento sustentável, uma vez que aponta áreas de risco ambiental e conflitos com a legislação. Ainda, o gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia envolve um conjunto de ações estratégicas de planejamento, com a participação de todos os usuários. Dessa forma, destaca-se a necessidade dos municípios se dedicarem ao levantamento e compreensão do ambiente.

Deste modo, o presente trabalho teve como motivação particular unir uma abordagem de procedimentos específicos para estudos ambientais com o desenvolvimento sustentável da Sub-bacia do Rio Claro, localizada no município de Santa Rita do Passa Quatro – SP.

A escolha do local tem relação à conexão pessoal da autora, por ser sua cidade natal. Partiu-se do pressuposto de que a disseminação social do conhecimento é o principal meio para alcançar a conservação e a preservação ambiental do local, por isso, a presente pesquisa possui relação direta com a Prefeitura Municipal, compartilhando todas as informações e análises levantadas. Feita a escolha da área, analisou-se a relação entre classes de declividade, hipsometria, tipos de solo, ocupação da terra e políticas públicas, o que gerou enfoque para três discussões.

No primeiro artigo, elaborou-se uma discussão acerca do panorama da caracterização ambiental dos elementos do meio físico da área, enfatizando a questão do uso e ocupação do solo no Município.

O segundo artigo discorreu sobre a questão da qualidade da água na Sub-Bacia. Utilizaram-se amostras de água sendo como principal elemento de análise com relação à declividade e hipsometria na região. Neste estudo, buscou-se melhor entendimento da dinâmica no local, unindo impactos que prejudicam o ambiente.

Por fim, destaca-se o terceiro artigo, o qual fora elaborado com o tema fragilidade potencial e emergente. Neste trabalho, uniram-se os conhecimentos adquiridos pelos anteriores, que forneceram material para um diagnóstico da fragilidade ambiental na Sub-Bacia do Rio Claro.

ARTIGO 1: CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS ELEMENTOS DO MEIO FÍSICO DA SUB-BACIA DO RIO CLARO NO MUNICÍPIO DE SANTA RITA DO PASSA QUATRO – SP

INTRODUÇÃO

Questões de ordem ambiental vêm ganhando bastante importância no mundo, destacando-se práticas necessárias como planejamento, gestão e análise. O planejamento ambiental para Silva (2001), é um processo no qual são executados levantamentos e diagnósticos das condições ambientais, com o objetivo de otimizar o uso dos recursos naturais disponíveis. É neste contexto que as bacias hidrográficas se apresentam como unidades geográficas fundamentais para o gerenciamento desses recursos e para o planejamento ambiental, mostrando-se extremamente vulneráveis às atividades antrópicas.

O planejamento ambiental em bacias hidrográficas pode minimizar ou mesmo evitar a ocorrência de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica indiscriminada, tendo como objetivo, orientar a ocupação humana para que sejam resguardadas as áreas destinadas à preservação ambiental, tendo em vista a conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade, fragilidade ambiental ou a alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa que certas porções da paisagem podem apresentar.

A bacia hidrográfica é um exemplo da dinâmica e da interação entre os elementos do meio natural e antrópico e dessa maneira, seu valor cresce consideravelmente como unidade de análise e planejamento ambiental. Assim, segundo Santana (2003), como a bacia é uma porção geográfica delimitada por divisores de água, englobando toda a área de drenagem, apresenta-se como uma unidade geográfica natural com limites estabelecidos pelo escoamento das águas sobre a superfície ao longo do tempo. É, portanto, o resultado da interação da água com outros recursos naturais. Isso explica a forma de uso da terra, relevo, vegetação, desmatamento e a pressão que as atividades antrópicas causam sobre os recursos naturais os quais compõem uma bacia.

Botelhos (2001) considera uma bacia hidrográfica como elemento natural de análise da superfície terrestre, que permite explicar o complexo sistema de relações existentes entre os componentes da paisagem. Desse modo, identifica-se que a bacia é um exemplo da dinâmica e da interação entre os elementos do meio natural e antrópico.

Segundo Ross & Prette (1998), as bacias hidrográficas se constituem em unidades naturais, onde os componentes da natureza, como relevo, solos, subsolo, flora e fauna, bem como os componentes sociais, atividades econômicas e político-administrativas devem estar atrelados. Diante disso, a análise ambiental integrada corresponde a uma forma de abordagem da AIA (Avaliações de Impactos Ambientais), desenvolvida para fazer diagnósticos antecipados e integrados de atividades que afetam o ambiente da bacia. Este tipo de análise constitui uma ferramenta que pode auxiliar no sentido de melhorar a inserção ambiental dos projetos de desenvolvimento e volta-se à modelagem da bacia e à hierarquização de trechos, cenários e empreendimentos de uma região.

Como orienta-se segundo um contexto de desenvolvimento sustentável e de procedimentos ajustados a uma visão abrangente e estratégica do território, uma análise integrada pode ser utilizada na identificação dos impactos ambientais na bacia e na avaliação dos cenários propostos em projetos. Portanto, envolve a compatibilização entre políticas e planos de gestão dos usos e da conservação de recursos naturais, permitindo a incorporação da dimensão ambiental nos planejamentos setoriais. Sendo a bacia um ambiente onde existem diversos elementos, a análise integrada através de uma divisão por sub-bacias se faz necessária, permitindo que se tenha maior controle sobre o levantamento e análise da área e com isso, maior conhecimento da evolução dos futuros cenários do local.

Assim, o trabalho buscou um levantamento do meio físico de uma sub-bacia denominada Rio Claro, para que se pudesse estudar sua declividade, relevo e uso e ocupação da terra na região, que neste caso, é o município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. Por fim, o estudo analisou essa integração utilizando diversos parâmetros teóricos e metodológicos para correlacionar os elementos do meio físico com as características antrópicas das atividades no local.

Permitiu-se o estabelecimento de um diagnóstico da dinâmica ambiental, o que possibilitou a identificação de alguns impactos ambientais nos meios rural e urbano. Como objetivo, procurou-se descrever o ambiente da Sub-bacia do Rio Claro a partir dessas análises integradas para detectar os impactos com relação às características ambientais da área e colaborar com a preservação dos recursos naturais embasados nos princípios da sustentabilidade, permitindo uma compreensão acerca da dinâmica das atividades realizadas nesta bacia.

Caracterização da área de estudo

Santa Rita do Passa Quatro é um município brasileiro do Estado de São Paulo, fazendo parte da Região Metropolitana de Ribeirão Preto (RMRP). Localiza-se a uma latitude 21°42'37" sul e a uma longitude 47°28'41" oeste e possui área de 754,141 km². Ainda, é um dos doze municípios paulistas considerados Estâncias Climáticas pelo Estado de São Paulo, por cumprir determinados pré-requisitos ambientais e ecológicos. A área urbana de Santa Rita do Passa Quatro apresenta uma altitude média de de 748 metros e alguns pontos do município atingem até 1000 metros, no Morro do Itatiaia, por exemplo. Uma das características mais marcantes do município é a sua localização no setor de transição entre a Depressão Periférica Paulista e as Cuestas Arenítico-Basálticas, as quais cortam o Estado de São Paulo e dominam a paisagem. Outra característica marcante é a área de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, o que favorece uma fauna e flora rica e muito específica.

O clima de Santa Rita é tropical, de altitude com verão úmido e invernos secos. O mês mais quente é fevereiro, com média de 23,5 °C, enquanto o mais frio é julho, com mínima média de 10,3 °C e média diária de 17,5 °C. A precipitação média anual é de 1.441 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com média de 272 mm e julho o mês menos chuvoso, com média de 20 mm.

Neste município estão localizadas as Áreas de Relevante Interesse Ecológico Buriti de Vassununga, com 150 hectares e Cerrado Pé-de-Gigante, com 1060 hectares, criadas em 1990 e administradas pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). No município, mais especificamente no Parque Estadual Vassununga, se encontra a mais antiga árvore conhecida do Brasil, um jequitibá-rosa com idade estimada em 3030 anos e 40 metros de altura.

A cidade é drenada pelo Ribeirão Bebedouro, Rio Xingui, Rio Passa Quatro, Rio Claro e pelo Rio Mogi Guaçu, rio afluente à Sub-Bacia do Rio Claro.

O município contém ainda uma grande diversidade biológica, geológica e geomorfológica e com isso, a estrutura da Sub-bacia do estudo apresenta características intrínsecas, contendo relevo diversificado e diferentes camadas geológicas impondo influências na dinâmica das atividades realizadas no uso do solo.

Por fim, a Sub-Bacia do Rio Claro envolve os municípios de Santa Rita do Passa Quatro, local de maior abrangência, Porto Ferreira, Tambaú e Santa Cruz das Palmeiras. A Figura 1 apresenta o mapa de localização.

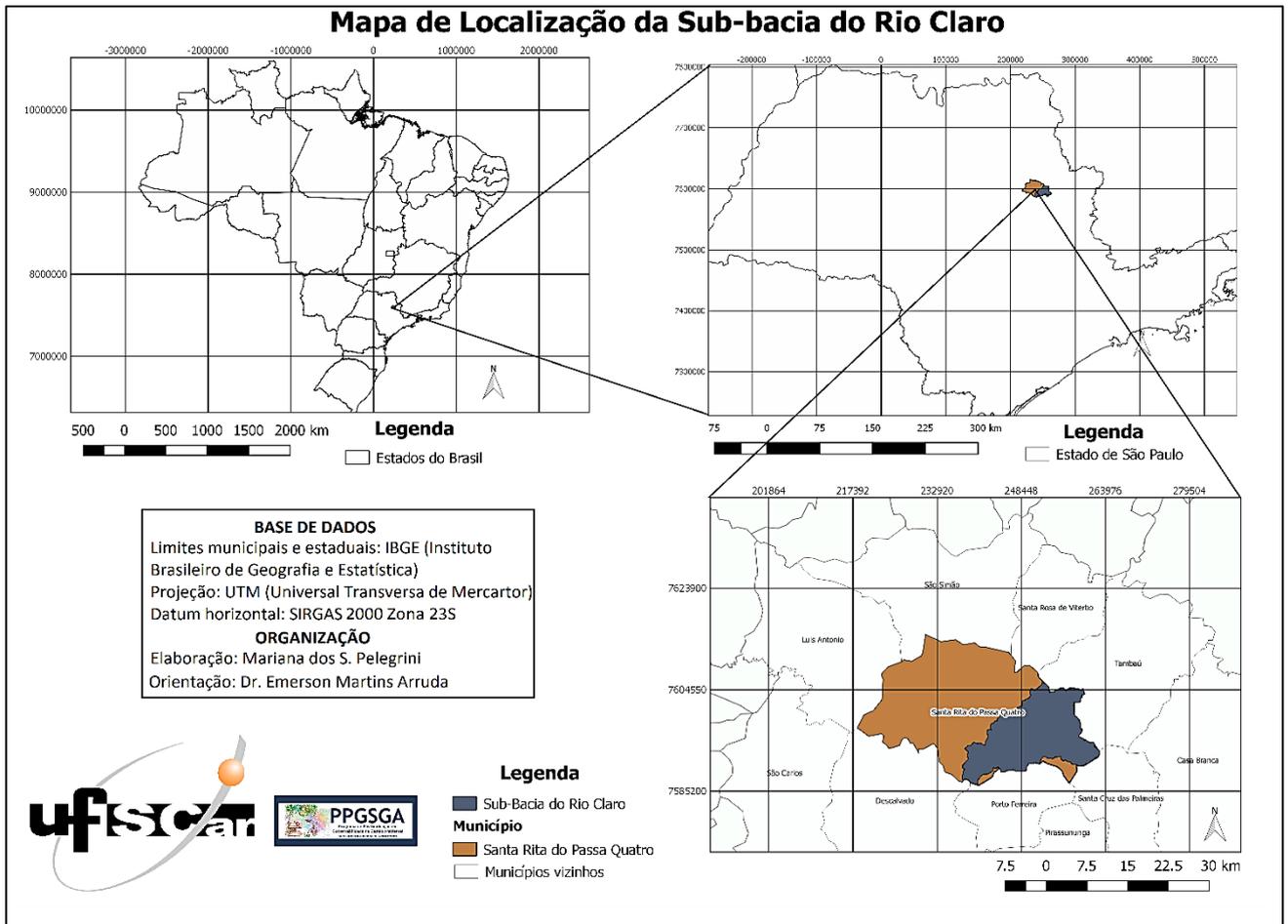


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: PELEGRINI, 2021.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Revisão bibliográfica e organização da base cartográfica

A etapa inicial da pesquisa envolveu levantamentos bibliográficos e literários e mapeamentos sobre os elementos do meio físico da área, onde, a partir deste material, tornou-se possível a organização de todos os métodos para que se fizesse um panorama sobre os componentes que integram a paisagem da Sub-bacia. Desta forma, a documentação cartográfica da região, juntamente às cartas topográficas, imagens de satélite e *shapes* contendo informações vetoriais como limites, geologia, altimetria e hidrologia do local permitiram que fossem fornecidos dados iniciais para o geoprocessamento através do *software* Quantum GIS 2.18.0 e enfim, uma abordagem sistêmica da área.

Mapeamento do uso e ocupação da terra

Conhecer a dinâmica do uso da terra sempre foi uma necessidade do ser humano e desde a antiguidade, é possível encontrar referências sobre as relações entre a natureza e as atividades humanas (IBGE, 2013).

A princípio, para a iniciar a fase do mapeamento, utilizou-se um conjunto de imagens do satélite IKONOS 2, com resolução espacial de 10 metros, período de janeiro de 2018. Após a fusão com a banda pancromática, as quais cobriram quase toda a extensão do município, foi delimitada a região da Sub-bacia do Rio Claro.

O processo de uso e ocupação da terra, segundo Freitas (2012, p.17) é caracterizado por indicar a distribuição geográfica de classes identificadas através de padrões homogêneos de cobertura terrestre, ou seja, é a espacialização de uma área de ocupação humana. Assim, segundo o IBGE (2013, P.36), é esclarecido que

“[...] O levantamento da cobertura e uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas.”

Dessa maneira, Hart (1986 apud GUERRA; MARÇAL, 2006) destaca que as ações destrutivas ou construtivas dos seres humanos produzem uma série de impactos, que se constituem em risco para o meio ambiente e para o próprio homem. Portanto, as principais formas de degradação ambiental, está associado à potencialidade dos elementos do meio físico.

Batista (2011, p.20) expõe que a ocorrência da degradação ambiental e aumento da fragilidade ambiental estão vinculados ao uso e ocupação do solo de forma não coerente com os sistemas ambientais naturais, dificultando seu funcionamento e auto regulação. Por outro lado, Tricart (1977) conceitua que devemos compreender os fatores degradantes da paisagem no contexto natural e socioeconômico, pois assim possibilita apontar diversas maneiras sustentáveis de reorganizar a capacidade de cada ecossistema e reestrutura a interdependência homem/natureza.

“O conhecimento das estruturas dos sistemas naturais e sócio- econômico permite apreciar certas dinâmicas, prever as modificações que podem decorrer da reorganização do território. Cada unidade deve, também, ser estudada em função de seu princípio de coesão interna e dos laços de interdependência com outras unidades mais ou menos distantes.” (TRICART, 1977, p.78)

Esse tipo de mapeamento é entendido como um processo técnico de análise e interpretação específica, realizado sobre imagens. Essas análises são realizadas por profissionais que possuem conhecimento e formação específica, além de se apoiarem em informações diversas sobre características regionais durante o processo de interpretação e classificação das imagens de satélite. Assim sendo, o mapeamento do uso e ocupação da terra e sua classificação de uso baseiam-se, principalmente, na utilização das ferramentas SIG's (Sistemas de Informações Geográficas), uma vez que a sua utilização possibilita detalhamento nas análises ambientais.

O uso da terra neste trabalho foi determinado por meio da classificação automática supervisionada, utilizando-se também o *software* QGIS e adotando-se o procedimento Classificação Supervisionada de Imagens Orbitais com o *Semi-Automatic Classification Plugin*, gerada com base no mosaico das imagens orbitais.

A técnica de classificação automática supervisionada consiste na rotulação de pequenas amostras de pixels dos dados, como amostras representativas das classes de interesse e a análise foi realizada por meio da extrapolação dessas amostras-teste, para todo o conjunto de dados (BIEHL; LANDGREBE, 2002). Essa técnica automática de interpretação é realizada por meio de uma análise multiespectral dos padrões de características como cores, texturas,

arranjos (IBGE, 2006), sendo que, para isso, extraíram-se padrões de imagem de cada classe já executado para a montagem de um álbum de referência ou chave de classificação.

Para obter a concordância entre a verdade terrestre e o mapa de uso da terra obtido, realizou-se o cálculo da matriz de erros e do coeficiente *kappa-k* (CONGALTON; GREEN, 1998), conforme a fórmula abaixo.

$$k = \frac{X \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{X^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

Sendo que:

X = número total de observações da matriz de erros;

r = número de categorias presentes na matriz de erros;

X_{ii} = elementos da diagonal principal;

X_{i+} = total da linha para uma dada categoria;

X_{+i} = total da coluna para uma dada categoria.

Mapeamento da declividade

Existem diversas denominações para conceituar os modelos que representam tridimensionalmente os diferentes fenômenos que ocorrem no espaço geográfico (Egg, 2012). O Projeto SRTM, no que lhe concerne, faz parte de um programa que visa examinar a superfície terrestre, dos oceanos e da atmosfera como um sistema integrado. Os dados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) são o resultado de um projeto cooperativo com o objetivo de elaborar o Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizando a interferometria e possibilitando a geração do mapa hipsométrico. Esse mapa é capaz de identificar o comportamento de toda superfície e tipos de relevo, características estas que possuem papel fundamental na regulação da distribuição do fluxo de água, energia e atividades nas bacias, sendo uma ferramenta essencial para a geração do mapa da declividade.

A declividade, por sua vez, é muito importante para a modelagem do escoamento, já que a velocidade de fluxo depende desta variável. Em geral, consiste na razão entre a diferença das altitudes dos pontos extremos de um curso d'água e o comprimento desse curso, podendo ser expressa em porcentagem (PAIVA, 2001). Com isso, analisa-se a diferença entre a elevação máxima e a elevação mínima, o que resulta na amplitude altimétrica da bacia. Em função disto, através de manipulação numérica do mapa de declividade obtém-se informações necessárias para análise da elevação do terreno do local a ser estudado.

O mapa de unidades do relevo foi elaborado a partir proposta de Ross (1992), que por sua vez tem como base as técnicas aplicadas no Projeto RADAMBRASIL, focando-se no 4º táxon, averiguando-se as formas de modelado, bem como as distâncias interfluviais na área estudo, mas delimitando os padrões de relevo verificados no processo de mapeamento. Para essa análise houve o cruzamento de informações das informações associadas à hipsometria, declividade e relevo sombreado, a fim de identificar os padrões das formas que prevalecem na área. Perfis topográficos também foram utilizados na análise das distâncias interfluviais. Na delimitação inicial dos modelados e formas, bem como na definição das unidades de relevo, foram consideradas as etapas relacionadas à metodologia de IBGE (2009), aferindo-se os padrões a partir das texturas e a profundidade das incisões a partir dos modelos digitais SRTM, sendo os limites elaborados manualmente em software de geoprocessamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Importância de bacias hidrográficas para estudos ambientais

Ao decorrer desta pesquisa, observaram-se que os primeiros trabalhos realizados tendo como unidade de estudo as bacias hidrográficas, foram desenvolvidos com base num enfoque de manejo das águas.

Porém, com o passar do tempo, o conhecimento dos aspectos que compõem as bacias e a maneira como eles se relacionam foi se intensificando, a bacia passou a ser considerada uma união de fatores ambientais e não apenas relacionada com o uso e aproveitamento racional da água, o que viabilizou e fortaleceu nos últimos anos a ideia do planejamento e manejo ambiental integrado (RODRIGUEZ et al., 2011).

A utilização de uma sub-bacia hidrográfica como unidade de análise para estudos de planejamento de um município justifica-se, não só pela importância dos recursos hídricos, mas também pela riqueza de variáveis que a agregam.

Conforme VOINOV e COSTANZA (1999), essa abordagem de bacias como recortes de planejamento e gestão surgiu como uma forma holística e abrangente de realizar trabalhos, viabilizando tomada de decisões.

É neste contexto que a análise das características ambientais contidas em bacias hidrográficas apresentou ser de fundamental importância nessa pesquisa, pois a água é um recurso natural essencial e o conhecimento do seu comportamento proporciona projetos para maximizar o aproveitamento desse recurso para o abastecimento de cidades, agricultura, atividades industriais, etc.

Desta forma, a partir das representações cartográficas, foram levantados dados topográficos e outras fontes de informações geomorfológicas, o que acabou ganhando papel de destaque em questões de ordenamento e planejamento, no que diz respeito à análise e gestão ambiental.

Unidades de relevo da Sub-bacia do Rio Claro

A partir das análises efetuadas, verificou-se que a Sub-bacia do Rio Claro apresenta as seguintes unidades de relevo:

- Unidade de relevo 1: corresponde ao setor das colinas da Depressão Periférica Paulista, vertentes convexo-côncavas, topos convexos (Dc) e tipos de Padrões de Formas Semelhantes (Dc23 e Dc24). O substrato é marcado pela ocorrência de rochas sedimentares associadas à Formação Corumbataí, de idade paleozóica e caracterizada por siltitos.

- Unidade de relevo 2: patamares associados ao pediplano do relevo de cuevas, marcados por interflúvios extensos e de topos tabulares (Dt), baixa declividade e dissecação (Dt12). Tais superfícies são sustentadas por rochas sedimentares relacionadas às Formações Piramboia e Botucatu, nas quais predominam arenitos, respectivamente relacionados à arenitos aquosos e eólicos. Conglomerados também podem ocorrer nestas Formações de idade Mesozóica. Notou-se que parte das áreas urbana de Santa Rita do Passa Quatro está localizada nessa unidade. A Figura 2 apresenta a imagem de uma visão do Morro Itatiaia, local onde se observam características dessa unidade de relevo.



Figura 2: Visão a partir do monumento do Cristo Redentor, Morro Itatiaia, de onde se observam aspectos gerais da unidade de relevo 2. Fonte: Emerson Martins Arruda, janeiro de 2021.

Dessa maneira, destaca-se na Figura 3, o mapa das unidades de relevo da Sub-Bacia.

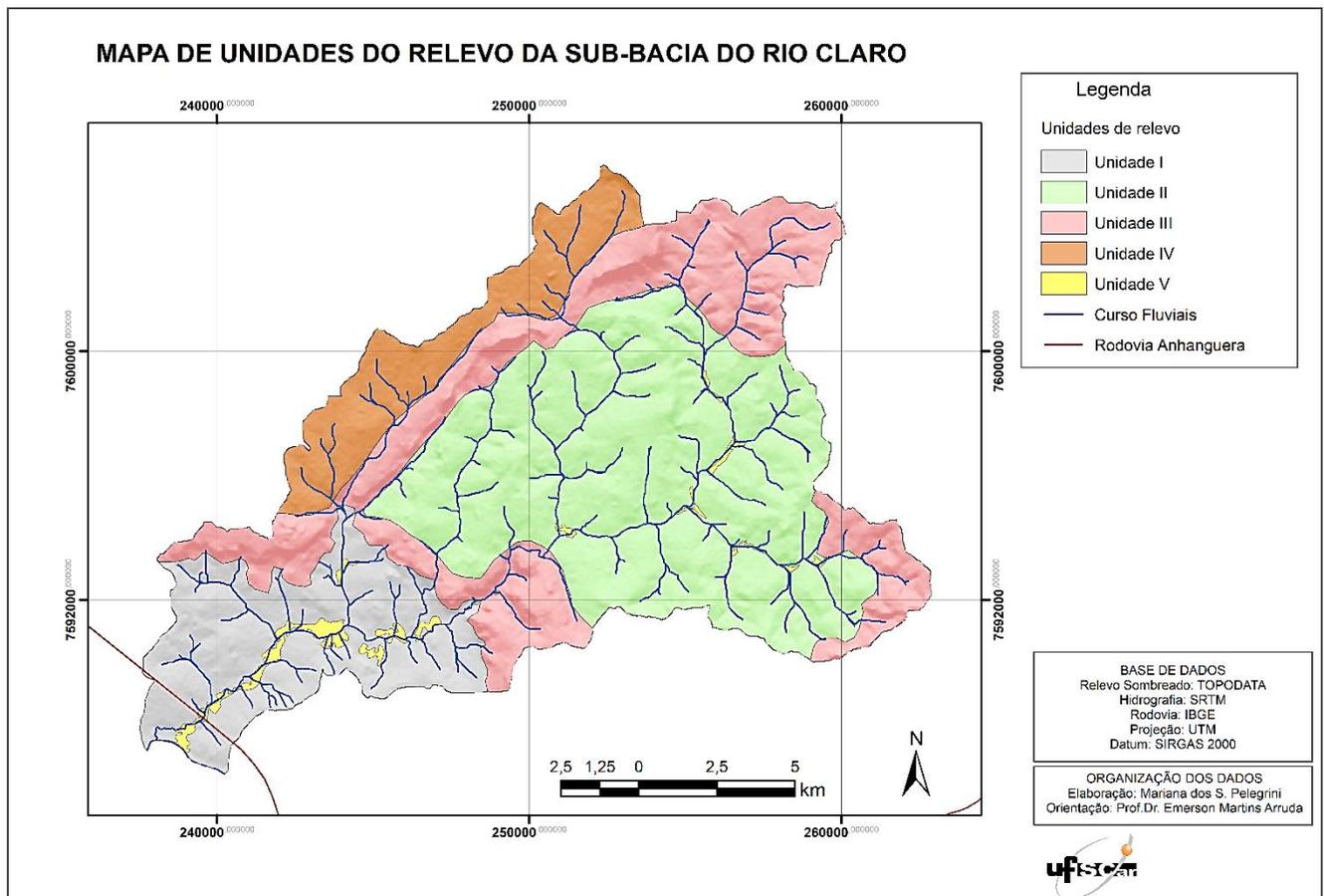


Figura 3: Mapa das unidades de relevo da sub-bacia. Fonte: PELEGRINI, 2021.

- Unidade de relevo 3: escarpas e morros testemunhos (Dc 34) que em conjunto com a unidade 4 forma o relevo de cuestas na região. O relevo em questão é estruturado por camadas sedimentares com mergulho fraco, alternando rochas de diferentes resistências, no caso, os arenitos das Formações Piramboia e Botucatu e o basalto das Formação Serra Geral, de idade Mesozóica. As escarpas nessa unidade constituem encostas com alto grau de inclinação, apresentam desníveis de 100 metros e impõem condições específicas à dinâmica hidrogeológica da área. A Figura 4 apresenta Escarpa arenítica florestada na porção norte da bacia, onde se observa o contato entre Cuesta (Unidade 3) e os relevos da Depressão Periférica Paulista (Unidade 1).



Figura 4: Escarpa arenítica florestada na porção norte da bacia, onde se observa o contato entre Cuesta (Unidade 3) e os relevos da Depressão Periférica Paulista (Unidade 1). Fonte: Emerson Martins Arruda, janeiro de 2021.

- Unidade de relevo 4: superfícies mais elevadas associadas aos topos do relevo de cuestas, constituindo o reverso desse relevo. Em função da erosão diferencial das litologias que a compõem essas superfícies resiste ao recuo da escarpa e ocorrência de interflúvios de topografia mais plana (Dt23). Uma especificidade em relação ao reverso é a presença da Formação Cenozóica Santa Rita do Passa Quatro capeando os arenitos da Formação Botucatu. A Serra do Córrego Fundo é localmente a área que melhor representa essa unidade. A Figura 5 apresenta o aspecto geral da Unidade 4, relacionada aos interflúvios do reverso da Cuesta, notando-se no horizonte o nível topográfico da Depressão Periférica.



Figura 5: Aspecto geral da unidade 04, relacionada aos interflúvios do reverso da Cuesta, notando-se no horizonte o nível topográfico da Depressão Periférica. Fonte: Emerson Martins Arruda, janeiro de 2021.

- Unidade de relevo 5: formas associadas às planícies e terraços fluviais (Apf), originadas a partir de deposição sequencial dos cursos fluviais presentes da área, principalmente no vale do Rio Claro e seu afluente, como o Ribeirão do Sapé. Os depósitos associados a estas unidades são caracterizados por serem mais arenosos ou argilosos, a depender do tipo de material que os cursos fluviais dissecam ao longo de suas bacias.

Análise da hipsometria e da declividade na Sub-bacia do Rio Claro Influência dos elementos geomorfológicos na dinâmica ambiental da área

As diferentes formas de utilização do solo e as características do relevo são os elementos que interferem e intensificam os processos erosivos que, diretamente, influenciam na perda de solo e no assoreamento de rios, diminuindo a capacidade produtiva da bacia. Assim, nessa pesquisa, a hipsometria e a declividade revelaram-se como os atributos geomorfológicos os quais permitiram que se fizessem as análises e as avaliações destes processos de conflitos e impactos ambientais.

A hipsometria é uma importante variável na análise integrada de elementos físicos de uma sub-bacia, pois conforme mencionado, a área constitui setor de transição entre unidades morfoesculturais e com relação aos processos geomorfológicos, quanto maior o desnível da área, maior será seu escoamento, alterando de forma direta o solo, relevo, uso e ocupação e demais elementos presentes em bacias.

Como resultado disso, as análises das bases cartográficas desta pesquisa permitiram a visualização de altitudes e cotas mínimas de 500 m, junto ao vale do Rio Claro e máximas, poucas vezes ultrapassando 900 m, na Serra do Córrego Fundo. Assim, o mapa hipsométrico (Figura 6), apresenta uma visão característica de formações de relevo presentes na Sub-bacia do Rio Claro, como escarpas e morros isolados (unidade 3), colinas (unidade 1) e planícies fluviais (unidade 5), além de desníveis mais acentuados.

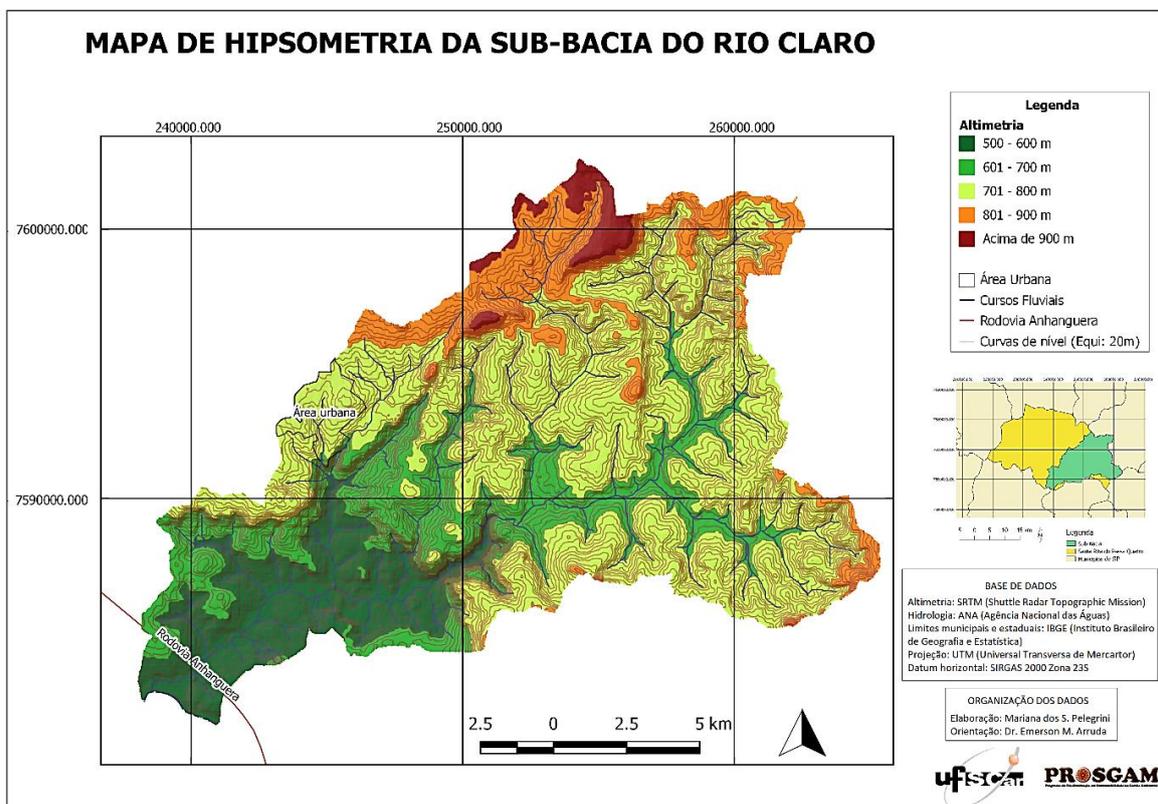


Figura 6: Mapa de hipsometria da Sub-bacia do Rio Claro. Fonte: PELEGRINI, 2021.

O mapa hipsométrico apresentou uma visualização geral do território, com possibilidade de individualização de áreas específicas como os vales, topos, áreas íngremes e outras feições do relevo. Após sua análise, nota-se a importância dos estudos que integram o contexto superficial da área, buscando compreender a dinâmica ambiental de modo adequado.

É por isso que a bacia hidrográfica, quando analisada juntamente à hipsometria pode ser então considerada um ente sistêmico onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, região de mais baixa altitude na bacia, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja a interconexão se dá pelos sistemas hídricos (TUCCI, 1997; PORTO & PORTO, 2008).

A partir da identificação das diferentes unidades de relevo da sub-bacia, bem como a diversidade de formas expressas no mapa hipsométrico, outra importante característica a ser considerada na análise integrada da dinâmica ambiental refere-se à declividade. Esse atributo superficial do terreno possui destaque como aspecto restritivo em diferentes legislações ambientais, influenciando assim as práticas e conflitos relacionados aos diversos tipos de uso e ocupação da terra. Nesse sentido, a Sub-bacia do Rio Claro apresenta setores de forte declividade principalmente relacionados à unidade de relevo 3, com áreas escarpadas e morros testemunhos, presentes no setor centro-norte da bacia.

Villela e Matos (1975) enfatizam que a formação de uma bacia hidrográfica ocorre através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos d'água sempre das áreas mais altas para as mais baixas, determinados por dois tipos de divisores de água, o topográfico ou superficial, condicionado pela topografia local, e o freático ou subterrâneo, determinado pela estrutura geológica dos terrenos.

Dessa forma, a Figura 7 apresenta uma área expressiva com forte grau de inclinação do terreno, muitas vezes ultrapassando 45%, marcando o contato entre a superfície da Depressão Periférica Paulista e o planalto residual (cuestas). Outro destaque relacionado ao mapa de declividade constitui na forte dissecação dos cursos fluviais na bacia, com vales bem entalhados em alguns setores, denotando possíveis ajustes do nível de base em função de alterações climáticas ou influência litro-estrutural.

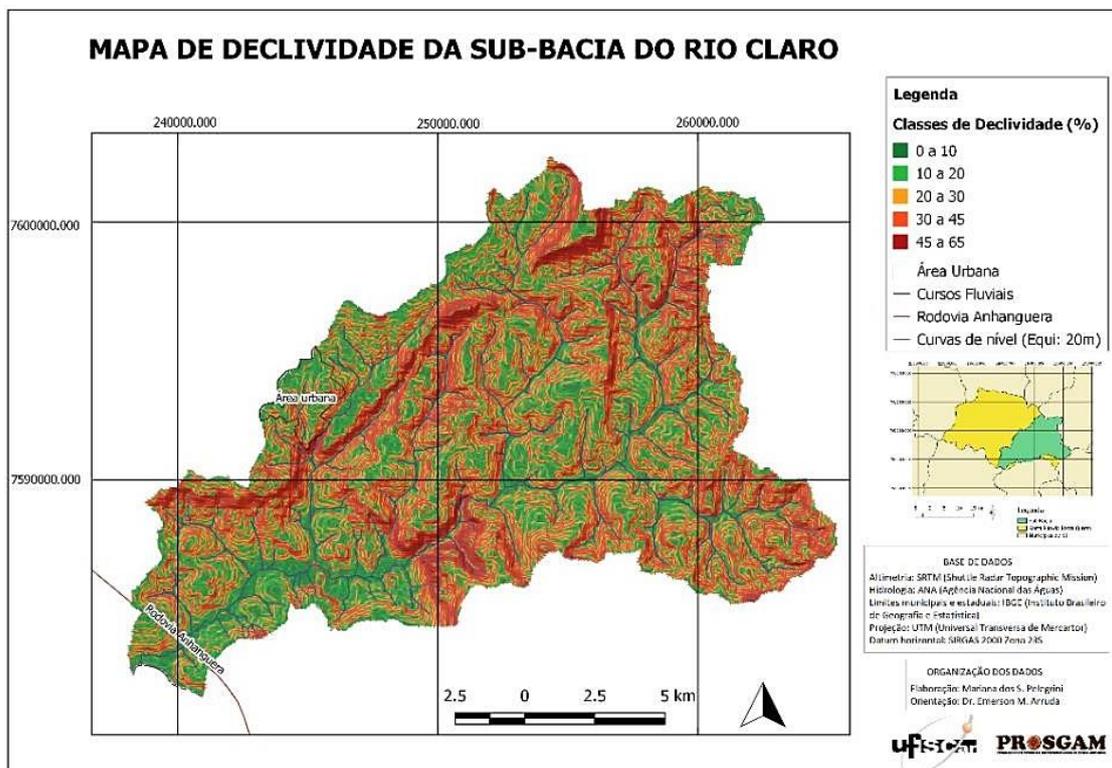


Figura 7: Mapa de declividade da Sub-bacia do Rio Claro. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Classes de Declive (%)	Área (Km²)	Área (%)
0 a 10	22,33	8,743833
10 a 20	31,4	12,2954
20 a 30	59,02	23,11066
30 a 45	77,13	30,20205
45 a 65	65,5	25,64805
TOTAL	255,38	100

Tabela 1: Declividade na Sub-bacia do Rio Claro em área (km²) e porcentagem (%).
Fonte: PELEGRINI, 2021.

Como pode ser verificado a partir da tabela acima, 142 km² da Sub-bacia do Rio Claro apresentam declividades acima dos 30%, correspondendo a 55% da área. Diversas publicações relacionam os índices de declividades e atividades de uso do solo, como IBGE (1988), que estabelece algumas considerações sobre o tema, apontando que a declividade indica importante correlação entre diferentes classes e justificativas para os tipos de uso.

- Declividade < 2%: áreas susceptíveis a inundação;
- Declividade entre 2% a 5%: a partir de 5% é possível à urbanização sem restrições quanto à possibilidade de inundação;
- Declividade entre 5% a 12%: terrenos onde é possível à urbanização e a mecanização agrícola;
- Declive entre 12% a 20%: acima de 12% há restrições à mecanização agrícola;
- Declive entre 20% a 30%: até 30% de declive é permitida a urbanização;
- Declive acima de 30%: área inadequada para a urbanização.

Tendo em vista que a área total da sub-bacia é de 255,38 km² e as primeiras classes de declividade são de 0 a 20%, abrange-se uma área relativamente pequena do espaço e afirma-se que neste local existe a presença de áreas suscetíveis à inundação. Uma altitude mais elevada, por sua vez, somada à declividade acentuada, potencializam os processos hidrogeomorfológicos, resultando em relevo regional com características de susceptibilidade à processos erosivos e intenso escoamento superficial. Essa pré disposição é assim problematizada quando o uso do solo não é corresponde às suas características, e manejo inadequado, havendo perda de solo e excessivo acúmulo de sedimentos nos cursos d'água, ocasionando assim, assoreamento.

Por outro lado, nota-se que a instalação da cidade e do aterro sanitário foi feita nas regiões de altitudes intermediárias, em torno de 750 m, porém em interflúvios de topos levemente convexizados. Aspectos estes que, do ponto de vista topográfico, torna o ambiente favorável à expansão da área urbana.

Porém, como outros elementos do sistema ambiental também devem ser levados em consideração, há sim a necessidade de que haja o planejamento urbano mais adequado, uma vez que parte da cidade encontra-se sobre as litologias da formação Pirambóia e portanto, uma área de recarga de aquífero.

Além disso, verifica-se a ocorrência de processos erosivos na área, bem como cenários de assoreamento, o que certifica a necessidade de estudos integrados e diferentes leituras para compreender a dinâmica da paisagem e que agreguem a análise do relevo.

Análise do uso e ocupação da terra na Sub-bacia do Rio Claro

Segundo Tucci e Clarke (1997), para minimizar qualquer tipo de impacto devido ao declive de determinado local, a cobertura vegetal deve possuir um papel prático na absorção dos excessos hídricos. A partir desta premissa, o mapa de uso e ocupação da terra representado na Figura 8 é de extrema importância na proposta elaborada por esta pesquisa.

Por esse tipo de análise, no mapa gerado de uso e ocupação da terra na Sub-bacia do Rio Claro, caracterizaram-se a presença de pastagens, fragmentos florestais, área urbana, corpos d'água e grande produtividade agrícola, apresentando alto nível de diversidade nos elementos físicos da paisagem da Sub-bacia do Rio Claro.

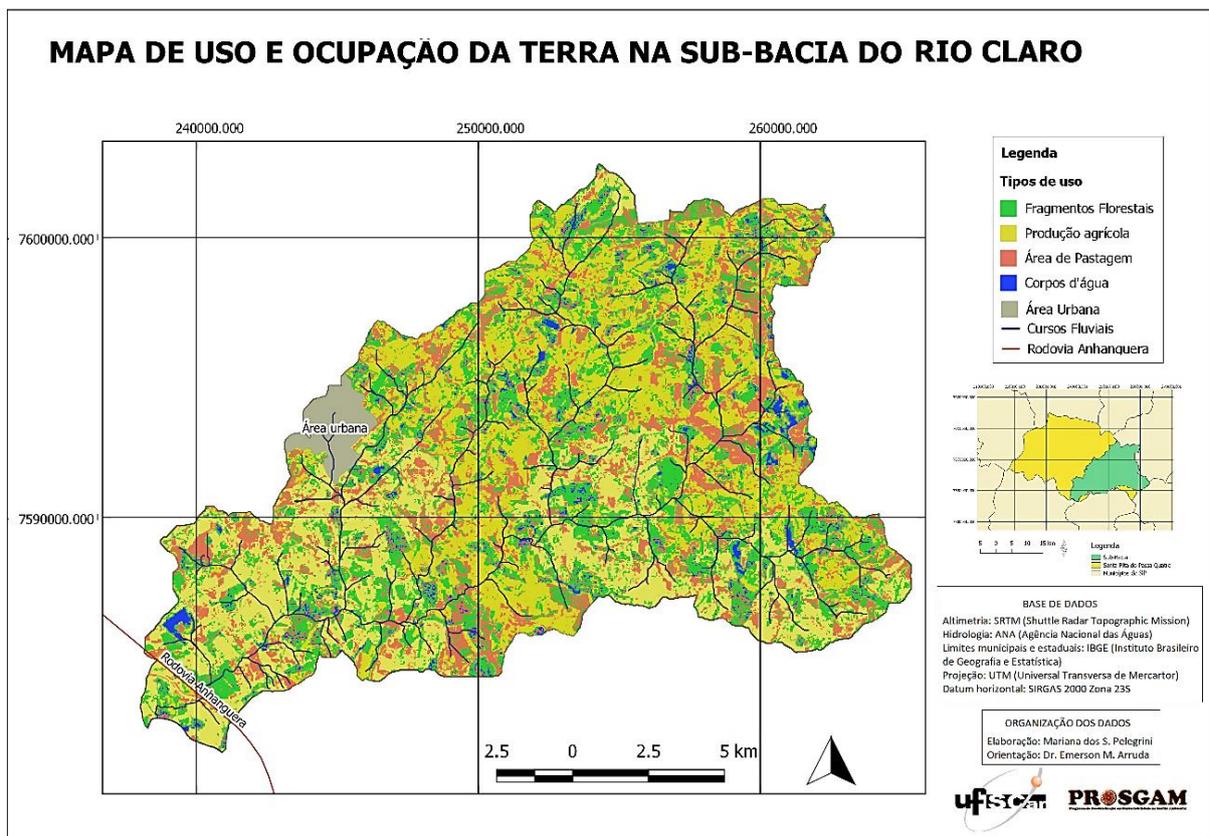


Figura 8: Mapa de uso e ocupação da terra na Sub-bacia do Rio Claro, situada no município de Santa Rita do Passa Quatro. Fonte: PELEGRINI (2021)

Categoria	Área (km²)	Porcentagem (%)
Corpos d'água	32,16	12,70041861
Área de pastagem	50,19	19,80819000
Fragmentos florestais	49,33	19,48108364
Produção agrícola	70,79	27,95592765
Área urbana	50,64	19,99842035
TOTAL	253,38	100

Tabela 2: Área em km² e porcentagem das classes do mapa de uso e ocupação da terra em relação a área total da sub-bacia. Fonte: PELEGRINI (2021)

Ao analisar a tabela 2, a classe de água representa uma área de 32,16 Km², sendo aproximadamente 12,7 % da área total e a classe de florestas representa uma área de cerca de 19,5%. Nota-se também que é visível o predomínio de produção agrícola na Sub-bacia do Rio Claro, representando uma área de 70,79 Km² sendo quase 28% de toda a área, sendo a maioria delas destinada ao cultivo de cana-de-açúcar. Tal diversidade ambiental garante ao município uma verba específica do Estado para a promoção do turismo regional e para manutenção e melhoria das características ambientais consideradas patrimônio do Estado.

Massoli (1981), em estudo realizado no município de Santa Rita do Passa Quatro, afirma que tanto os arenitos da formação Pirambóia quanto da formação Botucatu decompõem-se facilmente, produzindo solos arenosos bastante espessos, pobres para a agricultura. Tais solos estão muito sujeitos à ação erosiva, razão pela qual é comum o aparecimento de boçorocas, que podem causar sérios danos se não forem contidas.

A análise integrada dos mapas afirmou que possivelmente a área de escarpas, por ter declividade mais acentuada, aproximou-se de regiões de fragmentos florestais, o que acabou restringindo a agricultura neste local. O presente estudo também revelou esclarecimentos em termos de impactos e conflitos ambientais, como locais suscetíveis à erosão.

Observou-se que a erosão na área de estudo foi acelerada pelo excesso de práticas do cultivo da cana e pela constante exploração do solo, pastagens, desmatamento e urbanização. Por essa razão, as grandes áreas agrícolas e o meio ambiente como um todo podem ser comprometidos. Isso ocorre, pois as camadas superiores do solo são as mais ricas em nutrientes e quando se desgastam, a vegetação priva-se de umidade e nutrientes. Dessa forma, nota-se que uma das principais consequências dessa acelerada perda do solo é a diminuição da qualidade da água e contaminação causada pela ação antrópica. Neste cenário, destacam-se as degradações de APPs (Áreas de Preservação Permanente).

Na área urbana, a necessidade de proteger e manter espaços naturais não está apenas relacionada com a conservação dos recursos ambientais, mas também com a atenuação dos desequilíbrios térmicos, prevenção de desastres e melhoria da qualidade de vida da população. Essas áreas de preservação são definidas pela Lei nº 12. 651/2012 em seu art. 3º, inciso II, como áreas protegidas, que deveriam apresentar vegetação nativa, com a função ambiental de conservar os recursos hídricos, a fauna, a flora, protegendo o solo e garantindo o bem-estar da população (MUNIZ, 2016).

Essas ocupações e usos irregulares foram os principais elementos que degradaram as APPs na região da Sub-bacia do Rio Claro, uma vez que, em alguns locais, envolvem atividades como a supressão da vegetação, aterramentos, depósito incorreto de resíduos sólidos e despejo de efluentes sem tratamento nos corpos d'água. Outros tipos de conflitos ambientais que foram detectados na pesquisa são algumas regiões de assoreamento, desmatamento, degradação do solo e de nascentes em áreas de pastagem tradicional. Isso acontece devido ao acúmulo de sedimentos, lixo e outros materiais que são levados até o leito dos cursos d'água pela ação da dinâmica pluvial superficial e atividades antrópicas.

Estes conflitos fazem parte de um processo intensificado pela pelas práticas sem manejo e cumprimento da legislação vigente, ocasionado a diminuição da vazão dos rios, rebaixamento do nível do lençol freático e ainda a próprio desaparecimento de algumas nascentes. Neste caso, a degradação das matas ciliares contribuiu para o assoreamento, elevação da turbidez da água e para a erosão das margens nos cursos d'água, transportando substâncias poluidoras, como defensivos e fertilizantes agrícolas.

CONCLUSÃO

A análise ambiental de uma determinada área pode ser realizada de modo mais adequado quando se é utilizada a escala de análise bacia hidrográfica, agregando a abordagem do meio físico, como relevo, caracterização do uso do solo e atividades que

se processam na área. Embora ainda haja muito o que explorar nessa área tão diversificada, foi apresentado um estudo inicial a fim de caracterizar a dinâmica ambiental da sub-bacia, sendo complementada por outras abordagens em andamento.

Sob os aspectos de uma abordagem mais integrada e tendo em vista a sub-bacia hidrográfica como unidade de análise, a declividade, a hipsometria e o uso e ocupação da terra modelaram a superfície, podendo ser atribuídos como fatores controladores de processos de impactos ambientais. Dessa forma, essas análises puderam auxiliar em um futuro planejamento para a área, que possui grande parte de suas terras ocupadas pela ação antrópica através da produção agrícola e do desenvolvimento urbano. Assim, se não ocorrer um manejo correto do solo, acabará alterando os recursos hídricos e o solo, que por sua vez, podem alterar os demais elementos desta sub-bacia.

A Sub-bacia do Rio Claro possui forte influência antrópica no uso e ocupação de suas terras, onde a grande maioria é ocupada por regiões de pastagens, sua economia é mais voltada para produção agrícola e para o turismo, ocorrendo uma alteração em sua paisagem e conseqüentemente, nas interações nelas existentes. Foram identificados setores com intenso processo de degradação e algumas áreas susceptíveis a processos de erosão, assoreamento e perda de solo, o que demanda a aplicação de ações voltadas para recuperação ambiental e mitigação desses impactos.

Conclui-se que todas as variáveis analisadas colaboram tanto para a análise integrada da paisagem e do ambiente, como sobre a dinâmica que ocorre na área, uma vez que os elementos do meio físico são correlacionados, onde qualquer alteração entre eles, acarreta numa mudança em todo o espaço. Por fim, a pesquisa permitiu a obtenção de informações detalhadas sobre dinâmica e funcionamento das atividades na região, viabilizando o conhecimento sobre as características dominantes de cada ambiente, proporcionando a elaboração de propostas de planejamento com a realidade do objeto investigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTELHOS, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, S. B. da org. **GEOMORFOLOGIA. Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 4ª ed. Bertrand, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998.

CURVELLO, R. T.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. dos S. **Estudo dos impactos da ocupação humana na microbacia do rio Batedor na serra da Mantiqueira no município de Cruzeiro, SP, Brasil**. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 91-107, 2008. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.45>

EKG, G.C. **Geração de Modelos Digitais de Superfícies Compostas Utilizando Imagens do Sensor PRISM/ALOS**, 2012 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

Freitas, E. P. **Análise integrada do mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do Rio Jundiá-Mirim para fins de gestão ambiental**. Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 110p. Dissertação Mestrado.

GUEZZI, A. O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim,**

Bahia de Antonina-PR, com o auxílio de geoprocessamento, 57f. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Universidade do Paraná, Curitiba, 2003.

GUERRA, A. T; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand-Brasil, 2006.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais; AMBIENTAIS, Estudos. **Manual técnico de geomorfologia**. 182 p. 2009.

MASSOLI, Marcos. Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Revista do Instituto Geológico**, v. 2, n. 2, p. 35-45, 1981.

MUNIZ, J. C. S. **Avaliação de Impacto Ambiental na Área de Preservação Permanente do Córrego do Urubu, Cuiabá-MT**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Drescher.

PAIVA, J.B.D.de.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 pp.

PORTO, M. F. do A. & PORTO, R. La L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos avançados, v.22, n.63, São Paulo, 2008.

RODRIGUEZ, J. M. M. et al. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens**. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E. (org.). *Diálogos em geografia física*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

ROSS, J.L.S. & DEL PRETTE, M.E. **Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental**. Revista do Departamento de Geografia nº 12, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Humanitas, 1998. STEINITZ, C. A framework for theory applicable.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v.6, p.17-29.1992.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

Safavian, S. R.; Landgrebe, D. (1991) **A survey of decision tree classifier methodology**. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics. 21, p. 660-674.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VAINOV, A.; CONSTANZA, R. **Watershed management and the Web**. *Journal of Environmental Management*, 56, 231–245, 1999.

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

ARTIGO 2: USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA SUB-BACIA DO RIO CLARO: DISCUSSÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM SANTA RITA DO PASSA QUATRO – SP

INTRODUÇÃO

A análise das características de uma bacia hidrográfica é de fundamental importância quando se trata de qualidade da água, uma vez que este ambiente se constitui do recurso natural essencial à vida humana: a água. Assim, a compreensão do seu comportamento dispõe de projetos que maximizam o aproveitamento do recurso para abastecimento de cidades, agropecuária, atividades industriais, entre outras. Ainda, essa matriz de pesquisa pode obter resultados que ampliam o conhecimento ecológico do ecossistema e possibilitam detectar alterações provenientes, tanto da atividade antrópica, quanto das APPs (Áreas de Preservação Permanentes).

A qualidade de uma determinada água está relacionada em função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica seguida dos fatores: condições naturais, interferência do homem e qualidade desejável para água. (VON SPERLING, 2005).

Segundo REBOUÇAS (2006), uma avaliação do problema de água não pode restringir-se apenas ao balanço entre ofertas e potenciais, mas também deve abranger suas inter-relações geoambientais e sócio-culturais, assim como as condições de conservação dos recursos naturais e de uso e ocupação do território, tanto urbano como rural, de maneira a alcançar e garantir a qualidade do desenvolvimento sustentável de uma região. Ainda, indica-se que o problema é mais grave nos países em desenvolvimento, pela falta de sistemas adequados de monitoramento e controle, atingindo muitos rios e lagos próximos aos grandes centros urbanos, regiões costeiras e também, os aquíferos subterrâneos. Isso significa que, se no futuro, padrões de qualidades mais rígidas não forem adotadas, algumas fontes de água em uso hoje não poderão mais ser utilizadas.

Sendo a bacia hidrográfica um ambiente onde existem diversos elementos a serem observados, uma divisão por sub-bacias se faz necessária nesse caso, pois permite a obtenção do conhecimento de toda evolução de seus futuros cenários. Estes sub-espacos apresentam-se como unidades geográficas importantes para gerenciar os recursos hídricos e para o planejamento ambiental, revelando-se seriamente vulneráveis às atividades antrópicas, em detrimento de tratamentos tradicionais e individualizados, que impedem uma compreensão das interações e da dinâmica dos processos mais relevantes que definem ou constituem o meio ambiente.

Conforme Ward (2001), um sistema de monitoramento de qualidade da água consiste em amostras, análise laboratorial, manuseio e análise das informações, preparação de relatórios e utilização dos dados obtidos para efeito de tomada de decisão. A implementação deste sistema é fundamental para um gerenciamento adequado, o que garante verificar a qualidade dos recursos hídricos.

Segundo o IBGE (2013, P.36), é esclarecido que “[...] O levantamento da cobertura e uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas.” Dessa maneira, Hart (1986 apud GUERRA; MARÇAL, 2006) destaca que as ações destrutivas ou construtivas dos seres humanos produzem uma série de impactos, que se constituem em risco para o meio ambiente e para o próprio homem. Portanto, as

principais formas de degradação ambiental, está associado à potencialidade dos elementos do meio físico.

Batista (2011, p.20) expõe que a ocorrência da degradação ambiental e aumento da fragilidade ambiental estão vinculados ao uso e ocupação do solo de forma não coerente com os sistemas ambientais naturais, dificultando seu funcionamento e auto regulação. Por outro lado, Tricart (1977) conceitua que devemos compreender os fatores degradantes da paisagem no contexto natural e socioeconômico, pois assim possibilita apontar diversas maneiras sustentáveis de reorganizar a capacidade de cada ecossistema e reestrutura a interdependência homem/natureza. “O conhecimento das estruturas dos sistemas naturais e sócio- econômico permite apreciar certas dinâmicas, prever as modificações que podem decorrer da reorganização do território.

Cada unidade deve, também, ser estudada em função de seu princípio de coesão interna e dos laços de interdependência com outras unidades mais ou menos distantes” (TRICART, 1977, p.78). Esse tipo de mapeamento é entendido como um processo técnico de análise e interpretação específica, realizado sobre imagens. Essas análises são realizadas por profissionais que possuem conhecimento e formação específica, além de se apoiarem em informações diversas sobre características regionais durante o processo de interpretação e classificação das imagens de satélite. Portanto, envolve-se a compatibilização entre políticas e planos de gestão dos usos e da conservação de recursos naturais, permitindo a incorporação da dimensão ambiental nos planejamentos setoriais.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou analisar o uso e ocupação da terra na Sub-Bacia do Rio Claro, localizada no município de Santa Rita do Passa Quatro - SP, aliando-se à qualidade da água e aos atributos e situação das áreas de preservação permanentes. Para isso, analisou-se a influência de características físico-químicas no local.

Durante todo o desenvolvimento para o diagnóstico da qualidade da água, aplicou-se geoprocessamento como técnica de manipulação e execução dos dados pelo uso de bases cartográficas e informações georreferenciadas. Por fim, a pesquisa buscou contribuir com elementos que facilitem a dinâmica entre os administradores municipais e o controle ambiental local pela identificação e análise das características da área, ampliando o conhecimento da dinâmica hídrica da região.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Caracterização da área de estudo

Santa Rita do Passa Quatro é um município brasileiro do Estado de São Paulo, fazendo parte da Região Metropolitana de Ribeirão Preto (RMRP). Localiza-se a uma latitude 21°42'37" sul e longitude 47°28'41" oeste e possui área de 754,141 km². Ainda, é um dos doze municípios paulistas considerados Estâncias Climáticas pelo Estado de São Paulo, por cumprir determinados pré-requisitos ambientais e ecológicos definidos por Lei Estadual. O município contém uma grande diversidade biológica, geológica e geomorfológica e com isso, a estrutura da Sub-bacia do estudo apresenta características intrínsecas, contendo relevo diversificado e diferentes camadas geológicas impondo influências na dinâmica das atividades realizadas no uso do solo. Por fim, a Sub-Bacia do Rio Claro envolve os municípios de Santa Rita do Passa Quatro, local de maior abrangência, Porto Ferreira, Tambaú e Santa Cruz das Palmeiras. A Figura 1 apresenta o mapa de localização.

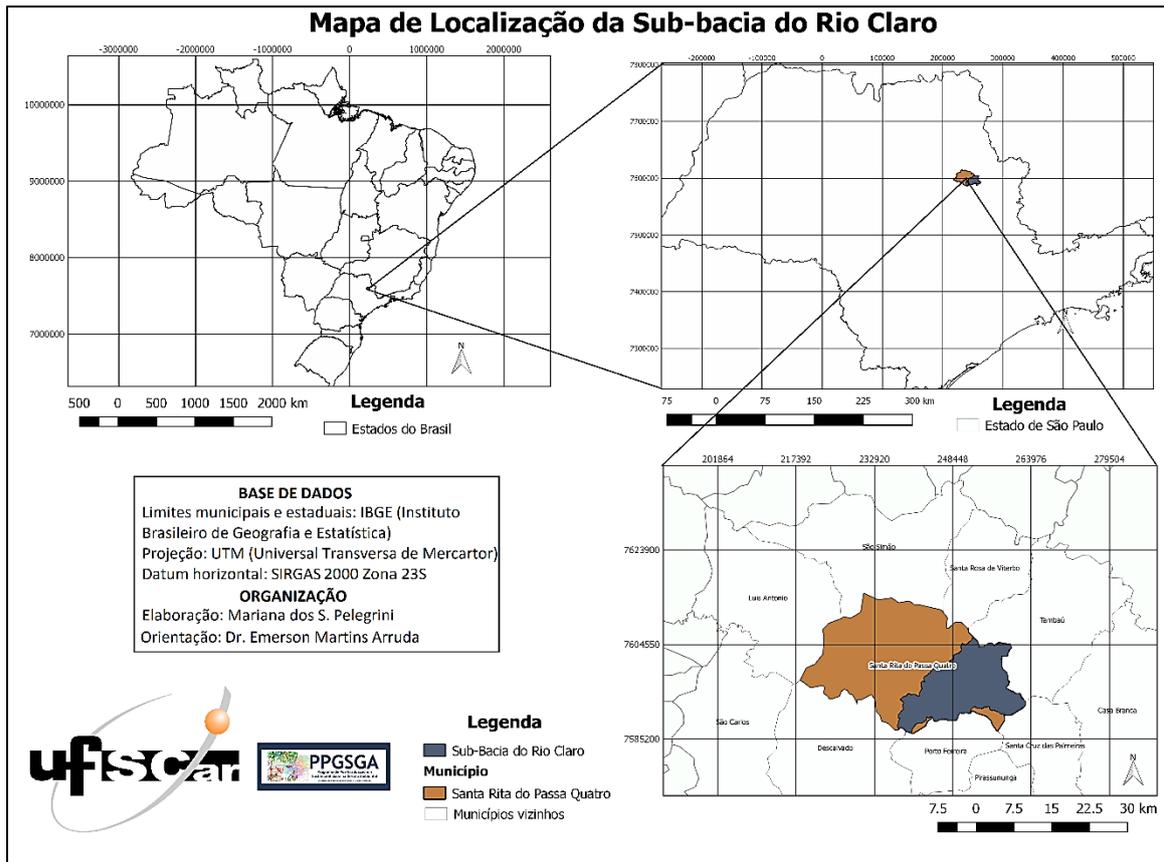


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: PELEGRINI, 2021.

A área urbana de Santa Rita do Passa Quatro apresenta uma altitude média de de 748 metros e alguns pontos do município atingem até 1000 metros, como no Morro do Itatiaia, por exemplo. Uma das características topográficas mais marcantes do município é a sua localização no setor de transição entre a Depressão Periférica Paulista e Cuestas Arenítico-Basálticas, as quais cortam o Estado de São Paulo e no município dominam a paisagem com as escarpas areníticas

Levantamento das informações literárias e cartográficas

A etapa inicial da pesquisa envolveu levantamentos bibliográficos, literários e mapeamentos sobre os elementos do meio físico da área, onde, a partir deste material, tornou-se possível a organização de todos os métodos para que se fizesse um panorama sobre os componentes que integram a paisagem da sub-bacia. Desta forma, a documentação cartográfica da região, juntamente às cartas topográficas, imagens de satélite e shapes contendo as informações vetoriais como limites, geologia, altimetria e hidrologia do local permitiram que fossem fornecidos os dados iniciais para o geoprocessamento através do *software* Quantum GIS 2.18.0 e uma abordagem sistêmica da área.

Mapeamento do uso e ocupação da terra

Conhecer a dinâmica do uso da terra sempre foi uma necessidade do ser humano e desde a antiguidade, é possível encontrar referências sobre as relações entre a natureza e as atividades humanas (IBGE, 2013). O processo de uso e ocupação da terra, segundo Freitas (2012, p.17) é caracterizado por indicar a distribuição geográfica de classes

identificadas através de padrões homogêneos de cobertura terrestre, ou seja, é a espacialização de uma área de ocupação humana. Esse tipo de mapeamento é entendido como um processo técnico de análise e interpretação específica, realizado sobre imagens. Essas análises são realizadas por profissionais que possuem conhecimento e formação específica, além de se apoiarem em informações diversas sobre características regionais durante o processo de interpretação e classificação das imagens de satélite.

Cada unidade deve, também, ser estudada em função de seu princípio de coesão interna e dos laços de interdependência com outras unidades mais ou menos distantes” (TRICART, 1977, p.78). Assim sendo, o mapeamento do uso e ocupação da terra e sua classificação de uso baseiam-se, principalmente, na utilização das ferramentas SIG's (Sistemas de Informações Geográficas), uma vez que a sua utilização possibilita detalhamento nas análises ambientais. O uso da terra neste trabalho foi determinado por meio da classificação automática supervisionada, utilizando-se também o *software* QGIS e adotando-se o procedimento Classificação Supervisionada de Imagens Orbitais com o *Semi-Automatic Classification Plugin*, gerada com base no mosaico das imagens orbitais.

A técnica de classificação automática supervisionada consiste na rotulação de pequenas amostras de pixels dos dados, como amostras representativas das classes de interesse e a análise foi realizada por meio da extrapolação dessas amostras-teste, para todo o conjunto de dados (BIEHL; LANDGREBE, 2002). Essa técnica automática de interpretação é realizada por meio de uma análise multiespectral dos padrões de características como cores, texturas, arranjos (IBGE, 2006), sendo que, para isso, extraíram-se padrões de imagem de cada classe já executado para a montagem de um álbum de referência ou chave de classificação.

Bacias hidrográficas e informações morfológicas

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997). Constitui num conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (BARRELLA, 2001).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental não é recente; há muito tempo os hidrólogos têm reconhecido as ligações entre as características físicas de uma bacia hidrográfica e a quantidade de água que chega aos corpos hídricos. Por outro lado, os limnólogos têm considerado que as características do corpo d'água refletem as características de sua bacia de drenagem. Neste sentido, as abordagens de planejamento e gerenciamento ambiental utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo têm evoluído bastante, desde que apresentem características biogeofísicas que denotam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos (DASMANN et al., 1973).

Tratando-se das classes de informações morfológicas, o estudo determina as diferenças essenciais entre distintas paisagens, como relatam estudos clássicos desenvolvidos por Horton (1945), Strahler (1957), França (1968), Christofolletti (1978), entre outros. Dessa forma, as características morfométricas podem ser divididas em: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem apresentando-se na Tabela 1.

Características morfométricas	Tipos de análises
Geometria	Área e Perímetro
Relevo	Declividade
Rede de drenagem	Densidade de Drenagem (Dd)

Tabela 1: Características morfométricas de bacias hidrográficas.
Fonte: Adaptado de Tonello (2005).

Características da Densidade de drenagem

Segundo Crhistofoletti (1969), correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Para calcular o comprimento devem ser medidos tanto os rios perenes como os temporários, definida por Horton (1945), pode ser calculada pela seguinte equação:

$Dd = L/A$, onde Dd corresponde à densidade de drenagem, L o comprimento total dos rios ou canais e A sendo área de drenagem.

O comportamento hidrográfico das rochas, em um mesmo ambiente climático, vai repercutir a densidade de drenagem, ou seja, onde a infiltração é mais dificultada há maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para esculturação de canais permanentes e conseqüentemente densidade de drenagem mais elevada.

Parâmetros Ambientais

Temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e sólidos totais e ORP

A água contém, geralmente, diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas.

Para caracterizar uma água, são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

A sigla pH significa Potencial Hidrogeniônico, e consiste num índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. Este índice é uma característica das substâncias determinado pela concentração de íons de Hidrogênio (H⁺). Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H⁺ e menor a concentração de íons OH⁻. Segundo COMANA, recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Já o potencial de oxirredução (ORP) trata de um parâmetro que se utiliza para medir a capacidade de oxidação ou de redução de substâncias, neste caso, da água.

Para esses dados, utilizou-se o Medidor Multiparâmetro para Análise de Água da marca AKSO, como apresentado na Figura 2.



Figura 2: Equipamento utilizado em campo para medição do ORP. Fonte: PELEGRINI, 2021

Conforme Parron (2011), o potencial de oxirredução é uma medida que indica o grau de redução ou oxidação do meio. Solos extremamente oxidados tem potencial de redução na faixa de +400 a +700 mV enquanto solos inundados podem ter caráter redutor, com valores menores que -300 mV devido à ausência de oxigênio. Tanto microrganismos metanogênicos quanto metanotróficos dependem da disponibilidade de compostos químicos doadores/receptores de elétrons para realizar as reações de obtenção de carbono e energia que resultam na produção ou consumo do metano na água (Agostinetto et al., 2002).

- Se os valores obtidos nesta medição forem positivos (>0), corresponde-se a uma água oxidante, ou seja, depois de ingerida, ela “rouba” a carga elétrica negativa do organismo, a energia que o corpo humano necessita, acelerando o envelhecimento e perecimento das células através da oxidação;

- Se os valores obtidos forem negativos (<0), corresponde-se a um líquido com poder de anti-oxidação que proporciona ions de carga negativa que confere energia ao organismo e ajuda a prolongar o ciclo de vida das células.

Segundo resolução nº 396 CONAMA (BRASIL, 2008), o ORP da água potável na sua origem é na ordem dos $(-)$ 139,3 mV, o que quer dizer que ela é anti-oxidante. A maioria das águas, incluindo a água da torneira tem um ORP positivo, ou seja, são agentes oxidantes. Considerando que a temperatura das águas é um dos mais importantes índices para definir a qualidade dos rios, de forma análoga, o potencial de oxirredução é uma medida que indica o grau de redução ou oxidação do meio. Assim, os parâmetros ambientais se inter-relacionam.

Contudo, oxidação é o processo químico em que uma substância perde elétrons, partículas elementares de sinal elétrico negativo e resulta no surgimento dos temidos radicais livres, porém a oxidação que ocorre dentro do corpo humano, devido a processos metabólicos, não é a única fonte destes radicais. Há fatores externos que podem igualmente contribuir para a formação de um excesso de radicais livres e geralmente podem causar danos irreparáveis (LOGAR, 1995). Dentre as causas externas mais prováveis encontram-se, poluição ambiental, gases de escapamento de veículos, raios X, radiação ultravioleta do sol, fumo, fumaça de cigarro, álcool, resíduos de pesticidas, substâncias tóxicas presentes em alimentos e bebidas (aditivos químicos, hormônios, aflatoxinas etc), stress e alto consumo de gorduras saturadas (frituras e embutidos).

Para Logar (1995), o mecanismo inverso, a redução, consiste no ganho de elétrons por um átomo, que os incorpora à sua estrutura interna. Tais processos são simultâneos. Na reação resultante, chamada Oxi-redução ou Redox, uma substância redutora cede

alguns de seus elétrons e, conseqüentemente, se oxida, enquanto outra, oxidante, retém essas partículas e sofre assim um processo de redução.

De acordo com o Conselho Estadual do Política Ambiental – COPAM na Deliberação Normativa Nº 10/86, o Oxigênio Dissolvido (OD) é indispensável aos organismos aeróbios; a água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.

Seguindo esta mesma linha, a Condutividade Elétrica revela a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água.

Os indicadores da situação ambiental das águas adotados pela FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) são o Índice de Qualidade de Água – IQA e a contaminação por tóxicos. No cálculo do IQA são considerados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitratos, fosfatos, temperatura da água, turbidez e sólidos totais, gerando um índice com valores variando de 0 a 100, que correspondem aos níveis de qualidade descritos abaixo.

Geoprocessamento aplicado aos estudos de qualidade da água

A integração do desenvolvimento tecnológico entre informática e cartografia gerou o surgimento das técnicas de geoprocessamento, representando hoje um conjunto de ferramentas especialmente adequado à tarefa de gestão dos cursos hídricos (Ávila et al., 1999).

A forma de apresentação dos dados gerados permite a visualização, embora de forma qualitativa, das variações mais significativas na qualidade dos cursos d'água, identificando imediatamente áreas prioritárias a ações mitigadoras dos impactos ambientais constatados (Streck et al., 1999).

Ainda, segundo Barros e Rocha (2000), a complexidade dos processos na gestão de recursos hídricos, aliada à necessidade de trabalhar-se com muitos dados, faz do Sistema de Informação Geográfica uma ferramenta essencial no gerenciamento dos recursos hídricos, área que requer uma integração perfeita entre dados dos mais variados tipos (físicos, cartográficos, hidrológicos, econômicos, dentre outros).

A apresentação de dados na forma espacializada, facilita na dinâmica das informações entre a comunidade tecno-científica, já que os mapas temáticos podem sintetizar uma carga significativa de informações, tornando-as mais facilmente assimiláveis, como no caso desta pesquisa.

Neste contexto, o mapeamento juntamente à localização da água, identificação em meio cartográfico da qualidade, aos pontos de vulnerabilidade da integração água versus atividade humana e à origem do fator de influência são ações fundamentais numa gerência eficiente dos recursos hídricos (Junior et al., 2003). Dessa maneira, encontram-se estudos de qualidade da água por meio da espacialização geográfica de dados, em ambientes urbanos e rurais, em águas superficiais e subterrâneas, análises do uso e cobertura da terra com a qualidade da água em bacias e microbacias, dentre muitos outros, justificando a aplicação das mesmas técnicas no presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Importância de bacias hidrográficas para estudos ambientais

Com o passar do tempo, o conhecimento dos aspectos que compõem as bacias hidrográficas e a maneira como eles se relacionam foi se intensificando, passando a ser considerada uma união de fatores ambientais e não apenas relacionada com o uso e aproveitamento racional da água, o que viabilizou e fortaleceu a ideia do planejamento e manejo ambiental (RODRIGUEZ et al., 2011). Por isso, observou-se que os primeiros trabalhos realizados tendo como unidade de estudo bacias hidrográficas no contexto brasileiro, foram desenvolvidos com base num enfoque de manejo das águas.

Conforme VOINOV e COSTANZA (1999), essa abordagem de bacias como recortes de planejamento e gestão ambiental surgiu como uma forma holística e abrangente de realizar trabalhos, viabilizando tomada de decisões.

É neste contexto que a análise das características ambientais contidas em bacias hidrográficas mostrou ser fundamental nessa pesquisa, pois a água é um recurso natural essencial e o conhecimento do seu comportamento proporciona ainda mais projetos para maximizar o aproveitamento desse recurso para o abastecimento de cidades, agricultura, atividades industriais, etc. Essa perspectiva influenciou na definição das áreas de coleta para mensuração dos parâmetros de qualidade da água. Assim, considerou-se a represa de abastecimento de Santa Rita do Passa Quatro uma das amostras mais relevantes para medidores multiparâmetros e comparação de dados com a COMASA. A amostra em questão é apresentada na Figura 3.



Figura 3: Amostra retirada da represa de abastecimento de Santa Rita. Janeiro de 2021.
Fonte: PELEGRINI, 2021.

A análise deste local apontou parâmetros favoráveis para tal fim, uma vez que a represa se encontra em ambiente controlado, composto de fragmentos florestais e também possui políticas de preservação nos arredores, com restrições para expansão urbana.

Análise hidrogeográfica da Sub-Bacia do Rio Claro - Mapeamento hidrológico

A variabilidade do regime hidrológico é controlada por diversos elementos que caracterizam a bacia hidrográfica, tais como litologia, relevo, solos, cobertura vegetal e também por fatores climáticos, tais como precipitação, radiação solar e evaporação (TUCCI, 2002). Para Clarke et al. (2003), os fatores como a localização geográfica e/ou a altitude podem contribuir substancialmente nos resultados da análise do regime de vazões, avanços de massas de ar, eventos de precipitações locais, entre outros.

Os mapas hidrológicos também podem ser utilizados como ferramenta para gestão dos recursos hídricos por terem uma visão espacial abrangente da bacia, sendo extremamente importante para estabelecer políticas integradas de gerenciamento hídrico.

Tal produto pode ser elaborado de duas maneiras: como produto de um mapeamento específico, no qual os dados são gerados no próprio estudo por vetorização ou como uma síntese temática de dados, mapas e relatórios já existentes, como no caso utilizado nessa pesquisa. Dessa forma, o mapa hidrológico da Sub-Bacia em questão foi gerado através de *shapes* disponíveis gratuitamente no banco de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e a análise da rede hidrográfica foi realizada utilizando-se mapas temáticos do Estado de São Paulo disponíveis pelo IGC (Instituto de Geografia e Cartografia), obtendo o resultado apresentado na Figura 4.

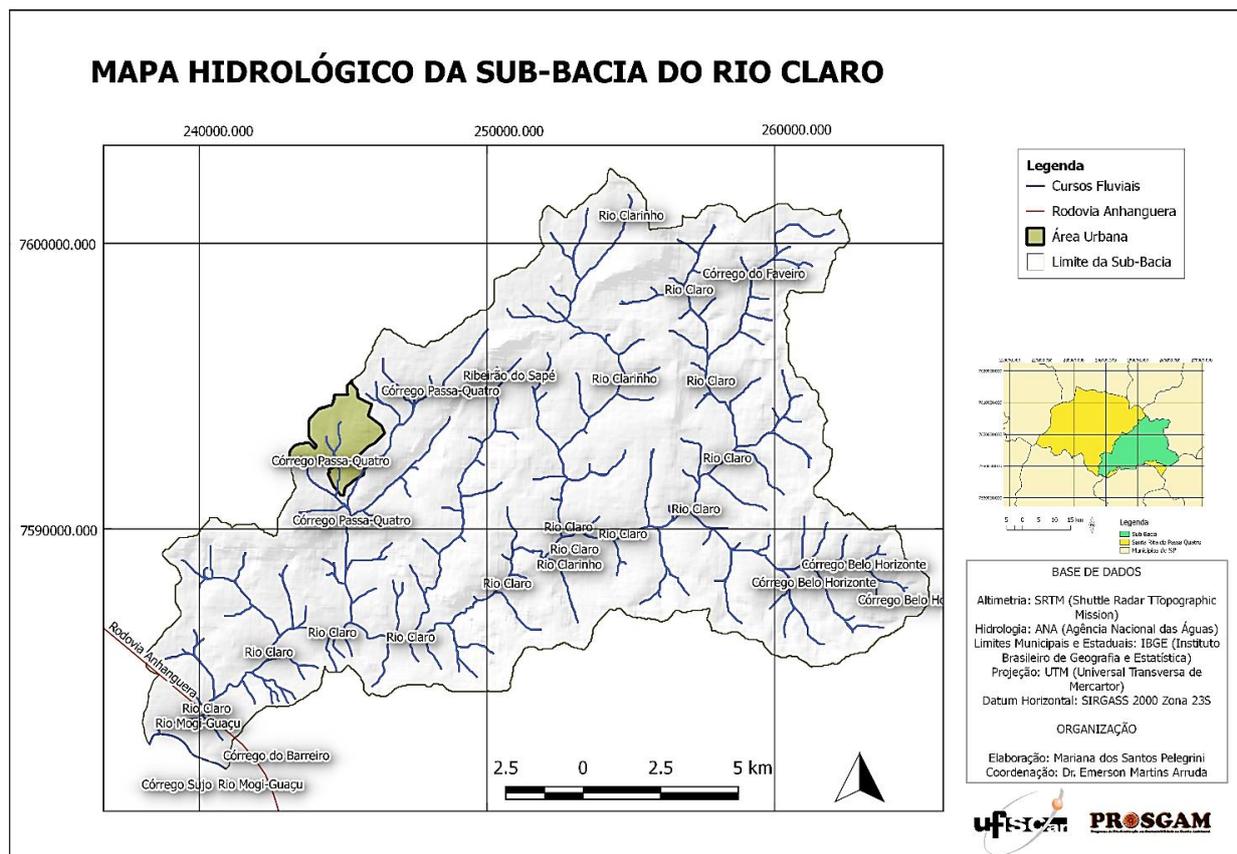


Figura 4: Mapa Hidrológico da Sub-Bacia do Rio Claro. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Assim, o mapa hidrológico deste trabalho foi utilizado para representar a potencialidade e produtividade dos cursos d'água, para apontar a importância relativa local e as características físicas da Sub-bacia. Por isso são fornecidas informações sobre os aspectos de uso e sobre a qualidade das águas.

A partir da composição do mapa hidrológico, pôde-se atingir uma visão espacial de cada curso fluvial e assim, escolheu-se a localização das amostras de água. Dessa maneira, a Figura 5 apresenta o resultado da espacialização dos pontos 11 coletados em janeiro de 2021 e conseqüentemente a conexão dos pontos com os respectivos canais fluviais.

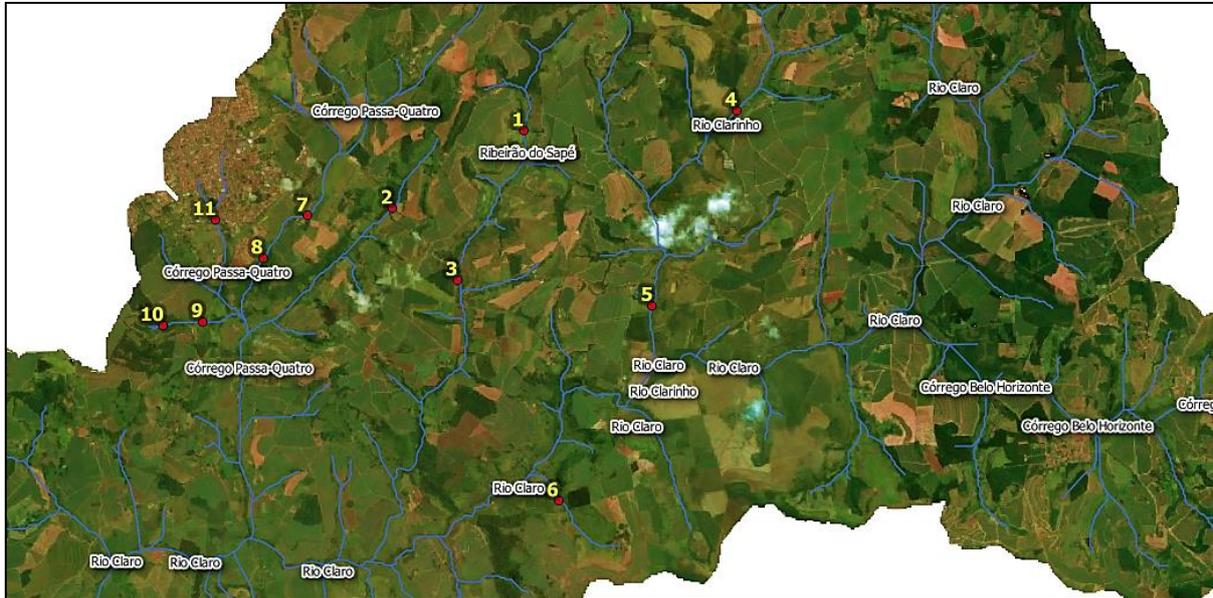


Figura 5: Localização das amostras na região do levantamento de campo. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Ressalta-se que a localização de cada ponto foi determinado devido a questões de acesso e os parâmetros utilizados para as análises são tanto de ordem física quanto química, sendo eles temperatura da água, pH, coordenada geográfica, Potencial de Oxirredução, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica e Sólidos Totais. Logo, o resultado dos dados para o monitoramento apresenta-se na Tabela 2. Pontua-se também que as amostras foram coletadas com início às 10:19hs e término às 15:39hs.

Id	pH	Temperatura (°C)	Potencial oxirredução (mV)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Condutividade Elétrica (µS/cm3)	Sólidos Totais (TDS) (mg/L)	Coord X (m)	Coord Y (m)
1	6,2	23	50	7,1	60,4	30,7	2487386	7.598.086
2	6	24,5	79	7,2	59,6	29,9	2465402	7.596.710
3	6,27	25,2	54	7,9	51	26	2476321	7.595.508
4	6,2	25,6	71	7,6	53,9	27,7	2522806	7.598.378
5	6,05	23,2	75,5	7,7	51,3	24,8	2508776	7.590.582
6	6,4	25,9	60,5	7,2	51,9	24,6	2493491	7.591.798
7	6,35	31	58,5	6,3	79,9	40,4	2451388	7.596.584
8	6,42	26,7	55,5	8,2	75,2	36,7	2443814	7.595.875
9	5,05	22,5	133	7	26,5	13,2	2433381	7.594.803
10	4,35	22,6	92,4	8	21,2	11	2427310	7.594.747
11	6,8	29,8	40	4,5	227	114	2435917	7.596.516

Tabela 2: Parâmetros coletados para as 11 análises. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Visando a compreensão de características dos cursos fluviais da bacia, também foram levantados alguns aspectos de sua geometria, buscando relações com a dinâmica da paisagem observada. A partir destas análises, apresentam-se na tabela 3 os resultados dos cálculos dos parâmetros morfológicos: área, perímetro e densidade de drenagem.

Através da análise feita dos parâmetros ambientais, observou-se que a temperatura da água na sub-bacia deste estudo é em média de 25.5°C, o pH possui média de aproximadamente 6.0 e o potencial de oxirredução de 69.94, o que apresenta um resultado totalmente positivo e favorável em relação ao uso dessas águas para o abastecimento da cidade. Nota-se que as amostras de 6 a 10 apresentaram valores que relatam um ambiente com menos matéria orgânica do que a amostra 11, por exemplo.

Análise dos Parâmetros Morfológicos

Visando a compreensão de características dos cursos fluviais da bacia, também foram levantados alguns aspectos de sua geometria, buscando relações com a dinâmica da paisagem observada. A partir destas análises, apresentam-se na Tabela 3 os resultados dos cálculos dos parâmetros morfológicos: área, perímetro e densidade de drenagem.

Curso Fluvial	Área (Km²)	Perímetro (Km)	Dd (m/Km²)	% Área	% Perímetro
Rio Mogi Guaçu	3,59	2,68	0,334	11,93	10,34
Rio Claro	7,08	6,15	0,423	23,54	23,74
Córrego Passa Quatro	6,4	5,94	0,487	21,28	22,93
Ribeirinho Sapucaí	2,3	2,1	0,268	7,64	8,10
Rio Clarinho	6,1	5,6	0,459	20,28	21,62
Córrego Faveiro	1,7	1,4	0,235	5,65	5,40
Córrego Belo Horizonte	2,9	2,03	0,310	9,64	7,83
TOTAL	30,07	25,9	2,511	100	100

Tabela 3: Parâmetros morfológicos dos curso fluvial presentes na Sub-Bacia do Rio Claro.
Fonte: PELEGRINI, 2021.

Mapeamento e análise do uso e ocupação da terra

A partir do levantamento de aspectos relacionados aos cursos fluviais e na busca de identificação de elementos que marcam a dinâmica ambiental da Sub-bacia, considerou-se necessário o mapeamento do uso da terra na área, uma vez que esse fator influencia a qualidade ambiental e sistêmica da área. Segundo Tucci e Clarke (1997), para minimizar qualquer tipo de impacto devido ao declive de determinado local, a cobertura vegetal deve possuir um papel prático na absorção dos excessos hídricos.

Deste modo, o mapa de uso e ocupação da terra na Sub- bacia do Rio Claro, representado na Figura 6 junto a Tabela 4, compreende um produto de extrema valia na proposta elaborada pela pesquisa, analisando o contexto ambiental da área e evidenciando a forma na qual a paisagem e o relevo são utilizados, notando-se a presença de pastagens, áreas urbanas, corpos d'água, grande produtividade agrícola e de fragmentos florestais, o que explica o alto nível de diversidade nos elementos físicos da paisagem.

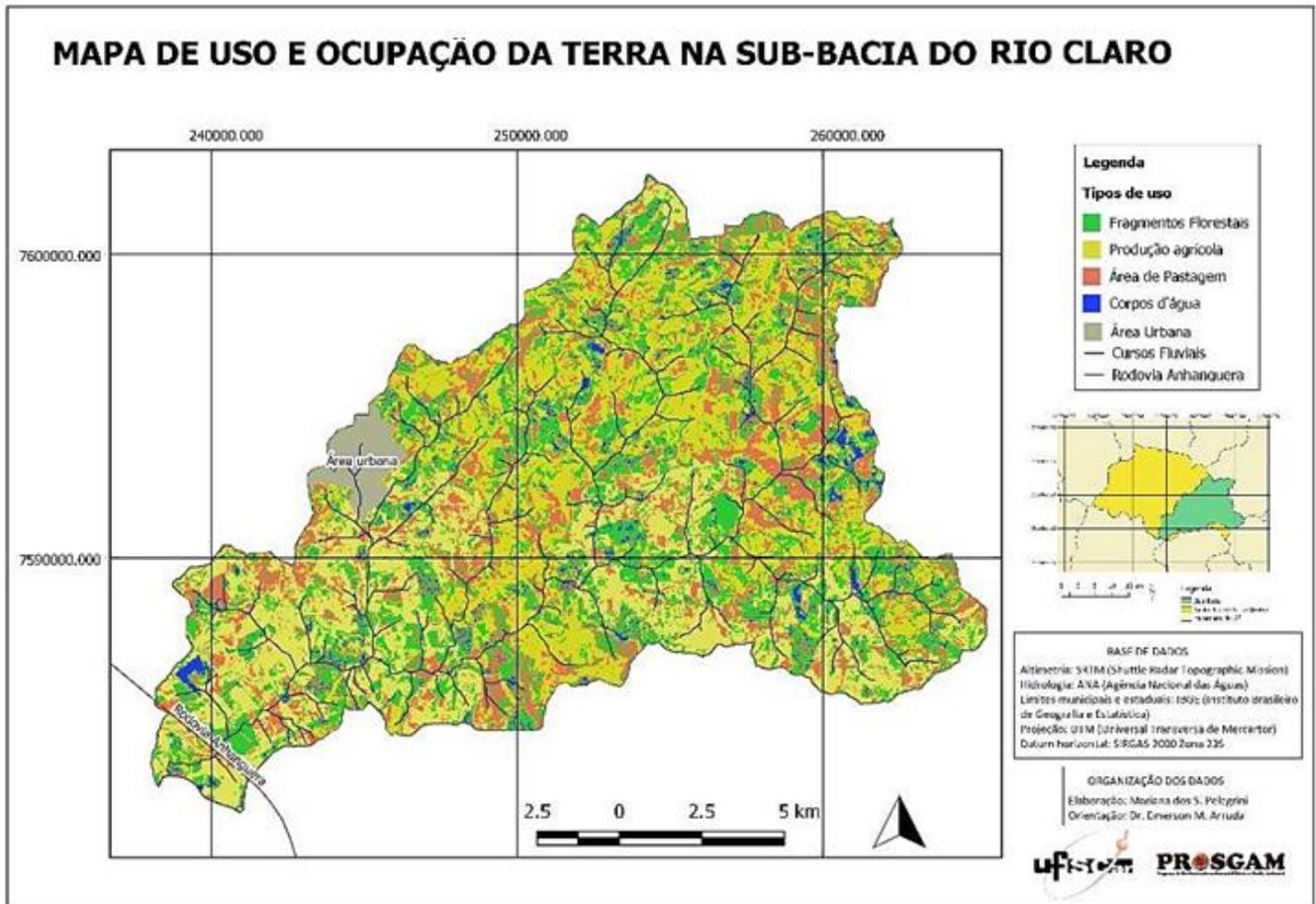


Figura 6: Mapa de uso e ocupação da terra na Sub-bacia do Rio Claro. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Categoria	Área (km²)	Porcentagem (%)
Corpos d'água	32,16	12,70041861
Área de pastagem	40,19	15,86155819
Fragmentos florestais	59,33	23,41548364
Produção agrícola	70,79	27,95592765
Área urbana	50,64	19,99842035
TOTAL	253,38	100

Tabela 4: Área em km² e porcentagem das classes do mapa de uso e ocupação da terra em relação a área total da sub-bacia. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Ao analisar a tabela, a classe de água representa uma área de 32,16 Km², sendo aproximadamente 12,7 % da área total e a classe de fragmentos florestais, por sua vez, representa uma área de cerca de 23,4%. Tal diversidade ambiental garante ao município recurso específico do Estado para a promoção do turismo regional e para manutenção e melhoria das características ambientais consideradas patrimônio do Estado.

Observa-se também o predomínio de produção agrícola na Sub-bacia do Rio Claro, representando uma área de 70,79 Km² sendo quase 28% de toda a área, a maioria delas destinada ao cultivo de cana-de-açúcar. Neste contexto, os últimos anos apresentam as áreas urbanas passando a ocupar uma maior porção nas áreas em estudo, havendo diminuição nas áreas rurais. O crescimento da malha urbana, por sua vez, se dá sobre os principais tipos de uso do solo da bacia hidrográfica, que destaca ser essencial para o bom estabelecimento da vegetação nativa, além de ter elevada importância agrícola,

principalmente na produção de alimentos. Isso explica o elevado índice de produção agrícola no local.

Massoli (1981), em estudo realizado no município de Santa Rita do Passa Quatro, afirma que tanto os arenitos da formação Pirambóia quanto da formação Botucatu decompõe-se facilmente, produzindo solos arenosos bastante espessos, pobres para a agricultura. Tais solos estão muito sujeitos à ação erosiva, razão pela qual é comum o aparecimento de boçorocas, que podem causar sérios danos se não forem contidas. Na área urbana, a necessidade de proteger e manter espaços naturais não está apenas relacionada com a conservação dos recursos ambientais, mas também com a atenuação dos desequilíbrios térmicos, prevenção de desastres e melhoria da qualidade de vida da população. Dessa forma, uma das principais consequências de aceleradas perdas de solo é a diminuição da qualidade da água e contaminação causada pela ação antrópica e neste cenário, destacam-se as degradações de APPs (Áreas de Preservação Permanente).

Durante o levantamento de campo, observaram-se alguns impactos ambientais causados pela expansão urbana. Dentre eles, na Figura 7, destaca-se a presença irregular de setores urbanos muito próximos ao Córrego Passa Quatro, o que invade a Área de Preservação Permanente do curso d'água em alguns trechos. Consequentemente nota-se que a questão do contexto urbano e toda a análise da expansão relaciona-se diretamente com a qualidade da água, não apenas pela questão de supressão da cobertura vegetal mas também pela ausência de infra estrutura de saneamento.



Figura 7: Córrego Passa Quatro e amostra no local em contexto urbanizado em janeiro de 2021.

Fonte: PELEGRINI, 2021.

Outro exemplo a ser considerado em relação às APPs é sua regularidade, possivelmente associado à leitura dos proprietários sobre a importância das mesas, como o exemplo apresentado na Figura 8 que, pelas observações feitas no levantamento de campo, compararam-se duas propriedades: a de número 1 compõe-se de um manejo adequado às restrições de uso da APP. Por outro lado, nota-se que na propriedade identificada de número 2 apresenta retirada da vegetação em volta de uma área de cabeceiras que deveria ser preservada.



Figura 8: Imagem de duas propriedades. Neste cenário, destaca-se a degradação de APPs na propriedade 2. Janeiro de 2021. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Essas áreas de preservação são definidas pela Lei n° 12.651/2012 em seu art. 3º, inciso II, como áreas protegidas, que deveriam apresentar vegetação nativa, com a função ambiental de conservar os recursos hídricos, a fauna, a flora, protegendo o solo e garantindo o bem-estar da população (MUNIZ, 2016).

Dessa forma, notou-se que uma das principais consequências da perda do solo é causada pela ação antrópica. Na área urbana, a necessidade de proteger e manter espaços naturais não está apenas relacionada com a conservação dos recursos ambientais, mas também com a atenuação dos desequilíbrios térmicos, prevenção de desastres e melhoria da qualidade de vida da população.

As ocupações e usos irregulares foram os principais elementos que degradaram as APPs na região da Sub-bacia do Rio Claro, uma vez que, em alguns locais, envolvem atividades como a supressão da vegetação, aterramentos, depósito incorreto de resíduos sólidos e despejo de efluentes sem tratamento nos corpos d'água. Outros tipos de conflitos ambientais que foram detectados na pesquisa são algumas regiões de assoreamento, desmatamento, degradação do solo e de nascentes em áreas de pastagem tradicional. Isso acontece devido ao acúmulo de sedimentos, lixo e outros materiais que são levados até o leito dos cursos d'água pela ação da dinâmica pluvial superficial e atividades antrópicas. Estes conflitos fazem parte de um processo intensificado pela pelas práticas sem manejo e cumprimento da legislação vigente, ocasionado a diminuição da vazão dos rios, rebaixamento do nível do lençol freático e ainda a próprio desaparecimento de algumas nascentes.

CONCLUSÃO

Fundamentado no conjunto de informações apresentadas nesta pesquisa, concluiu-se que o uso e ocupação da terra, bem como seu manejo, influenciam na qualidade da água na bacia hidrográfica em questão, refletindo não apenas na qualidade das águas superficiais e atividades agropastoris, mas principalmente para o abastecimento humano, como ocorre no município.

Os resultados obtidos permitiram concluir que, apesar de alguns cursos fluviais da Sub-Bacia do Rio Claro estarem inseridos nos centros urbanos de Santa Rita do Passa Quatro e sofrerem constantemente com a pressão antrópica, a qualidade de água mostrou-se boa para abastecimento público, aprovando assim a possibilidade de uso para abastecimento da cidade, mediante o processo de tratamento realizados pelas agências.

Observou-se também que os impactos mais significantes são decorrentes da aproximação e intervenção antrópica nos rios e córregos da Sub-Bacia do Rio Claro e ausência

da mata ciliar, acarretando em alterações nos parâmetros ambientais e morfológicos.

Destaca-se, por fim, que o presente trabalho contribuiu para que fosse levantada uma próxima pesquisa a qual terá como foco unir as informações aqui apresentadas para localizar os principais pontos de fragilidade dentro dessa sub-bacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTELHOS, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, S. B. da org. GEOMORFOLOGIA. Uma Atualização de Bases e Conceitos. 4ª ed. Bertrand, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998.

CURVELLO, R. T.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. dos S. **Estudo dos impactos da ocupação humana na microbacia do rio Batedor na serra da Mantiqueira no município de Cruzeiro, SP, Brasil**. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 91-107, 2008. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.45>

EGG, G.C. **Geração de Modelos Digitais de Superfícies Compostos Utilizando Imagens do Sensor PRISM/ALOS, 2012**. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

FREITAS, E. P. **Análise integrada do mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do Rio Jundiá-Mirim para fins de gestão ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 110p. Dissertação Mestrado.

GUEZZI, A. O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, Bahia de Antonina-PR, com o auxílio de geoprocessamento, 57f**. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Universidade do Paraná, Curitiba, 2003.

GUERRA, A. T; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand-Brasil, 2006.

IBGE. 1999. Folha SD. 24 Salvador - **Potencial de Recursos Hídricos. Levantamento de recursos ambientais**, Vol. 24, suplemento. 236 p.

MASSOLI, Marcos. **Geologia do município de Santa Rita do Passa Quatro, SP**. Revista do Instituto Geológico, v. 2, n. 2, p. 35-45, 1981.

MUNIZ, J. C. S. **Avaliação de Impacto Ambiental na Área de Preservação Permanente do Córrego do Urubu, Cuiabá-MT**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Drescher.

PAIVA, J.B.D.de.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 pp.

PORTO, M. F. do A. & PORTO, R. La L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos avançados, v.22, n.63, São Paulo, 2008.

RODRIGUEZ, J. M. M. et al. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens.** In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E. (org.). Diálogos em geografia física. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

ROSS, J.L.S. & DEL PRETTE, M.E. **Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental.** Revista do Departamento de Geografia nº 12, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Humanitas, 1998.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, v.6, p.17-29.1992.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SAFAVIAN, S. R.; Landgrebe, D. (1991) **A survey of decision tree classifier methodology.** IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics. 21, p. 660-674.

SILVA J. S. **Geoprocessamento para Análise Ambiental.** Rio de Janeiro, RJ, 2001.
TRICART, J. Ecodinâmica. IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VAINOV, A.; CONSTANZA, R. **Watershed management and the Web.** Journal of Environmental Management, 56, 231–245, 1999.

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

ARTIGO 3: ESTUDO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA SUB-BACIA DO RIO CLARO EM SANTA RITA DO PASSA QUATRO – SP

INTRODUÇÃO

Para compreensão do meio físico e a forma em que as áreas estão ocupadas, existem metodologias de planejamento ambiental que apontam a fragilidade emergente e potencial de uma determinada bacia. Essas fragilidades envolvem vulnerabilidade com relação às características físicas, sociais e econômicas do espaço. Dessa forma, considera-se como sendo uma das principais formas de identificação do espaço geográfico em relação aos aspectos físicos por fornecer informações básicas para o planejamento ambiental de uma área de interesse.

Para Tamanini (2008), a fragilidade ambiental diz respeito a um espaço sofrer qualquer tipo de dano relacionado com fatores de desequilíbrio de ordem natural, expresso pela própria dinâmica do ambiente, e por atividades antrópicas. Este conhecimento representa um papel fundamental para o planejamento ambiental. À medida que os elementos físicos e sociais são analisados de forma sistêmica, obtêm-se o conhecimento de áreas com maior ou menor potencial a desestabilização. A definição e o conhecimento dessas áreas ajudam a definir diretrizes e ações que devem ser implementadas no espaço físico territorial (GRISA, 2014).

O mapeamento da fragilidade do ambiente proporciona maior autonomia na tomada de decisões, uma vez que indica as áreas com maior ou menor vulnerabilidade, evitando com isto diversos problemas relacionados à ocupação inadequada em locais específicos, tais como, a ocupação desordenada do solo em áreas propensas à erosão superficial, e ao alagamento (Storto & Cocato, 2018; Rodrigues, Monteiro & Souza, 2018; Pessi & Loverde-Oliveira, 2019).

A análise ambiental e o planejamento territorial apresentam-se como base das características naturais de uma região, considerando, principalmente, informações de declividade, intensidade pluviométrica, uso da terra e cobertura vegetal, de forma a viabilizar um efetivo gerenciamento ambiental (Bojórquez-Tapia et al., 2013; Martín-Duque et al., 2012; Ross, 2012). Entende-se que, segundo BERTRAND (2007), a paisagem não é apenas entendida pela ótica dos elementos da natureza, mas sim como resultante da combinação dinâmica, portanto, instável e configurada por elementos físicos, biológicos e antrópicos.

O funcionamento dos ambientes naturais passa por constantes alterações devido a essas intervenções antrópicas que ocorrem numa velocidade maior do que suportada pela natureza. Quando não planejadas, as intervenções do homem acarretam um conjunto de desequilíbrios funcionais trazendo consequências à sobrevivência humana (SOUZA; VALE, 2016). Neste sentido, a intensa ocupação e as transformações dos ambientes naturais pelo ser humano têm alterado as paisagens e seus aspectos naturais, sociais e culturais (RODRIGUEZ et al., 2007; JÚNIOR; OLIVEIRA, 2015). Os sistemas ambientais podem responder de diferentes maneiras às intervenções humanas nos componentes da paisagem, como relevo, solo, clima, recursos hídricos e cobertura vegetal. Mapear a fragilidade ambiental permite definir áreas mais frágeis e que merecem maior atenção, pois sua má utilização pode resultar no comprometimento de todo sistema. O grau de um impacto sobre o equilíbrio de um sistema, dependendo do tipo de intervenção, pode ser maior ou menor em função das características intrínsecas do ambiente, ou seja, de sua fragilidade ambiental (Franco et al., 2013).

Juntamente aos atributos naturais, as ações antrópicas têm possibilitado uma fragilidade de maior ou menor proporção, em detrimento dos seus aspectos genéticos (SPÖRL; ROSS, 2004). Para tanto, as transformações que ocorrem nos diferentes componentes do meio físico/natural proporcionam maiores prejuízos no funcionamento do sistema, alterando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Esses elementos quando analisados e compreendidos de maneira integrada, auxiliam na elaboração de prognósticos e diagnósticos das várias categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (SPÖRL; ROSS, 2004).

Mapear a fragilidade ambiental permite definir áreas mais frágeis e que merecem maior atenção, pois sua má utilização pode resultar no comprometimento de todo sistema. Com isso, a identificação de unidades naturais e dos graus de fragilidade (potencial e emergente) de uma paisagem proporcionam melhores definições para a etapa de planejamento territorial, base essa que traça diretrizes e propõe ações de zoneamento e gestão das áreas especiais que necessitam de maiores esforços para conservação do equilíbrio ambiental (MartínDuque et al., 2012; Tomczyk, 2011).

Como orienta-se segundo um contexto de desenvolvimento sustentável e de procedimentos ajustados a uma visão abrangente e estratégica do território, essa análise pode ser utilizada na identificação dos impactos na bacia e na avaliação do cenário. Portanto, envolve-se a compatibilização entre políticas e planos de gestão dos usos e da conservação de recursos naturais, permitindo a incorporação da dimensão ambiental nos planejamentos setoriais.

Para Santos (2004), bacias hidrográficas tratam-se de um sistema natural bem delimitado espacialmente, constituído por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um rio principal e seus afluentes, onde ocorre uma interação desses componentes, de maneira integrada. Evidencia-se, contudo que, ao longo das últimas décadas, muitas transformações ocorreram devido aos avanços tecnológicos, sociais e econômicos, acarretando mudanças nos cenários ambientais, que, de certa forma, os estudos das bacias passaram a contribuir de maneira determinante e significativa na modificação dos sistemas ambientais.

Vashchenko et al. (2007) cita a importância desse tipo de estudo em trabalhos de zoneamento em unidades de conservação e em outros tipos de área protegidas, enquanto Ross (1990) afirma que o planejamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas deve estar inserido no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e de seus recursos. Assim, a necessidade de se executar o mapeamento da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas vem ao encontro dos princípios de conservação dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou estudar a fragilidade ambiental da Sub-bacia do Rio Claro, localizada no município de Santa Rita do Passa Quatro - SP, aliando-se a procedimentos específicos para o estudo da fragilidade potencial e emergente. Dessa forma analisou-se a relação entre as classes de declividade/solo/uso e ocupação da terra e ações antrópicas identificadas através de levantamento de campo e da influência das características físico-químicas no local.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Caracterização da área de estudo

Santa Rita do Passa Quatro é um município brasileiro do Estado de São Paulo, fazendo parte da Região Metropolitana de Ribeirão Preto (RMRP). Localiza-se a uma latitude 21°42'37" sul e longitude 47°28'41" oeste e possui área de 754,141 km². Ainda, é um dos doze municípios paulistas considerados Estâncias Climáticas pelo Estado de São Paulo, por cumprir determinados pré-requisitos ambientais e ecológicos definidos por Lei Estadual.

A área urbana de Santa Rita do Passa Quatro apresenta uma altitude média de de 748 metros e alguns pontos do município atingem até 1000 metros, no Morro do Itatiaia, por exemplo. Uma das características mais marcantes do município é a sua localização no setor de transição entre a Depressão Periférica Paulista e as Cuestas Arenítico-Basálticas, as quais cortam o Estado de São Paulo e dominam a paisagem. Outra característica marcante é a área de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, o que favorece uma fauna e flora rica e muito específica.

máxima e a elevação mínima, o que resulta na amplitude altimétrica da bacia. Em função disto, através de manipulação numérica do mapa de declividade obtém-se informações necessárias para análise da elevação do terreno do local a ser estudado.

O mapa de unidades do relevo foi elaborado a partir proposta de Ross (1992), averiguando-se as formas de modelado, bem como as distâncias interfluviais na área estudo. Para essa análise houve o cruzamento de informações das informações associadas à hispometria, declividade e relevo sombreado, a fim de identificar os padrões das formas que prevalecem na área. Perfis topográficos também foram utilizados na análise das distâncias interfluviais.

Através da inter-relação entre as variáveis ambientais (relevo, tipo de solo, precipitação e uso da terra), modelos computacionais aplicados ao estudo da fragilidade para fins de ordenamento territorial resultam em mapeamentos temáticos, nos quais a área de estudo é classificada segundo uma escala de fragilidade ambiental (Jain & Goel, 2002).

Em relação aos métodos de cálculo da fragilidade, o modelo de Crepani et al. (2001) trabalha com valores aritméticos médios para o produto final, no qual todas as variáveis têm a mesma importância (peso) para o estabelecimento dos graus de fragilidade das Unidades Territoriais Básicas (UTB). Em contrapartida, o modelo proposto por Ross (1994) adota o agrupamento dos índices das variáveis e considera o relevo (mapa de declividade) como variável principal, com uma importância maior na definição dos graus de fragilidade.

Com os arquivos vetoriais das curvas de nível e hidrografia (IBGE, 2010), foi gerado um modelo digital de elevação hidrologicamente (MDEHC) consistente utilizando-se o algoritmo topo to raster (ESRI, 2010). A partir disso foi elaborado o modelo da declividade do terreno, calculando o valor máximo de mudança de cota a partir da célula central para as suas vizinhas. Com o mapa da declividade do terreno em formato numérico contínuo foi realizada uma discretização por meio da ferramenta Reclassify (ESRI, 2010), reclassificando-se o terreno com base nos critérios estabelecidos pela Embrapa (2006), qualificando-se condições de declividade e definindo-se formas topográficas.

Uso e ocupação da terra

O processo de uso e ocupação da terra, segundo Freitas (2012, p.17) é caracterizado por indicar a distribuição geográfica de classes identificadas através de padrões homogêneos de cobertura terrestre, ou seja, é a espacialização de uma área de ocupação humana.

Segundo o IBGE (2013, P.36), é esclarecido que

“[...] O levantamento da cobertura e uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório d campo, voltadas para interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas.”

Dessa maneira, Hart (1986 apud GUERRA; MARÇAL, 2006) destaca que as ações destrutivas ou construtivas dos seres humanos produzem uma série de impactos, que se constituem em risco para o meio ambiente e para o próprio homem. Portanto, as principais formas de degradação ambiental, está associado à potencialidade dos elementos do meio físico.

O uso da terra neste trabalho foi determinado por meio da classificação automática supervisionada, utilizando-se o *software* Quantum GIS versão 2.18 e adotando-se o procedimento Classificação Supervisionada de Imagens Orbitais com o *Semi-Automatic Classification Plugin*, gerada com base de imagens do satélite IKONOS 2, com resolução espacial

de 10 metros, período de janeiro de 2018.

Assim, o mapa de uso e ocupação da Sub-Bacia do Rio Claro foi elaborado segundo as diversificações da região, tendo como destaque as classes Fragmentos Florestais, Produção Agrícola, Áreas de Pastagem, Contexto Urbano e Corpos D'água. Essa ferramenta de interpretação é realizada por meio de uma análise multiespectral dos padrões de características como cores, texturas, arranjos (IBGE, 2006), sendo que, para isso, extraíram-se padrões de imagem de cada classe já executado para a montagem de um álbum de referência ou chave de classificação. Ainda, a técnica de classificação automática supervisionada consiste na rotulação de pequenas amostras de pixels dos dados, como amostras representativas das classes de interesse e a análise foi realizada por meio da extrapolação dessas amostras-teste, para todo o conjunto de dados (BIEHL; LANDGREBE, 2002).

Posteriormente, a classificação foi validada em campo, durante levantamentos de campo no mês de janeiro de 2021. A Tabela 1 apresenta a classificação do mapa de uso e cobertura da terra, de acordo com os critérios propostos por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), e a área relativa ocupada por cada classe de uso observada.

CATEGORIA	ÁREA (KM ²)	PORCENTAGEM (%)	PONTUAÇÃO
Corpos d'água	32,16	12,70041861	1
Área de pastagem	40,19	15,86155819	4
Fragmentos florestais	59,33	23,41548364	2
Produção agrícola	70,79	27,95592765	4
Área urbana	50,64	19,99842035	3
TOTAL	253,38	100	

Tabela 1: Valores de vulnerabilidade atribuídos às classes de uso e cobertura da terra.
Fonte: Ross (1994) e Crepani et al. (2001).

Parâmetros para Análise da Fragilidade

Neste trabalho utilizou-se para a análise da fragilidade ambiental da Sub-bacia a metodologia segundo Crepani et al., 2001, a qual emprega a declividade do terreno como base do estudo, uma vez que trata-se de influência direta nos processos que condicionam a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais em energia cinética e, por consequência, na intensidade dos processos erosivos.

As distinções das classes de declividade foram empregadas para prover informações sobre susceptibilidade à erosão em vários ambientes e são amplamente aplicadas em várias regiões do Brasil (IBGE, 2007). A Tabela 2 apresenta os critérios adotados para hierarquização da vulnerabilidade das classes de declividade e da área da bacia que ocupam.

Declividade (%)	Descrição do relevo	Pontuação	Área (%)
0 – 3	Plano	1	7
3 – 8	Suave Ondulado	2	20
8 – 20	Ondulado	3	33
20 – 45	Forte Ondulado	4	26
> 45	Montanhoso e escarpado	5	14
TOTAL			100

Tabela 2: Critérios para hierarquização da vulnerabilidade das classes de declividade e área. Fonte: (IBGE, 2007).

Em relação à vulnerabilidade dos solos aos processos erosivos foi utilizado um mapa pedológico elaborado com base no Mapa de Tipos de Solo do Estado de São Paulo do DATAGEO. Para facilitar a interpretação do mapa pedológico, foi efetuada a reclassificação com base nos critérios propostos por Crepani et al. (2001), nos quais são designados pesos em função da erodibilidade natural das diferentes classes de solo (Tabela 3).

DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO	ÁREA (%)
Neossolo litólico tb distrófico	5	7
Gleissolo háplico tb distrófico	5	11
Neossolo quartzarênicos	5	8
Latossolo vermelho	1	58
Latossolo vermelho-amarelo distrófico	1	16
TOTAL		100

Tabela 3: Pesos em função da erodibilidade natural das diferentes classes de solo.
Fonte: Crepani et al. (2001)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Elementos do Meio Físico: Relevo, Declividade e Pedologia

As diferentes formas de utilização do solo e as características do relevo apresentaram-se como sendo os elementos que interferem e intensificam os processos erosivos da área de estudo que, diretamente, influenciaram na perda de solo e no assoreamento de rios, diminuindo a capacidade produtiva da bacia. Dessa forma, relevo, pedologia e declividade apresentaram-se como base importante para analisar os elementos do meio físico como atributos geomorfológicos, permitindo as avaliações dos processos de conflitos e impactos ambientais. É por isso que, a bacia hidrográfica, quando analisada juntamente aos elementos do meio físico, pode ser então considerada um ente sistêmico onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, região de mais baixa altitude na bacia, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja a interconexão se dá pelos sistemas hídricos (TUCCI, 1997; PORTO & PORTO, 2008).

Assim, apresenta-se na Figura 2 o mapa da Rugosidade do Relevo do local, já na Figura 3, por sua vez, o mapa de declividade com uma área expressiva com forte grau de inclinação do terreno, muitas vezes ultrapassando 45%, marcando o contato entre a superfície da Depressão Periférica Paulista e o planalto residual (cuestas).

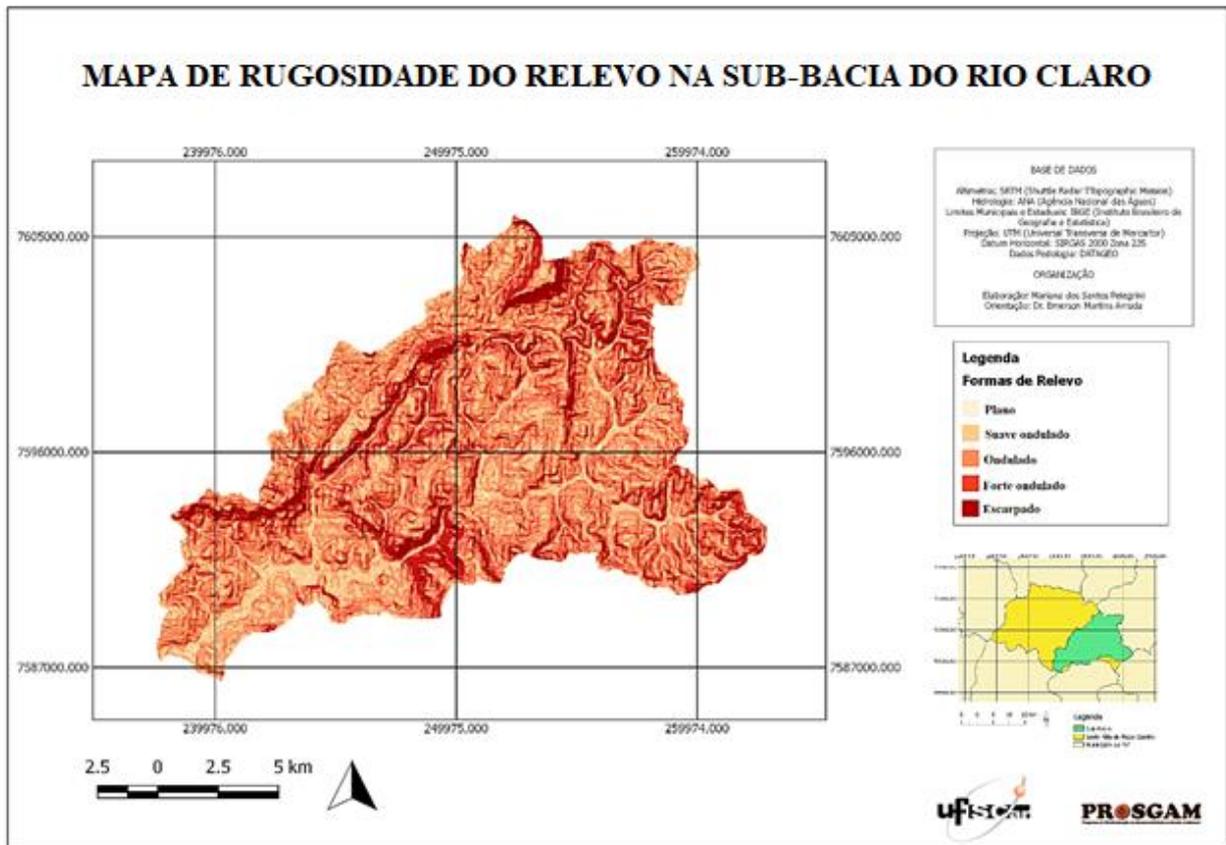


Figura 2: Mapa de rugosidade do relevo. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Tendo em vista que a área total da sub-bacia é de 255,38 km² e as primeiras classes de declividade são de 0 a 20%, abrange-se uma área relativamente pequena do espaço e afirma-se que neste local existe a presença de áreas suscetíveis à inundação. Uma altitude mais elevada, por sua vez, somada à declividade acentuada, potencializam os processos hidrogeomorfológicos, resultando em relevo regional com características de susceptibilidade à processos erosivos e intenso escoamento superficial.

Essa pré disposição é assim problematizada quando o uso do solo não é corresponde às suas características, e manejo inadequado, havendo perda de solo e excessivo acúmulo de sedimentos nos cursos d'água, ocasionando assim, assoreamento. Por outro lado, nota-se que a instalação da cidade e do aterro sanitário foi feita nas regiões de altitudes intermediárias, em torno de 750 m, porém em interflúvios de topos levemente convexizados. Aspectos estes que, do ponto de vista topográfico, torna o ambiente favorável à expansão da área urbana.

Porém, como outros elementos do sistema ambiental também devem ser levados em consideração, há sim a necessidade de que haja o planejamento urbano mais adequado, uma vez que parte da cidade encontra-se sobre as litologias da formação Pirambóia e portanto, uma área de recarga de aquífero. Além disso, verifica-se a ocorrência de processos erosivos na área, bem como cenários de assoreamento, o que certifica a necessidade de estudos integrados e diferentes leituras para compreender a dinâmica da paisagem e que agreguem a análise do relevo.

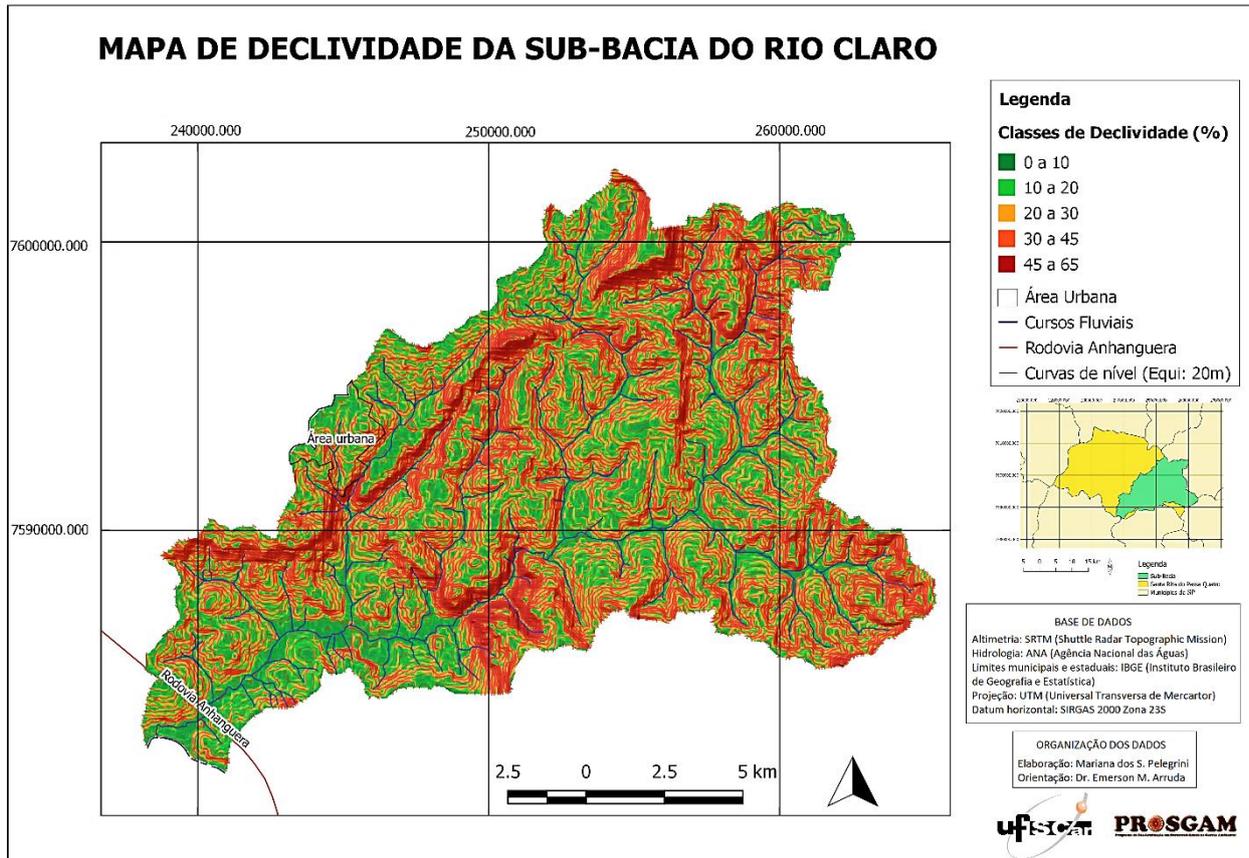


Figura 3: Mapa de Declividade da área de estudo. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Outro destaque relacionado ao mapa de declividade constitui na forte dissecação dos cursos fluviais na bacia, com vales bem entalhados em alguns setores, denotando possíveis ajustes do nível de base em função de alterações climáticas ou influência litro-estrutural.

A partir da identificação das diferentes rugosidades da sub-bacia, bem como a diversidade de formas expressas no mapa de declividade, outra importante característica a ser considerada na análise para o entendimento da dinâmica ambiental refere-se aos tipos de solo e uso e ocupação da terra.

O atributo dos tipos de solo, juntamente à declividade e às formas de relevo superficial do terreno possui destaque como aspectos restritivos em diferentes legislações ambientais, influenciando assim as práticas e conflitos relacionados aos diversos tipos de uso e ocupação da terra. Nesse sentido, a área de estudo apresenta setores de forte declividade principalmente relacionados à unidade onduladas e forte onduladas, com áreas escarpadas e morros testemunhos, presentes no setor centro-norte da bacia.

Villela e Matos (1975) enfatizam que a formação de uma bacia hidrográfica ocorre através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos d'água sempre das áreas mais altas para as mais baixas, determinados por dois tipos de divisores de água, o topográfico ou superficial, condicionado pela topografia local, e o freático ou subterrâneo, determinado pela estrutura geológica dos terrenos.

Em relação aos tipos de solo, foi realizado o recorte com base nos limites da bacia hidrográfica, possibilitando identificar a ocorrência de cinco classes como sendo Latossolos Vermelho-Amarelos, Gleissolos Háplicos, Latossolos Vermelhos, Neossolos Líticos e Neossolos Quartzarênicos, como mostra a Figura 4. Em relação às classes pedológicas, observou-se a predominância do Latossolo Vermelho

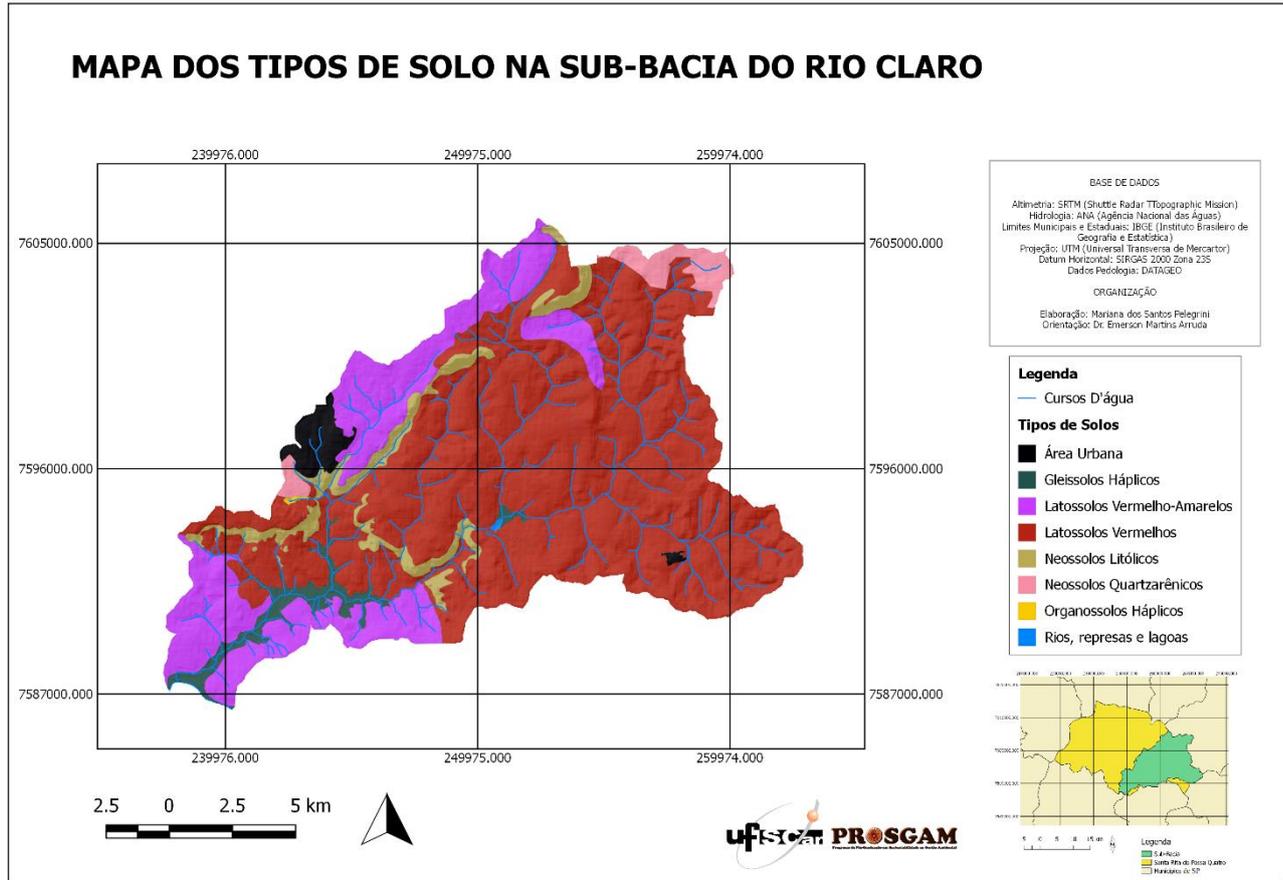


Figura 4: Mapa de tipos de solo na área de estudo. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Análise do uso e ocupação da terra

Segundo Tucci e Clarke (1997), para minimizar qualquer tipo de impacto devido ao declive de determinado local, a cobertura vegetal deve possuir um papel prático na absorção dos excessos hídricos.

Ao analisar a tabela 1, a classe de água representa uma área de 32,16 Km², sendo aproximadamente 12,7 % da área total e a classe de fragmentos florestais, por sua vez, representa uma área de cerca de 23,4%. Tal diversidade ambiental garante ao município uma verba específica do Estado para a promoção do turismo regional e para manutenção e melhoria das características ambientais consideradas patrimônio do Estado. Observa-se também o predomínio de produção agrícola na Sub-bacia do Rio Claro, representando uma área de 70,79 Km² sendo quase 28% de toda a área, a maioria delas destinada ao cultivo de cana-de-açúcar. Neste contexto, os últimos anos apresentam as áreas urbanas passando a ocupar uma maior porção nas áreas em estudo, havendo diminuição nas áreas rurais.

Massoli (1981), em estudo realizado no município de Santa Rita do Passa Quatro, afirma que tanto os arenitos da Formação Pirambóia quanto da formação Botucatu decompõe-se facilmente, produzindo solos arenosos bastante espessos, pobres para a agricultura. Tais solos estão muito sujeitos à ação erosiva, razão pela qual é comum o aparecimento de boçorocas, que podem causar sérios danos se não forem contidas.

Na área urbana, a necessidade de proteger e manter espaços naturais não está apenas relacionada com a conservação dos recursos ambientais, mas também com a atenuação dos desequilíbrios térmicos, prevenção de desastres e melhoria da qualidade de vida da população.

Dessa forma, uma das principais consequências de aceleradas perdas de solo é a

diminuição da qualidade da água e contaminação causada pela ação antrópica e neste cenário, destacam-se as degradações de APPs (Áreas de Preservação Permanentes).

Deste modo, as informações do mapa de uso e ocupação da terra na Sub- bacia do Rio Claro representado na Figura 5 apontam-se produtos de extrema valia na proposta elaborada pela pesquisa. Por esse tipo de exploração, no mapa gerado notou-se a presença de pastagens, áreas urbanas, corpos d'água, grande produtividade agrícola e de fragmentos florestais, o que explica o alto nível de diversidade nos elementos físicos da paisagem.

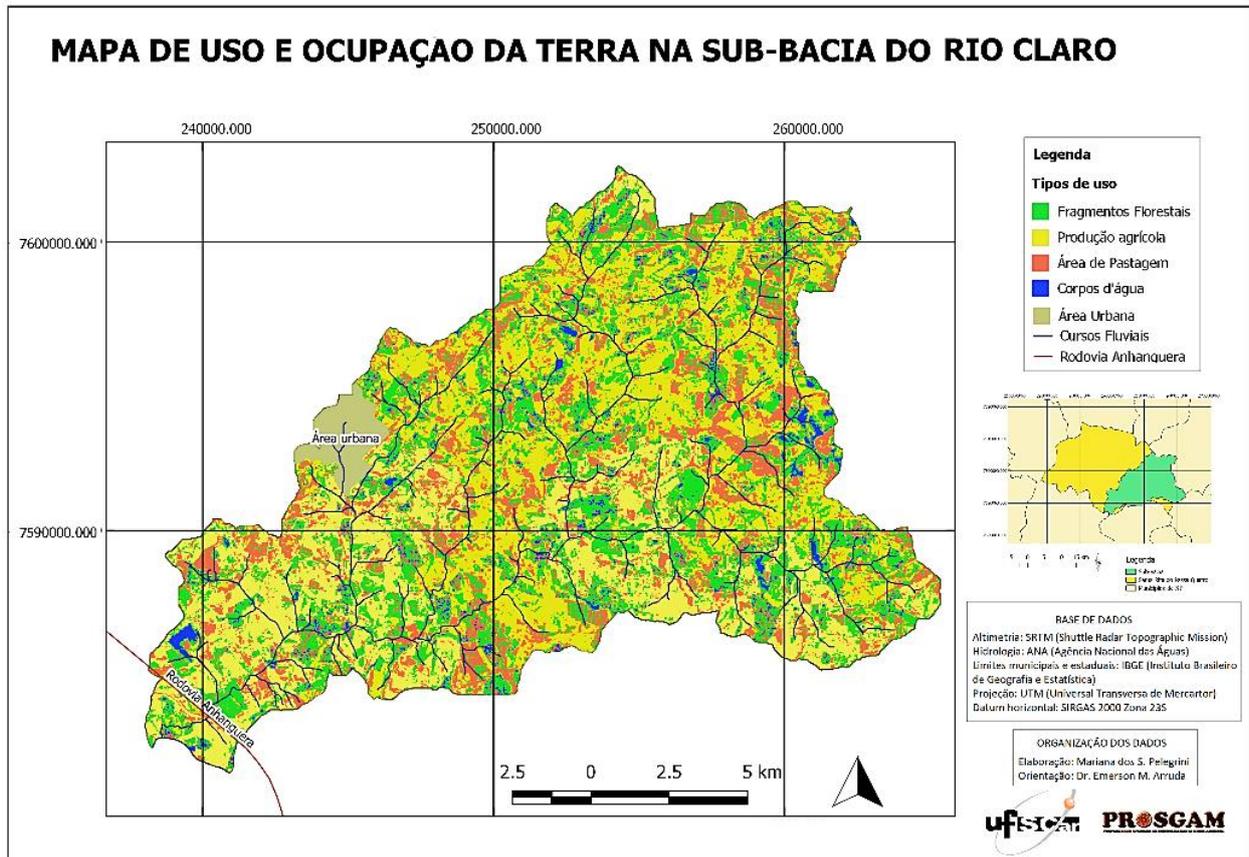


Figura 5: Mapa de Uso e Ocupação da terra na área de estudo. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Análise da Fragilidade Potencial e Emergente

O procedimento para o diagnóstico e mapeamento da fragilidade ambiental consistiu em uma análise multicriterial que teve como base as metodologias propostas por Ross (1994), Crepani et al. (2001) e Jain & Goel (2002). A aplicação do método se baseou na integração de mapas de elementos do meio físico, concentrando-se na vulnerabilidade associada aos atributos do terreno como formas do relevo, declividade, tipos de solos e uso e cobertura da terra.

A partir da interpretação dos mapas temáticos e consultas de campo, foram definidos critérios para a classificação e a hierarquização dos planos de informação (PI) e do grau de fragilidade ambiental, de acordo com a vulnerabilidade de cada área a sofrer processos de degradação do solo por erosão. O método proposto realizou um diagnóstico do ambiente através dos atributos do terreno e suas contribuições nos diferentes graus de fragilidade potencial e emergente do ambiente de estudo.

O Mapa de Fragilidade Potencial (MFP) foi elaborado por meio da sobreposição das informações de declividade do terreno (%), formas de relevo e pedologia (unidades de mapeamento de solos) e é apresentado na Figura 6.

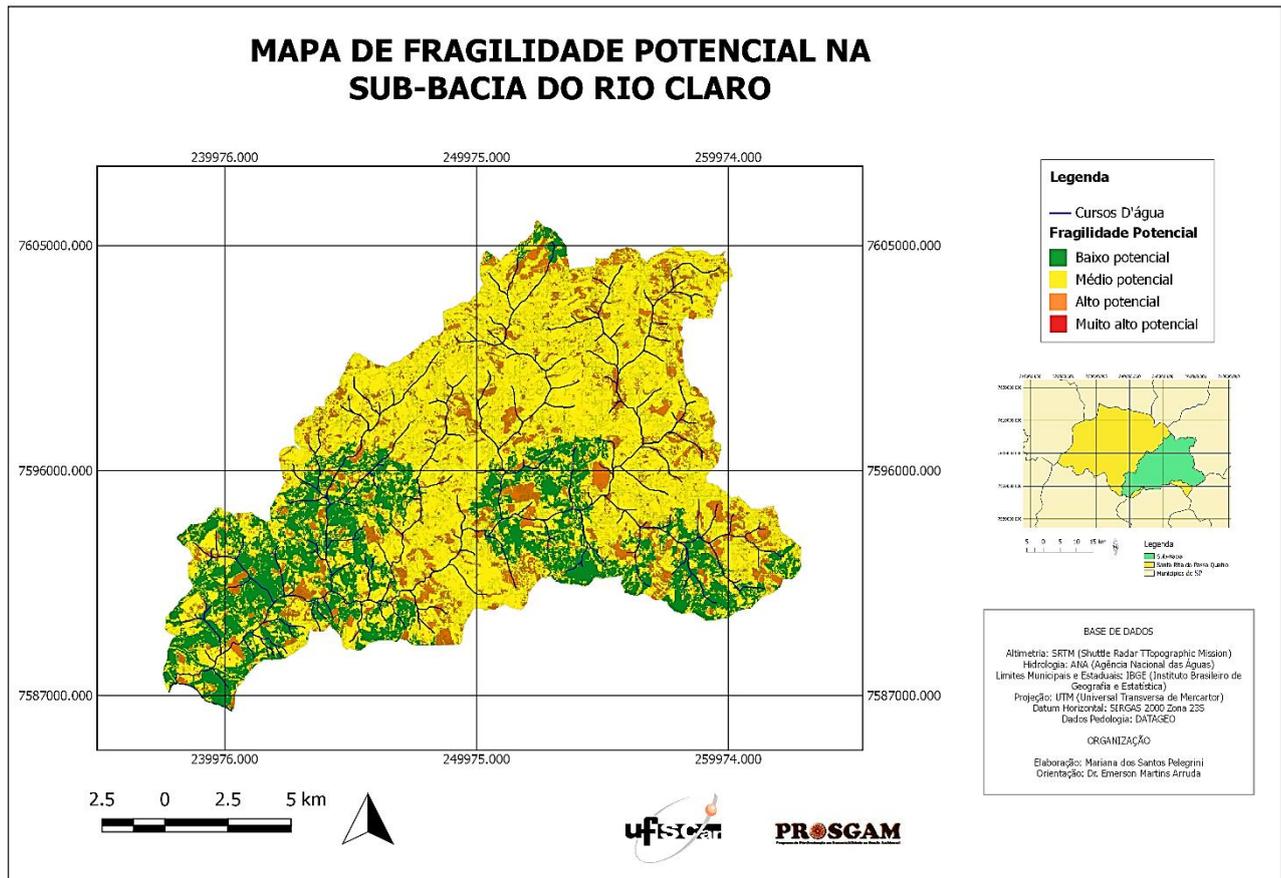


Figura 6: Mapa de Fragilidade Potencial da Sub-Bacia. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Já o Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) foi obtido a partir da sobreposição do mapa resultante da Fragilidade Potencial e do mapa de uso e ocupação da terra na Sub-bacia com os valores estabelecidos para as diferentes classes de uso e ocupação da terra. Apresenta-se essa fusão na Figura 7.

Ao considerar a fragilidade emergente, que se refere à associação dos atributos naturais e ao desenvolvimento de atividades antrópicas sobre a área (Ross, 1994), observou-se uma redução das áreas ocupadas por alta e muito alta fragilidade, convertendo-se em baixa e média fragilidade ambiental. Essas mudanças deram-se em função da predominância de áreas ocupadas por pastagens em boas condições, e em destaque, as áreas ocupadas por floresta, que lhe garante maior grau de proteção.

Valle (et al. 2011) citam que a cobertura florestal é capaz de oferecer proteção ao solo, minimizar a intensidade e as consequências dos processos erosivos e, consequentemente, reduzir a fragilidade em determinados locais. Já Bertoni & Lombardi Neto (2014) citam que a perda de solo em áreas ocupadas por cobertura florestal é dez vezes inferior que em áreas ocupadas por pastagem em condições degradadas ou área agrícola perene.

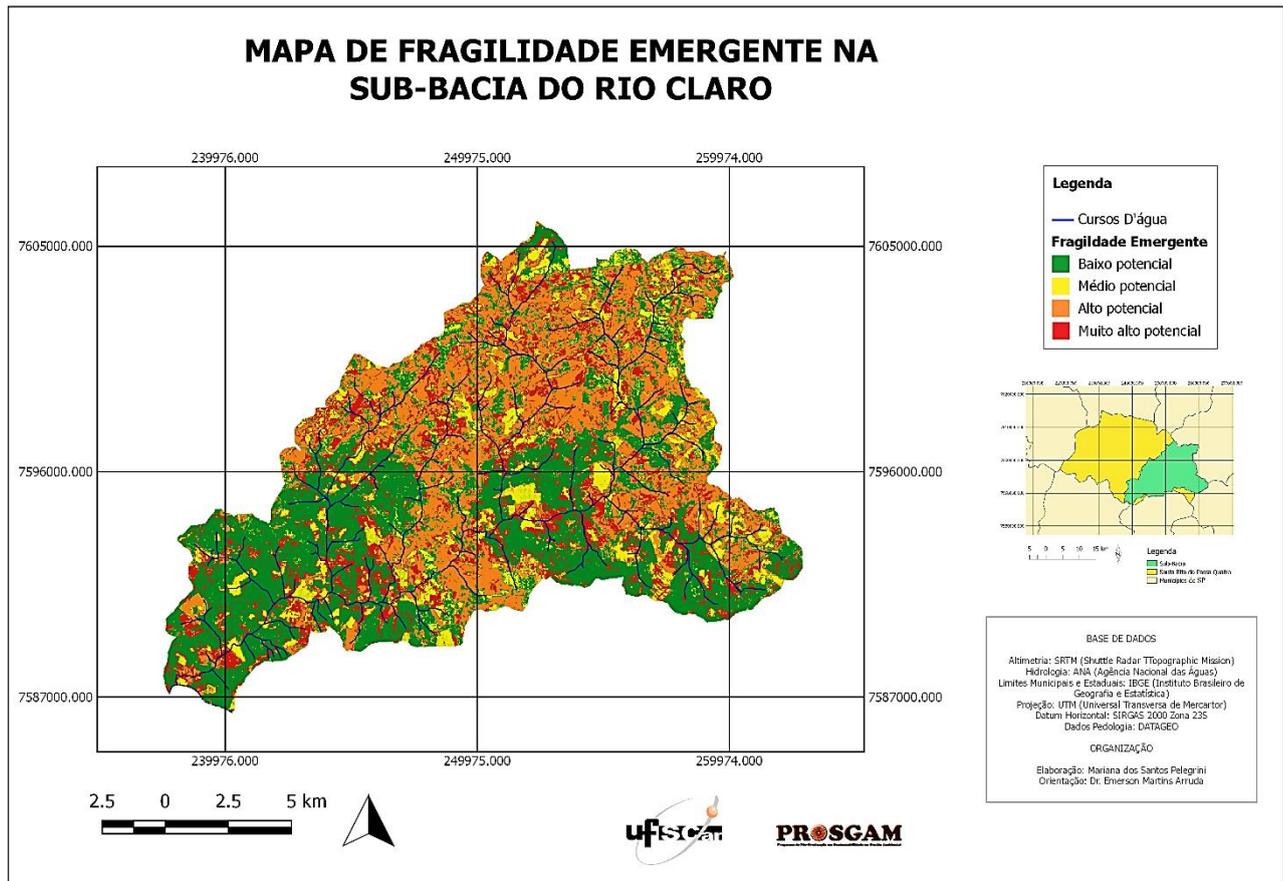


Figura 7: Mapa de Fragilidade Emergente da Sub-Bacia. Fonte: PELEGRINI, 2021.

Impactos Ambientais causados pelo Alto Potencial de Fragilidade Sub-Bacia

Observou-se em campo que, na área urbana, a necessidade de proteger e manter espaços naturais não está apenas relacionada com a conservação dos recursos ambientais, mas também com a atenuação dos desequilíbrios térmicos, prevenção de desastres e melhoria da qualidade de vida da população.

Nota-se que uma consequência preocupante para população deve ser a acelerada perdas de solo e a diminuição da qualidade da água, uma vez que a contaminação é causada pela ação antrópica e é neste cenário que se destacam as degradações de APPs (Áreas de Preservação Permanentes), as erosões e alguns setores com assoreamento no local.

Os resultados obtidos nesse estudo podem auxiliar no planejamento e gestão adequada da sub-bacia hidrográfica, uma vez que indicam a fragilidade ambiental da área, permitindo compreender o potencial natural do solo quanto à erosão, frente aos diversos usos.

Neste contexto, a Figura 8 apresenta uma erosão em estágio avançado, localizada numa região muito próxima ao aterro sanitário da cidade. Esse contraste destaca-se pelo tipo de solo constituir-se de rocha tipo arenosa e de sério agravamento devido a retirada de vegetação. A partir da elaboração do mapa de fragilidade potencial, observou-se que a área tem sua localização na classe de fragilidade de muito alto potencial, verificando-se a coerência dos parâmetros utilizados na metodologia utilizada.



Figura 8: Grande erosão encontrada na Sub-bacia do Rio Claro. Localização: 21°38'42.0"S 47°23'17.6"W.
Fonte: Google Earth.

A ocorrência de ravinamentos e voçorocamentos infelizmente corresponde à um problema identificado em diversos municípios da região, como Tambaú e Casa Branca, havendo diversos estudos geomorfológicos sobre tais ocorrências. Nesse sentido, o substrato associado às Formações Pirambóia e Botucatu, compostos por arenitos que apresentam consistência arenosa e são extremamente frágeis do ponto de vista da resistência à erosão. Essa potencialidade é atenuada com a presença da vegetação, que protege as coberturas superficiais. No entanto, com a retirada da mesma, os frágeis solos originados a partir desses arenitos ficam expostos aos processos erosivos, tendo sua suscetibilidade ampliada com a introdução de pastagens e cultivos sem as devidas práticas de manejo.

Assim, o mapa de fragilidade ambiental constituiu importante ferramenta utilizada para compreensão do espaço e planejamento territorial, podendo ser utilizado por pequenos proprietários e produtores rurais, uma vez que possibilita a avaliação das características ambientais de forma integrada, considerando suas potencialidades e restrições (Kawakubo et al., 2005; Tomczyk, 2011).

Para ser efetivo, o planejamento ambiental e territorial da paisagem deve relacionar as formas de uso e ocupação da terra e considerar a fragilidade do ambiente à degradação, monitorando processos que afetam diretamente o fornecimento de bens e serviços ecossistêmicos, como características relacionadas à erosão do solo, assoreamento de cursos d'água e perda de biodiversidade.

Dessa forma, apresenta-se na Figura 9 um exemplo de processo de assoreamento encontrado na área e mostrando também estar em situação ambiental degradada. Este impacto claramente foi causado pela retirada da vegetação nativa pelas ações antrópicas dos seus arredores e também devido à declividade, revelando possuir um alto potencial de fragilidade ao aliar-se às informações indicadas nos mapas elaborados nessa pesquisa



Figura 9: Grande área de assoreamento encontrada na Sub-bacia do Rio Claro.
Fonte: PELEGRINI, 2021.

Faz-se necessário, portanto, sempre estabelecer a análise ambiental a partir de uma abordagem sistêmica, buscando a integração dos aspectos que compõe a paisagem local, e observando os conflitos e desequilíbrios que marcam sua dinâmica. Evidencia-se assim, a necessidade de projetos que visem identificar estas localidades de maior fragilidade ambiental e atuar efetivamente sobre elas e suas problemáticas cotidianas, a fim de resolver ou reduzir significativamente a possibilidade de ocorrência de eventos de degradação relacionadas às dinâmicas naturais do relevo nestas regiões.

Neste sentido, destacam-se os impactos ambientais causados pela Estação de Tratamento de Esgoto de Santa Rita do Passa Quatro, composta por duas lagoas de estabilização (aerada e de decantação). O local de tratamento está localizado há apenas 100 metros de um bairro local, revelando-se um grave problema para os moradores. Ainda, uma questão a ser elencada nessa situação é que este bairro situado próximo à estação é novo, ou seja, é evidente que houve equívoco ao desenvolver o projeto de expansão urbana para esse setor. Porém, existem outros bairros um pouco mais afastados, onde os moradores relatam forte odor vindo da ETE, ratificando que não houve o devido planejamento para a localização da estação, ou que a estrutura ou funcionamento da mesma não devidamente adequada.

Ainda, sobre a localização da ETE (Figura 10), ao observar o mapa de fragilidade, essa região apresenta um médio potencial, mas nota-se que o local foi construído em torno de uma APP. É muito comum em diversos municípios paulistas a escolha de áreas de APP por parte das prefeituras para a construção e instalação de ETEs, até por se configurarem em setores onde o poder público possui maior facilidade para justificar a demanda de ocupação. No entanto, mesmo de tratando de um empreendimento que possua como objetivo final o tratamento de esgoto e minimização da poluição dos recursos hídricos. Neste cenário do município abordado neste artigo, possível constatou-se o início da degradação causada pela retirada da vegetação em consequência da instalação sem levar e conta o contexto ambiental, com perda de cobertura nativa, remobilização de sedimentos com retirada de camada de solo fértil e mudança da dinâmica da vazão e da qualidade ambiental da água dos corpos superficiais e subterrâneos.



Figura 10: Visão espacial da localização da Estação de Tratamento de Esgoto. Fonte: Google Earth.

Na foto acima, pode-se verificar a proximidade do bairro Jardim Planalto da área da ETE do município, adjacentes a um canal fluvial, o qual mesmo apresentando vegetação em sua APP, pode-se notar a grande remobilização de solo em seu entorno. Deste modo, os estudos a respeito de impactos ambientais, e aqui incluímos também os desastres naturais induzidos (ou potencializados) pelos seres humanos, devem pressupor um entendimento das ações humanas sobre o meio, suas características e evolução, levando em consideração os atributos remanescentes de um espaço herdado da natureza e suas conseqüentes especificidades.

Tendo em vista essas discussões, considerou-se adequada a pontuação atribuída às classes, na medida em que aos atributos foi conferido o mesmo peso na qualidade ambiental. Esse procedimento para análise pôde representar uma limitação em determinadas regiões, nas quais alguns dos fatores considerados possam representar uma maior ou menor contribuição para a qualidade e a fragilidade ambiental, sugerindo a necessidade de ponderação dos critérios, além da pontuação hierárquica. Entretanto, mesmo com algumas limitações relativas à escala de mapeamento, estudos dessa natureza são capazes de contribuir para a gestão de bacias hidrográficas através da representação da fragilidade das terras e do potencial natural para erodibilidade, uso agrícola e florestal.

O aprimoramento dessas ferramentas possibilitou um diagnóstico cada vez mais eficiente da fragilidade dos ambientes, através do zoneamento das áreas de expansão urbana e recuperação/preservação de áreas prioritárias e considerando-se o modelo produzido, a área em estudo foi geralmente diagnosticada como de média fragilidade ambiental. Isso indica a suscetibilidade da ocorrência de processos erosivos, considerando-se as características topográficas e naturais, assim como as intervenções antrópicas no meio ambiente, ressaltando-se as litologias areníticas friáveis e os setores de relevo declivosos, comuns na bacia.

A determinação da fragilidade na Sub-Bacia do Rio Claro possibilitou a identificação das áreas que merecem maior cuidado quanto ao uso do solo e à necessidade de adoção de práticas agrícolas. A metodologia dessa análise, por sua vez, incluiu componentes naturais e antrópicos como relevo, pedologia, declividade e uso e ocupação do solo, possibilitando mapear a fragilidade potencial e emergente de forma a expandir a compreensão da área.

Em relação à fragilidade potencial, a área de estudo possui predominância de média fragilidade. Essa ocorrência deu-se em função da presença de solos com textura média, como é o caso dos latossolos vermelhos. Já a ocorrência da alta fragilidade potencial associou-se à declividade acentuada e a presença de solos com textura arenosa, bem como altos índices de erosividade e assoreamento.

Em conformidade com Coelho et al. (2017), nota-se que projetos desta natureza se revelam extremamente importantes para o planejamento urbano e ambiental, podendo contribuir também no desenvolvimento de políticas municipais com a proposição de medidas mitigadoras

aos impactos existentes e possíveis impactos futuros. Neste cenário, é impossível desvincular a temática de fragilidade ambiental e uso do solo dos instrumentos municipais legais de ordenamento do território, destaca-se a correlação com estudos relativos ao Plano Diretor e Zoneamento ambiental, apontando as contribuições e contradições nas políticas públicas.

Plano Diretor, Zoneamento e Políticas Públicas de Santa Rita do Passa Quatro

O Plano Diretor está previsto na Lei 10.257/01, conhecida como Estatuto da Cidade, sendo que essa lei estipula o que deve ser apresentado nos planos diretores, abordando alguns eixos como parcelamento e edificação, direito de preempção, direito de outorga onerosa do direito de construir, direito de alterar onerosamente o uso do solo, operações urbanas consorciadas e direito de transferir o direito de construir, constituindo, ao menos em expectativa, num documento que orienta a integração de políticas públicas e o ordenamento do território municipal. Para que cumpra sua função constitucional de instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, não pode apenas ser instituído juridicamente como lei, uma vez que seus preceitos devem estar marcados por dois adjetivos essenciais que são exequibilidade e aptidão à afirmação dos habitantes como sujeitos da cidade. Estas duas ideias estão sintetizadas dentro de um conceito de factibilidade ética. (SANTOS, 1998)

O planejamento, por outro lado, justifica-se na medida em que encerra operabilidade concreta e mais do que isso, enquanto estiver a serviço da efetivação de necessidades essenciais dos espaços urbanos, como o acesso amplo ao lazer, moradia, mobilidade, trabalho e conservação de um meio ambiente equilibrado.

Sabe-se que é uma triste realidade no caso de muitos municípios, que no anseio de cumprir com a elaboração do plano diretor, sob uma perspectiva mais burocrática, não cumprem todas etapas indicadas para sua elaboração, como a realização de plenárias municipais, ou a contratação de empresas que não conhecem a realidade do município, aplicando modelos padrões aplicados em massa em diferentes cenários, sem aprofundar-se nas especificidades locais. Afirma-se que não é possível seguir ritos pré-estabelecidos, mas se faz necessário repensar permanentemente a factibilidade dos planos e adentrar no contexto procedimental e dinâmico ininterruptos referentes a sua implementação. É por isso que precisa-se exigir dos agentes públicos atitudes compatíveis com as necessidades atuais do espaço e da sociedade para o sistema jurídico disponibilizar as ferramentas necessárias para o melhor aproveitamento do local. Trata-se de um compromisso que não é só do Estado, mas que deve ser assumido por toda a sociedade.

No caso do Plano Diretor do Município de Santa Rita do Passa Quatro, o mesmo assume solidariamente às ações atinentes à preservação do patrimônio histórico e cultural, à proteção do meio ambiente, à promoção de programas de moradia e saneamento, e ao acompanhamento e fiscalização dos serviços de exploração de recursos hídricos. Já as condições de uso e ocupação do solo urbano variam de acordo com local, com as condições climáticas, adensamento populacional, tipos de atividades econômicas exploradas na região e até em função da cultura de cada comunidade. Assim, a cidade revela-se como um resultado das forças sociais, culturais, econômicas, políticas e ambientais constituídas naquele território ao longo do processo histórico.

O Plano Diretor de Santa Rita do Passa Quatro é de 2006, e duas interessantes ações estratégicas constam no artigo 11, correlacionados à presente pesquisa:

VII – adequar a exploração sustentável do cerrado, através do fortalecimento da agricultura e recuperação das áreas de pastagem degradadas, por meio do estímulo à integração lavoura-pecuária e no aproveitamento econômico dos recursos locais, considerando as suas especificidades;

XVIII – Adoção das bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão

ambiental (a Lei Nacional dos Recursos Hídricos, de janeiro de 1997, prevê a constituição de comitês de gestão das bacias hidrográficas).

E outros dois itens relacionados ao artigo 14:

VII – elaborar um estudo sobre o impacto ambiental provocado pela exploração do meio rural no Município para definir medidas específicas em relação a estas atividades;

VIII – normatizar a ocupação das áreas suscetíveis à degradação ambiental ou exploração indevida do solo rural;

Ainda no Plano Diretor em questão, o Art. 20 apresenta diretrizes gerais da política municipal do meio ambiente, onde destacam-se:

I – promover a sustentabilidade ambiental planejando e desenvolvendo estudos e ações visando incentivar, proteger, conservar, preservar, restaurar, recuperar e manter a qualidade ambiental urbana e cultural;

IV – definir de forma integrada, áreas prioritárias de ação governamental visando à proteção, preservação e recuperação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico; tendo como prioridade o Córrego do Passa Quatro que abastece a cidade e as nascentes de todo Município;

VI – estabelecer normas específicas para a proteção de recursos hídricos, por meio de planos de uso e ocupação de áreas de manancial e bacias hidrográficas;

Nota-se assim, que o Plano Diretor em geral é coerente com as preocupações e tendências contemporâneas sobre os temas relacionados à questão ambiental e à preservação dos recursos hídricos. Mas como todo município, o grande desafio é implantar de forma efetiva essas perspectivas para que elas se tornem realidade.

Já a Lei do Zoneamento é um instrumento que complementa o Plano Diretor, estabelecendo a divisão do município em zonas, que se configuram em diferentes unidades espaciais, , visando dar a cada região melhor utilização em função do sistema viário, da topografia e da infra-estrutura existente, através da criação de zonas e setores de uso e ocupação do solo e adensamentos diferenciados. Assim, definiram-se para o caso do município de Santa Rita do Passa Quatro, diretrizes para a utilização dos instrumentos de ordenação territorial e de zoneamento de uso e ocupação do solo e destacam-se a Malha urbana, Zonas Rurais 1 e 2, Áreas de Preservação Permanentes, embora não tenham sido encontrado mapas que possibilitassem a espacialização dessas zonas, e Área de Proteção Ambiental – APA do Parque Vassununga.

Consta-se que os parâmetros de uso e ocupação da APA do Vassununga serão objeto de regulamentação específica e deverão estar em consonância com os Decretos 99.275/90 e 99.276/90 e contemplar, no mínimo, as seguintes zonas: Área de Relevante Interesse Ecológico ARIE Buriti Vassunga, ARIE Cerrado Pé Gigante, Corredores ecológicos, Áreas de Preservação Permanente e Setores Especiais de Interligação. Ainda, as Macrozonas Rurais 1 e 2 são consideradas formadas de acordo com as microbacias e as especificidades e predominância de sua utilização de agro-pecuária, silvicultura, cultura da cana, pastagem, plantações de eucalipto e plantio de citros e as Macrozonas de Preservação Permanente, são marcadas como áreas que correspondem às faixas de fundo de vale, das áreas verdes, dos alagadiços, das nascentes, estão dispersas por todo o município e são disciplinadas pelas Resoluções 303 e 302 de 2002 do CONAMA e pelo Código Florestal Federal.

Apresenta-se também que as diretrizes do Município de Santa Rita do Passa Quatro destacam estratégias de elaboração e implementação do Plano Municipal de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, criação do Sistema de Unidades de Conservação e preocupação com o ordenamento territorial e dinamização da agroindústria.

Ao analisar as relações das políticas públicas com o uso do solo, abre-se a discussão de que, mesmo o município estando num cenário bom do ponto de vista ambiental, o mapa de zoneamento disponível apresenta-se ultrapassado, sendo de 2006 e a organização municipal para suas aplicações no não é aplicada. Abaixo, a Figura 11 representa o mapa de zoneamento.



Prefeitura do Município de Santa Rita do Passa Quatro.

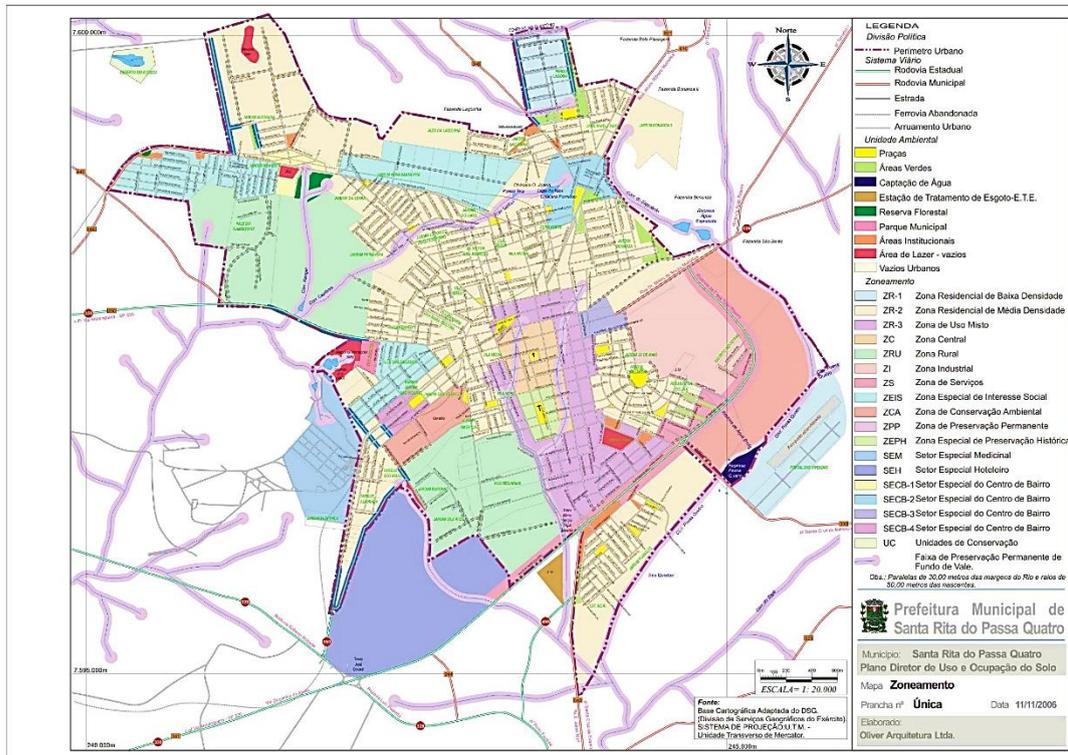


Figura 11: Mapa de Zonamento de Santa Rita do Passa Quatro.

Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Rita do Passa Quatro..

Ainda relativo à legislação municipal, o município apresenta um Código Ambiental, em elaboração desde 2007, e cujo objetivo é implementar e consolidar a Política do Meio Ambiente do Município, no entanto, desde após esse expressivo intervalo de tempo, o mesmo ainda não foi finalizado, expressando de certo modo os empecilhos relativos à implantação de políticas públicas ambientais mais consistentes.

Ressalta-se que, partindo-se do pressuposto de que a disseminação social do conhecimento é o principal meio para alcançar a conservação e a preservação ambiental, esta pesquisa poderá contribuir para compreensão das atividades realizadas no espaço da sub-bacia do Rio Claro de modo a evidenciar o processo pela identificação da fragilidade ambiental potencial e emergente, ampliando o conhecimento da dinâmica da região.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os estudos de caráter ambiental possuem grande importância para sociedade, principalmente no crescente uso dos recursos naturais, muitas vezes de forma indiscriminada, potencializando a desestabilização do sistema natural. Portanto, o artigo contribui para atenção a essa degradação influenciada pelas ações antrópicas no meio ambiente.

Ao analisar os estudos da fragilidade potencial e emergente deste trabalho e unindo as informações do Plano Diretor e Zonamento do município, notou-se que a base jurídica da gestão do espaço pelo poder público no local e pela sociedade civil já existem e são empregadas na maior parte da sub-bacia estudada. Porém, os desafios estão não mais no plano da existência, mas sim na execução dos planos diretores, em como apreender e gerir seus instrumentos

favoravelmente a um ambiente mais preocupado com a sustentabilidade.

A comparação dos mapas de fragilidade potencial e emergente possibilitou determinar a importância do uso do solo de forma adequada, uma vez que a ocorrência de áreas ocupadas por floresta natural e pastagens, em boas condições, reduziram os percentuais de áreas ocupadas por alta e muito alta fragilidade potencial, tornando-se de média e baixa fragilidade emergente. No entanto, é no mapa de Fragilidade Emergente que pôde-se averiguar a fragilidade dos ambientes quando se leva em consideração as alterações antrópicas, verificando os impactos da influência humana na fragilização dos ambientes.

Dessa forma, foram identificadas áreas prioritárias para a preservação e conservação ambiental, de grande suscetibilidade natural à erosão, vinculadas aos declives da região montanhosa e aos solos pouco desenvolvidos na área de estudo. Assim, os resultados obtidos nesse estudo poderão auxiliar no planejamento e gestão adequada da sub-bacia hidrográfica, uma vez que indicam a fragilidade ambiental da área, permitindo compreender o potencial natural do solo frente aos diversos usos.

Neste sentido, este trabalho poderá contribuir na elaboração ou revisão de projetos como o do Plano Diretor Municipal, uma vez que realizou diagnósticos ao apontar áreas de elevada fragilidade, suscetíveis a escorregamentos e desastres relacionados, realizados por meio da análise de particularidades dos elementos físicos na sub-bacia do Rio Claro, considerando suas características naturais e sua apropriação pelas atividades antrópicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. C.; LOMBARDI NETO, J. **Conservação do solo**. 5 ed. São Paulo: Icone, 2005.355p

BERTRAND, C. **Uma Geografia Transversal e de Travessias: o meio ambientes através dos territórios e das temporalidades**. Organizador: Messias Modesto do Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2007.

BOJÓRQUEZ-TAPIA, L. A; CRUZ-BELLO, G. M; LUNA-GONZÁLEZ, L. **Connotative land degradation mapping: a knowledge-based approach to land degradation assessment**. *Environmental Modelling & Software* 2013; 40: 51-64. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.009>, 2013.

Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 12., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: SBSR,2005. P. 2203-2210.

CASTRO, W. J.; LEMKE-DE-CASTRO, M. L.; OLIVEIRA LIMA, J.; OLIVEIRA, L. F. C. RODRIGUES, C.; FIGUEIREDO, C. C. **Erodibilidade de solos do Cerrado Goiano**. *Revista Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 4, n. 2, p.305-320, 2011.

CREPANI, E; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. Gallotti;

DUARTE V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: SAE/INPE, 2001.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Degradação ambiental**. In: GUERRA, J. T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

EGG, G.C. **Geração de Modelos Digitais de Superfícies Compostas Utilizando Imagens do Sensor PRISM/ALOS**. 2012. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

Freitas, E. P. **Análise integrada do mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do Rio Jundiá-Mirim para fins de gestão ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 110p. Dissertação Mestrado.

GRISA, K. T. **Mapeamento da fragilidade potencial do alto curso da bacia hidrográfica do rio Cotegipe PR**. 2014, 67f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cartas de Quartéis (SF-23-Z-B-III-3-SE), Casimiro de Abreu (SF-23-Z-B-III-4-SO), Silva Jardim (SF-23-Z-BVI-1-NE) e Morro de São João (SF-23-Z-B-VI-2-NO). Bases cartográficas em ambiente digital (formato dgn,pdf e tif), na escala 1:50.000, agrupadas por categorias de informação: hipsometria, hidrografia e limites políticos**. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE; 2007. 316 p. Manuais Técnicos em Geociências n. 4

Jain SK, Goel MK. **Assessing the vulnerability to soilerosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS**. Hydrological Sciences Journal 2002; 47(1): 31-40. <http://dx.doi.org/10.1080/02626660209492905>.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHUARI, A.; ROSS, J. L. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 12., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: SBSR, 2005. P. 2203-2210.

PAIVA, J.B.D.de.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 pp.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 88 p.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 8, p. 24-30, 1994

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, v.6, p.17-29.1992.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens: Uma Visão Geossistêmica da Análise Ambiental**. Ed. 2ª Editora: UFC, Fortaleza, 2007.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2004

Storto, C.; Cocato, G. P. 2018. **Análise de Fragilidade Ambiental a partir de Técnicas de Geoprocessamento: Área de Influência da Hidrelétrica de Mauá-PR**. Revista Brasileira de Geografia Física, 11, (5), 1694-1708.

SOUZA, S.O; VALE, C.C. **Vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira de Caravelas (BA) como subsídio ao Ordenamento Ambiental**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 28 (1): 147-160, jan/abr/2016.

SpörlC, RossJLS. **Análise da fragilidade ambiental relevosolo com aplicação de três modelos**. GEOUSP - Espaço e Tempo 2004; 15: 39-49.

TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico Físico-Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.

Tomczyk AM. **A GIS assessment and modelling of environmental sensitivity of recreational trails: The case of Gorce National Park**. Poland. Applied Geography (Sevenoaks, England)

2011; 31(1): 339-351. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.07.006>.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

Valle, I. C.; Francelino, M. R.; Pinheiro, H. S. K. 2016. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ**. Floresta e Ambiente, 23, (2), 295-308

VASHCHENKO, Y.; FAVARETTO, N.; BIONDI, D. **Fragilidade ambiental nos picos Camacã, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR**. Floresta, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 201 - 215, 2007.

CONCLUSÃO GERAL

O trabalho apresentou mapas topográficos e hidrológicos, além de amostras de água, considerados materiais adequados para as análises das características ambientais da Sub-Bacia do Rio Claro. Com isso, obteve-se maior conhecimento da sua dinâmica, podendo destacar degradação em áreas de preservação permanentes, pontos de erosão, assoreamento, entre outros impactos. É de extrema importância garantir a conservação ambiental e a sustentabilidade para essa região, identificando e conhecendo o ambiente para minimizar o avanço desses conflitos.

Além disso, destaca-se que os três artigos apresentados poderão ser utilizados pelo Município de Santa Rita do Passa Quatro para um posterior gerenciamento de compartimentos hidrológicos e adoção de diferentes tipos de planejamento de manejo e ocupação da terra; entretanto, devem-se realizar estudos ainda mais detalhados, para montagem de um banco de dados da área, que auxilie futuras pesquisas e administração da área.

Por fim, destaca-se que, devido às suas proporções, questões ambientais devem ser tratadas por profissionais com experiência interdisciplinar, habilitados para desenvolver atividades e trabalhos técnico-científicos. Porém, há uma carência muito grande, tanto de artigos científicos publicados, quanto de profissionais especializados em meio ambiente, principalmente em nosso país, que possam equacionar os problemas e propor soluções.