

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE
CURSO DE BACHAREL EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MELINE ANSONI FERREIRA

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS
ASSOCIADOS ÀS MUDANÇAS NO USO E
OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO MONJOLINHO (SÃO CARLOS-SP)**

SÃO CARLOS - SP
2024

MELINE ANSONI FERREIRA

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS À MUDANÇA NO USO E
OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MONJOLINHO (SÃO
CARLOS-SP)**

Trabalho de conclusão do Curso de
Bacharelado em Ciências Biológicas da
Universidade Federal de São Carlos
(UFSCAR- campus de São Carlos)

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Henrique
Vannucchi Leme de Mattos

São Carlos-SP

2024
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e Saúde
Trabalho de Conclusão de Curso

-
-

Folha de aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Conclusão de Curso do candidato Meline Ansoni Ferreira, realizada em dd/mm/aaaa:

Prof. Dr. Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Silvia Claudia Semensato Povinelli
Ministério do Gestão e Inovação em Serviços Públicos/Secretaria de Gestão de Espaços Físicos -
SeGEF-UFSCar

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu falecido avô, Laerte Ansoni. Eu não seria a pessoa que sou hoje sem os seus ideais e o respeito pela natureza que me ensinou. Foi o grande motivo da minha escolha pela biologia.

AGRADECIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso se deve a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

À universidade pública, por me permitir e proporcionar a oportunidade de um estudo superior.

Ao Professor Sérgio, que durante meses me orientou na escrita do trabalho, sempre muito paciente, se propondo e dando todo o auxílio necessário para a elaboração deste projeto. Muito obrigada pela ajuda.

Aos meus pais, que me deram todo o apoio financeiro para a realização e finalização do meu curso. E à minha irmã, aos meus avós, Athena e outros membros da família, pelos momentos de descontração e felicidade. À Roana Silva, que me deu o apoio emocional e gramatical do qual precisava para conseguir escrever nos momentos em que eu travava e não conseguia um rumo para a escrita. E a todos os meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado e suavizaram os momentos difíceis. Amo todos vocês.

RESUMO

Sabendo a importância dos cursos de água para as cidades e o crescimento dessas, entender as modificações em seus usos e ocupações se faz necessário, pois a água tem grande importância para a Terra e assim precisa ser conservada.

Com isso, este estudo avaliou as mudanças no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Monjolinho (São Carlos - SP) ao longo das últimas décadas e os impactos ambientais decorrentes dessas alterações. Utilizando técnicas de geoprocessamento aplicadas a dados do MapBiomas, mapeou-se as alterações na cobertura vegetal e identificou-se as principais atividades humanas associadas a ela, como as expansões agrícola e urbana. A avaliação revelou uma significativa redução das áreas de vegetação nativa, particularmente da Formação Florestal e Formação Savânica, que foram substituídas por áreas de cultivo e urbanização. Esse desmatamento pode ter contribuído para uma série de impactos ambientais negativos, incluindo a fragmentação de habitats, a perda de biodiversidade, o aumento da erosão do solo e a deterioração da qualidade da água nos corpos hídricos da bacia. A diminuição das áreas de cobertura vegetal natural também pode afetar os ciclos hidrológicos locais, resultando em problemas como a redução da infiltração de água no solo e o aumento do escoamento superficial, o que pode agravar enchentes e diminuir a recarga dos aquíferos. O crescimento urbano também modificou cursos de água da bacia, que passaram por processos de canalização e poluição e perderam grande parte da sua cobertura vegetal. Em tentativa de conservação dos recursos hídricos que abastecem a cidade, leis como a das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município (APREM) foram instituídas, porém a área da bacia do Monjolinho definida nesta lei ainda sofre com os impactos relacionados ao uso do solo.

Palavras chaves: Impactos Ambientais, Mudança nos usos e ocupação do solo, Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APREM), bacia hidrográfica do rio Monjolinho, geoprocessamento, urbanização.

ABSTRACT

Knowing the importance of water courses for cities and their growth, understand that changes in their uses and occupations are necessary, as water is of great importance to the Earth and thus needs to be conserved.

This study evaluated the changes in land use and occupation in the Monjolinho River basin (São Carlos - SP) over the last decades and the environmental impacts resulting from these alterations. Using geoprocessing techniques applied to MapBiomas data, the study mapped changes in vegetation cover and identified the main human activities associated with them, such as agricultural and urban expansions. The assessment revealed a significant reduction in areas of native vegetation, particularly the Forest Formation and Savanna Formation, which were replaced by cultivation and urbanization areas. This deforestation may have contributed to a several of negative environmental impacts, including habitat fragmentation, loss of biodiversity, increased soil erosion, and deterioration of water quality in the basin's water bodies. The decrease in areas of natural vegetation cover may also affect local hydrological cycles, resulting in issues such as reduced water infiltration into the soil and increased surface runoff, which can exacerbate flooding and decrease aquifer recharge. Urban growth has also altered the watercourses in the basin, which have undergone processes of channelization and pollution and have lost much of their vegetation cover. In an attempt to conserve the water resources that supply the city, laws such as the Areas of Protection and Recovery of Municipal Watersheds have been instituted, but the area of Monjolinho basin defined by this law still suffers from impacts related to urban use.

Keywords: Areas of Protection and Recovery of Watersheds, Monjolinho River watershed, geoprocessing, urbanization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo de loop de feedback positivo. Fonte: Adaptado de figura 6 de Folledo (2000).....	16
Figura 2 - Exemplificação do loop de feedback negativo. Fonte: adaptado de figura 5 e 6 de Folledo (2000).....	17
Figura 3 - Mapa do Município de São Carlos com as delimitações das Sub-bacias do Rio Mogi-Guaçu e Tietê-Jacaré.....	21
Figura 4 - Mapa das microbacias do Rio do Monjolinho com a parte urbana destacada. Fonte: Projeto AFLORAR – Espaços Educadores por ATLASSANCA, 2021.....	22
Figura 5 - Foto do Lago da UFSCar com baixo nível de água, 6 de novembro de 2019. Fonte: Autor.....	25
Figura 6 - Foto do Lago da UFSCar com alto volume, 9 de novembro de 2019. Fonte: Autor.....	25
Figura 7- UGRHIs do Estado de São Paulo.....	26
Fonte: Projeto AFLORAR – Espaços Educadores por ATLASSANCA, 2021.....	26
Figura 8 - Mapa da expansão urbana de São Carlos dentro da Sub-bacia do Monjolinho.....	28
Fonte: Projeto AFLORAR – Espaços Educadores por ATLASSANCA, 2021.....	28
Figura 9 - Mapas do uso e ocupação da terra bacia do Monjolinho 1985 à 2022.....	31
Quadro 1: Usos e Ocupação da Terra ao longo da sub-bacia hidrográfica do Rio Monjolinho ao longo dos anos.....	32
Figura 10 - Gráfico do crescimento populacional de São Carlos - SP. Fonte: IBGE (2022).....	34
Figura 11 - Enfoque na área ocupada pela mineradora - Google Earth 2022 e no quadro em vermelho a mesma região em 1984 - Google Earth.....	35
Figura 13: Destaque para os cursos de água pelo Google Earth Pro.....	37
Figura 14- Resíduos sólidos no entorno do Córrego do Gregório. Fonte: São Carlos em Rede, 2023.....	40
Figura 15 - Mapa com recorte para região da APREM do Monjolinho.....	42

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APP - Área de preservação permanente

APREM - Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MapBiomass - Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil

SAAE- Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SigRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E USOS DOS RIOS PELA HUMANIDADE.....	12
2. OBJETIVOS	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA COMPLEXO AMBIENTAL.....	15
3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS EM RIOS E SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DECORRENTES DE MUDANÇAS NOS USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	17
3.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR MEIO DE GEOPROCESSAMENTO. 19	
3.4 INFORMAÇÕES SOBRE O RIO MONJOLINHO: CURSO, IMPORTÂNCIA PARA SÃO CARLOS, USOS E PROBLEMAS.....	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS, ANÁLISES E CRIAÇÃO DE MAPAS.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO.....	32
5.2 POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DAS MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO.....	36
5.3 ÁREAS DE PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DOS MANANCIAIS DO MUNICÍPIO (APREM) E A BACIA HIDROGRÁFICA DO MONJOLINHO.....	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E USOS DOS RIOS PELA HUMANIDADE

Partindo do pressuposto de que a água é essencial para vida na Terra e para os ecossistemas nela presentes, muitas cidades foram construídas ao redor dos cursos de água para ter acesso à ela. Sua função não se limitava apenas a algo singular como saciar a sede, mas possuía, também, um caráter fundamental para diversos outros processos, sendo um deles a agricultura e que foi a responsável pela estabilização de civilizações. Um dos maiores exemplos a serem usados como referências nesse contexto são o Rio Nilo e a civilização do Egito, na qual a civilização se tornou sedentária e prosperou por causa da facilidade de agricultura ao longo do curso do rio com suas terras férteis (Faber, 2011). Há uma outra função que surgiu devido à grande extensão do Rio Nilo: a integralização das regiões do Egito se tornaram possíveis, permitindo que houvesse uma utilização do rio com a intenção de que as mercadorias fossem transportadas de forma mais prática (Macedo, 2018).

Apresentamos as duas possíveis funções atreladas aos rios e suas águas, mas é de total importância a consciência de que sua relevância e influência não são limitadas somente ao transporte ou à agricultura, mas conseguem ser mais extensas e importantes do que isso. De outra forma, os rios também eram usados como fonte para gerar energia mediante o uso dos moinhos. Com os avanços tecnológicos, os moinhos foram substituídos por usinas hidrelétricas. Nesse cenário, a utilização dos rios para produção de energia é algo que ainda é pauta de muitas discussões, pois, apesar de ser considerada uma fonte renovável e que resulta em pouca poluição ao longo dos anos, a construção das usinas hidrelétricas causa impactos ambientais negativos devido a alteração na estrutura e ecossistema naturais desses rios (Gomes et al., 2017; Magalhães, 1978).

No Brasil, os rios também desempenharam um papel importante para o desenvolvimento e para a colonização brasileira, pois foram utilizados pelos bandeirantes para explorar o interior do país e para o desenvolvimento de cidades (Brocaneli; Stuermer, 2008). Neste particular Brocaneli; Stuermer (2008) ressaltou a importância do farto sistema hídrico na região do Rio Tiête para a ocupação do território por proporcionar alimento e proteção e como hoje essa região é uma das maiores megacidades do território brasileiro.

Ademais, a relevância do rio não se resume apenas aos desenvolvimentos das cidades. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2020), 63,8% da energia que hoje é produzida no Brasil é oriunda de fonte hidrelétrica e, além disso, a água também é utilizada para a produção agrícola. Ainda assim, apesar da grande importância dos rios para o país, os rios brasileiros sofrem com a poluição e o mal cuidado. De acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica (2019), dos 431 pontos de coleta monitorados por eles, aproximadamente apenas 6% deles possuem uma qualidade de água boa. E, mesmo que outros 74% apresentem uma qualidade regular, não estão distantes de ficarem ruins, sendo que 17% e 1,4% já estão em uma qualidade considerada ruim e péssima. Esses dados demonstram que atualmente os cursos de água no Brasil estão perdendo a capacidade de serem usados pelas populações, visto que qualquer mudança climática pode modificar os rios com qualidade regular para ruim. Esse problema se dá por causa da falta de saneamento básico no país e o mau uso das águas ao longo dos anos, já que apenas 51,2% do esgoto do país recebe tratamento (Vasco, 2022; ANA, 2022). Segundo os dados do SOS Mata Atlântica (2019), 70% das doenças ocorridas no Brasil são causadas pelo contato por água contaminada geradas pelos problemas de enchentes e consumo de água não tratada.

Nesse contexto, pensando no que diz respeito ao ecossistema, é correto dizer que os rios desempenham uma função importante por estarem encarregados de transportar os nutrientes e comportarem uma vasta quantidade de espécies de vegetais e de animais. Em razão disso, o seu papel é essencial no funcionamento de ciclos biogeoquímicos e ecológicos que são importantes para toda população mundial. E, quando se analisa esse papel dentro de um contexto urbano, é perceptível a expansão dessa relevância. Os rios, mais do que só serem vitais à manutenção da biodiversidade, conectam as diferentes áreas verdes dentro das cidades e ajudam na regulação do clima. Essas áreas verdes são espaços que proporcionam lazer e recreação, contribuindo para o bem-estar físico e mental da população. Uma forma do rio ser integrado à área urbana é criando ambientes agradáveis e saudáveis, como as áreas recreativas, que resultam em um impacto positivo na qualidade de vida dos habitantes e são conhecidas como parques ribeirinhos, ciclovias e áreas de convivência (Cengiz, 2013). Não obstante, o papel dos rios não se atém apenas à recreação. Para o funcionamento da gestão hídrica

da maior parte das cidades, eles são cruciais por abastecer os reservatórios e auxiliar no tratamento de água, garantindo que a população urbana tenha acesso contínuo a esse recurso vital (Herzog, 2013). Proporcionar um melhor cuidado aos rios urbanos permite um melhor controle das águas pluviais e enchentes, porque os rios servem para o deságue das águas que em contexto urbano não conseguem ser absorvidas pelo solo impermeabilizado (Herzog, 2013; Cengiz, 2013).

Porém, os rios urbanos sofrem com a falta do uso sustentável desde a 1ª revolução industrial. Era comum que as cidades próximas aos cursos de águas usassem os rios para descartes de dejetos, mas a industrialização ocasionou um crescimento desordenado das cidades aliado a essa falta de infraestrutura adequada de saneamento básico. Isso resultou no despejo contínuo de esgotos domésticos e industriais nos cursos d'água, comprometendo a biodiversidade aquática e reduzindo a capacidade dos rios de sustentar vida e purificar naturalmente suas águas (Palmer; Neaverson, 2001). Além do mais, a produção industrial aumentou o consumo de produtos processados e guardados em embalagens. Essa problemática trouxe consigo o alto acúmulo de resíduos sólidos como metais, plásticos e outros detritos nas margens e leitos dos rios, obstruindo o fluxo natural da água e criando focos de doenças (Herzog, 2013). Outro desafio crítico é a ocupação irregular das margens fluviais. A construção desenfreada em áreas de preservação permanente reduz as zonas ripárias que atuam como filtros naturais dos poluentes. Esses fatores combinados não só degradam os ecossistemas fluviais, mas também aumentam os riscos de enchentes urbanas, afetando diretamente a saúde pública e o bem-estar da população residente (Cengiz, 2013).

Dessarte, sem os rios em bons estados, o Brasil sofrerá com a perda de produção de energia e alimentos, e as pessoas que moram próximas aos rios sofrerão com a precariedade trazida pela falta de drenagem de enchentes, poluição e regulação climática (Cengiz, 2013). Assim, pensando na importância social e econômica de rios urbanos, o presente trabalho levanta dados a respeito das mudanças no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Monjolinho de São Carlos - SP, uma importante bacia do município, a fim de avaliar possíveis impactos ambientais causados por tais mudanças nesta região nas últimas décadas.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar os impactos ambientais associados às mudanças no uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Monjolinho (São Carlos - SP). Foram definidos como objetivos específicos:

1. Mapear as mudanças nos usos e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Monjolinho ocorridas nos últimos 40 anos; e
2. Identificar as causas motivadoras das mudanças de uso e ocupação e os principais impactos decorrentes delas

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA COMPLEXO AMBIENTAL

Os rios são componentes de uma bacia hidrográfica, a qual é definida como uma área de drenagem delimitada por divisores topográficos onde todas as águas provenientes da precipitação tendem a convergir para um único ponto, como um rio principal ou um reservatório (Porto; Porto, 2008). Essa convergência de águas permite a formação de um sistema complexo e interconectado no qual cada elemento influencia e é influenciado pelos demais, formando assim um todo integrado (Mattos; Filho, 2004). Esses elementos e processos incluem o fluxo de água, a fauna, a flora, o solo, as atividades humanas e o clima, cada um desses desempenhando um papel fundamental na dinâmica e funcionamento da bacia hidrográfica como um todo. O todo formado por esses elementos é diferente do que apenas a soma das partes, pois de cada relação entre as partes surgem novas características que não estão presentes em cada parte isoladamente, dando origem assim às propriedades emergentes (Mattos; Filho, 2004).

Os sistemas complexos também possuem como característica a não-linearidade e a realimentação (Mattos; Filho, 2004). Tais propriedades indicam que os processos não apresentam uma única direção, levando à formação de laços de retroalimentação positiva (ou *feedback* positivo), os quais ampliam os efeitos de determinada ação, e de retroalimentação negativa, diminuindo tais efeitos, garantindo o controle do sistema. Devido a essas propriedades, pequenas mudanças no sistema podem acarretar efeitos significativos em todo o sistema (Mattos; Filho, 2004).

Usando como base as ideias apresentadas por Folledo (2000) e conhecimentos de ecologia, é possível pensar em exemplos de *feedbacks* dentro do contexto de bacias hidrográficas. Quando se trata de locais próximos a rios e lagos, a retirada de vegetação nativa para construção de casas, indústrias, agricultura e agropecuária acaba fazendo com que a exposição do solo às chuvas e ventos aumente, levando ao assoreamento dos rios e à erosão dos solos. Isso cria um laço (*loop*) de *feedback* positivo no qual sempre haverá mais desmatamento e erosão do solo, como exemplificado na Fig. 1.



Figura 1 - Exemplo de loop de feedback positivo. Fonte: Adaptado de figura 6 de Folledo (2000)

Já um exemplo de *feedback* negativo é a capacidade dos manguezais e das áreas alagadas de filtrar os poluentes da água, como metais pesados e substâncias químicas nocivas, permitindo assim condições favoráveis e uma cadeia alimentar para os organismos aquáticos que ali vivem (Esteves; Camargo, 1986). Com essa ideia em mente, é possível pensar que, em certas quantidades limitadas, o despejo de esgoto pode ser absorvido por plantas de manguezais. Conseqüentemente, isso aumentará a quantidade de plantas graças à disponibilidade de recursos, gerando assim mais alimentos aos animais ali presente e limpando a água, criando um sistema que se mantém que está exemplificado na Figura 2. Entretanto, se a quantidade de esgoto lançado for acima do limite que as plantas podem filtrar, tal controle pode ser perdido e ocasionar um processo de eutrofização.

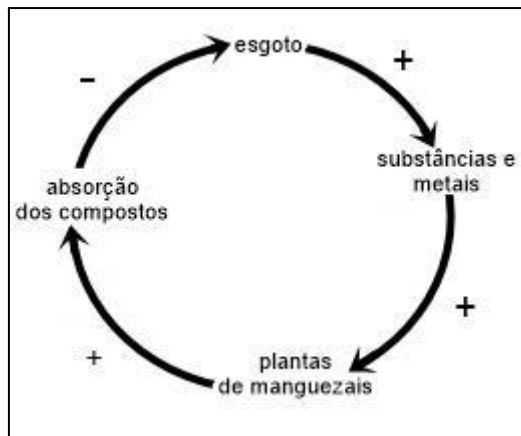


Figura 2 - Exemplificação do loop de feedback negativo. Fonte: adaptado de figura 5 e 6 de Folledo (2000)

3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS EM RIOS E SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DECORRENTES DE MUDANÇAS NOS USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA

O impacto ambiental, como o próprio nome indica, deriva de uma ação humana sobre o meio ambiente, gerando efeitos sobre o ecossistema (Magrini, 1990). Sobre os impactos ambientais que podem ocorrer em bacias hidrográficas, podemos citar:

Ocupação do solo indevida, uso indiscriminado da água, desmatamento de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvios de cursos d'água, erosão, salinização, contaminação, impermeabilização, compactação, diminuição da matéria orgânica dentre outras degradações (de Araújo *et al.*, 2009).

Além de existirem diversos impactos, eles quase nunca são desconexos e um pode influenciar o outro. Um exemplo disso, como citado anteriormente, é o de muitos centros urbanos que se desenvolveram ao redor de fontes de água, o que desencadeou um processo acelerado de deterioração das características físicas, químicas e biológicas destas fontes, levando a maior parte da água doce do planeta apresentar algum tipo de contaminação (de Araújo *et al.*, 2009). As cidades também geram uma impermeabilização do solo que resulta no aumento do escoamento superficial, ocasionando em enchentes e erosão do solo (Herzog, 2013).

As mudanças no uso e ocupação da terra podem igualmente levar ao desmatamento com fins de criação de espaço, tanto para os centros urbanos quanto

para a agricultura. Quando não há cumprimento das leis ambientais para conservação das áreas de preservação permanente (APP), acaba acarretando no assoreamento, o que pode afetar o fluxo dos rios e até levar ao desaparecimento deles (Silva; Azevedo; Matos, 2006). Além de tudo, o desmatamento pode aumentar a concentração de nutrientes na água, como fósforo e nitrogênio, que são provenientes da decomposição da matéria orgânica do solo exposto. Essas substâncias, em excesso, favorecem a proliferação de algas e plantas aquáticas, provocando a eutrofização nos rios. A eutrofização é um fenômeno que resulta na diminuição do oxigênio dissolvido na água, afetando a sobrevivência de peixes e outros organismos aquáticos (Odum, 2004). A agricultura traz consigo outro problema: o uso indiscriminado de produtos químicos nas lavouras que acaba por contaminar o solo e os recursos hídricos, pois os agrotóxicos e os fertilizantes são levados pela água da chuva para as fontes de água ou absorvidos pelos solos e contaminando lençóis freáticos (Herzog, 2013).

Há também, problemas atrelados às indústrias. Por desempenharem um papel significativo na degradação das bacias hidrográficas, elas acabam causando uma série de impactos negativos no meio ambiente aquático. Uma das principais consequências é a poluição da água que ocorre graças ao descarte inadequado de resíduos industriais contendo substâncias tóxicas, tais como metais pesados, produtos químicos e compostos orgânicos prejudiciais à vida aquática e à saúde humana. Ademais, as indústrias igualmente contribuem para o aumento da temperatura da água por meio do despejo de efluentes aquecidos em rios e lagos, o que pode causar a morte de organismos aquáticos sensíveis às variações térmicas (de Araújo *et al.*, 2009; Palmer; Neaverson, 2001).

Além dos problemas indiretos já citados, como a poluição, assoreamentos e outros, diferentes tipos de uso e ocupação da Terra também acarretam em outra adversidade, que seria a captação de água para usos em diferentes setores. Segundo o ANA (2022):

A retirada para os usos setoriais expandiu em 536 bilhões de litros médios anuais entre 1940 e 1980, acelerando para 781 bilhões entre 1980 e 2000 e para 1 trilhão e 189 bilhões entre 2000 e 2021. Entre 2022 e 2040, estima-se um incremento de cerca de 30% das retiradas de água, representando uma expansão de uso de 1 trilhão

e 290 bilhões de litros de água médios ao ano, com importante participação da agricultura irrigada.

Dessa água retirada para o usos consultivos, 50% é usado para irrigação, 23,9% para o abastecimento urbano e 9,4% é usado para a indústria (ANA, 2022). Ou seja, a maior parte da água potável acaba sendo utilizada por estes setores que também influenciam na disponibilidade dela de outras formas indiretas, o que a longo prazo pode acarretar em sua escassez (Olivo; Ishiki, 2014; da Silva; Carvalho; Cardoso, 2019).

3.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR MEIO DE GEOPROCESSAMENTO

Como há diversos impactos ambientais que atingem as bacias hidrográficas, juntamente com as dificuldades em quantificar alguns deles *in loco*, o geoprocessamento se torna uma ferramenta útil para as avaliações deste tipo de impacto. O geoprocessamento diz respeito ao uso de diversas ferramentas para analisar e interpretar modificações dos recursos naturais, criando assim um complexo banco de dados georreferenciados (Câmara; Medeiros, 2005). Ele permite a integração de várias fontes de dados, incluindo imagens de satélite, como os de uso da terra e climáticos, para criar modelos ambientais abrangentes usando esses dados espaciais e ferramentas de Sistema de Informação Geográfica - SIG (Oliveira, 2011). Esses modelos podem então ser usados para simular diferentes cenários, avaliar os impactos potenciais de projetos ou políticas propostas e averiguar os impactos que estão ocorrendo em determinada região ao longo do tempo (Pereira; Silva, 2001). Sendo assim, é correto dizer que o geoprocessamento permite a análise de impactos, mesmos os que são causados por efeitos combinados de múltiplos estressores no meio ambiente, mapeando através da integração de vários conjuntos de dados, incluindo fontes de poluição, projeções de mudanças climáticas e fragmentação de habitat, contaminação de água e mudanças na ocupação de terra (Oliveira, 2011; Câmara; Medeiros, 1998).

Os estudos de caso são exemplos práticos que ilustram a aplicação do geoprocessamento na avaliação de impactos ambientais, um exemplo comum é a utilização de imagens de satélite para monitorar o desmatamento em uma determinada região. Por meio da análise dessas imagens, é possível identificar

áreas nas quais ocorreram desmatamento e expansão urbana nas APP, como é o caso do estudo de Nascimento *et. al.* (2009) sobre a Área de Proteção Ambiental de Santa Rita, Alagoas-Brasil e de Matiello *et al.* (2017) sobre a APP do córrego em Nova Mutum Paraná– RO. Todavia, apesar de ser uma ferramenta de grande ajuda, nem sempre o geoprocessamento é eficaz para concluir um trabalho, já que nem sempre os dados estão completos, atualizados e disponíveis de forma digital, o que pode comprometer as precisões das análises (Pereira; Silva, 2001). Por isso, faz-se necessário políticas claras de disponibilização de dados e informações espaciais por parte dos órgãos municipais (Pereira; Silva, 2001), assim como outras entidades públicas.

3.4 INFORMAÇÕES SOBRE O RIO MONJOLINHO: CURSO, IMPORTÂNCIA PARA SÃO CARLOS, USOS E PROBLEMAS

No estado de São Paulo, há muitos exemplos de cidades que se construíram junto aos leitos de água, como a própria capital, São Paulo. Dentre outros lugares que isso também ocorreu, podemos citar o município de São Carlos (SP), delimitado pelas coordenadas 47°30´W e 48°30´W, 21°30´S e 22°30´S. A cidade de São Carlos foi formada a partir de três sesmarias, ou seja, pedaços de terras das capitânicas que eram dadas a pessoas nobres ou militares.

O município de São Carlos foi formado a partir das terras de três sesmarias, grandes lotes de terras doados a membros de famílias influentes do interior paulista: a Sesmaria do Pinhal (a mais antiga, de 1781), a Sesmaria do Monjolinho (que foi uma área de posse irregular até 1811) e a Sesmaria do Quilombo (uma área também irregular até 1812), onde hoje ficam os distritos de Santa Eudóxia e Água Vermelha (Freitas; Santos, 2021, p.35).

Dentro dessas áreas mencionadas, encontrava-se uma trilha usada pela Coroa Portuguesa e utilizada a fim de carregar o ouro da região de Cuiabá para o porto de Santos. Essa trilha, conhecida como Picadão de Cuiabá, detém uma extensão longa e que por razão disso se criaram pontos de descansos. Um desses pontos ficava nos arredores do Córrego do Gregório, dando origem ao primeiro povoado de São Carlos (Freitas; Santos, 2021). No entanto, a cidade em si só foi considerada fundada em 1857, com a construção da capela na região da Sesmaria

do Pinhal (Freitas, Santos, 2021). Hoje, como é possível visualizar no mapa da figura 3, o município de São Carlos possui sua área inserida entre duas das 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado de São Paulo, UGRHI “Tietê-Jacaré” e UGRHI “Mogi-Guaçu” (São Paulo, 2016; SigRh, 2017). A maior parte do seu perímetro urbano se encontra dentro da UGRHI-13 “Tietê-Jacaré” que pertencente à bacia do Jacaré-Guaçu, principalmente na região da sub-bacia do rio Monjolinho, a qual, com seus 275 km² de extensão, foi de grande importância para o desenvolvimento urbano da cidade e zona de drenagem (Campagna, 2005; SigRh, 2017).

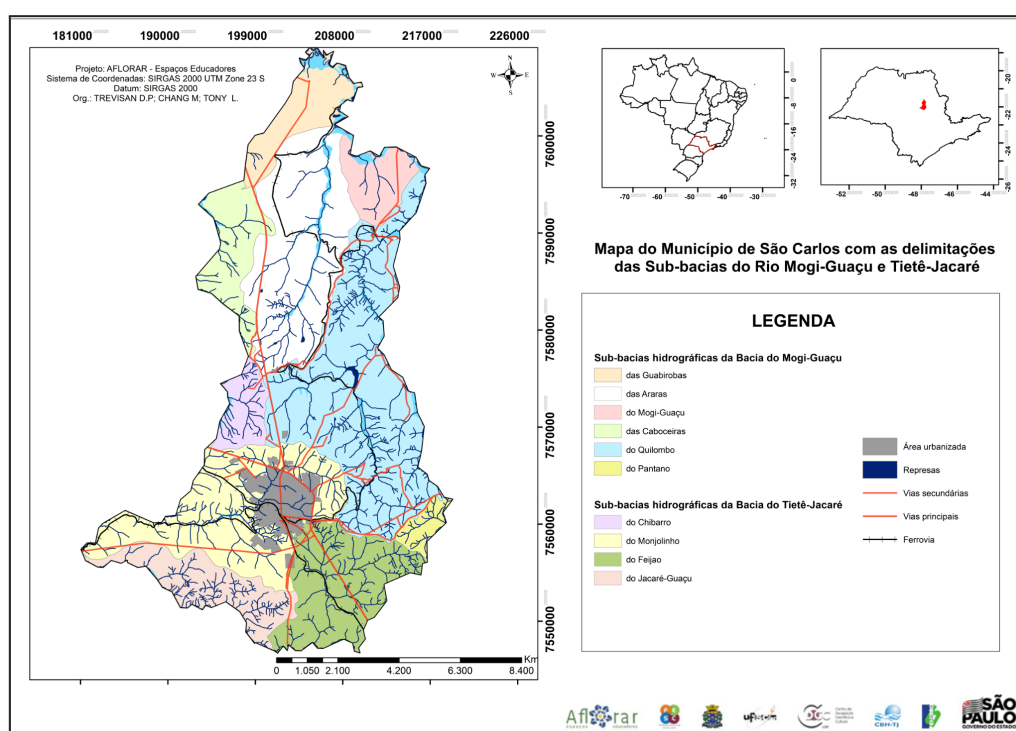


Figura 3 - Mapa do Município de São Carlos com as delimitações das Sub-bacias do Rio Mogi-Guaçu e Tietê-Jacaré.

Fonte: Projeto AFLORAR – Espaços Educadores por ATLISSANCA, 2021

O principal rio desta bacia, o Rio Monjolinho, tem sua nascente ao leste do município, mais especificamente nas coordenadas 22°01'40"S 47°50'21"O. Cortando regiões importantes da cidade, ele passa pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e depois adentra ainda mais no perímetro urbano, passando pelas regiões do Kartódromo, da Universidade de São Paulo - USP e do Shopping

em 1925, a criação da primeira rede de tratamento de esgoto chamada “Filtros”. Por infortúnio, a rede de tratamento foi fechada em 1930, e a cidade só voltou a ter uma nova unidade de tratamento em 2008 graças à fundação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) nas margens do Rio Monjolinho (Freitas; Santos, 2021). Antes disso, o lançamento do esgoto era feito *in natura*, ou seja, sem o devido tratamento, tanto no Rio monjolinho, quanto nos córregos do Gregório e do Tijuco Preto (Campagna, 2005; Freitas; Santos, 2021). A rápida urbanização dessas regiões por meio das ruas e construções, que, conseqüentemente, impedem que a água se infiltre, e da retirada da vegetação original, tornou-as o foco das inundações da cidade. Ainda que a prefeitura fizesse obras para tentar conter a vazão do Córrego do Gregório e o Rio Monjolinho, tais obras foram insuficientes (Freitas; Santos, 2021).

Outra área importante da região é a Área de Proteção e Recuperação (APREM) do Monjolinho, local no qual se localizam as nascentes do Rio Monjolinho e cuja proteção é estabelecida pela Lei Municipal nº 13.944 de 12 de dezembro de 2006, a qual dispõe sobre a criação das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos. É nessa região que se localiza a Estação de Captação de Água do Córrego do Espriado, sendo ela a responsável por 15% do abastecimento de água da cidade de São Carlos (ATLAS Sanca, 2021; Freitas e Santos, 2021). Assim como as outras regiões, a APREM Monjolinho também sofreu com a ocupação humana. Apesar de ainda existirem regiões com mata preservada, muito se perdeu por conta do plantio de *Pinus spp.*, com a ocupação por pastos e, mais para recentemente, com o loteamento das terras para criação de áreas urbanas, proporcionando à região danos ambientais decorrentes do escoamento das águas pluviais para dentro da mata com a conseqüente erosão do solo e com o depósito de entulhos (Freitas; Santos, 2021).

É possível citar outra importante Área de Preservação Permanente, situada na microbacia do Córrego do Medeiros, e que, assim como a região de APREM, também sofreu com as ações humanas. Na década de 1960, a região já se encontrava sem vegetação, com aterramento e represamento da água das nascentes do local para formação de um lago. Duas décadas depois, em 1982, um parque denominado ‘Centro de Lazer Joaquim da Rocha Medeiros’ (popularmente conhecido como ‘Parque do Bicão’) foi construído no local e houve uma introdução de espécies exóticas de vegetação (ATLASSANCA, 2021; Toyama *et al.*, 2018).

Além disso, o crescimento urbano no local sem a devida estrutura causou o depósito de sedimentos sobre as nascentes e o desaparecimento gradual da lagoa. Atualmente, há apenas um pequeno represamento próximo às nascentes (Toyama *et al.*, 2018). O mesmo artigo também cita que o local recebe carga de esgoto vinda de vazamento e descarte incorreto de resíduos, sendo comprovado pela alta concentração de *Salvina sp.*, espécie que se desenvolve melhor em ambientes eutrofizados.

Essa localidade, no entanto, não foi a única a passar por represamento. O Rio Monjolinho, na região que hoje corre por dentro do campus da UFSCar em São Carlos, tem suas águas represadas e, em consequência, se forma um lago, conhecido pela população como 'Lago da UFSCar', cuja construção da sua barragem provavelmente ocorreu no início da década de 1970 (Oliveira *et al.*, 2021). Rantin (1978 *apud* Lustosa, 2021) cita que uma outra represa já existia antes da construção da universidade, em 1968, mas que foi destruída e, posteriormente, próximo ao local, outra barragem maior foi construída com a intenção de aumentar a área de alagamento. O lago passou por muitos processos ao longo dos anos, desde a eutrofização, os esvaziamentos e as cheias que levaram a danos na barragem. Hoje, a barragem é considerada de alto risco, sendo preciso fazer a abertura das comportas para diminuir o volume do lago e realizar limpeza dos canais destas comportas (Lustosa, 2021).

O lago também é relevante no que diz respeito às pesquisas e à comunidade, além de se tornar um *hotspot* para as aves migratórias que já se aclimataram ao local (Lustosa, 2021). Tais informações resultaram em muitos impasses acerca da permanência do barramento, pois, devido aos problemas estruturais, ela necessitaria ser reconstruída e tal processo é extremamente caro. A alternativa mais viável em questão de valores seria a retirada da barragem juntamente da ação de renaturalização da região (Lustosa, 2021; Oliveira *et al.*, 2021), o que já foi aprovado pelo Conselho Universitário da UFSCar.

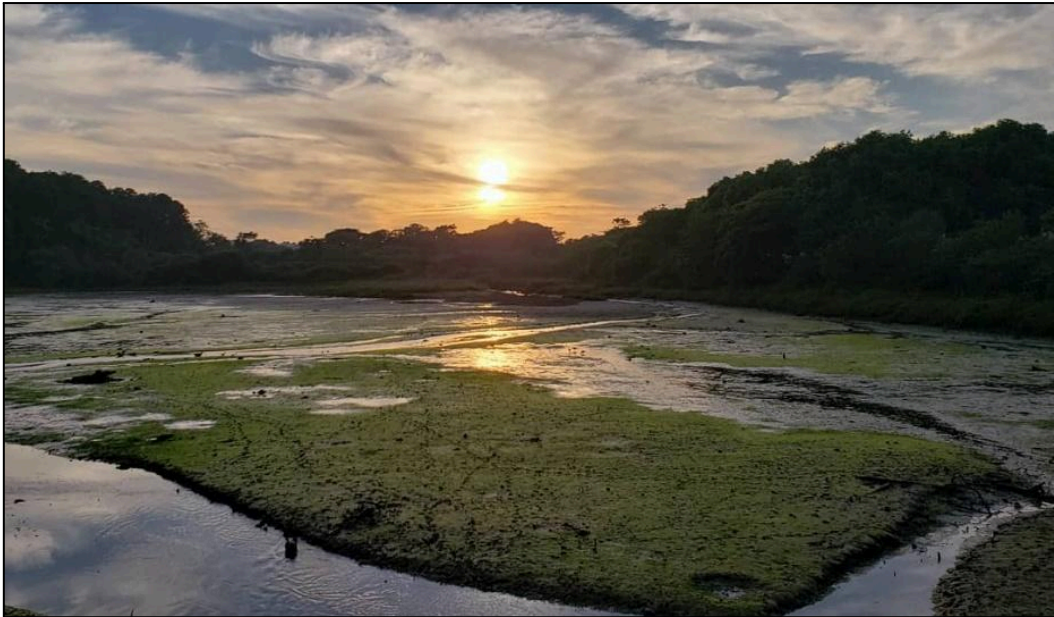


Figura 5 - Foto do Lago da UFSCar com baixo nível de água, 6 de novembro de 2019. Fonte:

Autor

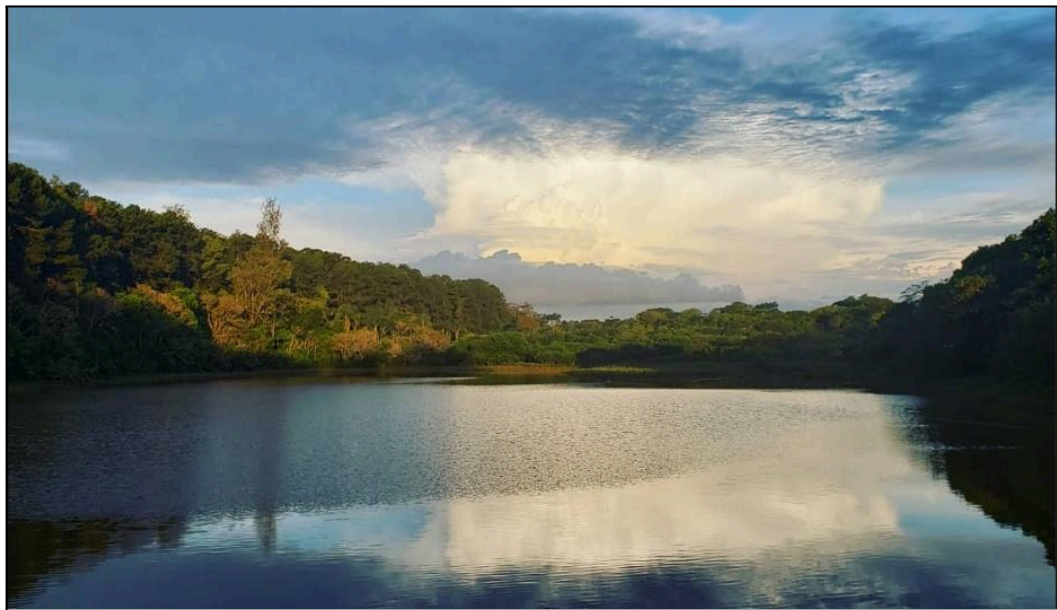


Figura 6 - Foto do Lago da UFSCar com alto volume, 9 de novembro de 2019. Fonte: Autor

Nessa divisão, a cidade de São Carlos se encontra dentro das áreas da UGRHI-13 “Tietê-Jacaré”, com seus 15.918 km² de área territorial e 11.749 km² de área de drenagem, e UGRHI-9 “Mogi- Guaçu” com 13.031 km² de território e 15.004 km² de área de drenagem (ATLAS Sanca, 2021; SÃO PAULO, 2016). A rede hidrográfica destas duas UGRHIs foram posteriormente divididas em Sub-bacias hidrográficas, tendo a bacia de Tietê-Jacaré 4 sub-bacias: Chibarro, Ribeirão do Feijão, Jacaré-Guaçu e Monjolinho e a bacia de Mogi-Guaçu 5 sub-bacias: Alto do Mogi, Peixe, Jaguari Mirim, Médio Mogi e Baixo Mogi (ATLAS Sanca, 2021). O presente estudo trabalhará sobre este recorte de sub-bacias, sendo o seu foco a sub-bacia do Rio Monjolinho.

Possuindo 273,77 m², a sub-bacia do Rio Monjolinho abriga a maior parte da área urbanizada do município de São Carlos, como mostra o mapa da Figura 8, sendo assim uma importante área de drenagem. Seu principal rio, o Monjolinho, nasce fora da zona urbana, na fazenda Santa Terezinha, e corta a área urbana, passando por regiões como UFSCar e o centro da cidade. Por fim, desemboca no Rio Jacaré-Guaçu (ATLAS Sanca, 2021). Durante esse trajeto de 43,25 km, o rio recebe afluentes e, como já demonstrado na Figura 4, que formam microbacias.

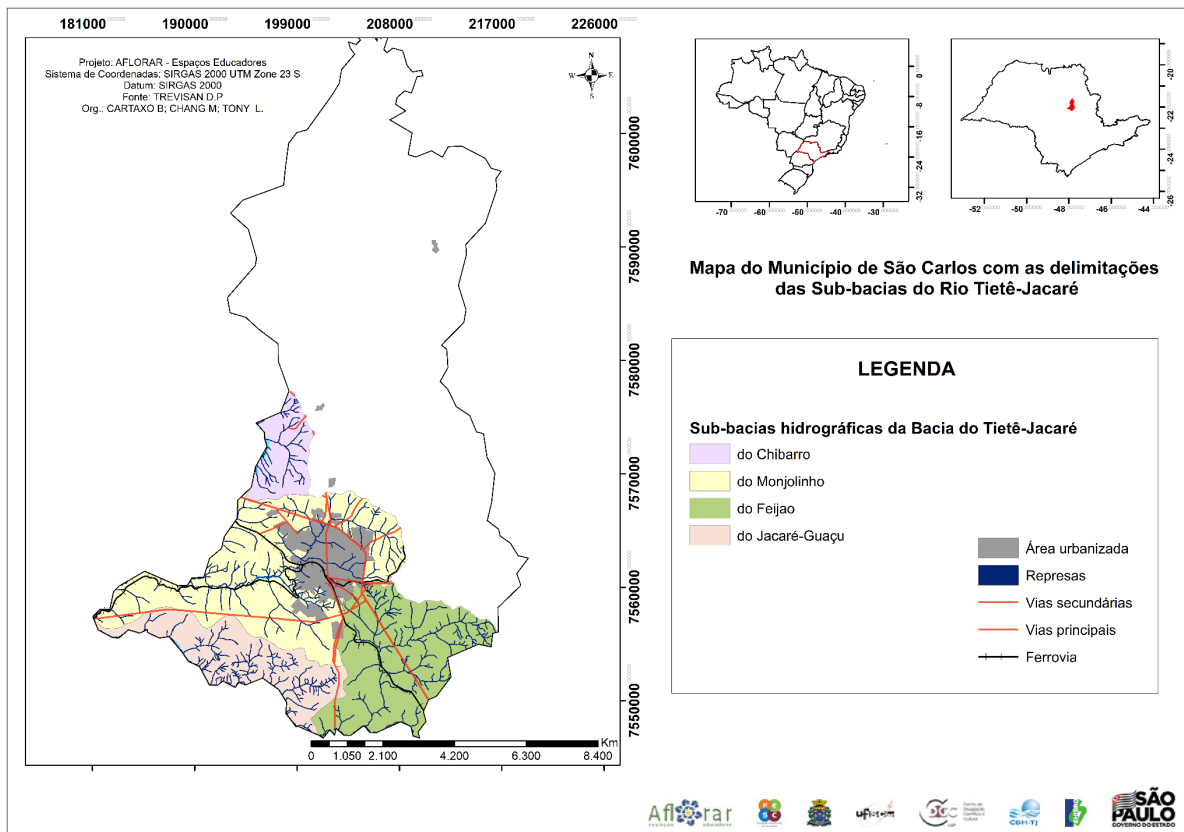


Figura 8 - Mapa da expansão urbana de São Carlos dentro da Sub-bacia do Monjolinho

Fonte: Projeto AFLORAR – Espaços Educadores por ATLISSANCA, 2021

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS, ANÁLISES E CRIAÇÃO DE MAPAS

O *software* usado para a avaliação das mudanças no uso e ocupação das terras da bacia do Monjolinho foi o Quantum GIS (QGIS) versão 3.38.1 'Grenoble', traduzido para o português. No aplicativo, foram inseridos os mapas da Coleção 8 do MapBiomias que inclui os mapas com dados anuais de cobertura e uso da terra do Brasil para o período de 1985 a 2022. Para a realização deste trabalho, apenas os mapas dos 8 anos de 1985, 1992, 2002, 2012 e 2022 foram utilizados a fim de gerar dados por décadas e com dados mais recentes. A região de estudo foi recortada no mapa utilizando um *shapefile* das sub-bacias hidrográficas de São Carlos, na qual se deixou apenas a área delimitada pela sub-bacia do Monjolinho.

Os dados do MapBiomias categorizam 25 usos e ocupações da terra, sendo eles: 'Formação Florestal'; 'Formação Savânica'; 'Mangue'; 'Silvicultura'; 'Campo Alagado e Área Pantanosa'; 'Formação Campestre'; 'Outras Formações Não Florestais'; 'Pastagem'; 'cana-de-açúcar'; 'Mosaico de Agricultura e Pastagem';

'Praia, Duna e Areal'; 'Área Urbana'; 'Outras Áreas Não Vegetadas'; 'Afloramento Rochoso'; 'Mineração'; 'Aquicultura'; 'Apicum'; 'Rio, Lago e Oceano'; 'Soja'; 'Arroz (beta)'; 'Outras Lavouras Temporárias'; 'Café (beta)'; 'Citrus (beta)'; e 'Outras Lavouras Perenes' e 'Restinga Arborizada'. Contudo, na região da bacia do Monjolinho, a análise dos dados da região retornou à contagem de área para 16 das categorias citadas anteriormente.

A fim de se facilitar a compreensão dos dados e sua leitura, sem depender apenas da visualização dos mapas, foi criada uma tabela com o cálculo das áreas de cada categoria presente nos mapas. Este cálculo foi realizado pelo próprio aplicativo do QGIS, utilizando da sua extensão 'r.report' para cada ano e depois os dados coletados foram inseridos no *software* Excel para criação de uma tabela, na qual também foi feito o cálculo de aumento percentual para se ter uma noção estática de como as áreas se modificaram. A forma usada para o cálculo foi:

$$\% \text{ aumento} = 100 \times \frac{(\text{valor final} - \text{valor inicial})}{[\text{valor inicial}]}$$

Além dos mapas com os dados do MapBiomas, uma segunda categoria de mapas foi criada utilizando o Software Google Earth Pro. Nessa versão, também se destacou a região da Sub-bacia do Monjolinho utilizando o mesmo *Shapefile* utilizado no QGIS, porém, dessa vez sobre as imagens de satélite disponíveis na plataforma Google Earth. Nessa plataforma, os dados disponíveis na data da realização deste trabalho cobriam os anos de 1984 a 2020, e assim os mapas foram feitos usando os anos de 1985, 1992, 2002, 2012 e 2020 tentando manter o mais próximo possível das datas utilizadas nos mapas de cobertura do QGIS.

Todos os mapas gerados podem ser encontrados em maior tamanho no Anexo 1.

Após gerar essa visualização, os dados foram analisados e discutidos utilizando de artigos científicos encontrados nas plataformas Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 9 apresenta os mapas que ilustram a evolução do uso e ocupação da terra ao longo de 30 anos na bacia do rio Monjolinho. Os mapas mostram as mudanças no uso da terra, como expansão urbana, crescimento agrícola, alterações nas áreas de vegetação e outros elementos significativos que refletem as transformações socioambientais na região ao longo das três décadas com as devidas legendas e anos de referência, para destacar as dinâmicas e impactos no território da bacia.

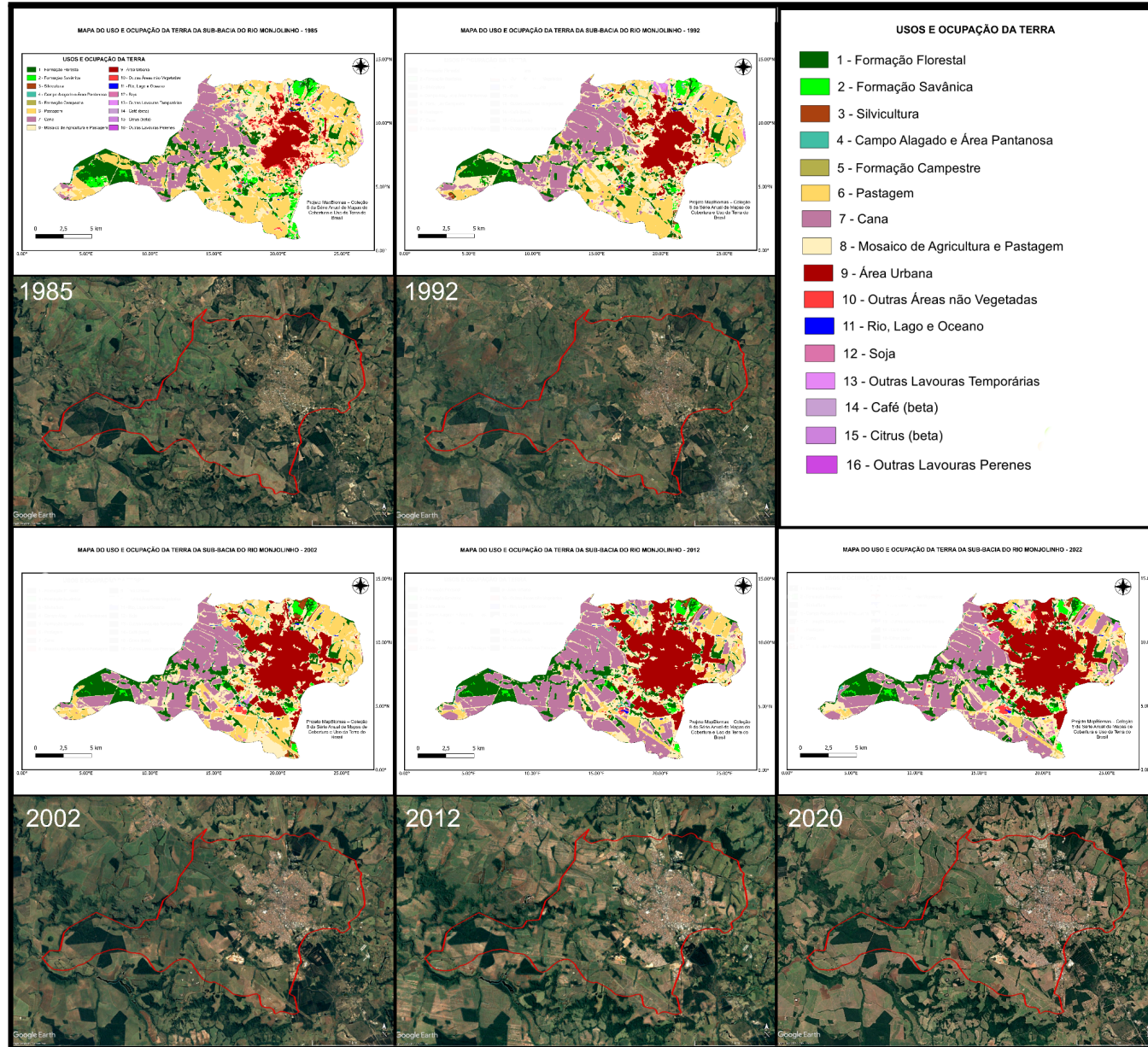


Figura 9 - Mapas do uso e ocupação da terra bacia do Monjolinho 1985 à 2022

As categorias estão listadas no Quadro 1, juntamente da área em quilômetros que possuem e quanto esta área ocupa da área total para cada ano analisado. A coloração da tabela serve para ressaltar as mudanças dos valores para cada área, com o verde sendo o valor de maior área, o laranja e o amarelo áreas intermediárias e o vermelho a menor área registrada para cada categoria, conforme indicado na legenda.

Quadro 1: Usos e Ocupação da Terra ao longo da sub-bacia hidrográfica do Rio Monjolinho ao longo dos anos.

Ano	1985		1992		2002		2012		2022		1985-2022
	Área (KM ²)	Ocupação	Área (KM ²)	Ocupação	Área (KM ²)	Ocupação	Área (KM ²)	Ocupação	Área (KM ²)	Ocupação	
1 - Formação Florestal	29,057856	14,06%	25,844288	12,51%	26,371988	12,76%	26,70754	12,93%	26,690122	12,92%	-8%
2 - Formação Savânica	7,394977	3,58%	4,509766	2,18%	2,950244	1,43%	3,530583	1,71%	3,819389	1,85%	-48%
3 - Silvicultura	0,303940	0,15%	1,517706	0,73%	1,807689	0,87%	0,919344	0,44%	0,982455	0,48%	333%
4 - Campo Alagado e Área Pantanosa	1,484730	0,72%	1,317035	0,64%	1,60018	0,77%	1,676595	0,81%	1,401685	0,68%	-5%
5 - Formação Campestre	0,028233	0,01%	0,066405	0,03%	0,078871	0,04%	0,032374	0,02%	0,269809	0,13%	900%
6 - Pastagem	53,339242	25,82%	45,874589	22,20%	35,695404	17,28%	18,18786	8,80%	13,85519	6,71%	-74%
7 - Cana	34,028835	16,47%	36,358479	17,60%	43,761909	21,18%	61,93415	29,98%	53,986454	26,13%	59%
8 - Mosaico de Agricultura e Pastagem	58,247724	28,19%	62,854518	30,42%	52,139018	25,24%	44,437174	21,51%	46,540027	22,53%	-20%
9 - Área Urbana	15,812284	7,65%	24,055907	11,64%	39,738367	19,23%	47,556618	23,02%	50,981891	24,68%	222%
10 - Outras Áreas não Vegetadas	5,874591	2,84%	1,035344	0,50%	0,796905	0,39%	0,786187	0,38%	1,915414	0,93%	-67%
11 - Rio, Lago e Oceano	0,476691	0,23%	0,663527	0,32%	0,382828	0,19%	0,400219	0,19%	0,306397	0,15%	-36%
12 - Soja	0,125407	0,06%	0,775566	0,38%	0,489859	0,24%	0,215055	0,10%	4,808571	2,33%	4700%
13 - Outras Lavouras Temporárias	0,088845	0,04%	1,488089	0,72%	0,105422	0,05%	0	0,00%	0,910165	0,44%	1025%
14 - Café (beta)	0,000000	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0,026558	0,01%	-
15 - Citrus (beta)	0,336194	0,16%	0,238329	0,12%	0,675883	0,33%	0,215849	0,10%	0,056448	0,03%	-83%
16 - Outras Lavouras Perenes	0	0,00%	0	0,00%	0,004981	0,002%	0	0,00%	0,048974	0,02%	-
Total	206,599549	100,00%	206,599548	100,00%	206,599548	100,00%	206,599548	100,00%	206,599549	100,00%	-

■ Valor máximo
 ■ Valor Intermediário
 ■ Valor mínimo

Fonte: Autor a partir dos dados disponibilizados pelo MapBiomias.

5.1 MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO

Como se pode observar no Quadro 1, a cobertura vegetal da região foi dividida em quatro fitofisionomias: 'Formação Florestal'; 'Formação Savânica'; 'Campo Alagado e Área Pantanosa'; e 'Formação Campestre'.

Segundo o MapBiomias (2024), a Formação Florestal (1) é definida como áreas de vegetação com predomínio de espécies arbóreas e dossel contínuo, e ele ressalta que essa formação perdeu 14% da sua área no Brasil nos últimos 38 anos. Já a Formação Savânica (2) é definida como vegetação com espécies arbóreas e distribuídas de forma mais esparsa em meio à vegetação herbácea-arbustiva contínua, tendo o MapBiomias confirmado a redução desta área em 22% no Brasil.

Na bacia do Monjolinho foi observada uma tendência semelhante, sendo a redução da primeira 8% e a segunda em 48% no mesmo período (Quadro 1). O projeto MapBiomias (2024) também ressalta que a maior parte das áreas reduzidas

foram convertidas em regiões de agropecuária, como pastagem e plantio, o que também ocorre na região analisada, como é possível observar ao analisar para o mapa comparativo (Figura 20) no qual uma grande parte da coloração verde (1 - Formação Florestal e 2 - Formação Savânica) foi substituída por tons de rosas e amarelos (Itens 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15 e 16 da legenda), principalmente pelo tom que representa a cana-de-açúcar (7).

A perda de espaço das vegetações nativas para a cana-de-açúcar é corroborada por diversos trabalhos acadêmicos, entre eles podemos citar Assis, Zucarelli, Ortiz (2007); Silva, Silva (2022) e Tabarelli, Pinto, Leal (2009), e neles são destacados que a perda de espaço ocorre tanto para desmatamento direto de áreas florestais quanto como um resultado do efeito de borda. Os trabalhos de Assis; Zucarelli; Ortiz (2007) e Silva, Silva (2022) igualmente evidenciam um aumento da área de plantio de cana-de-açúcar nos últimos anos no Brasil e que também ocorreu na área da bacia do Monjolinho. A bacia do Monjolinho teve a região ocupada por plantações de cana-de-açúcar aumentadas em 59% nas últimas 4 décadas, e em 2022 ocupava sozinha 26% das áreas da região (Quadro 1). A área elevada ocupada pela cana-de-açúcar é explicada pela Campanha Nacional de Abastecimento - CONAB (2021): o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar mundial e esse cultivo é muito importante para o agronegócio, sendo utilizado em diversos setores desde a produção de açúcar, biocombustíveis e plásticos biodegradáveis. Além disso, os dados da CONAB para o Brasil podem ajudar a explicar a pequena diminuição da área total ocupada pela cana-de-açúcar entre anos de 2012 e 2022 na bacia do Monjolinho, e o elevado aumento percentual da área do plantio de soja e de outras lavouras perenes (visualizados nos dados do Quadro 1:

De acordo com o estudo da Companhia [Nacional de Abastecimento], a área de colheita da cana deverá cair 1,3% devido à forte concorrência com outras culturas, chegando a 8,2 milhões de hectares, mas há expectativa de recuperação da produtividade em 3,2%, resultado de um clima mais favorável que o ocorrido no último ciclo. (CONAB, 2022).

Porém, mesmo com esse grande aumento percentual, as áreas dessas

culturas não chegam a ocupar um valor de área considerável, ocupando juntas apenas 3% da área total da região de estudo (Quadro 1).

O aumento percentual elevado das culturas agrícolas também possuem relação com a diminuição da área de pastagem. Isso pode ser afirmado observando o mapa de 1992 (Figura 12), no qual muitas das áreas que hoje são ocupadas pelos plantios de cana-de-açúcar antes eram ocupadas por pastagens. Com isso, as Pastagens (6) e Mosaicos de Agricultura e Pastagens (8), que antes ocupavam mais de 50% das terras, hoje ocupam um pouco mais da metade desse valor - 28% (Quadro 1). No que diz respeito a esse assunto, Landau, Resende e Neto (2020) afirmam que: “A intensificação da produção pecuária brasileira, aliada à concomitante substituição de áreas de pastagens por culturas agrícolas, explica a redução da área total de pastagens”. Apesar da redução do espaço usado, os mesmos autores afirmam que a produtividade não foi diminuída e a redução de áreas tem ligação com as melhorias tecnológicas na área.

As áreas de vegetação e pastagens não perderam espaço apenas para cana-de-açúcar. A urbanização da região se intensificou nos últimos anos, e ao observarmos o mapa comparativo (Figura 10) podemos perceber visualmente como o crescimento urbano foi elevado, estendendo-se principalmente sobre as áreas que antes eram de pastagens e agricultura. Observando a taxa de aumento percentual, vemos um crescimento de 222% na área urbana da bacia do Monjolinho nas últimas 4 décadas, o qual está associado ao crescimento populacional confirmado pelos dados disponibilizados pelo IBGE (Figura 21), os quais mostram que a população de São Carlos dobrou em relação a 40 anos atrás.

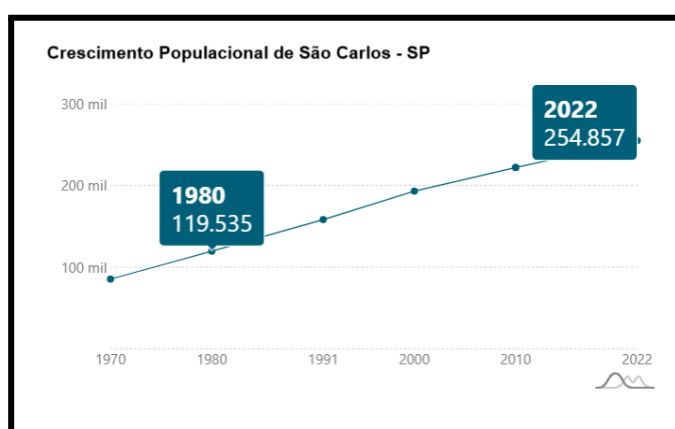


Figura 10 - Gráfico do crescimento populacional de São Carlos - SP. Fonte: IBGE (2022)

Nos dados do MapBiomias, há a categoria Outras Áreas Não Vegetadas. Ao realizar comparações da região na qual essa categoria se encontra no mapa de usos e ocupação da terra (Figura 10) e a imagem do Google Earth (Figura 12), vemos que a categoria corresponde à área utilizada por uma mineradora (Mineração Itaporanga). Segundo os dados encontrados a respeito da empresa no CNPJ BIZ, ela atua nesta mesma região há 48 anos, desde 1976. Ademais, no mapa abaixo (figura 12) é possível visualizar traços da influência da mineradora na paisagem. Segundo os dados cadastrais da própria empresa, sua principal atividade é a extração de areia, cascalho ou pedregulhos.

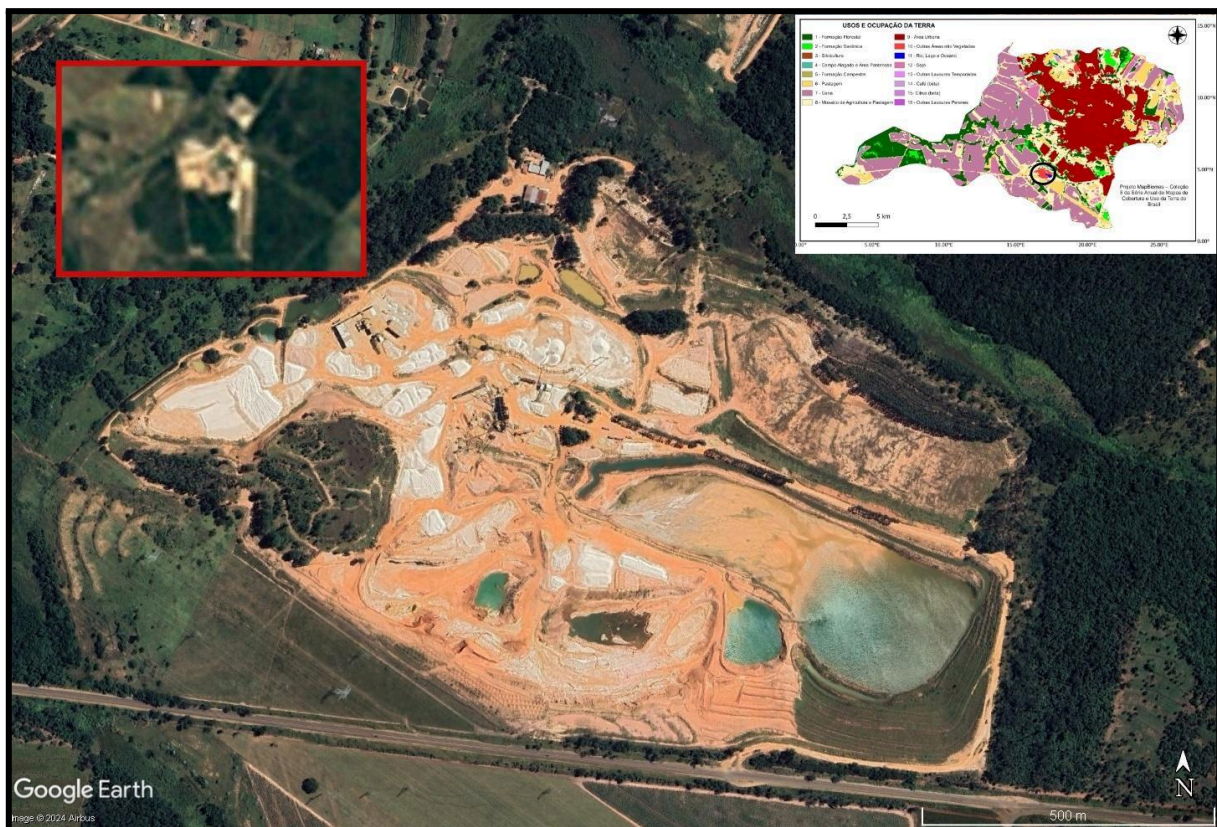


Figura 11 - Enfoque na área ocupada pela mineradora - Google Earth 2022 e no quadro em vermelho a mesma região em 1984 - Google Earth

5.2 POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DAS MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO

Após darmos enfoque para os principais usos e ocupações da terra e como elas se modificaram ao longo do tempo, podemos pensar quais os possíveis impactos ambientais que essas modificações trouxeram para a região. Primeiramente, podemos falar que o principal problema é o desmatamento, pois é preciso abrir espaço para as outras atividades e todos os impactos derivados da retirada da vegetação nativa, principalmente às próximas dos recursos hídricos (de Araújo et al., 2009; Fearnside, 2022). No Figura 12 e 13, é possível verificar o local dos cursos de água em relação a utilização das áreas próximas.

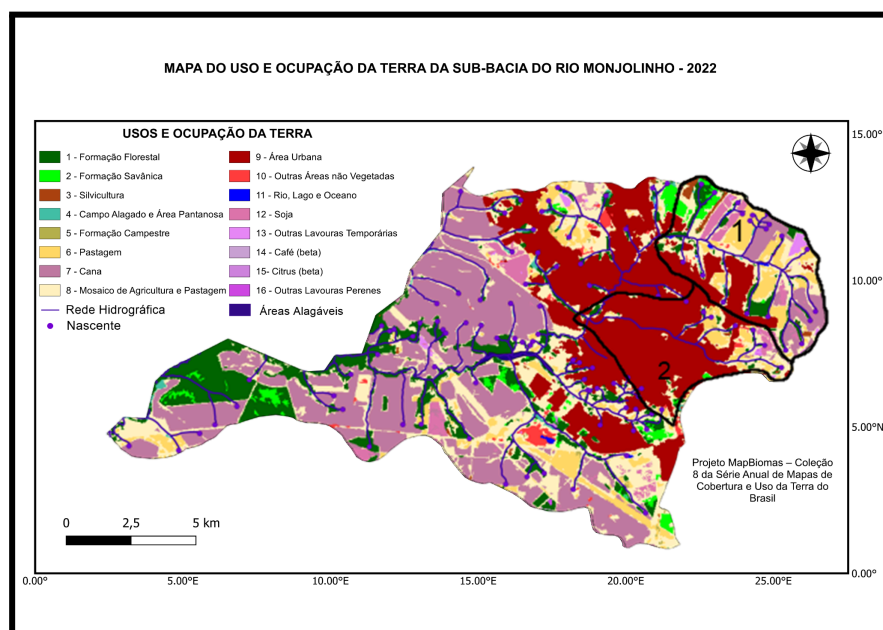


Figura 12 - Mapa uso e ocupação da terra da sub-bacia do monjolinho com a rede hidrográfica e destaque para o APREM do Monjolinho (1) e a Microbacia do Gregório (2)



Figura 13: Destaque para os cursos de água pelo Google Earth Pro

A retirada da vegetação nativa leva inúmeras espécies de animais perdem seus habitats naturais, levando a um declínio da biodiversidade prejudicando cadeias ecológicas e serviços ecossistêmicos, podendo levar a extinção de espécies, e a uma fragmentação desses habitats (Fearnside, 2022; Haddad et al., 2015; Tabarelli; Pinto; Leal, 2009). Tabarelli, Pinto, Leal (2009) ressaltam que a fragmentação dos habitats levam a um efeito de borda, no qual perda de biodiversidade é realçado, já que nas bordas a uma maior incidência de luz o que traz aumento de árvores pioneiras - árvores que ficam nas regiões abertas e aguentam uma maior luminosidade - e uma redução de outras espécies, principalmente as dependentes da polinização por partes de animais, esses que possuem sua biodiversidade e quantidade reduzida pela diminuição do espaço, resultando no efeito conhecido como homogeneização biológica. Tabarelli, Pinto, Leal (2009) fazem ligação do efeito de borda e fragmentação com pastagens e plantações de cana-de-açúcar, pois são matrizes de baixa biomassa, caracterizadas por regiões abertas que aumentam a incidência de luz e com baixa biodiversidade.

Outro impacto além da redução de biodiversidade são as mudanças climáticas, essa ocorrem tanto em escala macro - para toda a região - quanto em

escalas menores - formações de bordas (de Araújo et al., 2009; Fearnside, 2022; Foley et al., 2005; Tabarelli; Pinto; Leal, 2009). Segundo esses autores, a retirada de vegetação torna o clima mais quente e seco, pois alteram o efeito albedo e evapotranspiração. O efeito albedo, junto com as mudanças na evapotranspiração também alteram a ciclagem da água, diminuindo a quantidade de chuvas, isso diminui os volumes de rios e a qualidade do solo (Fearnside, 2022). Porém a falta de vegetação também altera a capacidade de infiltração de água no solo, o que faz as chuvas, quando ocorrem, carregarem detritos para dentro dos leitos de rios, lagos e córregos causando assoreamento (de Araújo *et al.*, 2009). Isso foi explicado pela Profa. Vânia Neu em entrevista para Santana (2022):

A falta de vegetação reduz a capacidade de infiltração da água no solo, e leva a mesma a seguir um caminho de escoamento superficial. Dessa forma, durante eventos de chuva, são observados elevações bruscas e rápidas do nível do rio, o que não é um fenômeno natural. Quando a água segue o caminho de escoamento superficial, ela leva partículas de solo e nutrientes que se depositam nos leitos dos rios, causando o assoreamento. Neste processo o rio se eleva em função do acúmulo desses sedimentos e detritos levados para dentro dele. Nesse processo o rio se torna mais raso e largo, ocupando uma área maior do que seu leito original, ou seja, causando alagamentos em áreas até então conhecidas como de terra firme.

Dessa forma, as chuvas por causa da escassez de vegetação, alteram a qualidade do solo, pois retiram deles os nutrientes quando ocorrem, ou os deixam com baixa qualidade quando estão em falta. Outro fator que leva a redução da qualidade do solo são as pastagens e as monoculturas, segundo Fearnside (2022), essas duas atividades econômicas levam a compactação do solo, e também reduzem a qualidade do mesmo pela perda elevada de nutrientes. As monoculturas, como as de cana-de-açúcar, muitas vezes consomem altas quantidades de nutrientes e sem um ciclo eles não repostos fazendo com que o solo fique pobre, muitas vezes para contornar isso os solos são adubados com altas quantidades de fertilizantes químicos (Fearnside, 2022; Cunha; Pascaletto, 2022). Segundo Fearnside (2022), os fertilizantes também podem afetar fungos benéficos e minhocas que estão no solo, fazendo com que esse ambiente perca sua capacidade de recuperação natural a longo prazo. Além disso, de Araújo *et al.* (2009); Assis,

Zucarelli, Ortiz (2007) pontuam que quando próximos a cursos de água esses agroquímicos os contaminam.

Outro impacto ao solo visível é a mineração. A retirada da vegetação e a abertura de cavas que expõem o solo o deixam propício a erosões e assoreamento dos cursos d'água (Mechi; Sanches, 2010). Segundo os mesmos autores, a água próxima desses empreendimentos também sofrem com a turbidez dos sedimentos em suspensão e substâncias usadas ou produzidas pela atividade. Os autores completam:

O regime hidrológico dos cursos d'água e dos aquíferos pode ser alterado quando se faz uso desses recursos na lavra (desmonte hidráulico) e no beneficiamento, além de causar o rebaixamento do lençol freático. O rebaixamento de calha de rios com a lavra de seus leitos pode provocar a instabilidade de suas margens, causando a supressão das matas ciliares, além de possibilitar o descalçamento de pontes com eventuais rupturas. Com frequência, a mineração provoca a poluição do ar por particulados suspensos pela atividade de lavra, beneficiamento e transporte, ou por gases emitidos da queima de combustível. Outros impactos ao meio ambiente estão associados a ruídos, sobrepressão acústica e vibrações no solo associados à operação de equipamentos e explosões (Mechi; Sanches, 2010).

O estudo finaliza argumentando que as aberturas no solo por causa do acúmulo de água formam lagoas a longo prazo. É possível visualizar esse efeito nos mapas, nos quais a região da mineradora possui uma região alagada e que está se expandindo ao longo dos anos.

Por fim, devido ao crescimento e desenvolvimento urbano, os impactos também são relevantes na bacia do Monjolinho. A região de São Carlos possui uma grande quantidade de periódicos acerca de sua expansão urbana, sendo o motivo para isso a alta quantidade de inundações ocorridas na cidade (Borges, 2006; de Oliveira Fornaziero *et al.*, 2022; de Lima; Schenk, 2018; Mendes; Mendiando, 2007; Molina, 2003). Segundo esses autores, a impermeabilização do solo, a falta de infraestrutura da urbanização de São Carlos e a regularização insuficiente são os principais motivos para a alta quantidade de enchentes na referida região e para que a maior parte delas ocorram na região de encontro do Córrego do Gregório com

o Rio Monjolinho.

Os estudos também demonstram que a falta de regularização da urbanização da cidade permitiu a ocupação das regiões de várzeas e próximas de nascentes, o que em alguns casos levaram à retirada total da vegetação dessas regiões. Por causa dos impactos causados pelas enchentes, optou-se por canalizar os cursos d'água, em algumas regiões nem sendo mais visíveis, como é o caso de algumas partes do córrego do Gregório e do Córrego do Tijuco Preto. Muitas vezes a área restante não é o suficiente para o escoamento da água, pois os córregos sofreram um estrangulamento ao longo dos anos, o que dificulta a passagem da água em momentos de chuvas.

Outro fator que causa muitos problemas à região e é ressaltado nos trabalhos é o despejo incorreto de resíduos sólidos. Além dos autores já citados, Atlas Sanca (2021) também destaca o descarte incorreto que acaba prejudicando o caminho da água. Esses resíduos sólidos, que pode ser descartado diretamente na região dos córregos ou levado até eles por causa das chuvas, acaba obstruindo os poucos espaços restantes para a passagem de água, o que amplifica ainda mais o problema das enchentes e também prejudicam suas nascentes. Uma matéria do São Carlos em rede (2023) trouxe o descaso da população e da prefeitura para com o córrego do Gregório e alta concentração de resíduos sólidos no seu entorno, como é possível ver nas imagens publicadas pelos mesmos (Figura 15).



Figura 14- Resíduos sólidos no entorno do Córrego do Gregório. Fonte: São Carlos em Rede, 2023

Além dos resíduos, muitos dos autores ressaltam que há um descarte incorreto de esgoto nos córregos, comprovado pelo mau cheiro nas regiões

próximas a eles. O descarte indevido de esgoto e resíduos sólidos atrelado com o contato com essa água durante enchentes podem levar a um aumento de casos de doenças, como leptospirose, hepatite e micoses (Prefeitura de São Paulo, 2022).

5.3 ÁREAS DE PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DOS MANANCIAIS DO MUNICÍPIO (APREM) E A BACIA HIDROGRÁFICA DO MONJOLINHO

Como foi observado ao longo do estudo, apesar de áreas próximas aos leitos de água serem consideradas regiões de preservação permanente, isso não ocorre em toda a cidade. As Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos (APREM), que deveriam ser outras regiões de proteção ambiental, também não escapam dessa situação.

A Lei Nº 13.944 de 2006 estabeleceu duas regiões de APREM em São Carlos, a do Monjolinho e a do Ribeirão Feijão, as definindo como:

Ficam instituídas as Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município de São Carlos – APREM/SC, como áreas de relevante interesse ambiental municipal, destinadas ao cumprimento da função social e ambiental de proteção, preservação e conservação do abastecimento de água com qualidade (São Carlos, SP).

Na região de estudo, se localiza a APREM do Monjolinho, que foi destacada no mapa da Figura 15 para melhor visualização.



Figura 15 - Mapa com recorte para região da APREM do Monjolinho

Segundo de Deus Grotto et al. (2021), que fez uma análise da bacia do Ribeirão Feijão, foi definido que a área que poderia estar sendo recuperada e regenerada ainda é ocupada por pastagens e cultivos, além de construções urbanas representarem ameaças à vegetação nativa, por meio da contaminação e perturbação potencial na biota local, o que pode prejudicar a preservação dos corpos hídricos.

Observando os mapas por década (Figura 10) percebemos que o mesmo ocorre na APREM do Monjolinho, sua área de vegetação não foi recuperada em larga escala nos últimos anos. E, como já mencionado anteriormente Atlas Sanca (2021) e Freitas; Santos (2021), observaram no local danos ambientais decorrentes do escoamento das águas pluviais para dentro da mata, erosão do solo e depósito de entulhos.

O mesmo é confirmado por Capoia; Gonçalves (2019), que realizaram uma análise nas duas APREM e demonstrou que a cobertura vegetal na região está aumentando, porém de forma lenta e muitas áreas ainda estão em desacordo com a legislação de APP, e dessa forma considera que a lei não está sendo muito eficaz para região de São Carlos. Isso ocorre, pois a legislação permite a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental com alvará do município. Essa

abertura permitiu a retirada de vegetação na região para outras atividades, sem necessidade de recuperação e com a pressão popular essa iniciativa está sendo votada para ser regularizada (São Carlos em Rede, 2024; Mundo Bom, 2024).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pensando nos problemas apresentados, muitos dos trabalhos usados como base trouxeram propostas para diminuição dos impactos e recuperação das áreas afetadas pelas mudanças no uso e ocupação. Lustosa (2021), traz a alternativa de renaturalização para o Lago da UFSCar, esta opção proposta pelo Comitê Gestor da Barragem do Rio Monjolinho que foi aceita pelo conselho da universidade e está em processo de planejamento para a criação de um parque multifuncional. Quando a proposta for colocada em prática e finalizada poderá servir de exemplo para a recuperação de outras áreas de São Carlos, como o Centro de Lazer Joaquim da Rocha Medeiros, que como já dito anteriormente, teve seu córrego represado e assoreado e hoje sofre com a poluição e a falta de cuidado.

Já em relação à recuperação e melhorias das áreas ao longo dos cursos que foram canalizadas, como áreas do Córrego do Gregório, são um assunto que tem sido discutido em trabalhos sobre outras regiões do Brasil. Brocaneli, Strummer (2008), são um desses autores, que debatem sobre a renaturalização dos rios e córregos canalizados da cidade de São Paulo. Como é dito pelas autoras, é preciso que os trabalhos de renaturalização para regiões dentro de áreas urbanas sejam visibilizadas pelo espaço, principalmente o necessário para a recuperação da vegetação que manterá as margens em bons estados. O que não será possível em todas as áreas dos córregos em São Carlos, pois estão inseridos em áreas com pouco espaço remanescente (Borges, 2006). Para essas áreas será necessário pesquisas mais profundas para uma melhor solução, que não prejudique a população do local, como era o caso do antigo projeto de destamponamento do córrego do Gregório, que desapropriaram 13 quarteirões da cidade (A cidade ON São Carlos, 2024), ou possam dificultar ainda mais as vazões dos córregos.

Com a inviabilidade do antigo projeto, a prefeitura da cidade de São Carlos criou um novo projeto de alargamento e provável criação de barramentos nas regiões do córrego do Gregório em regiões não habitadas (A cidade ON São Carlos, 2022; 2024). Esse projeto foi licitado em 2023 e deverá ser colocado em prática pela

Hidrostudio Engenharia S/S (Prefeitura de São Carlos, 2023), quando finalizado, o empreendimento abre portas para novos estudos, visando a funcionalidade dessas obras e seus impactos na Bacia Hidrográfica.

Ao longo da avaliação das mudanças no uso e ocupação da terra na bacia do Rio Monjolinho nas últimas décadas realizada neste trabalho, destacaram-se os impactos ambientais negativos associados a essas alterações. As técnicas de geoprocessamento permitiram a identificação das áreas mais afetadas, revelando uma significativa redução da cobertura vegetal nativa, substituída por atividades agrícolas e urbanas.

A expansão da agricultura, pecuária e da urbanização sem planejamento adequado trouxe consequências adversas para o meio ambiente, incluindo a perda de biodiversidade, o aumento da erosão do solo e a diminuição da qualidade dos recursos hídricos. O desmatamento, em particular, foi identificado como um fator crítico que contribui para a fragmentação dos habitats e a alteração dos ciclos hidrológicos, impactando diretamente a fauna e flora locais. As regiões urbanizadas sofreram com a canalização dos recursos hídricos e a perda da vegetação ao redor dos mesmos e a contaminação por esgoto ao longo dos anos. E, apesar de leis sobre preservação ambiental, como a lei relativa às APPs e da APREM, virem para diminuir os danos causados a essas regiões, a recuperação é demorada e ainda não trouxe impactos significativos para essas áreas.

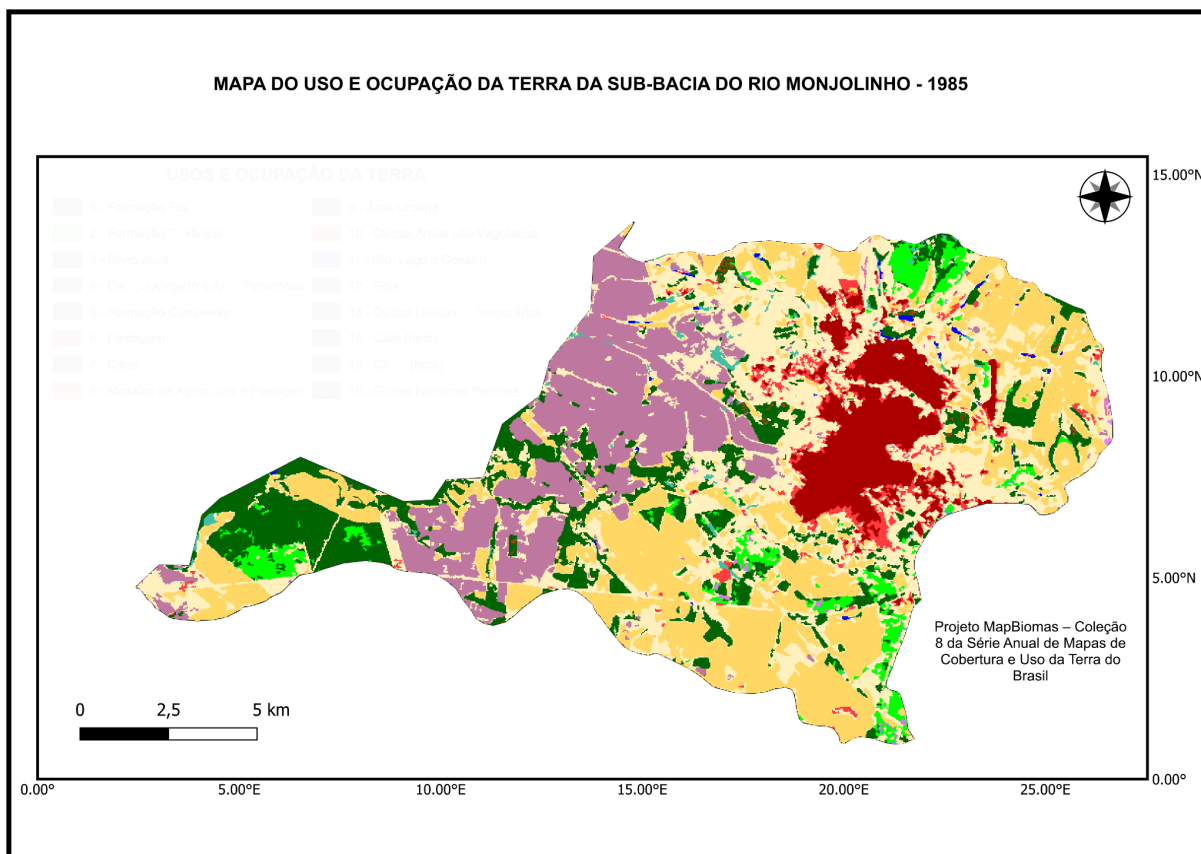
REFERÊNCIAS

1. ANA. Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>. Acesso em: 28 jun. 2024.
2. ANA. BOLETIM DO SNIRH. 2022. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-boletins/ana_boletim-snirh_1a-ed_web.pdf. Acesso em: 28 jun. 2024.
3. ASSIS, Wendell Ficher Teixeira; ZUCARELLI, Marcos Cristiano; ORTIZ, L. S. Despoluindo incertezas: impactos locais da expansão das monoculturas energéticas no Brasil e replicabilidade de modelos sustentáveis de produção e uso de biocombustíveis. Belo Horizonte, 2007. Acesso em: 29 jul. 2024.
4. BARRENHA, P. I. I. Estudo de longa duração da distribuição espaço-temporal de nutrientes no rio do Monjolinho, São Carlos - São Paulo. [s.l.] UFSCar, 2015. Acesso em: 29 ago. 2024.
5. BIZ, C. Mineracao Itaporanga LTDA - 47.036.462/0001-22. Disponível em: <https://cnpj.biz/47036462000122>. Acesso em: 29 jul. 2024.
6. BROCANELI, Pérola Felipette; STUERMER, Monica Machado. Renaturalização de rios e córregos no município de São Paulo. *Exacta*, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 147–156, 2009. DOI: 10.5585/exacta.v6i1.799. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/799>. Acesso em: 28/06/2024.
7. CAMPAGNA, Aline Fernanda. Toxicidade dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio Monjolinho (São Carlos-SP). 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-09112005-152042/>. Acesso em: 29 ago. 2024.
8. CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão de. Modelagem de dados em geoprocessamento. *Sistemas de Informação Geográfica: aplicações na agricultura* (ED Assad & EE Sano, eds). EMBRAPA, Brasília, p. 47-66, 2005. Acesso em: 29 jul. 2024.
9. CAPOIA, Emilene Frazão; GONÇALVES, Juliano Costa. Os 10 anos da lei das áreas de proteção e recuperação dos mananciais do município de São Carlos–APREM/SC: Um Estudo da efetividade da lei na conservação das bacias hidrográficas do Monjolinho e do Ribeirão do Feijão. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 6, n. 2, p. 691-699, 2019. Acesso em: 8 ago. 2024.
10. CHIMIRRI, R. Abandonado, Córrego do Gregório tem até sofá jogado em seu leito. São Carlos em rede, 2023. Disponível em: <https://saocarlosemrede.com.br/corrego-do-gregorio/>. Acesso em: 8 ago. 2024.
11. CHIMIRRI, R. Audiência pública para regularização de construções em Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais será no dia 22. São Carlos em Rede, 2024. Disponível em: <https://saocarlosemrede.com.br/audiencia-publica-para-regularizacao-de-construcoes-em-areas-de-protecao-e-recuperacao-de-mananciais-sera-no-dia-22/>. Acesso em: 8 ago. 2024.
12. CONAB. Cana-de-açúcar deve ter aumento de produção na safra 2022/2023. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4601-cana-de-acucar-deve-ter-aumento-d-e-producao-na-safra-2022-2023> . Acesso em: 29 jul. 2024.

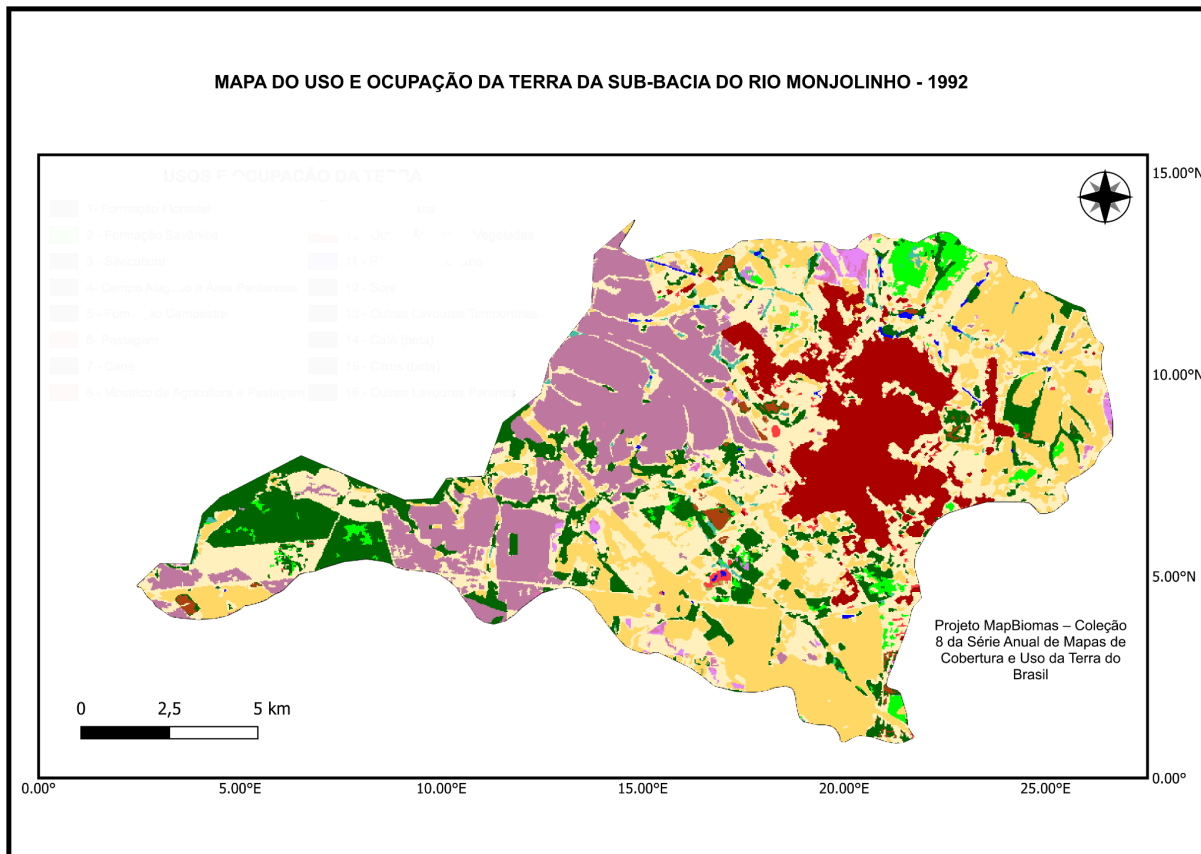
13. CONAB. Histórico Mensal Agroconab, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-agroconab?start=30>. Acesso em: 29 jul. 2024.
14. CUNHA, Gabriela Nobre; PASQUALETTO, Antonio. Impactos socioeconômicos e ambientais, do plantio à colheita, da cana-de-açúcar na mesorregião Norte de Goiás. COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional, v. 19, n. 4, out./dez., p. 234-257, 2022. Acesso em: 29 jul. 2024.
15. DA SILVA, F. P.; DE ALENCAR CARVALHO, C. V.; CARDOSO, A. M. GESTÃO DA ÁGUA: A Importância de Políticas Públicas para a Implementação do Reuso de Água no Brasil. Rev. Episteme Transversalis, v. 10, p. 309–322, 2019. Disponível em: <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/1347/1068>. Acesso em: 29 jul. 2024.
16. DE DEUS GROTTTO, Beatriz et al. A Lei da APREM em São Carlos-SP: análise de sua efetividade na bacia do Ribeirão Feijão. Guia Universitário de Informações Ambientais, v. 2, n. 1, p. 61-64, 2021. Acesso em: 8 ago. 2024.
17. DE LIMA, Maria Cecília Pedro Bom; SCHENK, Luciana Bongiovanni Martins. Estudo de infraestrutura verde na bacia hidrográfica do córrego Monjolinho, São Carlos, SP. Revista LABVERDE, v. 9, n. 1, p. 50-72, 2018. Acesso em: 8 ago. 2024.
18. DE OLIVEIRA FORNAZIERO, Danielly et al. EFEITOS DA URBANIZAÇÃO E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS SOBRE AS ENCHENTES NO CÓRREGO DO GREGÓRIO EM SÃO CARLOS, SÃO PAULO, BRASIL. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 3, n. 3, p. e331281-e331281, 2022. Acesso em: 8 ago. 2024.
19. DE OLIVEIRA, F. F. G. Aplicação Das Técnicas De Geoprocessamento Na Análise Dos Impactos Ambientais E Na Determinação Da Vulnerabilidade Ambiental No Litoral Sul Do Rio Grande Do Norte. [s.l.] UNESP, 2011. Acesso em: 29 jul. 2024.
20. FOLLEDO, M. Raciocínio Sistêmico: uma boa forma de se pensar o meio ambiente. Ambiente & Sociedade, v. Ano III-No 6/7, n. 1o Semestre de 2000/2o Semestre de 2000, p. 41, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2000000100006>. Acesso em: 08 jul. 2024.
21. FREITAS, Denise de; SANTOS, Silvia Aparecida Martins dos. Atlas histórico socioambiental das regiões hidrográficas de São Carlos - SP. Universidade de São Paulo. Centro de Divulgação Científica e Cultural, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786558544555> Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1263. Acesso em: 29 jul. 2024.
22. GOMES, Carina Sernaglia; PULICE, Sergio Mantovani Paiva; ROQUETTI, Daniel Rondinelli; MORETTO, Evandro Mateus. Usinas Hidrelétricas e Desenvolvimento Municipal: O Caso das Usinas Hidrelétricas do Complexo Pelotas-Uruguai. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 150–163, 2017. DOI: 10.5585/geas.v6i2.931. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/931>. Acesso em: 29 jul. 2024.
23. GONÇALVES, Evandro José Fernandes. As usinas hidrelétricas e os impactos ambientais nas bacias hidrográficas: uma análise comparativa. Curitiba: [s. n.], 2020. Acesso em: 29 jul. 2024.

24. GONÇALVES, Marcio. O Complexo Hidrelétrico de Belo Monte: Impactos e Desafios. São Paulo: [s. n.], 2016. Acesso em: 29 jul. 2024.
25. ICMBIO. ICMBIO lança Plataforma de Dados de Áreas Protegidas. 2021. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/1735-icmbio-lanca-plataforma-de-dados-de-areas-protegidas>. Acesso em: 29 jul. 2024.
26. INGA, Felipe; ARAGÃO, José Luiz; PEREIRA, Cláudio Tavares. Reflexões sobre os impactos dos assentamentos de reforma agrária na Amazônia. [S.l.]: Embrapa, 2007. Acesso em: 29 jul. 2024.
27. INPE. Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal Brasileira. 2023. Disponível em: <https://www.inpe.br/portal>. Acesso em: 29 jul. 2024.
28. JACOB, Carlos H. P.; CARRERA, Luciane F. Modelagem hidrológica e ambiental da bacia do rio dos Sinos, RS. Brasília: [s.n.], 2020. Acesso em: 29 jul. 2024.
29. LIMA, Sérgio Fagundes; LUZ, Raphael Magalhães; GALVÃO, Jéssica Alves. Hidrologia e gestão das águas: um estudo da bacia do rio Monjolinho, São Carlos - SP. Gestão & Tecnologia, v. 22, n. 4, p. 22-35, 2022. Acesso em: 29 jul. 2024.
30. MENEZES, L. P.; LINS, L. R. Uso de técnicas de geoprocessamento no diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio São Francisco. São Paulo, 2021. Acesso em: 29 jul. 2024.
31. RIO + 20. Rio + 20: Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. Disponível em: <https://www.riodasmatas.org/monitoramento/rio20>. Acesso em: 29 jul. 2024.
32. SILVA, J. G. S. Análise das condições ambientais do Rio São Francisco e suas principais ameaças. Revista Meio Ambiente & Saúde, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2019. Acesso em: 29 jul. 2024.
33. SILVA, Marcelo. Hidrelétricas no Brasil: impactos sociais e econômicos. São Paulo: [s.n.], 2018. Acesso em: 29 jul. 2024.
34. SANTOS, J. L. R. Infraestrutura verde e serviços ecossistêmicos: importância para a gestão sustentável de bacias hidrográficas. [S.l.: s.n.], 2015. Acesso em: 29 jul. 2024.
35. SOUSA, M. R. Impactos ambientais de usinas hidrelétricas no Brasil. [S.l.: s.n.], 2017. Acesso em: 29 jul. 2024.

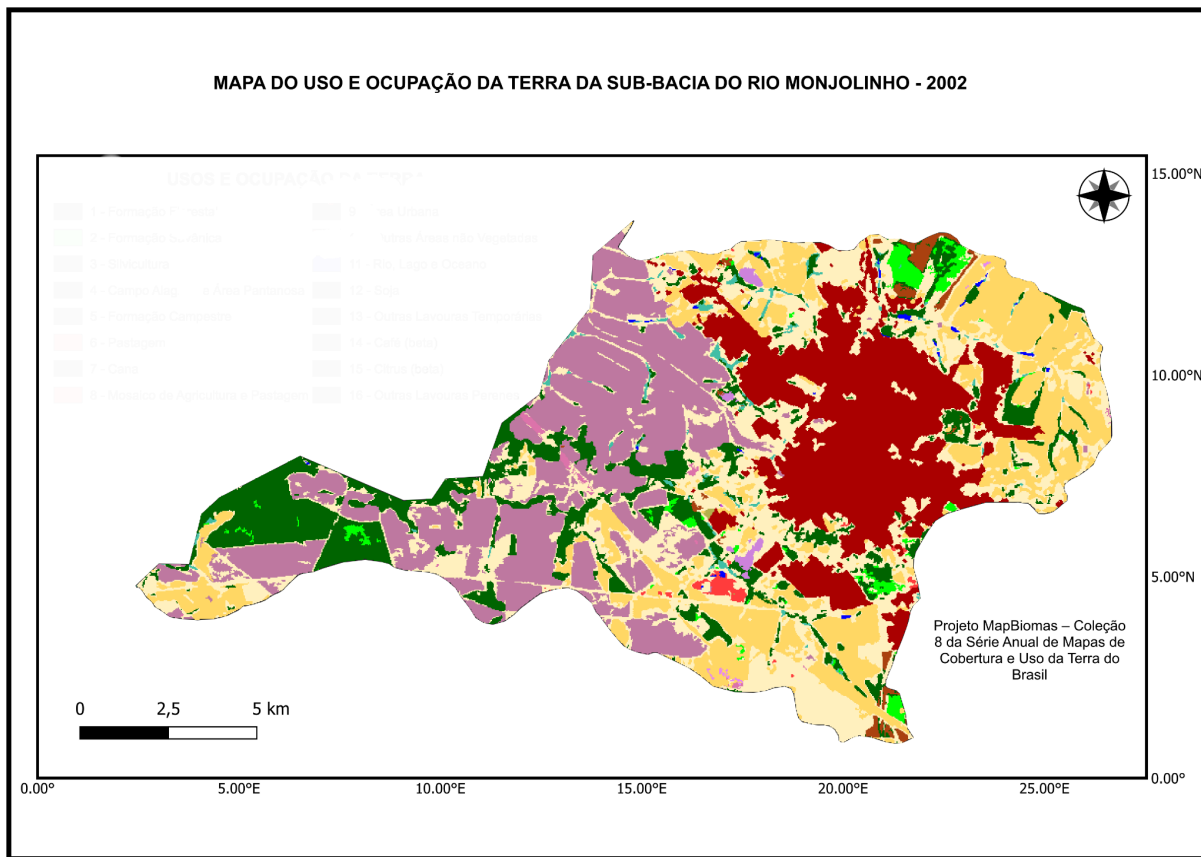
ANEXO 1- MAPAS 1985



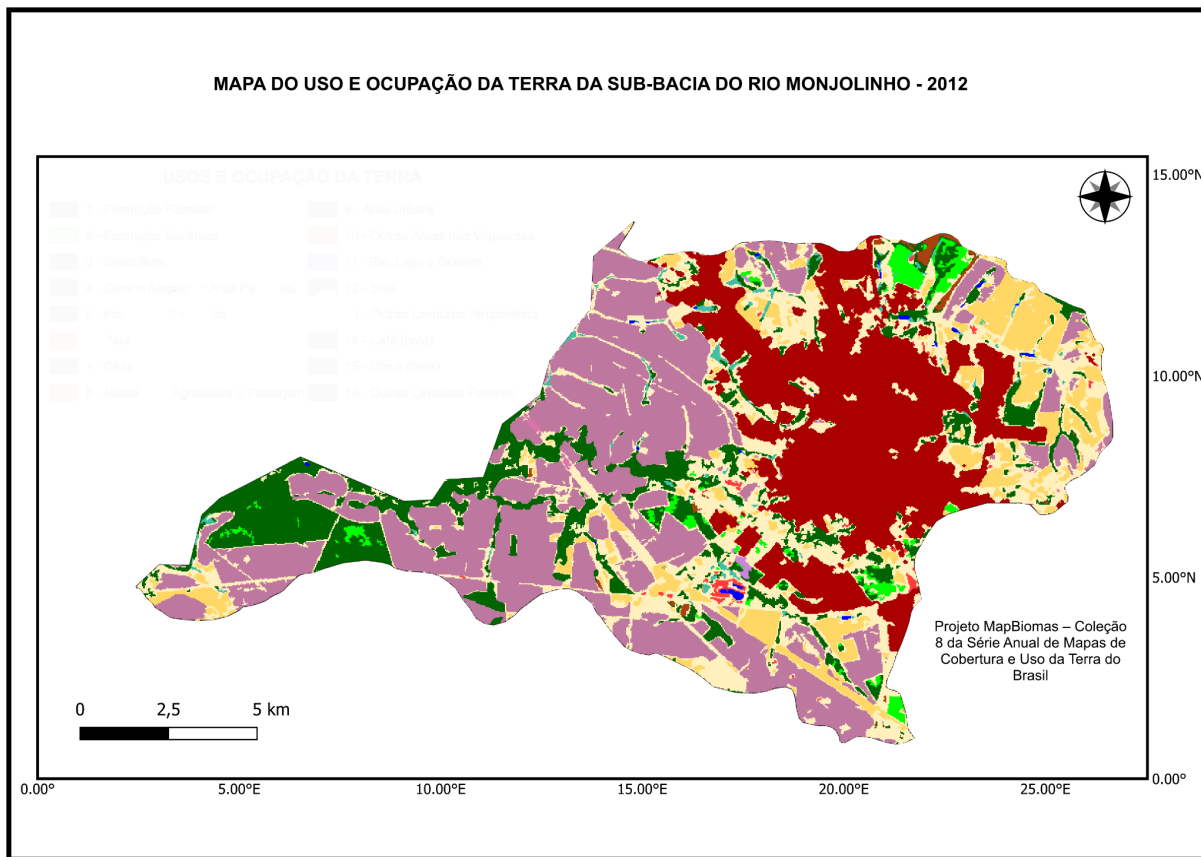
ANEXO 2- MAPAS 1992



ANEXO 3 - MAPA 2002



ANEXO 4 - MAPA 2012



ANEXO 5- MAPAS 2022

