

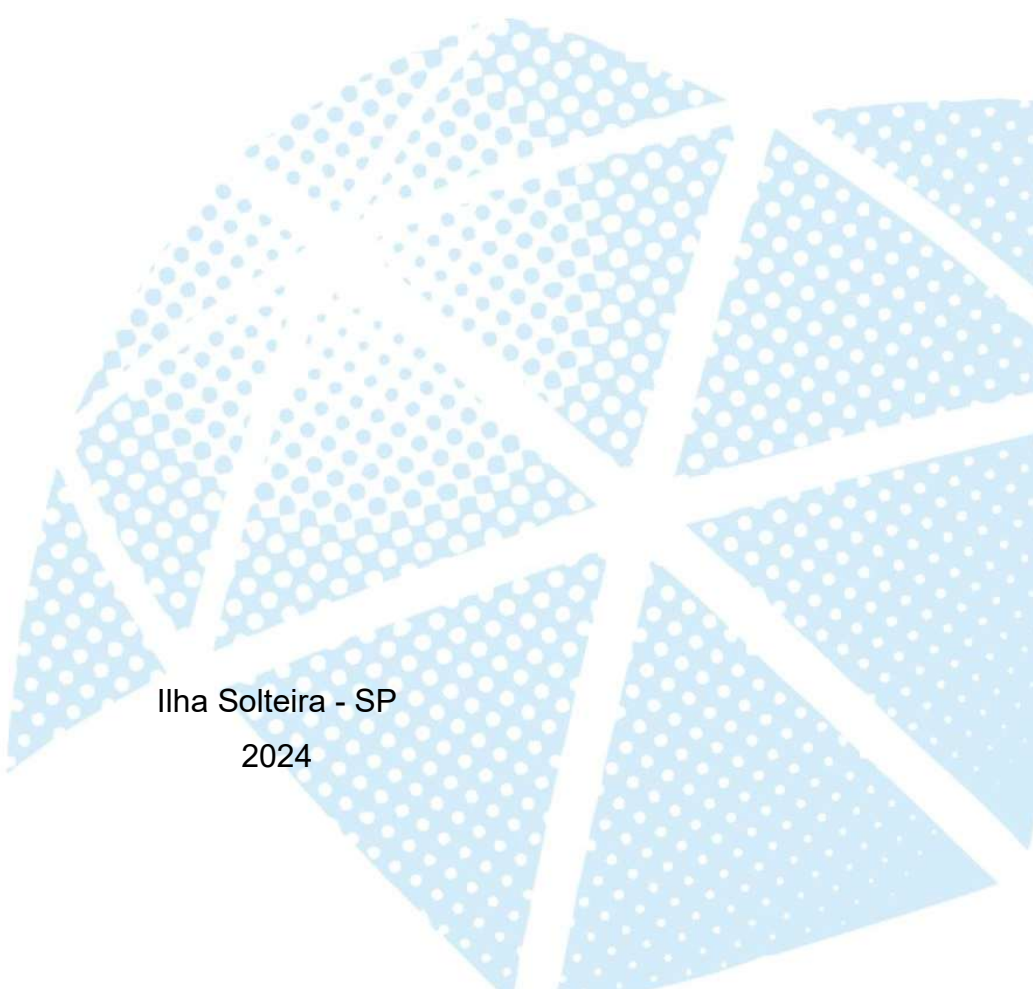
**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

JONAS HENRIQUE MIRA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DO USO E COBERTURA DA TERRA NA
MICROBACIA HIDRÓGRAFICA DO CÓRREGO SANTA MARIA MADALENA, SÃO
CARLOS-SP**

Ilha Solteira - SP

2024



JONAS HENRIQUE MIRA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DO USO E COBERTURA DA TERRA NA
MICROBACIA HIDRÓGRAFICA DO CÓRREGO SANTA MARIA MADALENA, SÃO
CARLOS-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), FEIS, Ilha Solteira, para
obtenção do título de Grau acadêmico de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. César Gustavo da
Rocha Lima

Ilha Solteira - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M671a Mira, Jonas Henrique.
Análise morfométrica e do uso e cobertura da terra na microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena, São Carlos-SP / Jonas Henrique Mira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
45 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: César Gustavo da Rocha Lima

Inclui bibliografia

1. Sensoriamento remoto. 2. Drenagem urbana. 3. Morfometria. 4. Uso e ocupação da terra.

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURSO : ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOTECNIA
REALIZADA EM : 27/09/2024
DISCENTE : JONAS HENRIQUE MIRA

COMISSÃO EXAMINADORA:

1. Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima (Orientador)
2. M.a. Isadora Vitali Lobo (Examinador)
3. M.e. Olavo Tozete Tercini (Examinador)

TÍTULO: "ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DO USO E COBERTURA DA TERRA NA MICROBACIA HIDRÓGRAFICA DO CÓRREGO SANTA MARIA MADALENA, SÃO CARLOS-SP"

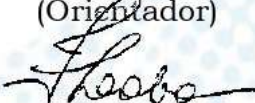
Local: Por videoconferência - WEB – Via Google Meet

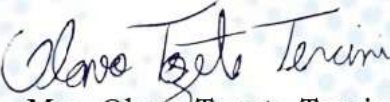
Horário de início: 08:00 horas

Em sessão pública, após exposição em torno de 40 (quarenta minutos), o discente foi arguido oralmente, e no final da exposição foi **"APROVADO"** pelos membros componentes da Comissão Examinadora. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ATA, a qual é assinada pelos membros da Comissão Examinadora e pelo discente.....

Ilha Solteira, 27 de setembro de 2024.


Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima
UNESP/FE Ilha Solteira
(Orientador)


M.a. Isadora Vitali Lobo
PPGEC (FEIS/UNESP)
(Examinador)


M.e. Olavo Tozete Tercini
PPGEC (FEIS/UNESP)
(Examinador)

Ciente:

Discente: _____



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Curso: Agronomia, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.

Avenida Brasil Centro, 56 Caixa Postal 31 CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil
pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 com@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

Dedico este trabalho à minha família e amigos ...

AGRADECIMENTOS

Agradeço meus pais por sempre terem me proporcionado todo o suporte e confiança do mundo para concluir minha graduação, agradeço ao meu amor por sempre ter sido o meu Norte e sempre ter sido o grande motivo da minha persistência em um futuro melhor, e por fim agradeço aos meus amigos pela companhia e grandes memórias durante estes anos longe de casa, sem eles a vida teria sido cinza.

Agradeço também ao meu orientador por toda a supervisão ao longo destes anos e finalmente, agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC, pela concessão de bolsa de pesquisa da proposta 8676.

“Se eu vi mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes”. (*Sir Isaac Newton, 1675*).

RESUMO

O ser humano depende intrinsecamente da água para sua sobrevivência e sendo esse bem finito, sua preservação deve ser objetivada em todas as esferas de relações humanas. O contexto atual majoritariamente urbanizado tem se demonstrado preocupante pois tem gerado alterações significativas no ciclo hidrológico, isto sendo devido a impermeabilização do solo onde estes ocupam. Para quantificar e mapear áreas sujeitas a efeitos adversos, sejam enchentes, alagamentos ou até mesmo secas, o sensoriamento remoto é uma ótima ferramenta para este fim. Por fim, a unidade clássica para análise é uma bacia hidrográfica e neste contexto tem se o objetivo de analisar a morfometria da microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena em São Carlos-SP, bem como a evolução do uso e cobertura da terra em seu curso. Neste estudo, a sub bacia estudada demonstrou ser propensa a inundações e enchentes, pois a análise de seus parametros morfométricos (capacidade de drenagem baixa, pouca força motriz e formato intermediário) unidos com o uso e ocupação do solo (39,76% da área total impermeabilizada em 2021) todos indicam susceptibilidade à fenomenos hidrológicos extremos.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; drenagem urbana; morfometria; uso e ocupação da terra.

ABSTRACT

Human beings intrinsically depend on water for their survival and as this asset is finite, its preservation must be aimed at all spheres of human relations. The current mostly urbanized context has proven to be worrying as it has generated significant changes in the hydrological cycle, due to the waterproofing of the soil where they occupy. To quantify and map areas subject to adverse effects, whether floods, floods or even droughts, remote sensing is a great tool for this purpose. Finally, the classic unit for analysis is a hydrographic basin and in this context the objective is to analyze the morphometry of the hydrographic micro-watershed of the Santa Maria Madalena stream in São Carlos-SP, as well as the evolution of land use and cover throughout its course. . In this study, the studied sub-basin proved to be prone to floods, as the analysis of its morphometric parameters (low drainage capacity, little driving force and intermediate shape) combined with the use and occupation of the soil (39.76% of the area fully waterproofed in 2021) all indicate susceptibility to extreme hydrological phenomena.

Keywords: Remote Sensing; urban drainage; morphometry; land use and occupation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Definições de enchente, inundação e alagamento	17
Figura 2 – Mapa com Bacia Hidrográfica em destaque.....	26
Figura 3 – Mapa tratado no Spring com delimitação de bacia e canais	27
Figura 4 – Pontos marcados no mapa do Google Earth Pro nos quais foram obtidas imagens in loco	28
Figura 5 – Fotografia do ponto 1 Lat. 21°57'53.87"S Long. 47°54'33.63"O	28
Figura 6 – Fotografia do ponto 2 Lat. 21°57'54.06"S Long. 47°55'23.38"O	29
Figura 7 – Microbacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria Madalena	31
Figura 8 - Mapa de altimetria em metros.....	32
Figura 9 - Mapa de declividade da região da Microbacia	32
Figura 10 - Perfil altimétrico do canal principal (metros)	33
Figura 11 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 1985	34
Figura 12 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 1991	35
Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 2011	35
Figura 14 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 2021	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros Morfométricos	33
Tabela 2 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 1985	36
Tabela 3 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 1991	36
Tabela 4 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 2011	37
Tabela 5 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 2021	37
Tabela 6 – Ocupação e Uso da Terra em APP no ano de 1985 e 2021	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tabulação cruzada entre 1985 nas linhas e 2021 nas Colunas	38
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
SIG	Sistema de Informação Geográfica

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área da bacia
A_c	Área do círculo do perímetro igual ao da bacia considerada
C_m	Coeficiente de manutenção
D_d	Densidade de drenagem
D_h	Densidade de rios
D_v	Distância vetorial entre a nascente e a foz do canal
H_m	Amplitude altimétrica máxima
I_c	Índice de circularidade
I_s	Índice de sinuosidade
L	Comprimento do canal principal
L_c	Comprimento do canal principal
L_t	Comprimento total dos canais
N	Número total de rios
R_r	Razão de relevo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	PROPOSIÇÃO	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS	16
3.2	REGIME FLUVIAL.....	16
3.3	ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS	16
3.4	RECURSOS HÍDRICOS.....	18
3.5	URBANIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO	18
3.6	ÍNDICES MORFOMÉTRICOS.....	19
3.6.1	Área da bacia (A)	19
3.6.2	Densidade de drenagem (D_d).....	19
3.6.3	Densidade de rios (D_h)	20
3.6.4	Índice de circularidade (I_c)	20
3.6.5	Índice de sinuosidade (I_s)	20
3.6.6	Coeficiente de manutenção (C_m).....	21
3.6.7	Razão de Relevo (R_r).....	21
3.7	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	21
3.8	SIGS.....	22
3.9	SENSORIAMENTO REMOTO	22
3.10	ANÁLISE MULTITEMPORAL.....	23
3.11	GESTÃO TERRITORIAL-AMBIENTAL	23
3.12	ESTUDOS CORRELATOS	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
4.2	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1	ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	31
5.2	USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	34
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

A dependência da água para a sobrevivência é um dos poucos aspectos que perduram por eras até os dias atuais, e esta necessidade básica fez com que o ser humano enquanto espécie buscasse e ocupasse locais onde este recurso tão precioso fosse disponível e abundante. Ao decorrer do tempo, a história da civilização humana nos mostra que as primeiras sociedades que abdicaram do nomadismo realmente fixaram-se próximos a cursos d'água, e este foi o modelo de ocupação vigente por milhares de anos. Nos dias de hoje a dinâmica de uso e ocupação do solo é principalmente dado em ambiente urbano, bem como o tipo de produção agrícola passou de subsistência para um modelo que visa a obtenção de lucro, assim sendo, as dinâmicas hidrológicas foram alteradas concomitantemente às ações antrópicas impostas ao ambiente.

O ambiente urbano moderno é marcado principalmente pela impermeabilização, que beneficia o escoamento superficial direto à infiltração. Aliado aos eventos climáticos, precipitação em especial, que tem se intensificado nas últimas décadas, as cheias têm se tornado um dos problemas público-urbanos que mais têm gerado impactos negativos para a sociedade, tanto no quesito de perda de vidas humanas, animais, danos materiais bem como perdas de ordem secundária.

Para compreender estas alterações dos fenômenos hidrológicos foram desenvolvidos métodos de análise capazes de indicar a susceptibilidade das bacias hidrográficas às enchentes e inundações, correlacionando fatores morfométricos e fatores de uso e ocupação do solo, sendo utilizados hoje principalmente na área de segurança das defesas civis dos municípios brasileiros, como é o caso da cidade de São Carlos que conta com sistema de alerta via SMS para o risco de inundações no ambiente urbano. Para tanto, devemos iniciar este estudo com as respectivas definições formais de conceitos chave para que seja possível a compreensão deste estudo.

2 PROPOSIÇÃO

Este estudo tem o objetivo de analisar a morfometria da microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria Madalena no município de São Carlos, bem como a evolução do uso e cobertura da terra nos entornos de seu curso para compreender se esta área é susceptível a fenômenos hidrológicos críticos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Bacias hidrográficas se caracterizam como sendo uma área ou região de drenagem de um rio principal e seus afluentes, drenada por um ou vários cursos d'água, de forma que toda a vazão seja descarregada/coletada por uma única saída segundo Tucci (2004). Para Christofolletti (1980) este define bacia hidrográfica como sendo um território que apresenta uma rede de drenagem comum e delimitada por divisores de águas.

Uma bacia hidrográfica pode ser considerada como uma boa unidade de estudo pois esta constitui uma importante base geográfica, onde os planos e ações de uso e cobertura do meio físico se desenvolvem (Silva e Barros, 2003), bem como as atividades socioeconômicas e culturais (Lanna, 2000).

3.2 REGIME FLUVIAL

Antes de tudo deve, se compreender o que significa uma situação normal de um curso d'água, para Christofolletti (1980), o volume de água escoada em determinados canais varia de acordo com o tempo e isto está intrinsecamente relacionado com diversos fatores tais como regime pluvial, condições de infiltração, drenagem subterrânea entre outros fatores, sendo assim esta variação de nível das águas fluviais ao longo do ano define o regime fluvial. Podemos desta forma caracterizar a situação normal de um corpo hídrico, que dentro de seu regime fluvial apresentará períodos de cheia e estiagem, ou seja, uma variação em seu nível fluvial previsível.

3.3 ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS

Enchentes também conhecidas como “cheias”, podem ser definidas como os fenômenos hidrológicos temporários em que ocorre a ocupação do leito maior (ou periódico/sazonal) de um rio ao menos uma vez no ano (Christofolletti, 1980) e neste caso não há o extravasamento de água para as áreas marginais.

Para Tucci (1999), há dois tipos básicos de enchentes: Enchentes em áreas ribeirinhas que ocorrem dado a ocupação dos vales de inundação em períodos de

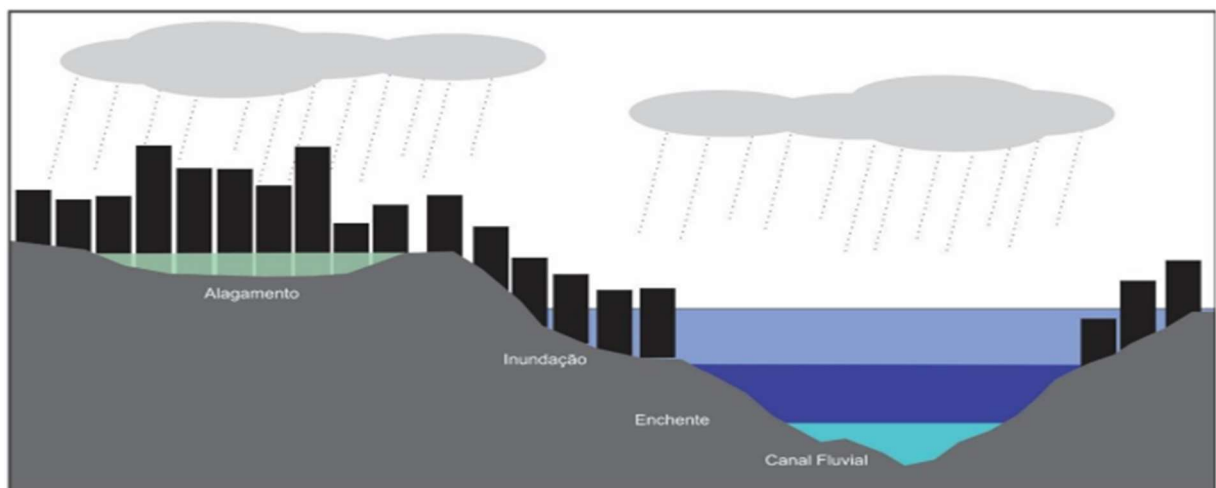
estiagem ou de sequência de anos secos e enchentes decorrentes à urbanização que ocorrem devido à má drenagem urbana somado a impermeabilização das superfícies, desta forma reduzindo a infiltração/drenagem subterrânea e aumentando o volume de água superficial.

Para a definição de inundação, este fenômeno compreende o período em que ocorre o aumento súbito do nível hídrico causando seu extravasamento para a planície de inundação ou áreas marginas, podendo ou não ser puramente um fenômeno natural ou um natural que sofreu um agravamento dado ação antrópica, para Tucci (2003), este fenômeno está ligado ao sistema de drenagem e escoamento e às condições de projeto de um corpo hídrico.

Geissler (2012) defende que as inundações estão correlacionadas com o planejamento do uso e ocupação do solo nas áreas urbanizadas, notando que áreas em que o crescimento não foi planejado estão mais suscetíveis a estes fenômenos naturais.

Por fim, definindo o conceito de alagamento, este fenômeno por muitas vezes é mais uma consequência do que uma causa por si só, pois trata-se do acúmulo de água que não foi escoada. Esta definição é corroborada com a problemática de drenagem salientada por Tucci (2003). Volta-se a observar que os alagamentos por muitas vezes são as consequências de uma enchente ou inundação atrelados a má gestão de políticas públicas. A Figura 1 sintetiza e esquematiza as diferenças entre enchente, inundação e alagamento nas bacias hidrográficas.

Figura 1 – Definições de enchente, inundação e alagamento.



Fonte: COSTA (2019).

3.4 RECURSOS HÍDRICOS

No início este recurso era coletado diretamente dos rios e lagos, posteriormente houve sua canalização a fim de facilitar o acesso e distribuição, até chegar na relação moderna pela qual a água passa por processos de tratamento para ser distribuída nas residências. Analisando a evolução e crescimento do uso da água no contexto urbano, destaca-se que a falta de planejamento urbano atrelado à redução das áreas de mata nativa e impermeabilização do solo têm causado impactos ambientais negativos, aumentando a preocupação com este recurso natural (Mito, 2014).

Borsoi (1997) define a água como um recurso ou bem econômico dado sua finitude, vulnerabilidade, sendo sua escassez atrelada ao atraso no desenvolvimento de regiões. A gestão deste recurso é dependente de políticas públicas, concomitantemente à urbanização das cidades, sendo distribuída conforme critérios socioeconômicos e ambientais, e para tal gestão considera-se que a bacia hidrográfica é a unidade utilizada para planejamento.

3.5 URBANIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO

Entre as décadas de 1940 a 1980 o Brasil passou por uma grande transformação na localização das residências da população, a migração do campo para as cidades atingiu patamares em que quase 69% da população nacional era urbanizada até o final da década de 80 (Santos, 2013). Isto significa que construções de elementos essenciais a uma cidade foram erigidas para suportar esta nova população que se anexou junto aos centros urbanos, trazendo consigo a expansão de área construída e conseqüentemente aumento da impermeabilização do solo, reduzindo seu potencial de infiltração.

Justino (2011), em seu estudo realizado sobre a vazão de pico para a bacia hidrográfica do município de Uberlândia, afirma que impermeabilização do solo é um efeito direto da urbanização e gera impactos significativos quanto a drenagem e escoamento das águas pluviais em uma bacia. A autora também conclui que os resultados obtidos demonstram que a vazão de pico pode ser aumentada em até 59,40% em relação aos cenários de referência, sendo a parte canalizada dos córregos insuficiente para suportar as novas vazões.

Assim sendo, é de suma importância saber se nossas redes de drenagem são suficientes ou não para suprir o escoamento superficial gerado principalmente sobre as áreas urbanizadas e impermeabilizadas, a fim de evitar desastres, faz-se necessário executar análises que consigam elucidar a dinâmica hidrológica e ambiental tanto em escala local quanto regional. Teodoro (2007) afirma que a caracterização morfométrica, além da correlação entre diversos índices morfométricos, é o primeiro e mais comum procedimento realizado para compreender o comportamento hidrológico e ambiental das bacias hidrográficas

3.6 ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica tem função de parametrizar esta área por meio de índices, a fim de analisar sobre o processo erosivo natural sofrido por este corpo considerando sua conformação geométrica, drenagem e relevo (Campanharo, 2010).

Christofolletti (1980) propõe alguns índices que analisam tanto os parâmetros geométricos, rede de drenagem quanto parâmetros de relevo, estes podem ser dados por:

3.6.1 Área da bacia (A)

A área da bacia (A) significa toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial da bacia hidrográfica em questão. Ou seja, a vazão é proporcional à área da bacia e maiores áreas implicam maiores vazões vice-versa.

3.6.2 Densidade de drenagem (D_d)

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (1)$$

- L_t : comprimento total dos canais.

Sendo D_d dado em unidade de km/km² este índice mede a infiltração/drenagem da bacia, os valores elevados indicam áreas de pouca infiltração e melhor esculturação dos canais.

3.6.3 Densidade de rios (D_h)

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (2)$$

- N: número total de rios.

Possuindo unidade de rios por km^2 este parâmetro indica o potencial hídrico da região.

3.6.4 Índice de circularidade (I_c)

$$Ic = \frac{A}{Ac} \quad (3)$$

- Ac : área do círculo do perímetro igual ao da bacia considerada.

Este adimensional indica a forma da bacia, sendo que quanto mais próximo do formato circular é esta bacia, maior será tendência à inundação. Quando o I_c é igual a 0.51 o escoamento é moderado e há pequena probabilidade de cheias rápidas, quando o I_c é maior que 0.51 significa que a bacia é circular e favorece a inundação, por fim caso I_c for menor que 0.51 isto indicará que a bacia é alongada e favorece o escoamento.

3.6.5 Índice de sinuosidade (I_s)

$$Is = \frac{L}{Dv} \quad (4)$$

- L: comprimento do canal principal;
- Dv : distância vetorial entre a nascente e a foz do canal.

Também adimensional, o índice de sinuosidade para valores menores que 1 indicam que o canal é retilíneo enquanto para valores maiores que 2 indicam canais sinuosos.

3.6.6 Coeficiente de manutenção (C_m)

$$C_m = \frac{1}{Dd} \quad (5)$$

Este parâmetro morfométrico sustentado por Schumm (1956) e posteriormente por Christofolletti (1980) e indica a área mínima necessária para que um metro de canal de escoamento se desenvolva.

3.6.7 Razão de Relevo (R_r)

$$R_r = \frac{H_m}{L_c} \quad (6)$$

- H_m : amplitude altimétrica máxima;
- L_c : comprimento do canal principal.

Este parâmetro indica o desnível entre a cabeceira e a foz, ou o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas, da bacia hidrográfica.

3.7 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Conforme o crescimento urbano foi se desenvolvendo, foi necessária alguma forma de controle sobre o ambiente a fim de mitigar/controlar os efeitos danosos que uma população em crescimento pode infringir ao ambiente, principalmente em bacias hidrográficas, sendo estas mudanças o resultado de desmatamento, reflorestamento e urbanização (Campana *et al.*, 2001). Menezes (2016) indica que o uso e ocupação do solo alteram sensivelmente os procedimentos físicos, químicos e biológicos do meio natural onde se inserem.

Com a presença humana há uma grande possibilidade na alteração do ciclo hidrológico natural da região, e sendo as ações antrópicas responsáveis por grande parte da produção de substâncias particuladas, estas são eventualmente carregadas pela água e poluem águas subterrâneas segundo Hillel (1998).

Campana (2001) conclui que a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos de uma bacia são o reflexo do uso e ocupação de seu solo, particularmente no que se

refere ao escoamento superficial. Como forma de controle e gestão de uma bacia hidrográfica podemos empregar elementos computacionais como sistemas de informação georreferenciados (SIGs), analisando a evolução do uso e ocupação do solo em diversos períodos.

3.8 SIGS

Para Miranda (2010), os sistemas de informações geográficas que já existiam anteriormente aos sistemas computacionais, se caracterizam como sistemas de coleta, armazenamento, manipulação e saída de dados cartográficos. Os SIGs são o produto de séculos de produção de mapas conjuntamente à coleta de dados/registros geográficos que atualmente, com a colaboração da informática, são ferramentas de criação de banco de dados, possibilitando assim modelagens e simulações com diversas aplicações.

Segundo Oliveira (1998), com estes dados em posse há então a posterior construção de modelos matemáticos/computacionais, modelos estes que podem representar uma simplificação da realidade. Em síntese, os SIGs agem como espécies de catalisadores da análise de relações multidisciplinares dos fenômenos relacionados ao solo.

Para o contexto brasileiro, o SIG Spring (Camara *et al.*, 1996) gerido pelo INPE, é uma opção viável para a confecção de bancos de dados, tanto devido sua interface simples quanto pela eficiência operacional e integração com outros sistemas de informações geográficas. Com este SIG é possível realizar o sensoriamento remoto de áreas de interesse e montar bases de dados que serão utilizadas para a construção de modelos numérico-computacionais.

3.9 SENSORIAMENTO REMOTO

O avanço tecnológico humano produziu ferramentas para aprofundar seus conhecimentos de áreas em que seu acesso era difícil ou impossibilitado, estes instrumentos além de apresentarem confiabilidade de dados coletados aumentam a eficiência da obtenção destes. Sonares, sismógrafos e satélites são exemplos destes instrumentos que realizam medições remotas (Novo, 2008).

Elachi (1987) definiu o sensoriamento remoto como sendo a aquisição de informações sobre objetos sem que seja necessário entrar em contato físico com estes, levando em consideração o modo pelo qual a informação do objeto é adquirida e qualificada, por fim ainda conclui que estes objetos são provocadores de mudanças nos campos de força que os circulam, sendo estas mudanças sujeitas à detecção e mensuração.

Schowengerdt (1997) estreita ainda mais este conceito por definir o sensoriamento remoto como sendo a obtenção de medidas de propriedades de objetos da superfície terrestre, sendo estes dados coletados com o uso de aviões e satélites. Podemos ainda extrapolar este conceito quando aplicamos a coleta de dados para períodos temporais diferentes a fim de criar comparativos.

3.10 ANÁLISE MULTITEMPORAL

Para Fujaco (2010), as mudanças notadas a partir de coleta de imagens de períodos diferentes podem ser registradas e quantificadas por meio do sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, com estes fatores é possível realizar o mapeamento das transformações no uso e ocupação do solo de uma área. De certa forma, Fujaco nos indica que a chave para nortear a análise da gestão territorial-ambiental é análise multitemporal.

Devemos notar é claro que os processos hidrológicos de uma bacia podem apresentar comportamentos diferentes de acordo com as escalas espaço temporais bem como qual processo se é analisado (Wood, 1992; Mediondo e Tucci, 1997).

3.11 GESTÃO TERRITORIAL-AMBIENTAL

Mota e Aquino (2001), defendem adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial de planejamento e de gestão das águas, isto porque a cooperação entre o Estado e município, através de uma interface regional, se transforma no cerne de políticas nacionais das águas e do meio ambiente (Silva e Barros, 2003; Lanna, 2000).

Mota e Aquino (2001) ainda reiteram que é competência do Estado estabelecer diretrizes de gestão de recursos hídricos que orientem os planos diretores municipais, enfatizando preocupação com crescimento urbano, proteção de mananciais, irrigação,

saneamento entre outros fatores que influenciem na proteção e conservação dos recursos hídricos de suas respectivas bacias hidrográficas.

3.12 ESTUDOS CORRELATOS

Oliveira *et al.* (2022) analisando a microbacia do Ribeirão Pitangueiras do município de Barretos – SP, obteve que para o período de 2005 a 2020 houve aumento de 19,45% da área urbana, e sobre o ponto de vista da morfometria a área em questão apresentou baixa propensão a inundações dado sua forma arredondada e relevo suave-ondulado concluiu a autora. Já Lima *et al.* (2024) estudando a bacia hidrográfica da Ilha do Maranhão – MA notou forte adensamento da região urbana, 91% ao todo, conclui que dado o perfil alongado da bacia, alta taxa de impermeabilização e drástica alteração nos canais de primeira ordem ocorreram mudanças negativas quanto a dinâmica hidrológica do sistema, priorizando o escoamento superficial acima de qualquer outro.

Para a microbacia hidrográfica do Ribeirão Arenito, localizado no município de Rolim de Moura em Roraima, esta era caracterizada como de forma alongada e estava ocupada predominantemente por agropecuária, além de não estar sujeita a enchentes segundo Nascimento *et al.* (2024). Já para Borgo (2023) que analisou a microbacia do córrego Minguta no município de Catanduva em São Paulo, notou que esta tinha forma retilínea e que houve o aumento da área impermeável entre os períodos de 1985 a 2021 de 12% para 36%, concluindo ainda que naturalmente a microbacia possuía baixa suscetibilidade a inundações mas devido a intensa urbanização ao longo dos 36 anos esta característica foi alterada, pois já houveram algumas ocorrências destes eventos hidrológicos até a data de publicação.

Ainda neste contexto, analisando a morfometria e uso da cobertura da terra da bacia hidrográfica do córrego da Onça em Presidente Prudente – SP entre 2010 e 2020, Degrande (2020) conclui que a bacia apresenta naturalmente pouca probabilidade de sofrer cheias/enchentes/alagamentos, isto foi afirmado principalmente pelo fator de densidade de rios, densidade de drenagem e predominância de substrato rochoso de formação arenítica e permeável. Cenachi *et al.* (2023) inferiu que as bacias hidrográficas do córrego dos Nobres e córrego Silvestre na zona da mata mineira em Viçosa – MG possuíam respectivamente 39.9% e 17.2% de áreas de floresta, 60% e 79% de área ocupada por agropecuária, menos

de 1% e 3.6% de área urbanizada, concluindo que a bacia do córrego Silvestre além de demonstrar maior grau de degradação ambiental apresentava maior suscetibilidade a enchentes.

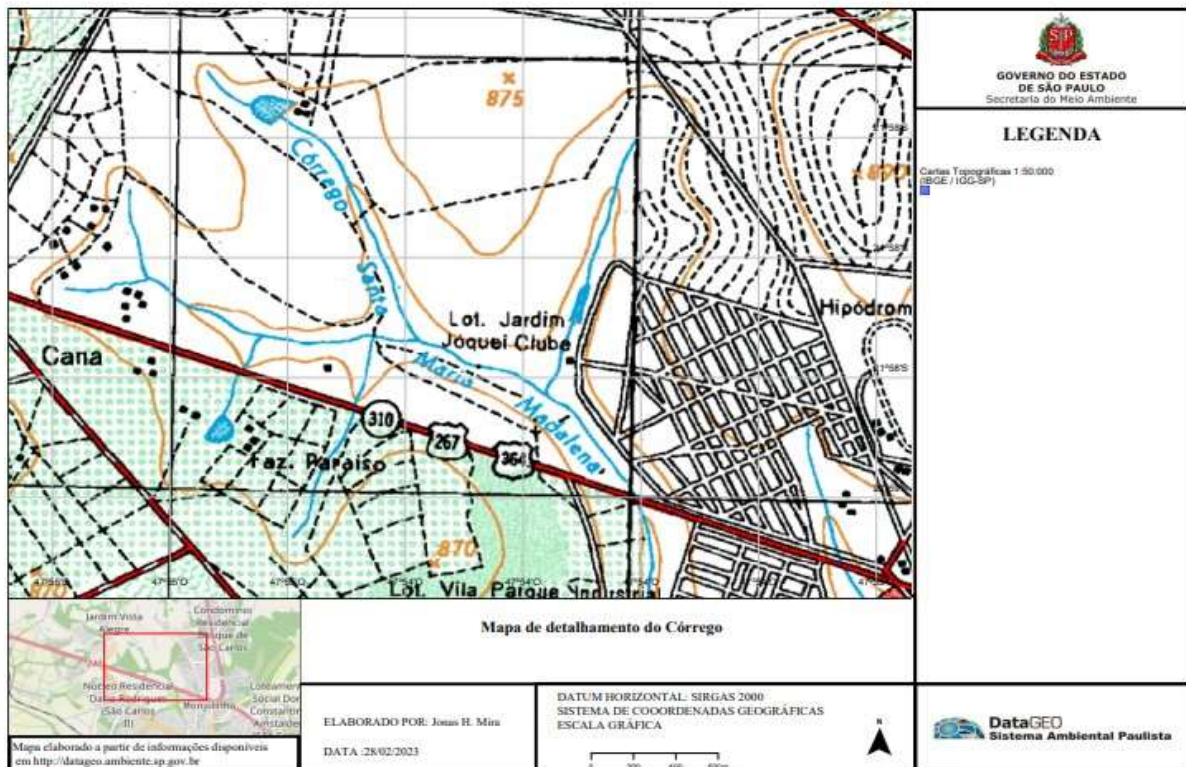
Por fim, Santos (2021) em seu artigo sobre a bacia hidrográfica de formato alongado do córrego Barreiro, localizada em Goiânia - GO, demonstrou que a área impermeável aumentou de 15% para 21% entre 2006 e 2019, além da redução da área verde de 30% para 17% neste mesmo período. Sua análise conclui que devido o índice de compacidade (1.58%) aliado ao fator de forma (0.29%) e índice de circularidade (0.39%) a bacia apresentava boas condições de drenagem apesar do aumento da área impermeabilizada e baixa susceptibilidade a enchentes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

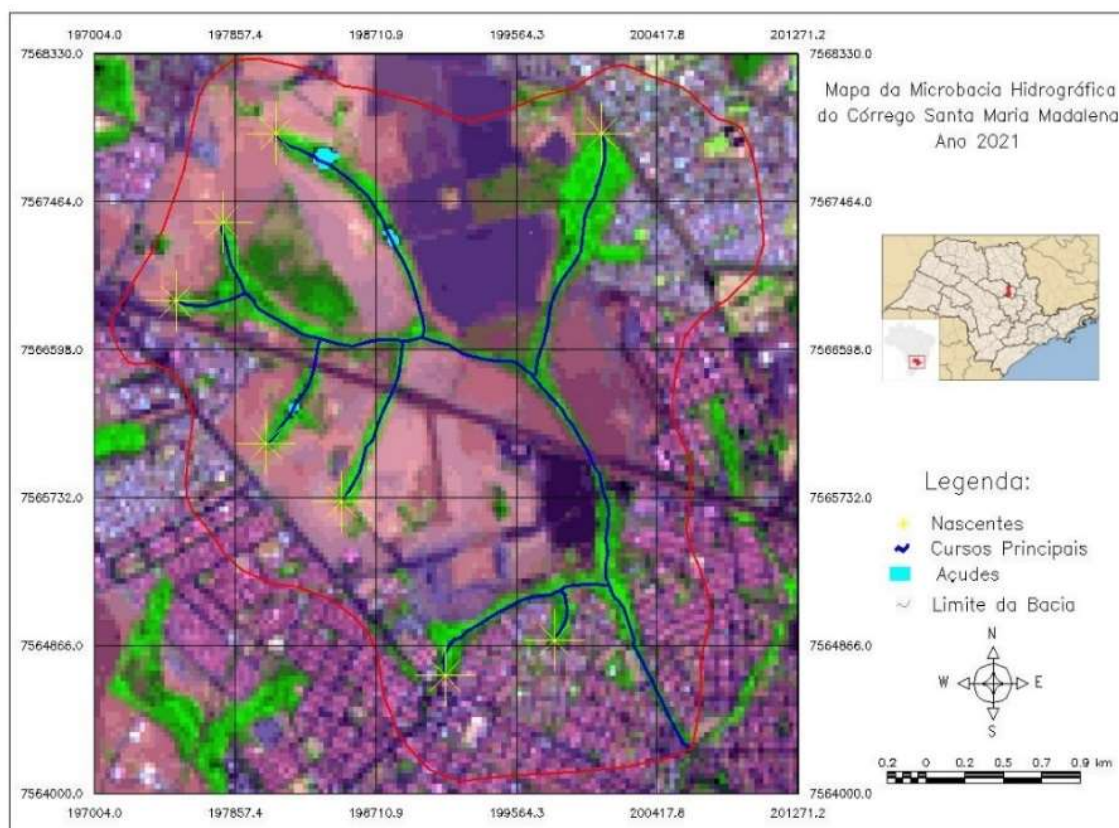
A sub-bacia do córrego do Gregório se localiza na cidade de São Carlos que fica no interior de São Paulo e possui pouco mais de 254 mil habitantes (IBGE, 2013). A área de estudo é compreendida pelo quadrante dado pelas seguintes coordenadas geográficas no sistema de projeção UTM utilizando o Datum ITRF (WGS84), zona 23, longitude 45°: S 196172.0 7563400.0 S 202513.0 7569583.0.

Figura 2 – Mapa com Bacia Hidrográfica em destaque



Fonte: DataGEO (2008).

Figura 3 – Mapa tratado no Spring com delimitação de bacia e canais



Fonte: Editado pelo próprio autor.

Além disso a meteorologia e climatologia (IBGE, 2013) indicam que São Carlos tem clima temperado de altitude apresentando verão chuvoso e inverno seco, com precipitação média de 1512 mm.

Para uma melhor compreensão dos aspectos físicos e ambientais da área de estudo foi realizado uma visita in loco no qual houve captura de imagens em dois pontos em que se era possível o acesso a partir de vias públicas.

Figura 4 – Pontos marcados no mapa do Google Earth Pro nos quais foram obtidas imagens in loco



Fonte: Google (2009)

Figura 5 – Fotografia do ponto 1 Lat. 21°57'53.87"S Long. 47°54'33.63"O



Fonte: Próprio Autor.

Figura 6 – Fotografia do ponto 2 Lat. 21°57'54.06"S Long. 47°55'23.38"O



Fonte: Próprio Autor.

4.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

O passo inicial deu-se a partir da criação de um banco de dados no software Spring 5.3 (Camara *et al.*, 1996) o qual foi alimentado primeiramente por coordenadas delimitadoras do polígono que comportava a microbacia analisada em questão, estas coordenadas foram extraídas diretamente do software Google Earth Pro.

A partir deste processo, o banco de dados foi alimentado com imagens dos anos de 1985, 1991, 2011 e 2021 na extensão TIFF obtidas no site do INPE (INPE, 2024), correspondendo a imagens dos satélites LANDSAT 5 (bandas 2, 3, e 4) e LANDSAT 8 (bandas 3,4 e 5). Também foram adicionadas fotos de satélite com resolução de 30 metros para posterior tratamento e extração de dados SRTM (USGS, 2017).

Após o tratamento dos dados SRTM foi feita uma operação que transformou a imagem em uma matriz de altitude, a qual possibilitou a criação de isolinhas e mapa de relevo completo da região de estudo, o que por fim possibilitou a delimitação da bacia hidrográfica via operações vetoriais dentro do próprio software.

Após todos estes processos e pós recorte das imagens de acordo com a área de interesse iniciou-se o procedimento de classificação das imagens pelo método de máxima verossimilhança (MaxVer). Este processo consistiu em criar classes temáticas que identificaram os pixels em áreas urbanas, corpos hídricos, vegetação

densa, vegetação rasteira e solo exposto, fazendo de certa forma o treinamento do software para identificar com maior precisão a qual classe cada pixel do recorte pertencia a fim de realizar posterior medição destas. Algumas correções manuais foram necessárias para efetuar um refino do processo computacional bem como aumentar o grau de precisão da análise.

Para os procedimentos de natureza vetorial estes consistiram em realizar a demarcação de pontos de nascentes, traçados de cursos d'água, delimitação da bacia de drenagem, demarcação de áreas de proteção permanentes, procedimentos estes que possibilitaram o cálculo desde área da bacia, densidades de drenagem e de rios, índices de circularidade e sinuosidade e o coeficiente de manutenção. Já para o tratamento de dados de altimetria e declividade estes foram extraídos a partir dos dados SRTM que permitiu a análise da razão de relevo do perfil do curso principal.

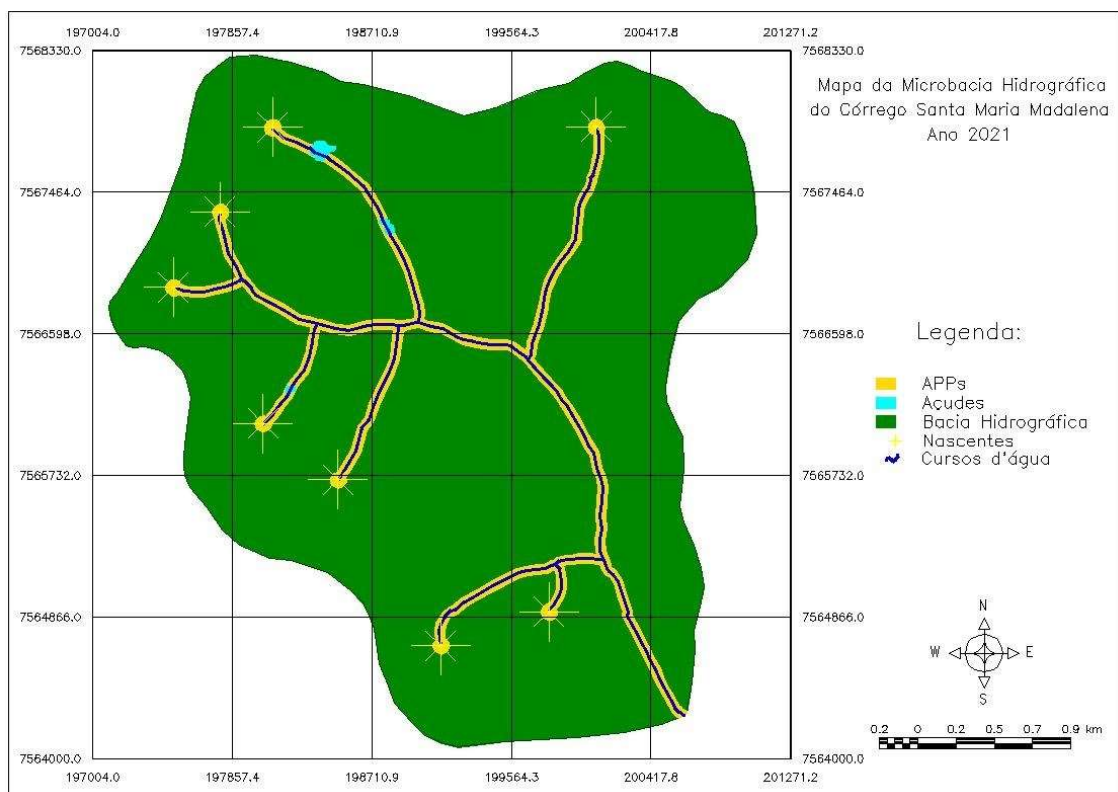
Por fim para a geração de mapas, foi utilizado o módulo SCARTA integrado ao Spring, que possibilitou demonstrar todos os dados de ordem visual obtidos a partir do tratamento das imagens de satélite.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Para detalhar corretamente uma bacia é fundamental realizar o levantamento correto de diversas características topográficas (Gregory e Walling, 1973). O mapa a seguir (Figura 7) construído partir de procedimentos vetoriais no Spring 5.3 esquematiza e quantifica as áreas as quais se tinha interesse para a análise dos parâmetros morfométricos, assim sendo, temos o seguinte mapa da região da microbacia de drenagem:

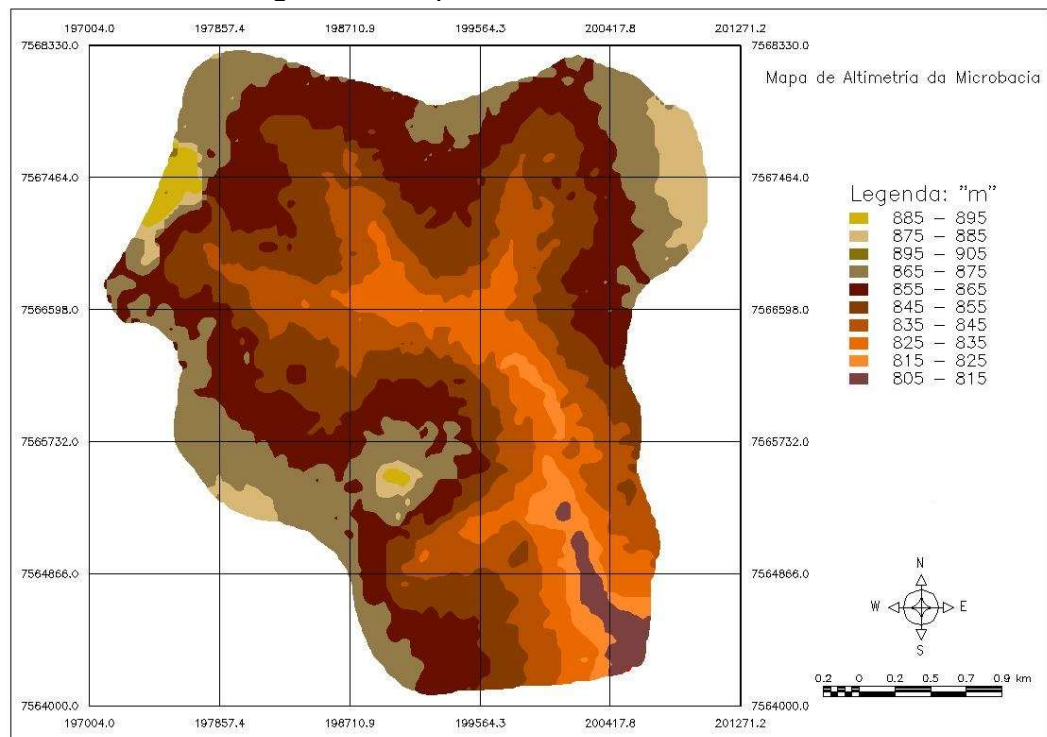
Figura 7 – Microbacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria Madalena



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

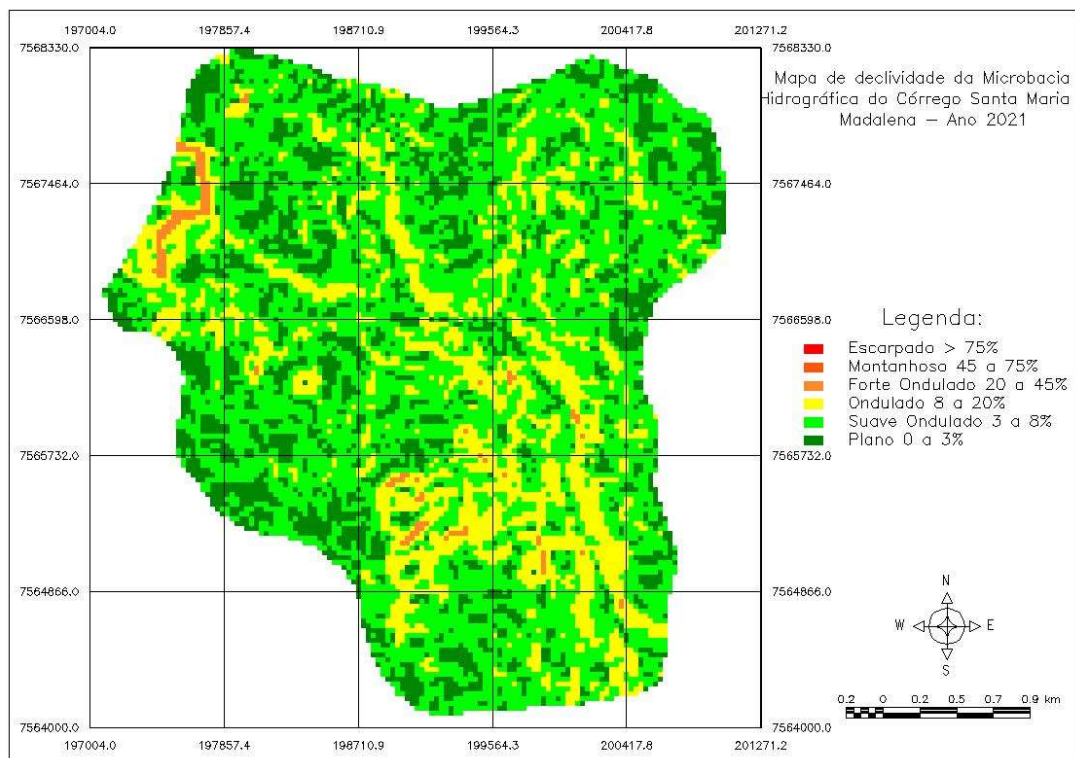
Coube também a análise da altimetria e declividade da região em questão, apresentando a seguinte configuração:

Figura 8 - Mapa de altimetria em metros



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 9 - Mapa de declividade da região da Microbacia



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A partir dos dados espaciais da bacia, na tabela 1 são apresentados os parâmetros morfométricos.

Tabela 1 - Parâmetros Morfométricos

Parâmetro Morfométrico	Valor encontrado	Classificação
Ordem da Canal principal	3	-
Amplitude altimétrica do canal	52	-
Área (A)	11.60 km ²	-
Perímetro (2P)	14.23 km	-
Densidade de Drenagem (D _d)	1.00 km / km ²	Baixo
Densidade de Rios (D _h)	0.17 Rios / km ²	Muito Baixo
Índice de Circularidade (I _c)	0.72	Intermediária
Índice de Sinuosidade (I _s)	1.09	Canal Reto
Coeficiente de Manutenção (C _m)	1.00 km ² / km	Muito Baixo
Razão de Relevo (R _r)	0.01 km / km	Baixo

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Figura 10 - Perfil altimétrico do canal principal (metros)



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Segundo Silva (2012) o valor encontrado para densidade de drenagem ($D_d=1.00$) é considerado como baixo, além disso para a autora o valor obtido para seu índice de circularidade ($I_c=0.72$) classifica a microbacia hidrográfica como intermediária. A análise para o índice de sinuosidade ($I_s=1.09$) encontrado demonstrou que os canais são retos, além disso os coeficientes de manutenção ($C_m=1.00$) e densidade de rios ($D_h=0.17$) são muito baixos (Christofleti, 1980). Já quanto ao parâmetro morfométrico “razão de Relevo ($R_r=0.01$)”, para Piedade (1980) o valor encontrado é considerado como baixo, corroborando com a Figura 10 que indica baixa força motriz. Tudo nos leva a crer que todos estes fatores atrelados ao mapa de

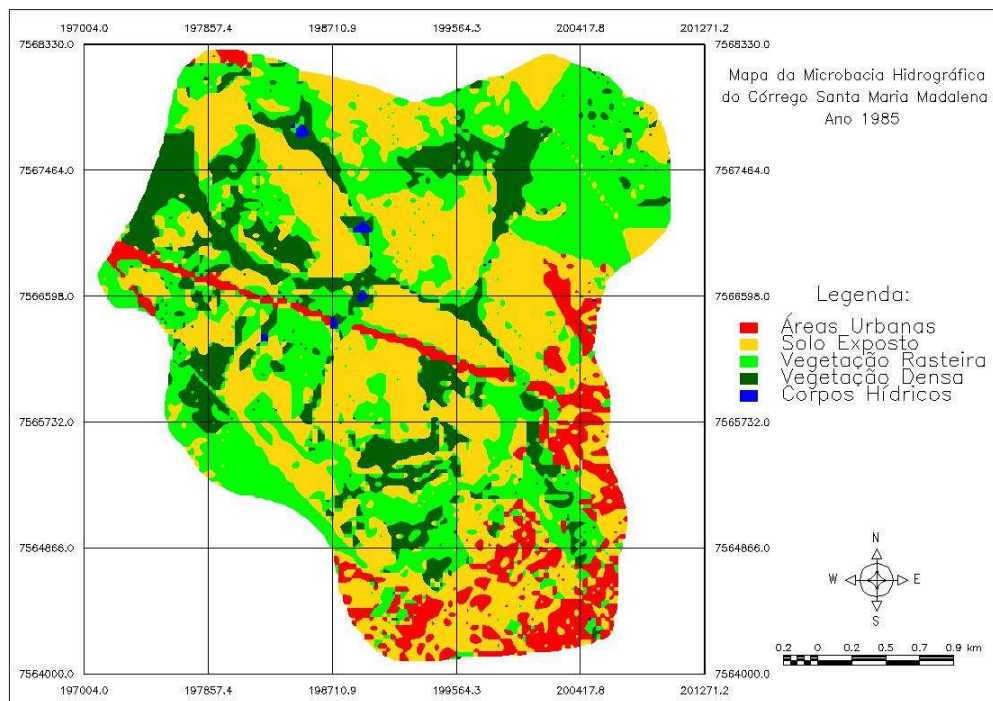
declividade da bacia, não considerando ainda os fatores de uso e ocupação da terra, demonstram até então que a área é susceptível a enchentes.

Em síntese, a área analisada naturalmente tem baixa capacidade de drenagem tanto devido ao baixo fator de densidade de rios quanto ao baixo fator de relevo, que diminui sua força motriz de escoamento, corroborando com os dados apresentados no mapa de declividade que explicitam a concentração majoritária de declividades menores que 8%. Ainda há probabilidade de que o tempo de concentração da microbacia seja alto devido a junção de todas as informações demonstradas na Tabela 1 por mais que seus canais sejam retilíneos, esta característica é influenciada principalmente por fatores de uso e ocupação da terra como citado anteriormente.

5.2 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

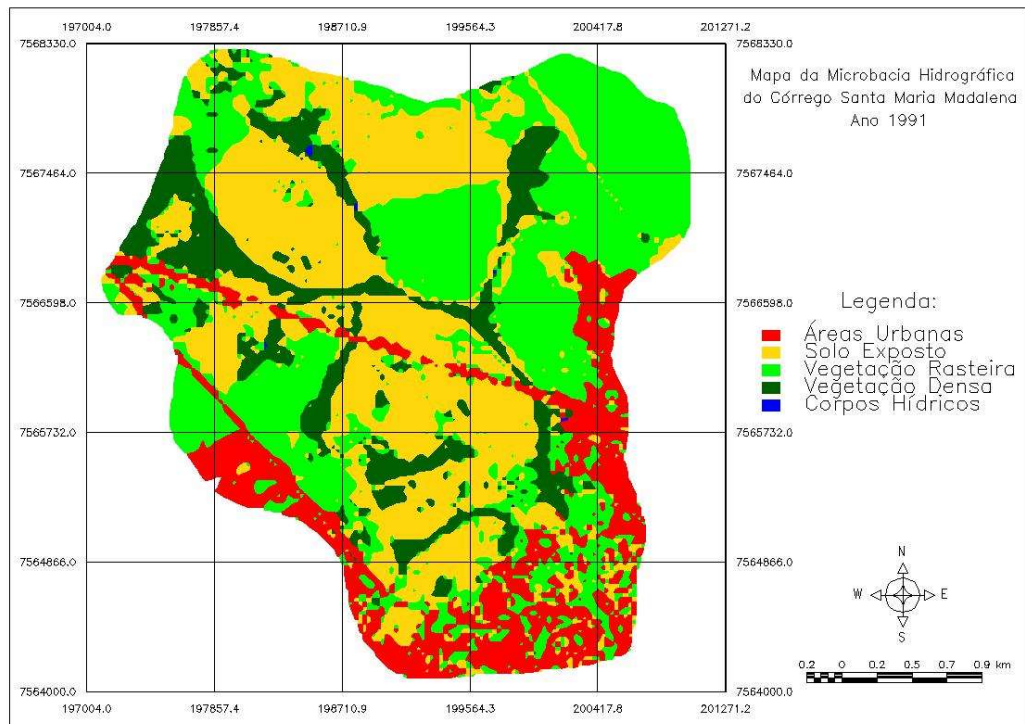
A qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis em uma bacia é correlacionada ao uso e ocupação de seu solo, sendo a ação antrópica o fator de maior impacto quanto as alterações de fenômenos hidrológicos (Tucci, 1998). Analisando a evolução do uso e ocupação da terra tem se as seguintes situações para os anos de 1985, 1991, 2011 e 2021.

Figura 11 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 1985



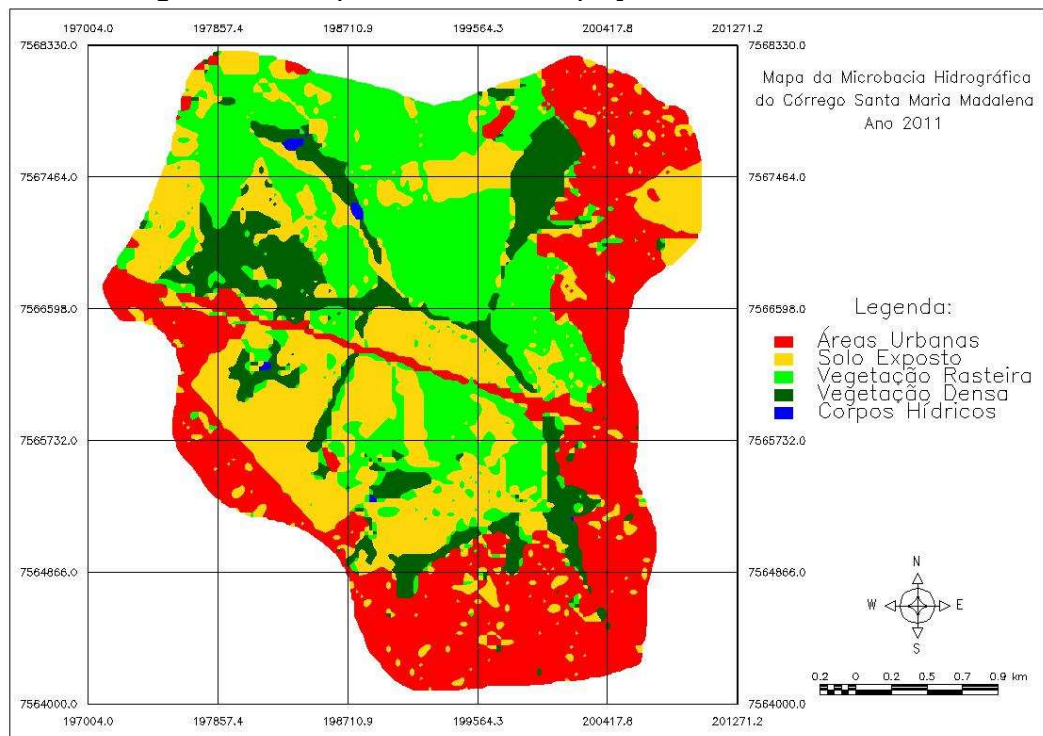
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 12 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 1991



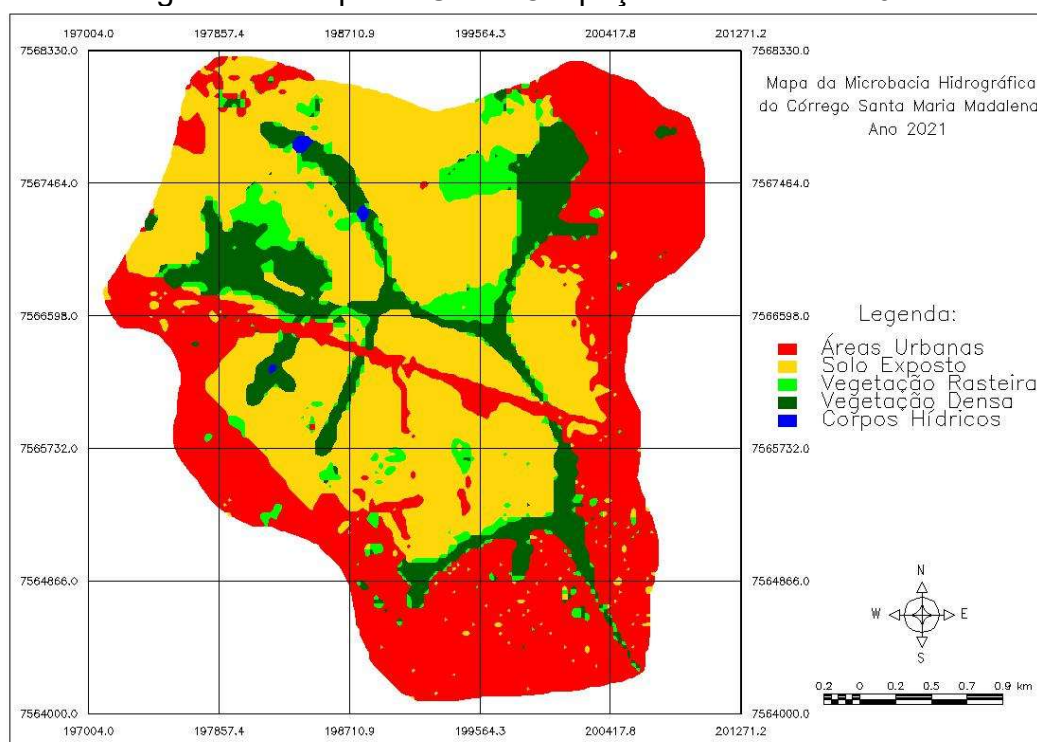
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 2011



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 14 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra em 2021



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Apresentados os dados visuais pode se agora apresentar os dados numéricos para as áreas, tanto em km² quanto em porcentagens, ao qual cada classe ocupava no layout da bacia de drenagem.

Tabela 2 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 1985

Classe	Área em km ²	Porcentagem
Corpos Hídricos	0,03	0,25%
Vegetação Densa	1,96	16,51%
Vegetação Rasteira	4,05	34,12%
Solo Exposto	4,60	38,75%
Áreas Urbanas	0,94	7,92%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 3 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 1991

Classe	Área em km ²	Porcentagem
Corpos Hídricos	0,01	0,09%
Vegetação Densa	1,65	14,12%
Vegetação Rasteira	4,30	36,80%
Solo Exposto	4,00	34,24%
Áreas Urbanas	1,72	14,72%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 4 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 2011

Classe	Área em km²	Porcentagem
Corpos Hídricos	0,03	0,23%
Vegetação Densa	1,48	12,76%
Vegetação Rasteira	3,23	27,82%
Solo Exposto	3,14	26,99%
Áreas Urbanas	3,74	32,19%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Tabela 5 – Ocupação e Uso da Terra no ano de 2021

Classe	Área em km²	Porcentagem
Corpos Hídricos	0,02	0,18%
Vegetação Densa	1,49	12,86%
Vegetação Rasteira	0,71	6,14%
Solo Exposto	4,75	41,06%
Áreas Urbanas	4,60	39,76%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O crescimento da área urbana partiu de 0,94 km² (7,92% da área total da sub bacia) em 1985 para 4,6 km² (39,76%) em 2021, mais que quadruplicando o valor inicial e aumentando significativamente a área impermeabilizada, causando a redução de infiltração em detrimento do escoamento superficial (Tucci, 2003). Também fica evidente a redução cumulativa das áreas verdes (vegetação densa e vegetação rasteira) com concomitante aumento gradativo de áreas de solo exposto, correspondendo a 41,06% da área total em 2021, intensificando os processos erosivos da região (Viel, 2017). Estes dados unidos aos parâmetros morfométricos nos indicam fortemente que essa sub bacia tem grandes propensões a eventos hidrológicos de alagamentos, inundações e enchentes, além de ser uma potencial área de processo erosivo intenso.

Cabe também a análise da evolução do uso e ocupação da terra apenas dentro das áreas de proteção permanente (APPs), principalmente para discorrer sobre fatores de gestão ambiental (Mota e Aquino, 2001). Para esta análise vale demonstrar a área de cada classe para o ano de 1985 e 2021 e posteriormente apresentar dados computacionais de tabulação cruzada entre estes períodos, evidenciando assim qual área foi expandida em detrimento da redução de outra.

Tabela 6 – Ocupação e Uso da Terra em APP no ano de 1985 e 2021

Classes	1985		2021	
	Área em km²	Porcentagem	Área em km²	Porcentagem
Corpos Hídricos	0,01	1,73%	0,01	2%
Vegetação Densa	0,28	38,77%	0,41	56%
Vegetação Rasteira	0,20	27,65%	0,16	21%
Solo Exposto	0,21	28,52%	0,07	10%
Áreas Urbanas	0,02	3,33%	0,08	11%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Quadro 1 – Tabulação cruzada entre 1985 nas linhas e 2021 nas Colunas.

Área em Km²	Corpos Hídricos	Vegetação Densa	Vegetação Rasteira	Solo Exposto	Áreas Urbanas
Corpos Hídricos	0.0027	0.0153	0.0045	0.0054	0.0063
Vegetação Densa	0.0090	0.7011	0.2151	0.6543	0.3942
Vegetação Rasteira	0.0045	0.4248	0.3456	1.4751	1.8153
Solo Exposto	0.0063	0.3096	0.2304	2.4822	1.5039
Áreas Urbanas	0.0000	0.0234	0.0189	0.1449	0.7812

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Lê-se o Quadro 1 como por exemplo: No ano de 2021 o equivalente a 1.8153 km² de área urbana eram originalmente uma área de vegetação rasteira, ou seja, houve avanço de área urbana em detrimento de vegetação rasteira em cerca de 1.82 km².

Analisando a evolução da tabela 6 fica nítido a consolidação da vegetação densa na área de proteção permanente embasada pelos dados do Quadro 1, não apenas houve a conservação de 0,28 km² de áreas verdes como também houve a expansão destas, condizendo com as imagens tratadas no software Spring, nas quais se observa o adensamento das áreas verdes tanto em torno dos cursos d'água quanto na área de proteção permanente e avanço/adensamento da área urbana e solo exposto fora das APPs.

6 CONCLUSÃO

A sub bacia estudada neste excerto pode ser considerada como uma área propensa a inundações e enchentes dado a união de seus parâmetros morfométricos indicarem baixa capacidade de drenagem com o uso e ocupação do solo de caráter impermeabilizante/urbano ter avançado significativamente ao longo período estudado, alcançando a marca de 39,76% a área total da bacia. Como consideração final, a conservação ambiental da área de proteção permanente se demonstrou positiva em sua evolução pois esta apresentou crescimento de vegetação densa nos entornos dos cursos hídricos de forma significativa.

Fica como alerta para os habitantes da cidade de São Carlos, que são acometidos por eventos hidrológicos recorrentes, a comecem optar por gestores que tenham a pauta de drenagem urbana como uma de suas preocupações principais, pois este problema se não resolvido agora só se agravará e terá incontáveis vítimas e perdas materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGO, B. A. **Análise conjunta da morfometria e do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Minguta, Catanduva-SP.** 2023. 33f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, v.4, n.8, p.143-165, 1997.

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J.G. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Computers & graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CAMPANA, N. A.; PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. Monitoramento do Uso do Solo. *In*: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Org.) **Hidrologia Aplicada À Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas.** 1.ed. São Paulo: Editora ABRH, 2001. p.507-530.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnostico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES.** 2010. 66 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

CENACHI, H. A; SILVA, D. N.; REGINALDO, E.; ROCHA, A. P.; DIAS, H. C. T. PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE DUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS NA ZONA DA MATA MINEIRA. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 8, n. 2, p. 1 - 20, 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COSTA, H. R. O. **O risco ambiental em uma cidade pequena: análise da morfodinâmica atual e sua relação com as áreas de risco à enchentes, inundações e alagamentos na cidade de Capinópolis/MG.** 2019. 161f. Monografia (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.662>

DATAGEO – SISTEMA AMBIENTAL PAULISTA. **Ambiente – SP**: DataGEO, 2008. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO>. Acesso em: 28 Fev. 2023.

DEGRANDE, E. J. S.; FIRMINO, G. V. ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DO USO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA ONÇA, PRESIDENTE PRUDENTE-SP: Morphometric analysis and land use of the hydrographic basin of córrego da Onça, Presidente Prudente-SP. **Revista Geonorte**, v. 11, n. 38, p.125-145, 2020.

ELACHI, C. **Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing**, New York: Willey, 1987.

FUJACO, M. A. G.; LEITE, M. G. P.; MESSIAS, M. C. T. B. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. **Revista Escola de Minas**, v. 63, p. 695-701, 2010.

GEISSLER, H. J. **Avaliação de cenários de inundações no planejamento do uso e ocupação do solo urbano**. 2012. 160f. Monografia (Doutorado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2009.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. **Drainage basin form and process: a geomorphological approach**. New York: John Wiley and Sons, 1973.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic Press, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados Rio de Janeiro**: IBGE, 2013. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-carlos.html>. Acesso em: 04 Dez. 2022.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: Ministério da Ciência, Tecnologia e inovações. Página inicial. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>>. Acesso em 27 de Jun. de 2024.

JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. **Espaço em revista**, v. 13, n. 2, p. 16-38, 2011.

LANNA, A. E. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental. *In*: MUÑOZ, H. R. (Org.). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei de águas de 1997**. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos. p.75-108, 2000.

LIMA, C. G.; FRANÇA D.; DUARTE Q.; SANTANA R. G. Análise do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Pimenta, Ilha do Maranhão—MA, Brasil. **Revista Contexto Geográfico**, v. 9, n. 18, p. 123–132, 2024.

MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. Escalas hidrológicas I: conceitos. **Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 59-79, 1997.

MENEZES, J. P. C.; BITTERCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA. R.; OLIVEIRA L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 519-534, 2016.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.37, n.2, p.16-22, 2014.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 19-42, 2010.

MOTA, S.; AQUINO, M. D; CAMPOS, N.; STUDART, T. Gestão ambiental. *In*: CAMPOS, N.; STUDART, T. (ed.) **Gestão de Águas: Princípios e Práticas**. 2.ed. Porto Alegre: Editora ABRH, 2001. p.127-149.

NASCIMENTO, J. M. S.; SOUZA I. S.; VENDRUSCOLO J.; SILVA R. S.; NETO A. F. C. Caracterização da paisagem da microbacia hidrográfica do Ribeirão Arenito, Rolim de Moura, RO. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 13, n. 1, p. 178-189, 2024.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

OLIVEIRA, A. C.; LIMA, C. G. R.; DE LOLLO, J. A. Uso e Ocupação do Solo e Caracterização Morfométrica da Microbacia d Ribeirão Pitangueiras no município de Barretos-SP. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, v. 1, n. 3, p.1-14, 2022.
OLIVEIRA, R. P. **Modelagem de objetos terrenos para sistemas de informação**. Brasília: Embrapa, 1998.

PIEIDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP**. 1980. 161 f. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1980.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira (Vol. 6)**. São Paulo: Edusp, 2013.

SANTOS, K. A.; FORMIGA, K. T. M.; BRAGA, V. S.; FARIA, K. M. S. Mudanças morfológicas na bacia hidrográfica do Córrego Barreiro ao longo do processo de urbanização, Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, 2021.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological society of America bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

SCHOWENGERDT, R. **A remote sensing Models and Methods for Image Processing**, London, Academic Press, 1997, 521p.

SILVA, J. A.; BARROS, M. V. F. Uso do solo no manejo de bacias hidrográficas: o caso da bacia do ribeirão Cafezal Londrina – PR. In: CARVALHO, M.S. (Org.).

Geografia, meio ambiente e desenvolvimento. Londrina: Midiograf Gráfica e Editora, 2003. p.89-10.

BORGO, B. A. **Análise conjunta da morfometria e do uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Minguta, Catanduva-SP.** 2023. 33f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão.** 2012. 251f. Monografia (Doutorado) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TUCCI, C. E. M. Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas. **Avaliação e controle da drenagem urbana.** v. 2, p.1-16, 2001.

TUCCI, C. E. M. Avaliação do Uso do Solo e Modificações Climáticas. In: **Modelos hidrológicos.** Ed. da Universidade/ABRH. Porto alegre, RS. 1998. 669p.

TUCCI, C. E.M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Editora ABRH, 2003.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia:** ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 943p.

USGS. Product guide: Landsat 8 surface reflectance code (lasrc) product. techreport, United States Geological Service. 2017. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 28 de Jun. 2024.

VIEL, J. A.; ROSA, K. K.; HOFF, R. Estudo da erosão superficial do solo por meio de SIG na região da denominação de origem Vale dos Vinhedos (Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, p.521-533, 2017.

WOOD, E. F. Heterogeneity and scaling land-atmospheric water and energy fluxes in climate systems. *In*: **Space and Time Scale Variability and Interdependencies in Hydrological Processes**. Paris: UNESCO, 1992. p.1-92.