

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**BRUNA ARÊDES BORGIO**

**Análise conjunta da Morfometria e do Uso e Ocupação do solo na Microbacia  
do Córrego Minguta, Catanduva-SP**

**ILHA SOLTEIRA**

**2023**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE CONJUNTA DA MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO  
NA MICROBACIA DO CÓRREGO MINGUTA, CATANDUVA-SP**

BRUNA ARÊDES BORGÓ

Orientador: Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –  
Unesp como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Civil.

ILHA SOLTEIRA – SP

SETEMBRO 2023

**Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira**

Cursos: Eng<sup>o</sup> Agrônômica, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia. Avenida Brasil  
Centro, 56 - CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil  
pabx (18) 3743 1000 fax (18) 3742 2735 scom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

B734a Borgo, Bruna Arêdes.  
Análise conjunta da morfometria e do uso e ocupação do solo na microbacia do córrego minguta, Catanduva-SP / Bruna Arêdes Borgo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023  
42 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -  
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: César Gustavo da Rocha Lima

Inclui bibliografia

1. Sistemas de informações geográficas. 2. Urbanização. 3. Enchentes. 4.  
Relevo. 5. Áreas impermeabilizadas.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: BRUNA ARÊDES BORGIO

Título: **ANÁLISE CONJUNTA DA MORFOMETRIA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO MINGUTA, CATANDUVA-SP**


Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

### COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)



Prof. Dr. José Augusto di Lollo

UNESP – Campus de Ilha Solteira



Olavo Tozete Tercini

Mestrando do PPGEC (FEIS/UNESP)

Ilha Solteira

29/09/2023

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família por me incentivarem em todos os momentos, principalmente os mais difíceis, por me apoiarem e não me deixarem desistir dos meus sonhos.

A República Breja na Boca e as minhas “Fadas” por me ajudarem em todos os obstáculos encontrados ao longo de curso e me fazerem ter uma segunda casa e família. E principalmente pelo companheirismo, boas risadas e momentos inesquecíveis.

Ao grupo de extensão Movimento Jobs, por ter sido fundamental no meu crescimento pessoal e profissional, me permitindo ter contato com grandes empresas, trabalhar em grupo e participar do desenvolvimento de diversos projetos.

Ao Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima, pela orientação no desenvolvimento deste trabalho.

A Geometrisa, por me apresentar o universo do geoprocessamento e me incentivar a desenvolver novos conhecimentos.

Aos professores do departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Ilha Solteira, por todos os ensinamentos e conselhos transmitidos ao longo do curso de graduação.

A Deus e Nossa Senhora Aparecida, por atenderem aos meus chamados e me darem forças para seguir com meus objetivos.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

Friedrich Nietzsche.

## RESUMO

O processo de urbanização nas bacias hidrográficas pode alterar o seu ciclo hidrológico, pois aumenta as áreas impermeabilizadas desta, reduzindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial, o que conseqüentemente pode provocar uma mudança em sua suscetibilidade a eventos hidrológicos extremos. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi analisar a suscetibilidade natural da Microbacia do Córrego Minguta, a enchentes e inundações, através do estudo de seus parâmetros morfométricos e do uso e ocupação de solo, para assim analisar se a gestão urbana adotada pelo município de Catanduva, está adequada. Para obtenção dos parâmetros morfométricos foi utilizado o *software* ArcGis 10.8 e um modelo digital de terreno (MDE) com resolução de 12 metros, já para a análise do uso e ocupação do solo utilizou-se o *software* SPRING 5.5.6 com o método de classificação supervisionada, gerando mapas de 10 em 10 anos partindo de 1985 a 2021, a partir de imagens dos satélites Landsat-5 e Landsat-8. Os resultados obtidos demonstraram que naturalmente a bacia estudada possui baixa suscetibilidade a inundações, porém com a intensa urbanização sofrida e o aumento de 300% nas áreas impermeabilizadas ao longo dos 36 anos analisados, esta característica foi alterada, havendo a bacia já sofrido com alguns eventos hidrológicos. Assim, verificou-se que o plano diretor do município precisa de algumas alterações para medidas mais assertivas na gestão urbana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas de Informações Geográficas, urbanização, enchentes, relevo, áreas impermeabilizadas.

## ABSTRACT

The process of urbanization in watersheds can alter their hydrological cycle as it increases the impermeable areas, reducing infiltration and increasing surface runoff. Consequently, this can lead to a change in their susceptibility to extreme hydrological events. Thus, the objective of this study was to analyze the natural susceptibility of the Minguta Stream Watershed to floods and inundations through the study of its morphometric parameters and land use and land cover, in order to assess the adequacy of the urban management adopted by the municipality of Catanduva. Morphometric parameters were obtained using ArcGIS 10.8 software and a digital elevation model (DEM) with a resolution of 12 meters. For the analysis of land use and land cover, SPRING 5.5.6 software was used with a supervised classification method, generating maps every 10 years from 1985 to 2021 using Landsat-5 and Landsat-8 satellite images. The results showed that naturally, the studied watershed has low susceptibility to inundations. However, due to intensive urbanization and a 250% increase in impermeable areas over the 36 years analyzed, this characteristic has been altered, with the watershed having already experienced some hydrological events. Therefore, it was observed that the municipality's master plan requires some modifications for more effective measures in urban management.

**KEYWORDS:** Geographic Information Systems, urbanization, floods, topography, impermeable areas.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	- Estrutura dos sistemas de informações geográficas.....	14
<b>Figura 2</b>	- Microbacia do Córrego Minguta.....	17
<b>Figura 3</b>	- Bandas espectrais do sensor TM.....	21
<b>Figura 4</b>	- Bandas espectrais do sensor OLI.....	21
<b>Figura 5</b>	- Mapa de altimetria do Córrego Minguta.....	24
<b>Figura 6</b>	- Perfil longitudinal do canal principal do Córrego Minguta.....	26
<b>Figura 7</b>	- Detalhe A – Açude localizado no Córrego Minguta.....	26
<b>Figura 8</b>	- Mapas de uso e ocupação do solo.....	29
<b>Figura 9</b>	- Gráficos de evolução das áreas impermeáveis.....	31
<b>Figura 10</b>	- Mapa de macrozonas do município de Catanduva.....	33
<b>Figura 11</b>	- Mapa de macrozonas sugeridas para o crescimento urbano.....	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2.1	BACIA HIDROGRÁFICA .....	11
2.2	ANÁLISE MORFOMÉTRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	11
2.3	USO E OCUPAÇÃO DE SOLO.....	13
2.4	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) .....	14
2.5	ESTUDOS CORRELATOS.....	15
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	17
3.2	PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	18
3.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	24
4.1	ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	24
4.2	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	28
4.3	CONSIDERAÇÕES PARA GESTÃO URBANA .....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	36
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado e descontrolado durante o processo de urbanização das cidades pode causar grandes alterações no ciclo hidrológico das bacias hidrográficas presentes em seu território, devido a diminuição de suas áreas permeáveis, o que prejudica sua capacidade de drenagem diminuindo fatores como sua evapotranspiração, seu tempo de concentração e seu escoamento subterrâneo. Ainda de acordo com Tucci (2003) pode ocorrer um aumento de suas vazões máximas em até 7 vezes pela impermeabilização das superfícies.

Além disso, a alteração do uso e cobertura da terra, age como principal fator para a ocorrência de enchentes e inundações, em grande parte das cidades brasileiras, todavia algumas bacias hidrográficas tem condições físicas e geomorfológicas que as tornam naturalmente sujeitas a ocorrência desses eventos extremos (BARROS *et al.*, 2016).

De acordo com Santos (2016), a análise dos parâmetros morfométricos de qualquer bacia hidrográfica, permite o entendimento da dinâmica ambiental local e regional, atribuindo valores que descrevem a intensidade dos processos naturais que atuam nesta. Ainda segundo Machado *et al.* (2005), analisar aspectos relacionados a rede de drenagem e o relevo de uma bacia podem levar a compreensão de diversas questões associadas a dinâmica entre elementos de natureza geológica e topográfica.

Deste modo, o estudo de características morfométricas aliadas ao uso e ocupação de solo em uma bacia hidrográfica, pode ajudar na avaliação dos possíveis efeitos causados pela modificação de suas características naturais, dando suporte para uma melhor gestão urbana (OLSZEVSKI *et al.*, 2011).

Segundo Tucci (2018), a forma como o poder público gerencia os espaços urbanos, não estimula a prevenção a problemas ligados a enchente e inundações, já que não coloca restrições quanto a ocupação de áreas com risco de inundação no Plano Diretor de Gestão Urbana das cidades, levando em consideração uma amostra não representativa da frequência de ocorrência desses eventos.

Neste contexto, o presente trabalho buscou analisar a Microbacia do Córrego Minguta, localizada em Catanduva-SP, pois esta enfrenta ao longo dos anos problemas associados a enchentes e inundações, tendo já passado por obras de

canalização em um trecho do seu canal principal. Binda *et al.* (2008) ressalta que a canalização de um canal procura aumentar a área de sua seção transversal, para assim aumentar a capacidade deste, porém isto não é suficiente para evitar a ocorrência de inundações.

Assim, estudou-se os parâmetros morfométricos da microbacia em conjunto com o uso e ocupação de solo da região, de modo a compreender se tais fenômenos são uma condição natural da bacia ou foram causados pelo processo de urbanização da cidade. Ademais, foi avaliado se a gestão urbana empregada pelo município está correta, visto que a área abrangida pela bacia está inserida no perímetro de expansão urbana.

Neste contexto, utilizou-se técnicas de geoprocessamento por meio de *softwares* de Sistema de Informações Geográficas (SIG), que são ferramentas primordiais na análise e mapeamento do uso e ocupação do solo, assim como na delimitação automática de bacias e extração de seus parâmetros físicos.

Portanto os objetivos deste trabalho são:

- Caracterizar a bacia a partir dos seus parâmetros morfométricos;
- Elaborar mapas que mostrem a evolução do uso e ocupação do solo ao longo dos anos;
- Conhecer a fragilidade e dinâmica ambiental da área de estudo para sugerir ações que possam contribuir para o planejamento urbano desta área.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Segundo Cardoso (2005), uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma unidade geomórfica de captação natural de água da precipitação, que faz o escoamento convergir para um único ponto de saída (exutório), sendo composta por uma rede de drenagem que formam os cursos d'água.

É uma unidade territorial utilizada para implementar diversas políticas que visam a proteção e conservação dos recursos hídricos no que tangem as leis Lei Estadual de São Paulo nº 7.633/91 (SÃO PAULO, 1991) e a Lei Federal nº 9.433/97 (BRASIL, 1997).

Por se tratar de uma unidade territorial natural, abrange processos e fatores de impacto ambiental decorrente de ações antrópicas, buscando sua melhoria e conservação, sendo objeto de pesquisas que procuram entender seu funcionamento e preservar seus recursos (ZANATA, 2014)

### 2.2 ANÁLISE MORFOMÉTRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os parâmetros morfométricos são índices físicos que foram desenvolvidos para avaliar uma bacia hidrográfica como um todo ou somente algumas características do sistema (LIMA, 2008).

De acordo com Christoletti (1999), a análise morfométrica é:

o conjunto de procedimentos para caracterizar os aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais, procurando estabelecer indicadores relacionados com a forma, arranjo estrutural e composição integrativa entre os elementos. Embora possam ser estabelecidos valores para as variáveis descritiva dos elementos, há predominância no uso de modelos conceituais e numéricos (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.51).

Deste modo, a morfometria se torna fundamental no diagnóstico de susceptibilidade à degradação ambiental, planejamento e manejo de microbacias (MOREIRA; RODRIGUES, 2010).

Existem inúmeros parâmetros morfométricos, dentre eles podem ser destacados os seguintes, conforme apresentados no **Quadro 1**:

Quadro 1 – Parâmetros morfométricos a serem analisados

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	FÓRMULA*
<b>Densidade de drenagem (Dd, km/km<sup>2</sup>)</b>	A densidade de drenagem é a relação do comprimento total dos rios com a área da bacia. Valores elevados desta, indicam áreas de pouca infiltração e melhor esculturação dos canais.	$Dd = Lt/A$
<b>Densidade dos Rios (Dh, rios/km<sup>2</sup>)</b>	Indica o potencial hídrico da região.	$Dh = N/A$
<b>Índice de circularidade (Ic)</b>	Indica a forma da bacia, quanto mais próxima de um círculo maior a tendência a inundação. Ic = 0,51 – escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas; Ic > 0,51 – bacia circular, tendência a inundação; Ic < 0,51 – bacia alongada favorecendo o escoamento.	$Ic = 12,53.(A/P^2)^c$
<b>Índice de sinuosidade (Is)</b>	Relação entre o comprimento do canal principal e sua distância vetorial. Valores < 1,0 – canal retilíneo; Valores > 2,0 – canais sinuosos.	$Is = L/Dv$
<b>Coefficiente de compacidade (Kc)</b>	O coeficiente de compacidade (Kc), relaciona a forma da bacia com um círculo e constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (Cardoso <i>et al.</i> , 2006). 1,00 < Kc < 1,25 – indica que a bacia possui alta propensão a enchentes; 1,25 < Kc < 1,50 – indica tendência mediana da bacia a enchentes; Kc > 1,50 – indica que a bacia não é sujeita a esse fenômeno (Lima <i>et al.</i> 2013).	$Kc = 0,28.(P/\sqrt{A})$
<b>Fator de forma (Kf)</b>	De acordo com Lima <i>et al.</i> (2013), em relação a esse parâmetro, no que tange à sua tendência a enchentes, tem-se: 0,75 < Kf < 1,0 – a bacia é sujeita; 0,50 < Kf < 0,75 - a mesma tem tendência mediana; e Kf > 0,5 - a bacia não é sujeita.	$Kf = A/L^2$

\* A = Área; Lt = Comprimento total dos Rios; N = Número total de Rios; P = Perímetro, L = Comprimento do Rio Principal; Dv = Distância vetorial do canal principal.

Fonte: Christofolleti, 1980; Horton, 1945; Miller, 1953. Adaptado pela autora (2023).

Tais índices são avaliados no intuito de diagnosticar mudanças na bacia hidrográfica, com ou sem interferência das atividades humanas (PISSARA *et al.*, 2010).

Destaca-se que uma das maiores causas das modificações nas características naturais das bacias é o processo de urbanização destas, por isso é de extrema importância aliar os estudos morfométricos ao uso e ocupação de solo.

### 2.3 USO E OCUPAÇÃO DE SOLO

De acordo com Santos (2004), o uso e ocupação de terras é essencial pra o planejamento ambiental, pois “retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais”.

Através do conhecimento das formas de uso e ocupação são identificados seus tipos e necessidades buscando gerir questões ambientais, sociais e econômicas. As classes de uso e ocupação de solo podem ser especializadas, caracterizadas e quantificadas, descrevendo não só a situação atual, mas também seu histórico.

O IBGE descreve que o uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto são essenciais aos estudos de uso e ocupação do solo:

Com a incorporação de técnicas de sensoriamento remoto para a interpretação analógica de fotografias aéreas e imagens na identificação de padrões de uso da terra, inicia-se uma nova fase, na qual o avanço da tecnologia espacial, com as técnicas de geoprocessamento, caracterizou o momento da disponibilidade de produtos de satélites imageadores da terra como marco de uma nova era dos estudos de Uso da Terra, pois ao mesmo tempo em que lhe dá apreensão espacial e temporal do uso da terra no seu conjunto para a gestão da apropriação do espaço geográfico global ou local (IBGE, 2013, p.27).

Ressalta-se que durante a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo é imprescindível a definição das chaves de identificação do tipo de uso para elaborar a classificação das fotografias áreas e/ou imagens de satélite (DINIZ, 1984).

No presente trabalho a geotecnologia e os sistemas de informações geográficas (SIG) foram ferramentas essenciais na análise e quantificação das formas de uso e ocupação do solo, buscando embasamento para a avaliação do planejamento urbano.

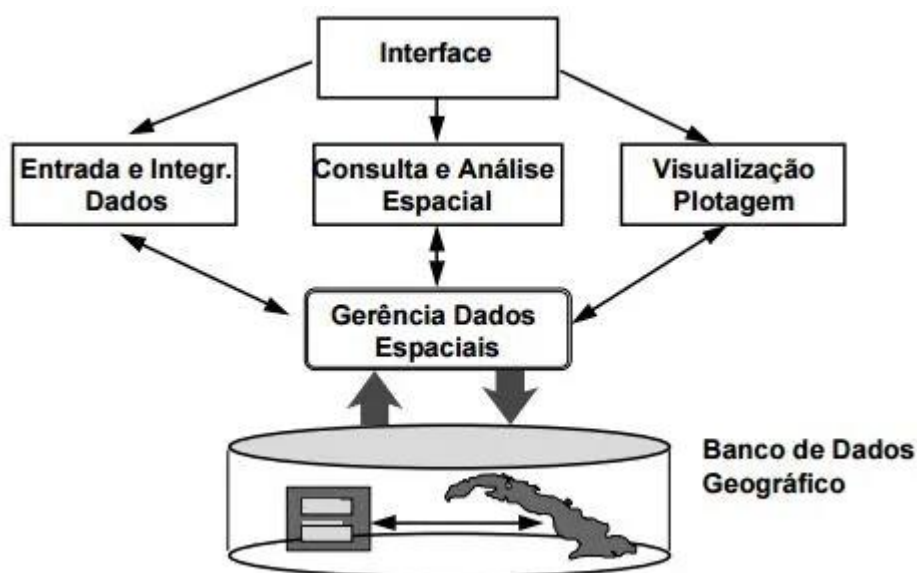
## 2.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

A necessidade da humanidade de se estudar o espaço e a paisagem, fez com que surgissem mecanismos capazes de representá-lo, nascendo assim a cartografia, que contribui para o levantamento de dados, elabora e expõe mapas (BATISTELA 2006). Porém, com os estudos se tornando cada vez mais complexos, foi inevitável a procura por mecanismos mais ágeis, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite a integração de informações adversas ligadas tanto a índices sociais como a índices naturais. Os SIG podem ser definidos como um conjunto de ferramentas que permitem a coleta, armazenamento, transformação e visualização de dados do mundo real (BURROUGH, 1986).

Um SIG é formado pela seguinte estrutura:

Figura 1 – Estrutura dos Sistemas de Informações Geográficas



Fonte: DPI/INPE, 1996.

Esta permite que um *software* SIG, gerencie um grande banco de dados de informações, realizando a sua interpretação e análise e podendo assim, representá-los e apresentá-los em formato de mapas temáticos.

Segundo Oliveira e Pinto (2005), os SIG são sistemas de geoprocessamento que combinam planos de informação (dados georreferenciados) e geram novos produtos cartográficos, fazendo essas operações por meio de lógicas de sobreposição de dados definidas por regras empíricas de cruzamento ou por formulação de modelos matemático-estatísticos.

## 2.5 ESTUDOS CORRELATOS

Realizar estudos para caracterizar uma bacia hidrográfica com base em seus parâmetros morfométricos, permite conhecer suas características naturais, facilitando a identificação de áreas de risco de ocupação, ambientes frágeis, impactos ambientais, interferência antrópica e da dinâmica da evolução natural da paisagem (BARBOSA e FURRIER, 2012). Além disso, a morfometria auxilia na gestão urbana, dando subsídio a tomada de decisões que envolvam o uso dos recursos físicos de uma bacia.

Concomitantemente, é importante conhecer os diferentes usos do solo em uma bacia hidrográfica, pois estes estão relacionados a resposta hidrológica da mesma, permitindo avaliar os impactos ambientais e nortear ações de planejamento.

Oliveira, Lima e Lollo (2022), analisaram as características morfométricas e de uso e ocupação do solo, na microbacia do Ribeirão Pitangueiras em Barretos-SP, observando o crescimento na área urbana com o lançamento de novos loteamentos aumentando a área impermeabilizada e o escoamento superficial.

Lobo, Lima e Lollo (2021), verificaram através dos estudos morfométricos da bacia dos Córregos Barbosa e Barbosinha, localizada em Lins-SP, que esta possui suscetibilidade média a alta natural a enchentes, o que poderá ser intensificado, visto que houve um aumento de 133% nas áreas impermeabilizadas da bacia ao longo dos anos 1990, 2006 e 2020.

Bega, Ribeiro e Lima (2019), estudaram a microbacia do Córrego da Onça (Três Lagoas – MS), destacando que somente a análise dos parâmetros morfométricos desta não foi suficiente para inferir a sua suscetibilidade a enchentes, porém aliada aos dados de uso e ocupação e análise dos perfis longitudinais e transversais, pode-se concluir que devido ao relevo plano e a intensa urbanização a bacia tem tendência favorável a enchentes.

No trabalho de Vale, Costa e Pimentel (2021), a bacia hidrográfica estudada foi do Rio Mocajuba (Zona costeira amazônica), onde constatou-se através de sua caracterização morfométrica e tipos de uso de solo que sua natureza não favorece a concentração de fluxo fluvial, ou seja, tem baixa tendência a enchentes.

Oliveira, Acorsi e Smaniotto (2018), analisaram a microbacia do Rio Guarani em Quedas do Iguaçu – PR, encontrando através de seus estudos de uso e ocupação e morfometria irregularidades no seu manejo, que devem ser corrigidas para preservar a qualidade da água, bem como evitar processo erosivos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

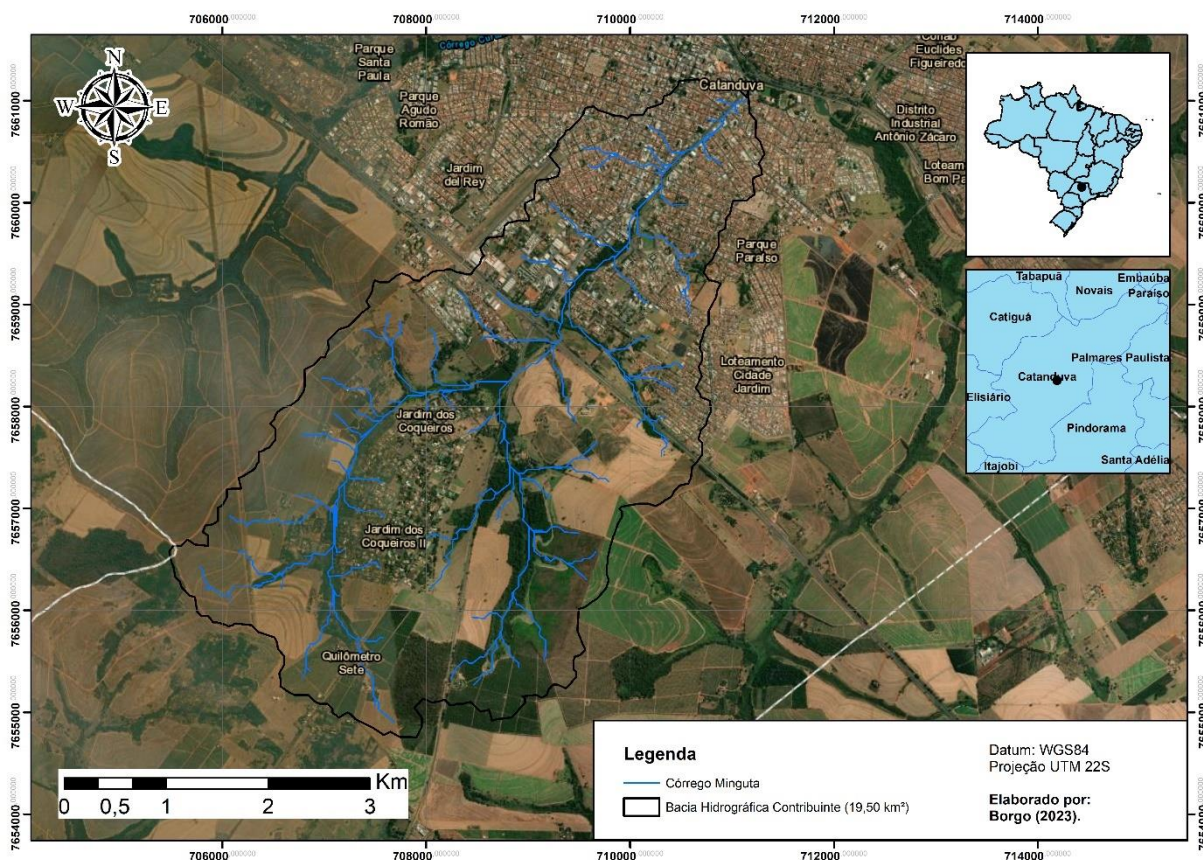
#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A microbacia do córrego Minguta localiza-se no município de Catanduva, que possui população estimada em 115.785 habitantes, com densidade demográfica de 398,44 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2022) e área urbanizada de 35,57 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

O clima predominante no município segundo a classificação climática de Köppen é Aw (ROLIN *et al.*, 2007), clima tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18 °C (DONALISIO *et al.*, 2008).

Esta possui extensão territorial de 19,5 km<sup>2</sup>, sendo composta por regiões de controle de ocupação urbana, aproveitamento urbano e qualificação urbana, de acordo com o plano diretor municipal (CATANDUVA, 2022).

Figura 2 – Microbacia do córrego Minguta

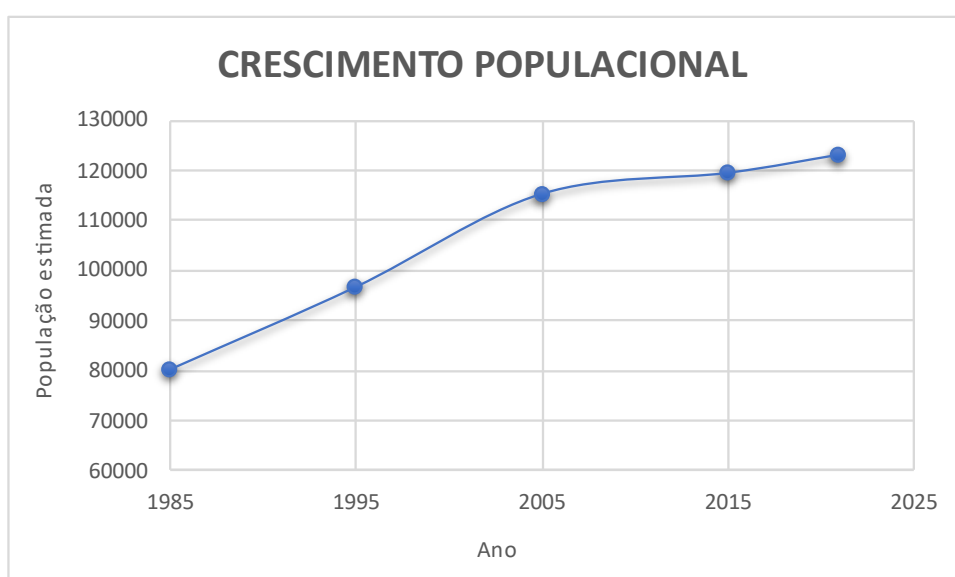


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ressalta-se que a população do município possui salário médio mensal de 2,5 salários mínimos, tendo 38,1% das pessoas ocupadas (IBGE, 2021). A sua taxa de escolarização de 6 a 14 anos é de 98,1%. Em relações ao esgotamento sanitário possui percentual de 99,1% dos domicílios com saneamento adequado e tem 15,1% de domicílios em vias públicas com urbanização adequada (IBGE, 2010).

Ademais, destaca-se que durante o período estudado (1985 a 2021) houve um crescimento populacional estimado de 153,5% conforme o gráfico a seguir:

**Gráfico 1 – Crescimento populacional estimado de 1985 a 2021**



Fonte: (IBGE, 2023), adaptado pela autora.

### 3.2 PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Para extrair os parâmetros morfométricos, foi necessário inicialmente executar o processo de delimitação automática da bacia através do uso de um Modelo Digital de Elevação da área de estudo. Este foi obtido por meio do produto altimétrico ALOS PALSAR projeto da *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), cujos dados são pré-processados pela *Alaska Satellite Facility* (ASF, 2023) disponibilizando imagens resolução espacial de 12,5 m, no formato Geotiff.

A delimitação foi feita utilizando o SIG ArcGis 10.8 (ESRI, 2020) por meio de 5 processos:

- Preenchimento de falhas (“fill”);

- Direção de fluxo (“flow Direction”);
- Fluxo acumulado (“flow accumulation”);
- Ordem dos rios;
- Delimitação da bacia (“watershed”).

### **I. Preenchimento de falhas**

O primeiro processo consiste na utilização da ferramenta “Fill” do ArcGis, que visa na preparação dos dados SRTM para preenchimento de vazios que podem existir em determinadas áreas do globo, devido a má interpretação do relevo pelo radar, podendo se tornar um obstáculo durante a execução do traçado da área. Após a utilização dessa ferramenta é gerado um novo arquivo “raster” sem tais imperfeições (ESRI, 2023).

### **II. Direção de Fluxo**

Utilizando o raster obtido anteriormente, executa-se a ferramenta “Flow Direction” a qual modela a direção do fluxo de cada pixel até seu vizinho de declive mais íngreme, gerando um novo raster com valores de elevação convertidos em códigos de direção de fluxo, que possibilitam visualizar a tendência de escoamento pela inclinação topográfica ao longo da rede de drenagem (ESRI, 2023).

### **III. Fluxo acumulado**

Neste processo através da ferramenta “Flow Accumulation” cria-se um novo raster a partir do anterior com informações do número de pixels que contribuem para que a água chegue a determinado pixel, ou seja, são determinadas as áreas de captação e confluência da rede de drenagem (ESRI, 2023).

### **IV. Ordem dos rios**

Com os raster gerados na primeira e terceira etapa, se estabelece a ordem dos rios por meio do método de Strahler através das ferramentas “stream order”, “con” e “stream to feature” com isso obtêm-se o traçado da rede de drenagem apenas com os rios da ordem estabelecida (ESRI, 2023).

No caso do presente trabalho, foi utilizado o critério “value>4” para que a rede fosse formada apenas por rios de ordem 5 e acima, assim foi possível encontrar a rede de drenagem correspondente ao Córrego Minguta.

## V. Delimitação da bacia

Por fim, durante esse processo foi determinado o ponto exutório da rede de drenagem do Córrego Minguta e utilizou-se a ferramenta “Watershed” que processa um fatiamento dos vetores das feições de drenagem e relevo, para delimitação de zonas similares, através dos rasters produzidos nos processos anteriores, sendo possível assim obter a bacia resultante localizada a montante deste ponto (ESRI, 2023).

Com a determinação da área que compreende a bacia hidrográfica do Córrego Minguta, foram retirados os dados de área de drenagem (A), perímetro da bacia (P), comprimento axial da bacia (L), comprimento total dos cursos hídricos (Lt), e densidade dos rios, para que fosse possível realizar os cálculos dos índices morfométricos conforme as metodologias anteriormente já descritas, (CHRISTOFOLETTI, 1980; HORTON, 1945; MILLER, 1953).

### 3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para avaliar o histórico do uso e ocupação de solo na bacia foi realizada uma análise temporal num intervalo de 10 em 10 anos, partindo de 1985 a 2021. As imagens de satélite usadas foram extraídas do catálogo de imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 2023), para 1985, 1995 e 2005 utilizou-se as bandas 2, 3 e 4 do satélite Landsat 5 sensor *Thematic Mapper* (TM), já para 2015 e 2021 foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 do Landsat 8, sensor *Operational Land Imager* (OLI).

A seguir apresenta-se as características correspondentes a cada banda dos satélites utilizados.

**Figura 3 – Bandas espectrais do sensor TM**

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) VERDE	0.50 - 0.60 $\mu\text{m}$				
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$				
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$	120 m			
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$				
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 $\mu\text{m}$	30 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 $\mu\text{m}$				

Fonte: ENGESAT, 2023.

**Figura 4 – Bandas espectrais do sensor OLI**

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) AZUL COSTEIRO	0.43 - 0.45 $\mu\text{m}$	30 m	16 dias	170 x 183 km	16 bits
	(B2) AZUL	0.45 - 0.51 $\mu\text{m}$				
	(B3) VERDE	0.53 - 0.59 $\mu\text{m}$				
	(B4) VERMELHO	0.64 - 0.67 $\mu\text{m}$				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.85 - 0.88 $\mu\text{m}$				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.57 - 1.65 $\mu\text{m}$	15 m			
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.11 - 2.29 $\mu\text{m}$				
	(B8) PANCROMÁTICA	0.50 - 0.68 $\mu\text{m}$	30 m			
	(B9) CIRRUS	1.36-1.38 $\mu\text{m}$				

Fonte: ENGESAT, 2023.

Durante a escolha das imagens buscou-se que estas compreendessem o mesmo período climático, de modo a obter comportamentos semelhantes na dinâmica do uso e ocupação de solos, assim foram utilizadas imagens de:

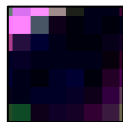
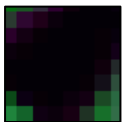
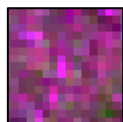
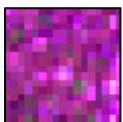


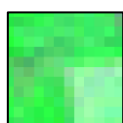
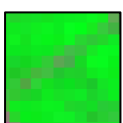
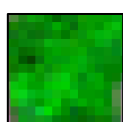
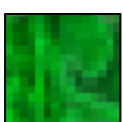
- Agosto de 1985;
- Julho de 1995;
- Setembro de 2005;
- Julho de 2015;
- Julho de 2021.

Para processamento das imagens foi utilizado o software SPRING 5.5.6 (CAMARA *et al.*, 1996), onde elas foram registradas e importadas. Assim, visando a melhor identificação de cada componente destas foi utilizada a composição de cores RGB com ajuste no gráfico de contraste.

Feito isso, iniciou-se o processo de classificação da imagem, sendo escolhido o método supervisionado por regiões Battacharya. O primeiro passo foi a segmentação da imagem, que consiste na divisão desta em regiões homogêneas que tem comportamento espectral semelhantes. Neste procedimento deve-se adotar 2 parâmetros: a similaridade, que quantifica as diferenças entre a homogeneidade de pixels, e o tamanho do pixel. Deste modo, para todas as imagens foi utilizado o valor 2 para similaridade e 30 para tamanho do pixel.

Com a imagem segmentada e as bandas carregadas, inicia-se o treinamento e coleta de amostras de acordo com as classes escolhidas, que estão especificadas a seguir:

**Quadro 2 – Classes de uso e ocupação**

CLASSE	DESCRIÇÃO	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO		COMPORTAMENTO
		Landsat 5 – 2(B) 3(R) 4(G)	Landsat 8 – 3(B) 4(R) 5(G)	
Corpos hídricos	Lagos, rios, açudes, córregos.			Cor azul escuro, puxando para o preto
Área urbana	Áreas impermeabilizadas, telhados, coberturas, rodovias, construções.			Tons de rosa e roxo com rugosidade
Solo exposto	Áreas sem cobertura, solo nu ou preparado, áreas com transição entre vegetação rasteira e solo exposto.			Tons de rosa e roxo lisos
Vegetação rasteira	Áreas de plantio, pastagem em formação, vegetação secundária.			Tons de verde claro, pendendo para o azul claro
Vegetação densa	Vegetação arbórea agrupada, presença de árvores em tamanhos variados, silvicultura.			Tons de verde escuro com rugosidade

Fonte: Elaborado pela autora, (2023).

Ressalta-se que durante esse processo deve-se estar atento ao comportamento comum dos pixels correspondentes a cada classe.

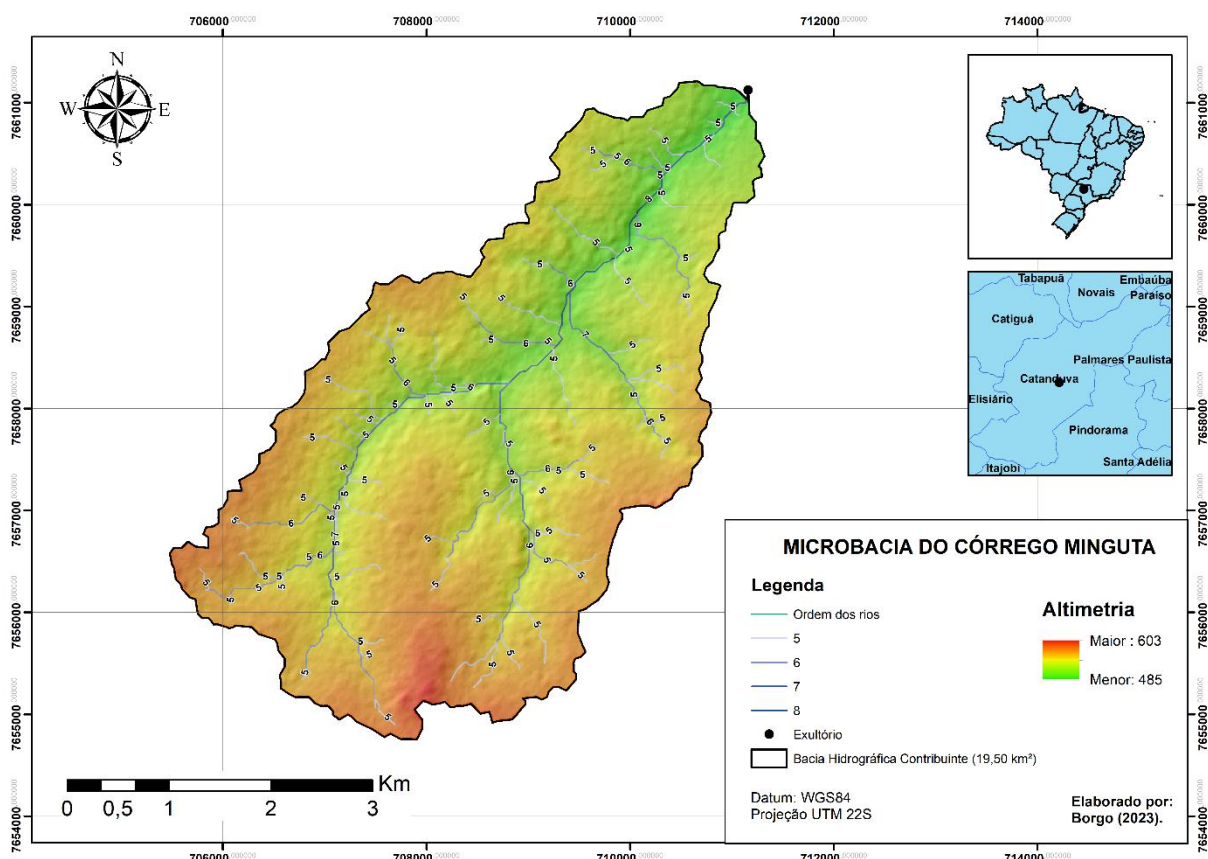
Após o treinamento, realizou-se a classificação automática de Bhattacharya, onde foi utilizado um limiar de aceitação de 99,9%. A partir da comparação entre a classificação obtida e as áreas reais mostradas na imagem de satélite, realiza-se a etapa pós-classificatória de modo a corrigir eventuais inconsistências que a desaproxime do real.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A seguir apresenta-se a delimitação da bacia do Córrego Minguta, bem como a altimetria da área estudada.

Figura 5 – Mapa de altimetria do Córrego Minguta



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

A partir desta foi possível extrair os índices físicos e morfométricos correspondentes, destacados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Parâmetros morfométricos obtidos**

<b>PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Área de drenagem (A)	19,5 km <sup>2</sup>
Perímetro da bacia (P)	22,94 km <sup>2</sup>
Hierarquia da Bacia	5, 6, 7 e 8*
Altitude máxima e mínima	603 m e 485 m
Amplitude altimétrica	118 m
Declividade média da bacia	0,072 m/m
Declividade do Rio Principal	0,012 m/m
–Comprimento total da rede de drenagem (Lt)	51,07 km
Comprimento do canal principal (L)	8,66 km
Distância vetorial do canal principal (Dv)	7,04 km
Densidade de drenagem (Dd)	2,62 km/km <sup>2</sup>
Densidade de Rios (Dh)	2,5 rios/km <sup>2</sup>
Índice de circularidade (Ic)	0,47
Índice de sinuosidade (Is)	1,23
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,45
Fator de forma (Kf)	0,26

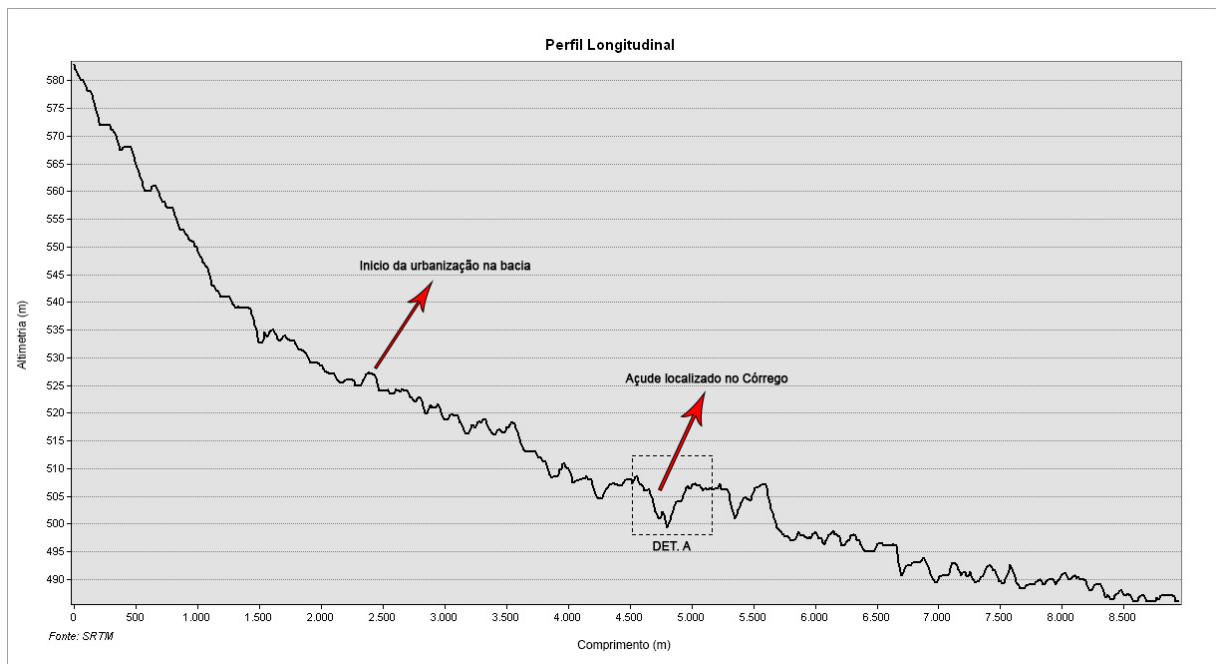
\* Os valores de ordem dos rios obtidos foram em função da delimitação automática do ArcGis.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Também foi estudado o perfil longitudinal do canal principal, pois segundo Guedes *et al.* (2006) o conhecimento deste é importante pois em percursos com inclinações muito fortes há maior instabilidade do comportamento hidráulico corrente, provocando erosões do talvegue, já em locais com baixa inclinação o comportamento hidráulico é estável, fazendo com que não aconteçam tais erosões.

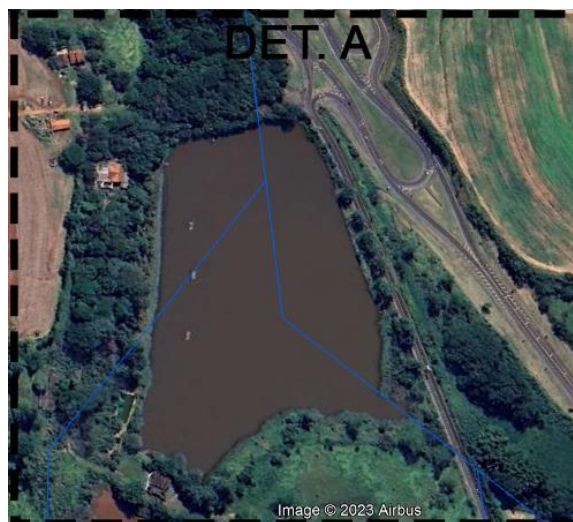
O Córrego Minguta se estende por um trecho de aproximadamente 8,5 km, até desaguar no Rio São Domingos, na altitude de 485 m acima do nível do mar, conforme Figura 6.

**Figura 6 – Perfil longitudinal do canal principal do Córrego Minguta**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 7 – Detalhe A – Açude localizado no Córrego Minguta**



Fonte: Google Earth (2023).

Nos primeiros 4,0 km partindo da nascente, o curso d'água apresenta uma inclinação bem acentuada com 19,2 m/km, nos próximos 4,5 km há uma diminuição na inclinação (4,4 m/km) até o encontro com o Rio São Domingos, com a presença constante de sobressaltos. Portanto, destaca-se que os primeiros 4,0 km do canal

precisam de uma maior atenção quanto a sua preservação, em consequência de apresentarem uma grande inclinação e maior tendência a erosões.

De acordo com Lima (2008) o estudo da densidade de drenagem é fundamental para entender a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação na bacia hidrográfica em relação ao tempo gasto para a saída do escoamento superficial desta.

França (1998) classifica a densidade de drenagem nas seguintes faixas:

- <1,5 - baixo escoamento superficial e maior infiltração;
- 1,5 a 2,5 - tendência mediana de escoamento superficial;
- 2,5 a 3,0 – alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas;
- >3,0 – alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão.

Assim, pode-se dizer que o resultado obtido (2,62 km/km<sup>2</sup>) releva que a microbacia estudada tem alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas, com maior velocidade de escoamento da água, ou seja, apresenta uma boa drenagem. Confirmando tal resultado, tem-se o valor de 1,23 para o índice de sinuosidade, o que demonstra que a bacia tende a um formato retilíneo com maiores velocidades de escoamento.

O índice de circularidade encontrado foi de 0,47 para a microbacia, indicando que esta possui um formato mais alongado, favorecendo o escoamento e tornando a bacia menos suscetível a inundações, conforme ressaltado por Barros *et al.* (2016) bacias com  $I_c$  mais próximo a 1,0 possuem maior vulnerabilidade a episódios de enchentes.

Para o coeficiente de compacidade o valor encontrado foi de 1,45 o que segundo Lima *et al.* (2013) sugere que a bacia possui tendência mediana a enchentes. Em contrapartida, para o fator de forma encontrou-se o resultado de 0,26, indicando que esta tem baixa suscetibilidade a ocorrência de enchentes, também de acordo com Lima *et al.* (2013), que classifica o fator de forma em diferentes intervalos, sendo valores de  $K_f$  entre 0,75 e 1,00 para bacias sujeitas a enchente,  $K_f$  entre 0,75 e 0,50 para bacias com tendência mediana a enchentes e  $K_f$  menores que 0,5 para bacias não sujeitas a enchentes.

Sintetizando os resultados encontrados para os parâmetros morfométricos, pode-se dizer que a microbacia do Córrego Minguta, possui baixa a média suscetibilidade a inundações e enchentes em sua condição natural.

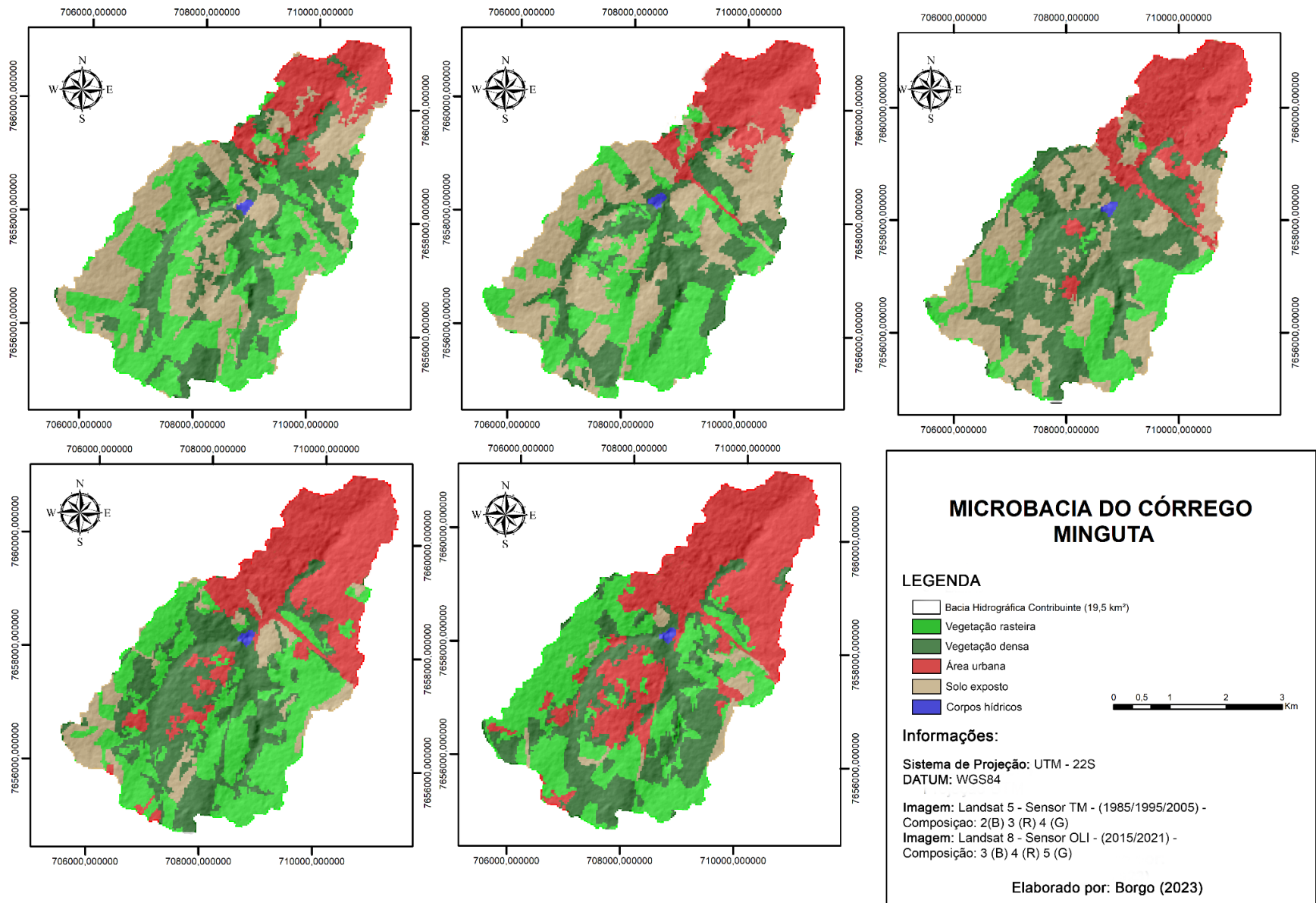
Os resultados obtidos são compatíveis aos encontrados por outros autores, como Vale et. al (2021), que encontrou valores de coeficiente de compacidade de 1,75, fator de forma de 0,14 e índice de circularidade de 0,31 para a bacia hidrográfica do rio Mocajuba, indicando que a mesma de modo geral, não tem tendência a ocorrência de enchentes.

#### 4.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Devido a região em que se encontra a bacia ter tido uma grande urbanização ao longo dos anos, buscou-se quantificar essa evolução para servir de suporte na identificação de possíveis alterações nas características naturais da bacia e conseqüentemente avaliar se o planejamento urbano adotado pela cidade está correto, no que diz respeito as condições de drenagem urbana.

Adotou-se uma classificação com cinco grupos diferentes baseado em suas características de permeabilidade, sendo: corpos hídricos, área urbana, solo exposto, vegetação rasteira e vegetação densa. A seguir apresenta-se o resultado da classificação para os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2021.

Figura 8 – Mapas de uso e ocupação do solo



As Tabelas 2 e 3 e a Figura 7 apresentam uma estimativa da variação do uso e ocupação do solo ao longo dos 36 anos estudados na microbacia do Córrego Minguta.

**Tabela 2 – Estimativa do uso e ocupação de solo na área estudada (1985, 1995, 2005, 2015 e 2021)**

CLASSE	ÁREA (km <sup>2</sup> )					ÁREA (%)				
	1985	1995	2005	2015	2021	1985	1995	2005	2015	2021
Corpos Hídricos	0,045	0,054	0,048	0,053	0,052	0,23	0,28	0,25	0,27	0,27
Área Urbana	2,43	2,91	3,63	6,02	7,40	12,46	14,92	18,62	30,87	37,95
Solo Exposto	5,56	6,86	5,93	1,77	0,75	28,51	35,18	30,41	9,08	3,85
Vegetação Rasteira	6,56	5,23	2,82	6,02	6,22	33,64	26,82	14,46	30,87	31,90
Vegetação Densa	4,89	4,45	7,07	5,62	5,09	25,08	22,82	36,26	28,82	26,10

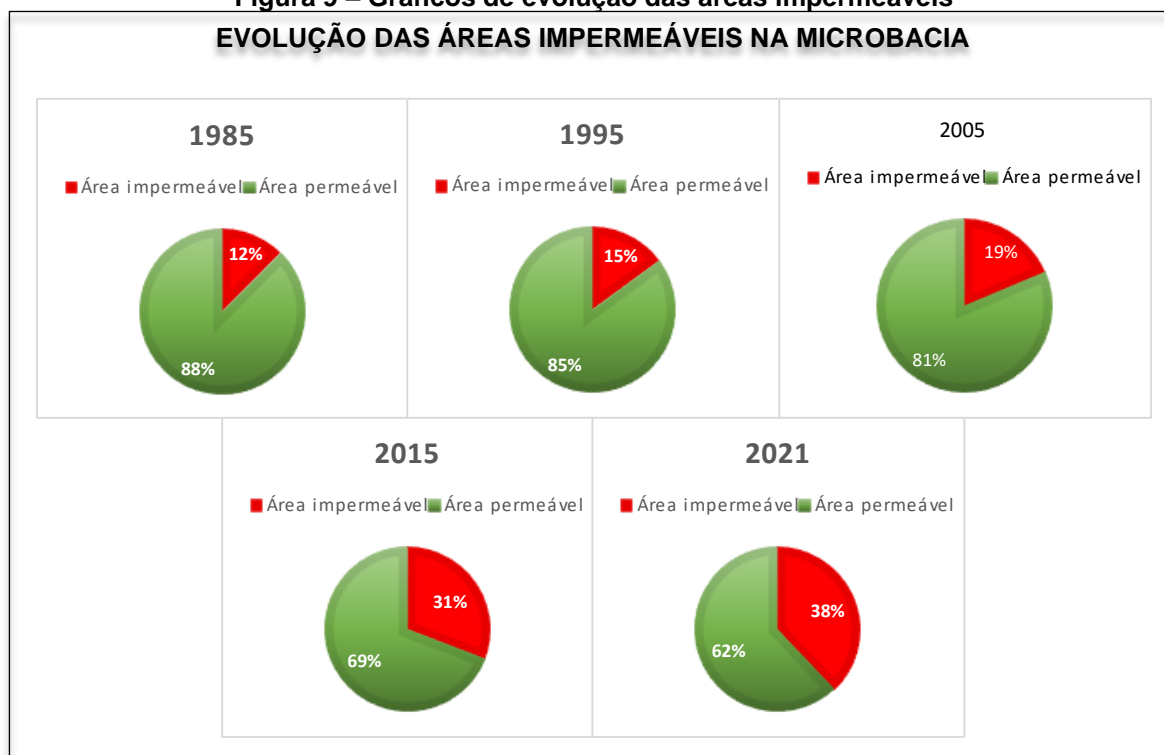
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Tabela 3 – Variação percentual do uso e ocupação de solo na área estudada (1985, 1995, 2005, 2015 e 2021)**

Variação Percentual (%)				
1985-1995	1995-2005	2005-2015	2015-2021	1985-2021
120,00	-88,89	110,42	-98,11	115,56
119,75	124,74	165,84	122,92	304,53
123,38	-86,44	-29,85	-42,37	-13,49
79,73	-53,92	213,48	103,32	-94,82
-91,00	158,88	-79,49	-90,57	104,09

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Figura 9 – Gráficos de evolução das áreas impermeáveis**  
**EVOLUÇÃO DAS ÁREAS IMPERMEÁVEIS NA MICROBACIA**



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Analisando os resultados apresentados, pode-se observar que a urbanização da bacia realmente aconteceu em grandes proporções com um aumento de 304% em sua área urbanizada na comparação entre 1985 e 2021. Ainda em relação a área total impermeabilizada o crescimento foi de 17%, com quase 30% da área da bacia ocupada, concentrada quase em sua totalidade na região jusante.

Além disso, nota-se que em relação as áreas de solo exposto e vegetação rasteira, houve oscilação durante o período com perdas e acréscimos, porém ao analisar a variação 1985-2021 ambas as áreas sofreram diminuição. Ressalta-se que em direção oposta ao notado nestas, a área de vegetação densa aumentou em 104,9% na comparação entre 1985-2021, tal comportamento pode ser explicado devido a mudanças no plano diretor do município em atendimento a Lei nº 12.727 (BRASIL, 2012), de 2012, que delimitou uma faixa de área com proteção permanente de acordo com o tamanho do curso d'água.

Destaca-se que conforme visto anteriormente no presente trabalho, o crescimento populacional ao longo dos anos estudados foi de aproximadamente

153,5%, o que justifica parte da grande urbanização constatada, porém também deve-se ressaltar que a região do baixo curso está localizada em uma região central da cidade, onde surgirão diversos loteamentos ao longo dos anos, bem como comércios e indústrias já que ao longo dos primeiros 1,6 km do seu canal principal há um trecho canalizado, que corta uma das principais avenidas da cidade.

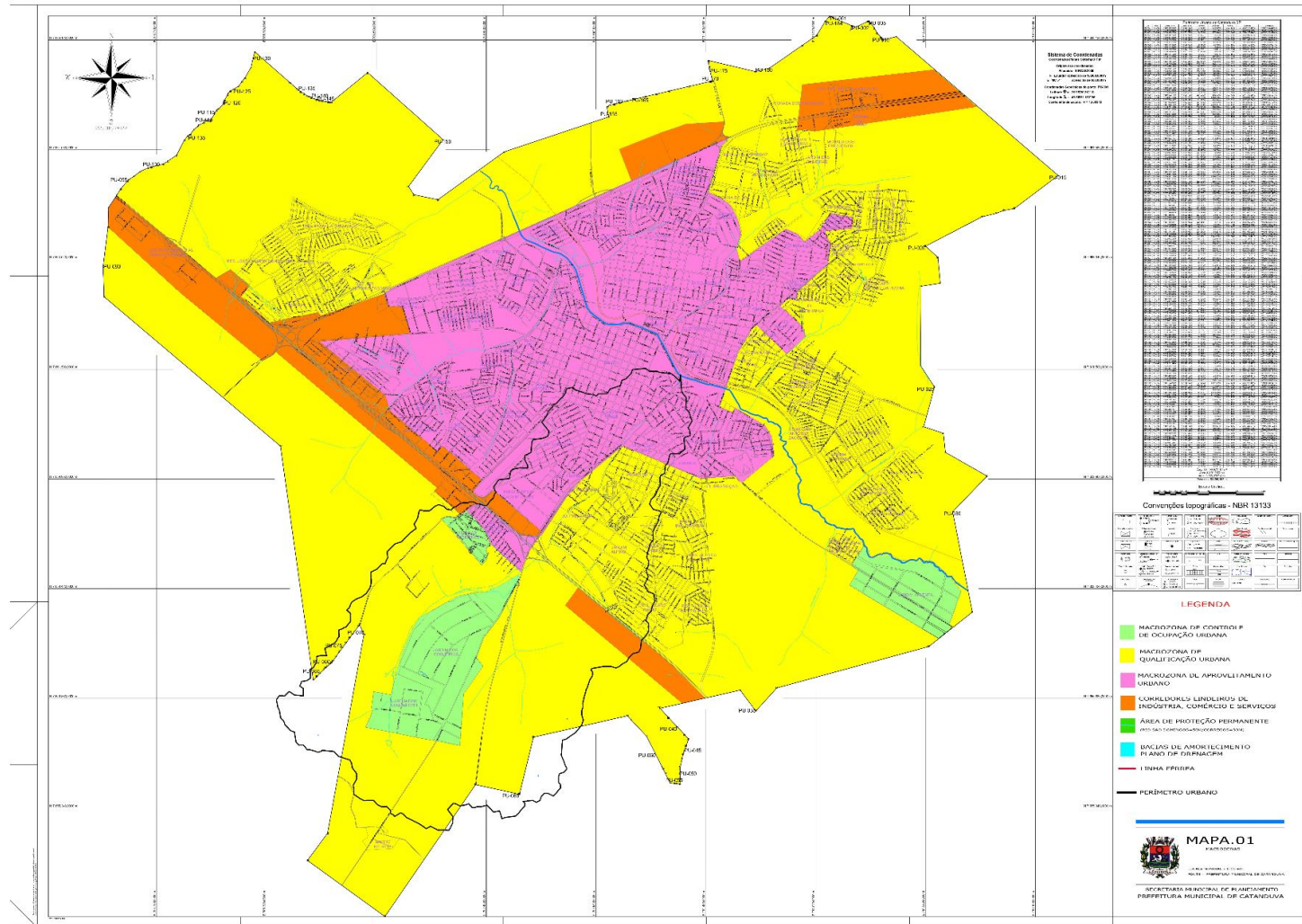
#### 4.3 CONSIDERAÇÕES PARA GESTÃO URBANA

Consultou-se o Plano Diretor do município de Catanduva, para analisar se o controle urbano adotado está adequado, para isso verificou-se qual o critério adotado para o zoneamento do município, que está dividido nas macrozonas de:

- **APROVEITAMENTO URBANO:** aproveitamento do potencial ocupacional da área incentivando sua ocupação para fins urbanos;
- **QUALIFICAÇÃO URBANA:** implantação e qualificação da infraestrutura urbana, incentivo a ocupação para integração dos bairros periféricos a cidade;
- **CONTROLE DE OCUPAÇÃO URBANA:** Controle da produção de novos parcelamentos do solo e da expansão periférica da cidade.

Na **Figura 8** apresenta-se o mapa de macrozonas da cidade com a delimitação da bacia destacada:

Figura 10 – Mapa de macrozonas do município de Catanduva



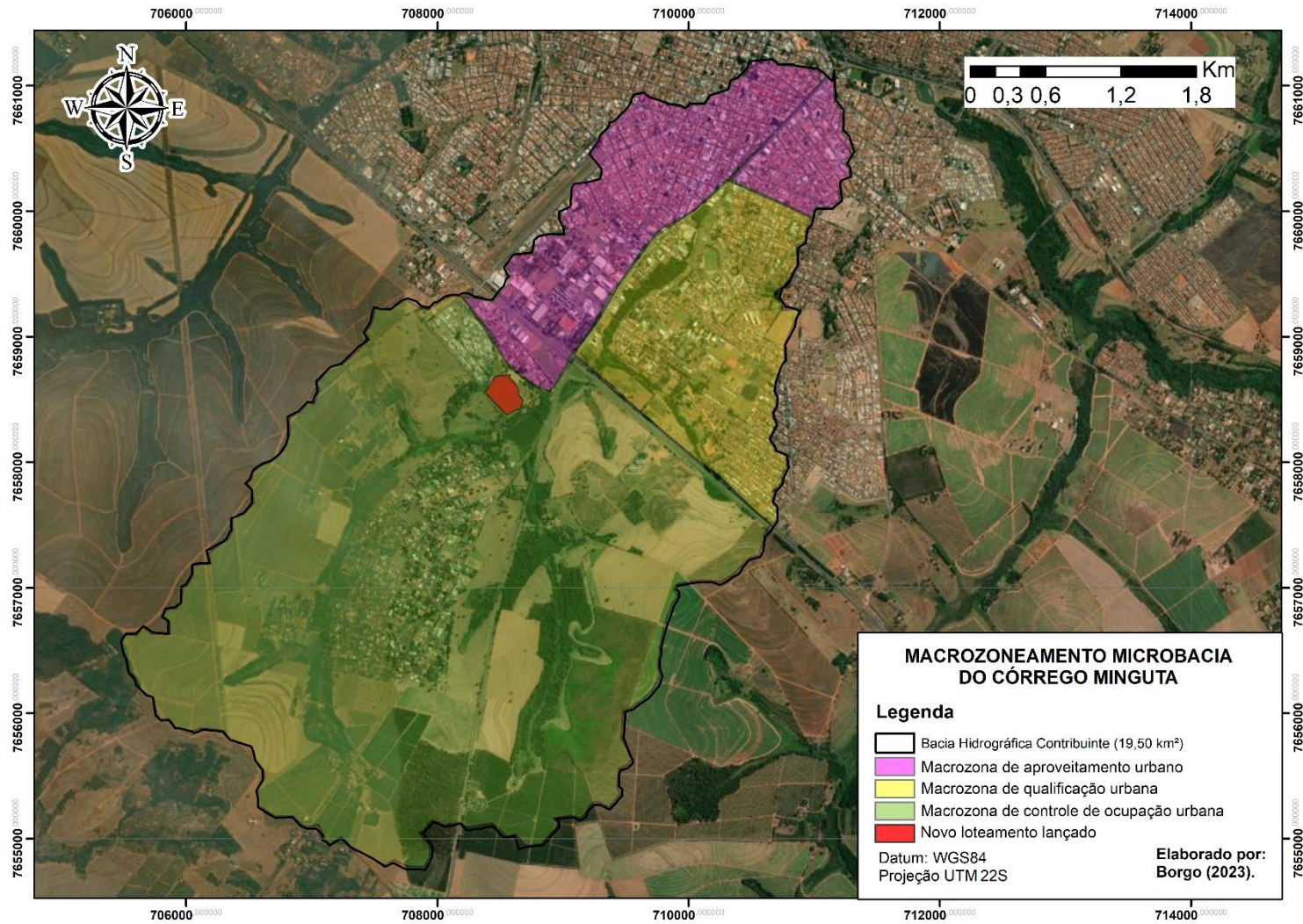
Fonte: Adaptado do Plano Diretor Municipal, (2023).

Assim, de acordo com o mapa apresentado, pode-se observar que a maior parte da bacia está classificada como área de qualificação urbana, onde são permitidos novos loteamentos desde que sejam entregues com infraestrutura completa. Ressalta-se que apenas a região do alto curso do canal está classificada como macrozona de controle da ocupação urbana.

Do ponto de vista dos resultados encontrados no presente trabalho, sugere-se que toda a região do alto curso do Córrego seja colocada na macrozona de controle da ocupação urbana, visto que já há um novo loteamento sendo lançado na região, o que incentivará o surgimento de novos empreendimentos que poderão intensificar ainda mais o aumento das regiões impermeabilizadas da bacia, fazendo com que esta se torne ainda mais vulnerável a fenômenos hidrográficos, podendo assim alterar tanto a drenagem urbana quanto o ciclo hidrológico da bacia.

Desta forma, apresenta-se na **Figura 9** uma sugestão do zoneamento a ser empregado nesta para amenizar os efeitos da urbanização na bacia, assim como o destaque da área em que está sendo lançado um novo condomínio.

Figura 11 – Mapa de macrozonas sugeridas para o crescimento urbano



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

## 5 CONCLUSÃO

A análise morfométrica indicou que naturalmente a bacia não tem tendência a ocorrência de enchentes e inundações, tendo um formato mais alongado e estreito que favorece o escoamento superficial da precipitação em direção ao curso de água principal.

O uso e ocupação de solo na região confirmou que a bacia hidrográfica do Córrego Minguta, passou por uma grande urbanização ao longo dos anos, com aumento de 300% em sua área impermeabilizada de 1985 para 2021, principalmente no seu trecho a jusante no encontro com o Rio São Domingos. Tal fato, traz um alerta do ponto de vista do planejamento urbano, já que como visto anteriormente no presente trabalho, a urbanização é capaz de alterar o ciclo hidrológico de uma bacia, alterando assim sua capacidade de drenagem.

Outro fator observado foi que os 4 primeiros quilômetros do Córrego (sentido nascente – foz) tem uma declividade acentuada, tornando essencial uma maior atenção em sua preservação.

Tais resultados demonstram que mesmo que a bacia naturalmente não seja suscetível a inundações, é de extrema importância realizar o controle da progressão de áreas urbanas ao longo desta, visto que com a intensa urbanização já sofrida, as áreas impermeabilizadas já ocupam quase 30% da área total desta, alterando assim suas características naturais.

Pode-se comprovar os efeitos da urbanização na bacia com relatos de inundações já ocorridas ao longo dos anos, que resultou na canalização de trechos do córrego nos anos de 2004 e 2006 durante ações que integraram o Programa de Combate a Inundações no Estado de São Paulo.

Portanto, a partir dos resultados encontrados conclui-se que o Plano Diretor do município está adequado no que diz respeito ao controle da ocupação a montante da bacia, visto que nesta região o canal apresenta grande inclinação em seu perfil longitudinal. Porém para as demais áreas, deve ser feita uma análise mais assertiva, visto que, a expansão da ocupação urbana pode intensificar os problemas de drenagem já enfrentados anteriormente, devido a alteração das áreas

impermeabilizadas ao longo dos anos que causou modificações no ciclo hidrológico da bacia hidrográfica estudada.

Sugere-se que as áreas desocupadas na margem direita do canal, sejam anexadas a macrozona de controle de ocupação.

## 6 REFERÊNCIAS

- Alaska Satellite Facility (ASF) data search.** Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS>>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- BATISTELA, M; MORAN, E. **Geoinformação e Monitoramento Ambiental na América Latina.** São Paulo: Editora Senac, 2006.
- BARBOSA, T. S.; FURRIER, M. Avaliação morfológica e morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Marés – PB, para verificação de influência neotectônica. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 112-120, 2012.
- BARROS, D. V. *et al.* Morfometria, uso e cobertura do solo como indicadores de enchentes e inundações na Bacia do Rio do Prata, Ilha do Maranhão. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 5, p. 217-226, 2016.
- BEGA, J. M. M., RIBEIRO, N. U. F., & LIMA, C. G. DA R. Suscetibilidade a enchentes: estudo de caso na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça em Três Lagoas - MS. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 2019.
- BINDA, A; BRAGAS, L; BELLO, I; FERNANDEZ, O.V.Q. A Geometria do Canal Fluvial em Trechos Rurais e Urbanos no Córrego Lonqueador, Francisco Beltrão, Sudoeste do Paraná. **VII Simpósio Brasileiro de Geomorfologia/II Encontro Latino Americano de Geomorfologia.** Belo Horizonte – MG, 2008.
- BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment.** Oxford, Clarendon Press, 1986.
- BERTRAM, Ernst. **Nietzsche: Attempt at a Mythology.** Illinois: University of Illinois Press, 2010.
- BRASIL. Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.
- BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997.
- CAMARA G. *et al.* SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p.241-248, 2005.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** Rio Claro: Edgard. Blucher Ltda., 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- DINIZ, José A. F. **Geografia da Agricultura.** São Paulo: DIFEL, 1984.
- DONALISIO, M. R. *et al.* Aspectos climáticos em áreas de transmissão de hantavirose no Estado de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.24, p. 1141-1150, 2008.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGIS for Desktop – ArcMap**, version 10.8. 2020. Disponível em: <<https://www.esri.com/ptbr/arcgis/products/index>>.

Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação. **Gov.br**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=17283>>. Acesso em: 05 de setembro de 2023.

FRANÇA, J. M. B. *et al.* Morfometria e uso e ocupação da bacia hidrográfica do Carão, Estado do Ceará, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 8138-8145.

GABINETE DO PREFEITO SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E INFORMÁTICA. **Plano Diretor**. Disponível em: <<http://www.catanduva.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/PLANO-DIRETOR.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

GUEDES, I.C.; SANTONI, G.C.; ETCHBEHERE, M.L.C.; STEVAUX, J.C.; MORALES, N.; SAAD, A.R. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. **Revista UnG – Geociências**, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (org.). **Catálogo de Imagens**. Disponível: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>. Acesso em: 19 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013.

Instituto Brasileiro Geografia Estatística (org.) – IBGE. Censo. **IBGE Cidades**. População. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/catanduva/panorama>>. Acesso em: 28 julho 2023.

**LANDSAT 4 E 5 TM**. Disponível em: <<https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat/>>. Acesso em: 2 out. 2023.

**LANDSAT 8**. Disponível em: <<https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>>. Acesso em: 2 out. 2023.

LIMA NETO, R. T. *et al.* Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato – CE. **Rev. Esc. Minas**, v. 61, n. 3, p. 365-369, 2008.

LIMA, G. C. *et al.* Estimativa do potencial de recarga na Sub-bacia das Posses, Extrema (MG), em função dos atributos fisiográficos, pedológicos e topográficos. **Geociências**, v. 32, n. 1, p. 51-62, 2013.

LOBO, I. V., LIMA, C. G. DA R., & LOLLO, J. A. D. Estudo morfométrico e de uso e cobertura da terra para auxílio ao planejamento urbano na microbacia do Córrego Barbosa e Barbosinha, Lins - SP. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 2021.

MACHADO, G.; SOUZA, J.O.P. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Chôco – Ibaiti – PR. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, Universidade de São Paulo**, p. 8366-8382, 2005.

MILLER, Victor C. Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. **Technicalreport** (Columbia University. Department of Geology); no. 3, 1953.

OLIVEIRA, A.M.M; PINTO, S.A.F. Aplicação de geotecnologias e modelo preditivo como subsídio ao planejamento de uso e ocupação do solo em uma microbacia hidrográfica. In: LOMBARDO, M.A; MENDES. A. A. **Paisagens geográficas e desenvolvimento territorial**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em geografia e AGETEO, 2005.

OLIVEIRA, A. C. DE, LIMA, C. G. DA R., & LOLLO, J. A. de. Uso e Ocupação do Solo e Caracterização Morfométrica da Microbacia d Ribeirão Pitangueiras no município de Barretos - SP. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, 2022.

OLIVEIRA, D. H. R. DE, ACORSI, M. G., & SMANIOTTO, D. A. Uso e ocupação do solo e caracterização morfométrica de microbacia na região centro-sul paranaense. **Águas Subterrâneas**, 2018.

OLSZEWSKI, N.; FILHO, E.I.F.; COSTA, L.M; SCHAEFER, G.R.; SOUZA, E.; COSTA, O.D.V. Morfologia e Aspectos Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Preto, Divisa dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p. 485- 492, 2011.

PISSARA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J.A. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 34, n. 4, p. 669-674, 2010.

ROLIN, G. S. *et al.* Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.

SÃO PAULO (Estado). Lei Nº 7.633, de 30 de dezembro de 1991. **Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo, SP: Diário Oficial, 1991.

Spring. **Inpe.br**. Disponível em: <[https://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_geo.html](https://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html)>. Acesso em: 08 de agosto de 2023.

TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, pág. 36-37, 2003.

TUCCI, C. **Inundações Urbanas**. Disponível em: <[https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentosdiversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF](https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentosdiversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF)>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

VALE, J. R. B., COSTA, L. S. DA, & PIMENTEL, M. A. DA S. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, zona costeira Amazônica. **Geosul**, 2021.

ZANATA, J. M. **Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do ribeirão bonito, municípios de Avaré e Itatinga- SP**. Presidente Prudente. 122f. (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014.