

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E DELIMITAÇÃO DE ÁREAS COM
TENDÊNCIA À INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM
JARDIM, UBERLÂNDIA-MG: SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL
E URBANO**

FERNANDA OLIVEIRA BORGES

UBERLÂNDIA

2019

FERNANDA OLIVEIRA BORGES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E DELIMITAÇÃO DE ÁREAS COM
TENDÊNCIA À INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM
JARDIM, UBERLÂNDIA-MG: SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL
E URBANO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para obtenção do título de mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira

UBERLÂNDIA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

B732c
2019 Borges, Fernanda Oliveira, 1993-
 Caracterização morfométrica e delimitação de áreas com tendência à
 inundação da bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim, Uberlândia-
 MG [recurso eletrônico] : subsídio para o planejamento ambiental e
 urbano / Fernanda Oliveira Borges. - 2019.

Orientador: Vanderlei de Oliveira Ferreira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.678>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Geografia. 2. Bom Jardim, Ribeirão (Uberlândia, MG) -
Inundação. 3. Planejamento urbano - Uberlândia (MG). 4. Bacias
hidrográficas - Impactos ambientais. I. Ferreira, Vanderlei de Oliveira,
1967- (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de
Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

Gerlaine Araújo Silva - CRB-6/1408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

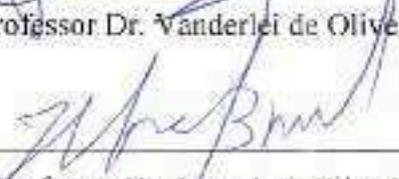
IG

FERNANDA OLIVEIRA BORGES

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E DELIMITAÇÃO DE
ÁREAS COM TENDÊNCIA À INUNDAÇÃO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM JARDIM, UBERLÂNDIA-
MG: SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E
URBANO



Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU



Professor Dr. Jorge Luis Silva Brito - UFU



Professor Dr. João Donizete Lima - UFG - Catalão - GO

Data: 18/03 de 2019

Resultado: Aprovada

A todos os profissionais que se importam e fazem barulho.

Aos meus pais e parentes.

Aos melhores dos amigos.

AGRADECIMENTOS

Quero começar os agradecimentos agradecendo a mim. Isso mesmo, por ter suportado por dois longos anos um sistema de pós-graduação que parece gostar de oprimir o aluno. Não estou falando somente do programa de pós da Geografia-UFU, mas de todos os programas de pós-graduação no Brasil. Então, muito obrigada, Fernanda, por ter mantido os pés firmes, a compostura e não ter surtado ou desistido, por ter enfrentado de cabeça erguida e estar agora escrevendo os agradecimentos da sua dissertação.

Ao meu pai, obrigada por me ensinar o que é honestidade, o certo e o errado e, mesmo não tendo estudos, por saber que esse era o caminho certo para mim. À minha tia Célia que sempre me deu suporte, orientou e aconselhou. Ao meu namorado e melhor amigo, Guilherme, por toda paciência que teve comigo, por se preocupar com as minhas obrigações, por aguentar os meus acessos de estresses e por me segurar nos momentos de fraquezas.

Gostaria também de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira, que foi mais que um professor-orientador, foi um amigo, defensor da minha classe (estudante), da minha pesquisa e que em todo tempo acreditou em mim, sempre me elogiou e sempre me colocou para cima, me ajudando a concluir esta etapa acadêmica com toda força. Muito obrigada por tudo, Vanderlei, você é um dos melhores professores que já passaram pela minha vida.

Agradeço aos professores da banca, por terem tirado um tempo em suas rotinas para se dedicarem, lerem e corrigirem o meu trabalho, críticas construtivas são sempre bem-vindas.

Quero deixar meu agradecimento também às melhores pessoas que pude formar uma amizade ao longo dos 7 anos de UFU e que fazem parte de um tal grupinho no Whatsapp chamado “Rolês 57”. Da graduação para a vida, gratidão por deixarem os dias tensos mais alegres, por se indignarem comigo em alguns momentos e por sempre serem amigos.

Especialmente agradeço à Paula Queiroz, Felipe Osório, Alan Santos e Jefferson Confessor. Nesses dois anos, poderíamos termos virado uns contra os outros, termos puxado o tapete uns dos outros, mas preferimos a honestidade e a amizade e nos apoiamos todo o tempo, seja estudando juntos para uma prova, dividindo os trabalhos ou lembrando de datas importantes. Nós sabemos os maus bocados que passamos e foi muito importante termos escolhido o lado certo.

Também em especial quero agradecer à Duda, que leu e corrigiu a minha dissertação mesmo passando por momentos tensos em sua vida. Duda, “tamo” junto e saiba que pode contar comigo para o que precisar.

Agradeço a todos que de certa forma se envolveram com meu trabalho acadêmico ou profissional. Gratidão pela confiança e por sempre me lembrarem que sou capaz. Por fim, deixo meu agradecimento à CAPES, sem o suporte financeiro, esta pesquisa e o que conquisei durante esses dois anos não poderiam ter sido possíveis.

RESUMO

Conhecer as características físicas de uma bacia hidrográfica é de suma importância para as tomadas de decisão relacionadas ao planejamento urbano e ambiental. É preciso entender que as bacias hidrográficas constituem sistemas abertos, ou seja, que se inter-relacionam com o meio dentro e fora dos seus limites, sendo assim, qualquer alteração feita no ambiente irá impactar a bacia. Em Uberlândia (MG), município onde está situada a área de estudo, há um sério problema quando se trata de bacias urbanizadas, pois sofrem com processo de degradação ambiental e, principalmente, inundação, devido à impermeabilização de áreas de recarga e canalização de córregos. Tais problemas advêm de um crescimento urbano acelerado sem um planejamento adequado e preservação das áreas ambientalmente estratégicas. Foi neste sentido, e como forma de evitar futuros problemas relacionados à inundação, como já acontece em várias bacias na cidade, que se definiu a área de estudo para esta pesquisa: a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, manancial de abastecimento público da cidade, que ainda possui características rurais em se tratando do uso e ocupação da terra, porém, com a urbanização, percebe-se que logo esta bacia estará sob influência urbana, como já ocorre na sua foz. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é delimitar as Áreas com Tendência à Inundação – ATIs da bacia e avaliar a predisposição dos fatores morfométricos frente à ocorrência de inundação. Os resultados demonstraram, a partir da avaliação morfométrica, que a bacia em estudo não possui significativa susceptibilidade à inundação, porém, atenta-se para o fato de que seu relevo é muito plano, com gradiente topográfico baixo, o que influencia num escoamento superficial lento, provocando riscos de inundação periódica. Em contrapartida, a forma de uso e ocupação da terra também pode ser um fator agravante para a ocorrência de inundação na bacia do ribeirão Bom Jardim, no entanto, é preciso preservar as ATIs com vegetação nativa, impedindo a ocupação dessas áreas, de forma a garantir uma situação segura e equilibrada ambientalmente.

Palavras-chave: fatores morfométricos. Inundação. Áreas com Tendência à Inundação. uso e ocupação da terra.

ABSTRACT

Knowing the physical characteristics of a river basin is of paramount importance for decision making related to urban and environmental planning. It is necessary to understand that the watersheds are open systems, that is, that they interrelate with the environment inside and outside its limits, thus, any change made in the environment will impact the basin. In Uberlândia-MG, where the study area is located, there is a serious problem when it comes to urbanized basins, as they suffer from a process of environmental degradation and, mainly, flooding due to the waterproofing of areas of recharge and channeling of streams. Such problems stem from accelerated urban growth without adequate planning and preservation of environmentally strategic areas. It was in this sense, and as a way to avoid future problems related to flooding, as already happens in several basins in the city, that the area of study for this research was defined: the water catchment area of the Bom Jardim stream, which still has rural characteristics when it comes to the use and occupation of land, but with urbanization, it is perceived that soon this basin will be under urban influence, as it already occurs at its mouth. Thus, the objective of this research is to delimit the Areas with Tendency to Flood - ATIs of the basin and to evaluate the predisposition of the morphometric factors to the occurrence of flood. The results showed that the basin under study does not have a significant susceptibility to flooding, but it is very flat, with a low topographic gradient, which influences a slow surface runoff, causing risks of periodic flooding. On the other hand, land use and occupation can also be an aggravating factor for flooding in the Bom Jardim river basin, however, it is necessary to preserve the native vegetation ATIs, preventing the occupation of these areas, in order to ensure a safe and environmentally balanced situation.

Keywords: morphometric factors. Inundation. Areas with Flood Tendency. use and occupation of land.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE MAPAS

1. Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim e vias de acesso.....	17
2. Articulação das folhas topográficas 1:25.000 que recobrem a área de estudo.....	19
3. Unidades Geológicas da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	33
4. Unidades Geomorfológicas do Município de Uberlândia-MG.....	37
5. Classificação do relevo da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	39
6. Tipos de solo da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	44
7. Classes de vegetação da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	51
8. Uso e ocupação da terra e atividades econômicas da bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim.....	57
9. Hipsometria da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	62
10. Declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	64
11. Áreas com Tendência à Inundação – ATIs da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	76
12. Perímetro Urbano de Uberlândia/MG e suas proximidades com a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.....	80

LISTA DE FOTOS

1. Representantes do pacote geológico.....	32
2. Compartimento inferior de áreas planas a suave onduladas.....	40
3. Compartimento intermediário de áreas medianamente dissecadas.....	40
4. Compartimento superior de áreas de chapadas.....	41
5. Representação dos tipos de solo da bacia.....	45
6. Representação dos tipos de vegetação do Cerrado da bacia.....	49
7. Representação dos tipos de vegetação antropizada.....	55
8. Transição de Neossolo flúvico distrófico para Latossolo vermelho-amarelo distrófico.....	78
9. Parte da área urbana (zona sul) vista da foz da bacia.....	79

LISTA DE FIGURAS

1. Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa.....	27
2. Climograma da cidade de Uberlândia-MG, série histórica de 1981 a 2015.....	53
3. Excedentes e Déficits Hídricos – Mesorregião do Triângulo Mineiro.....	54
4. Comparação coeficiente de compacidade.....	60
5. Configuração dos canais fluviais.....	71
6. Esquema demonstrativo de planícies de inundação e áreas inundáveis.....	73
7. Aspecto molhado das planícies aluviais em imagens de satélite.....	74
8. Detalhes das planícies de inundação.....	77
9. Mosaico comparativo do crescimento da malha urbana de Uberlândia (1979-2019).....	82

LISTA DE QUADROS

1. Parâmetros geométricos relacionados com eventos de inundação.....	21
2. Parâmetros morfológicos relacionados com eventos de inundação.....	23
3. Parâmetros hidrográficos relacionados com eventos de inundação.....	24

LISTA DE TABELAS

1. Intervalos de classe de declividade segundo Ross (1994).....	22
2. Quantificação das áreas ocupadas por vegetação.....	50
3. Quantificação das áreas de uso e ocupação da terra.....	56
4. Resultados dos fatores geométricos.....	59
5. Quantificação da altimetria por área e porcentagem de área.....	61
6. Resultados dos fatores morfológicos.....	63
7. Resultados dos fatores hidrográficos.....	65

LISTA DE SIGLAS

ATI – Áreas com Tendência à Inundação

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

UTM – Universal Transversa de Mercator

LACAR – Laboratório de Cartografia

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

WGS – World Geodetic System

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

IDE-SISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MDE – Modelo Digital de Elevação

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

GRASS GIS – Geographic Resources Analysis Support System

APP – Área de Preservação Permanente

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1. ROTEIRO METODOLÓGICO.....	18
1.1. Procedimentos para caracterização da bacia considerando variáveis relacionadas às inundações	18
1.2. Levantamento dos fatores geométricos.....	21
1.3. Levantamento dos fatores morfológicos.....	21
1.4. Levantamento dos fatores hidrográficos.....	24
1.5. Delimitação das Áreas com Tendência à Inundação - ATIs.....	25
2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM JARDIM..	28
2.1. Localização	28
2.2. Caracterização Geológica	28
2.2.1. Contexto geológico regional	28
2.2.2. Litologia da área.....	31
2.3. Caracterização do Relevo	34
2.3.1. Contexto Regional.....	34
2.3.2. Morfologia da área	36
2.3.3. Unidades morfológicas da área	38
2.4. Caracterização dos Solos	42
2.4.1. Contexto regional	42
2.4.2. Tipos de solos da área	43
2.5. Caracterização da Vegetação	46
2.5.1. Contexto regional	46
2.5.2. Vegetação da área.....	47
2.6. Caracterização Climática	52
2.6.1. Clima regional	52
2.6.2. Precipitação	52
2.6.3. Temperatura	53
2.6.4. Balanço hídrico	53
2.7. Uso da terra e Atividades Econômicas	54
3. ANÁLISE DE FATORES QUE INFLUENCIAM NA PROBABILIDADE DE INUNDAÇÃO	58
3.1. Fatores Geométricos	59
3.2. Fatores Morfológicos.....	60

3.3. Fatores Hidrográficos	65
3.4. Fisiografia da rede de drenagem	67
4. ÁREAS COM TENDÊNCIA À INUNDAÇÃO - ATIs	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	85

INTRODUÇÃO

A inundação é um fenômeno físico e natural que acontece em canais fluviais que possuem condições naturais para sua ocorrência. Dentre essas condições estão o gradiente topográfico (declividade e altimetria), a morfologia dos canais, a dinâmica fluvial e climática, os tipos de solos da área de drenagem, e o nível do lençol freático. Porém, a inundação pode ser agravada e/ou condicionada por fatores antrópicos, quando há a ocupação e impermeabilização não planejada nas áreas de contribuição dos cursos d'água.

O estudo das áreas inundáveis e sua delimitação tornou-se frequente após recorrentes enchentes em áreas urbanas, que acontecem sob influência de chuvas concentradas, somadas a outros fatores, incluindo má drenagem urbana, causando perdas materiais, humanas e ambientais. Porém, é comum ver trabalhos que mapeiam áreas em que já ocorrem inundação, trazendo apenas a comprovação de que o evento existe e sempre acontecerá quando houver condições para isto, não havendo ações mitigadoras suficientes que transformem tal realidade. Dessa forma, delimitar as áreas susceptíveis à inundação e analisar, conjuntamente, os fatores morfométricos de uma bacia hidrográfica, constituem uma forma preventiva frente à ocupação antrópica, indicando as parcelas que devem ser preservadas diante de uma possível expansão urbana.

Pensando nisto e avaliando o crescimento da malha urbana de Uberlândia (MG), é que se justifica o estudo dessas áreas na bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, localizada na porção sul do município de Uberlândia (MAPA 1). Esta região tem tido um acelerado adensamento urbano nos últimos anos, movimentado por grandes imobiliárias e construtoras, abrindo áreas para novos loteamentos e condomínios fechados. Próximo à foz da bacia do ribeirão Bom Jardim a malha urbana já se aproxima, onde localiza-se o bairro Shopping Park, às margens do Rio Uberabinha. No entanto, a delimitação das áreas com tendência à inundação – ATIs, termo adotado para esta pesquisa, na bacia do ribeirão Bom Jardim, servirá como base para a preservação das mesmas, configurando assim uma ação mitigadora com o intuito de impedir, ou minimizar a ocupação pela urbanização.

Conforme já mencionado, sabe-se que, quando se trata de inundação, existem diversos fatores que podem contribuir para a sua ocorrência, dentre eles os naturais, como os tipos de solos e sua capacidade de infiltração, a cobertura vegetal, a topografia, a precipitação, o nível do lençol freático, e os antrópicos, como o uso e ocupação da terra, basicamente. Porém, nesta pesquisa, considerou-se apenas os fatores geométricos, morfológicos e hidrográficos como base para a investigação da probabilidade de inundação na bacia de estudo, pois são elementos

capazes de contar a história e a evolução de uma paisagem, bem como seu funcionamento em termos hidrogeomorfológicos.

A morfologia de um canal fluvial, por exemplo, depende da interação dos processos hidrológicos e geomorfológicos, nos quais consistem na erosão, transporte e deposição dos materiais desagregados nas encostas, ao longo do canal e de suas margens. Cada canal fluvial possui uma dinâmica hidrogeomorfológica responsável pela construção da paisagem no qual está inserido. No entanto, é preciso ter conhecimento desses processos de forma conjunta e compreender como eles atuam modelando a paisagem.

Os parâmetros geométricos representam a forma de uma bacia e qual a sua contribuição para o tempo em que a água leva para percorrer toda a área drenada até a foz. Os parâmetros morfológicos irão descrever a forma do relevo e a sua influência na probabilidade de inundação, como o perfil das encostas, o gradiente topográfico, o índice de rugosidade, a amplitude altimétrica, dentre outros, no sentido de entender como a paisagem chegou àquela configuração e qual a interpretação processual que se pode ter a partir dela. Os parâmetros hidrográficos demonstram a dinâmica fluvial dos canais, descrevem e indicam qual a relação dos mesmos para com um possível evento de inundação.

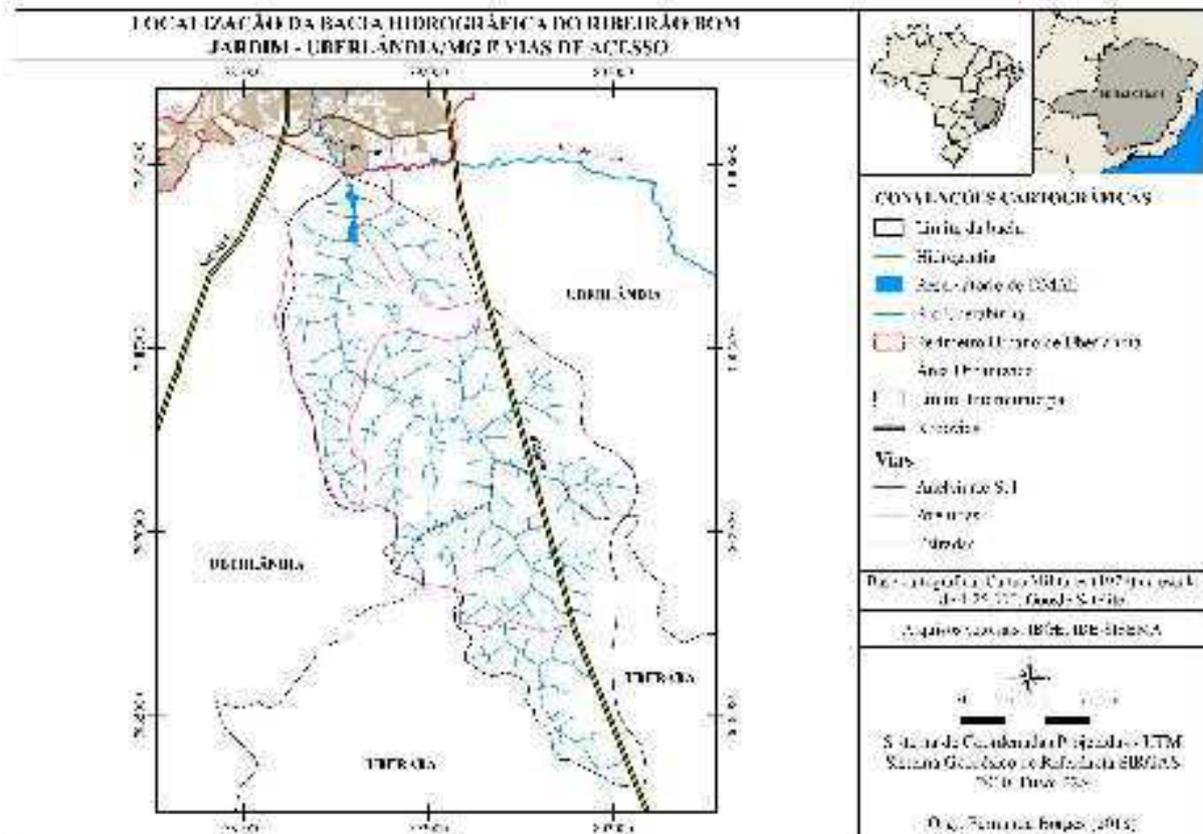
Considerando a tendência e possibilidade de incorporação de áreas da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim à mancha urbana da cidade de Uberlândia, o objetivo da pesquisa é delimitar as ATIs da bacia e avaliar a predisposição dos fatores morfométricos frente à ocorrência de inundação.

Quanto aos objetivos específicos, a intenção é realizar uma caracterização geral da área de estudo, considerando especialmente atributos relacionados à dinâmica hidrogeomorfológica; delinear, entender e analisar os fatores que influenciam na probabilidade de inundação, procurando confeccionar mapas necessários que representem a realidade da área estudada quanto às variáveis selecionadas.

Como forma de atender os objetivos da pesquisa, a mesma está estruturada em quatro principais capítulos: o capítulo 1 traz o “Roteiro Metodológico”, onde discorre-se sobre o processo de caracterização da área, a obtenção de arquivos, mapeamentos, parametrizações adotadas no levantamento dos fatores morfométricos, os procedimentos adotadas na delimitação das ATIs, e as evidências retiradas em campo como comprovação do mapeamento realizado em ambiente SIG. No capítulo 2, “Caracterização da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim”, traz-se a própria caracterização geral da bacia por meio da descrição geológica, morfológica, pedológica, de vegetação, climática, bem com as formas de uso e ocupação e as

atividades econômicas da área. No capítulo 3 “Resultados”, faz-se uma análise dos fatores selecionados que influenciam a probabilidade de inundação sendo: os fatores geométricos, morfológicos e fatores hidrográficos. No capítulo 4, “Áreas com Tendência à Inundação – ATIs” é feita a apresentação gráfica da delimitação das ATIs por meio de mapas, caracterização dos seus aspectos físicos e registros fotográficos.

Mapa 1: Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim e vias de acesso



1. ROTEIRO METODOLÓGICO

1.1. Procedimentos para caracterização da bacia considerando variáveis relacionadas às inundações

A caracterização de uma área de estudo é importante para tomar conhecimento dos seus aspectos físicos e socioeconômicos de forma a entender como estes influenciam na sua dinâmica socioambiental. Nesta pesquisa, optou-se por fracionar a caracterização entre contexto regional e local, onde o primeiro influencia no entendimento do segundo. As variáveis selecionadas são aquelas relacionadas ao comportamento hidrológico da bacia estudada, especialmente quanto às probabilidades de inundações.

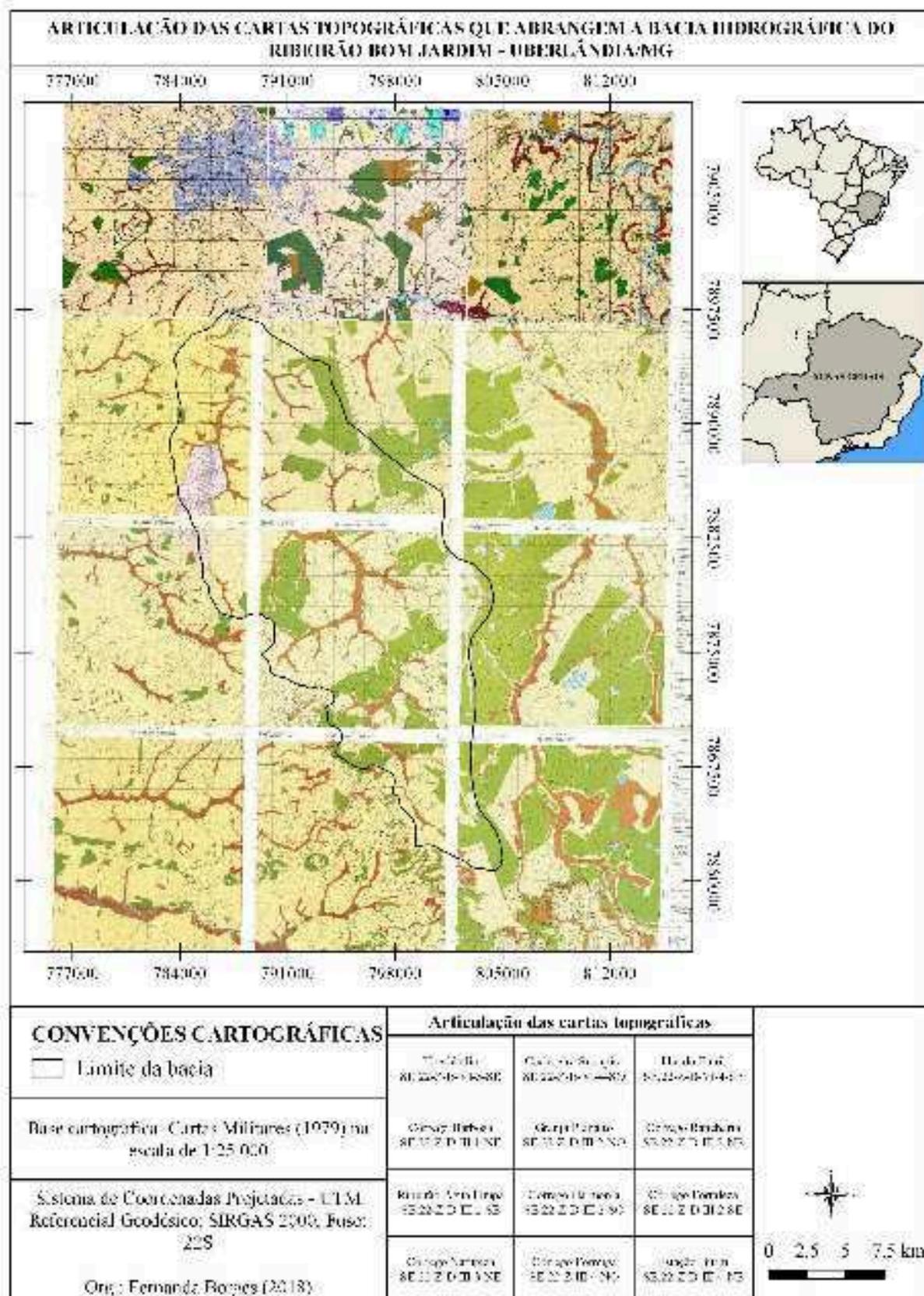
Os aspectos selecionados são: geologia, geomorfologia, pedologia, tipos de vegetação e categorias de uso e ocupação da terra. Baseou-se em bibliografias que tratam sobre a área de estudo e sobre o contexto regional em que a bacia está inserida, além da interpretação de mapas e imagens.

Foi necessário construir um banco de dados geográficos. Com a função de armazenar uma base de arquivos com feições geométricas, tabelas, imagens ou textos, com informações georreferenciadas que foram parte da composição do mapeamento, pois ofereceu a possibilidade de organização, análises e consultas espaciais. Os arquivos componentes desse banco de dados, em formato raster e shapefile, foram georreferenciados no Sistema de Coordenadas Projetadas (UTM), no Referencial Geodésico Sirgas 2000, Fuso 22 S, no software QGIS, versão Las Palmas 2.18.

Faz parte desse banco de dados raster doze cartas topográficas digitalizadas, na escala de 1:25.000, elaboradas pelo Departamento de Engenharia e Comunicações do Serviço Militar (1979) e obtidas no Laboratório de Cartografia-LACAR da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, sendo elas: Cachoeira Sucupira (SE.22-Z-B-VI-4-SO), Córrego Fortaleza (SE.22-Z-D-III-2-SE), Córrego da Harmonia (SE.22-Z-D-III-2-SO), Córrego Barbosa (SE.22-Z-D-III-1-NE), Córrego Formiga (SE.22-Z-III-4-NO), Córrego Natureza (SE.22-Z-D-III-3-NE), Córrego Racharia (SE.22-Z-D-III-2-NE), Estação Buriti (SE.22-Z-D-III-4-NE), Granja Planalto (SE.22-Z-D-III-2-NO), Ilha do Funil (SE.22-Z-B-VI-4-SE), Ribeirão Água Limpa (SE.22-Z-D-III-1-SE) e Uberlândia (SE.22-Z-B-VI-3-SE) (MAPA 2).

Também compõem a base de arquivos os shapefiles de limite da bacia, rede hidrográfica e curvas de nível com equidistância de 10 m, os quais foram vetorizados manualmente tendo como base cartográfica o mosaico das doze cartas militares (1979) na escala de 1:25.000 que recobrem toda a área da bacia.

Mapa 2: Articulação das folhas topográficas 1:25.000 que recobrem a área de estudo



Para a elaboração do mapa de unidades geológicas, foi utilizada a base do mapeamento geológico do Estado de Minas Gerais, elaborado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG, na escala de 1:100.000. A base original referenciada no Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum WGS 84 foi recortada a partir do limite da bacia do ribeirão Bom Jardim, reprojeta para o SIRGAS 2000, Fuso 22S e adequada a partir das curvas de nível, segundo metodologia de mapeamento das unidades geológicas do município de Uberlândia, realizado por Nishiyama (1989), na escala de 1:100.000. Essa adequação foi necessária para adaptação da escala para a área mapeada, evitando supressão de informações, porém, percebeu-se que há conformidade entre os dois mapeamentos.

A classificação do relevo da bacia em três patamares: Superior (Chapadas), Intermediário (medianamente dissecado) e Inferior (plano a levemente ondulado), foi realizada a partir da vetorização das curvas de nível (com equidistância de 10 m) tendo como base a descrição e o mapeamento do relevo do município de Uberlândia elaborado por Baccaro (1989; 1991b) e pelo estudo das áreas de chapadas do oeste mineiro feito por Feltran Filho (1992). Esta classificação foi realizada para melhor visualizar o relevo da bacia e entender a sua configuração e sua influência no fenômeno da inundação.

O mapeamento dos solos da bacia foi realizado a partir de vetorização das classes de solos existentes na área, tendo como base os estudos de Brito (2002). Para mapear os tipos de vegetação fez-se um levantamento de mapeamentos preexistentes com bases cartográficas nas escalas de 1:100.000, obtidas por meio do sistema de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IDE-SISEMA e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, adaptando essas bases para a realidade da área com auxílio e análise de imagens de satélite a partir da composição colorida falsa cor 8R4G3B e classificação supervisionada, das bandas do satélite Sentinel-2A obtidas em 19/07/2018, de resolução espacial de 10 m.

Por fim, para o mapa de uso e ocupação da terra, utilizou-se também de imagens do satélite Sentinel-2A, também obtidas na data de 19/07/2018. Houve a composição colorida falsa cor 8R4G3B das bandas e classificação supervisionada das classes de uso de acordo com a realidade da bacia. Para uma maior acurácia deste mapeamento, converteu-se a base matricial da classificação em dados vetoriais, pelo processo de vetorização do menu Raster do QGIS e edição manual das classes.

1.2. Levantamento dos fatores geométricos

Os fatores geométricos de uma bacia são: área, perímetro, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, comprimento do eixo da bacia e forma. Para a obtenção dos mesmos, primeiramente foi necessário delimitar a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, realizada a partir da vetorização das cartas topográficas que recobrem a área de estudo, com base nas curvas de nível e pontos cotados. Após a vetorização, foram feitos os cálculos necessários por meio da ferramenta Calculadora de Campo no QGIS para as variáveis de perímetro e área; o comprimento do eixo da bacia foi feito pela ferramenta Medição também no QGIS. Os parâmetros de coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator forma foram também calculados seguindo a parametrização proposta por Mello e Silva (2013), Villela e Mattos (1975); Christofolletti (1980), apresentadas nas equações de 1 a 3 (QUADRO 1), respectivamente.

Quadro 1: Parâmetros geométricos relacionados com eventos de inundação

PARÂMETROS	EQUAÇÃO	RELAÇÃO COM A INUNDAÇÃO
Coeficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$ (1) P: perímetro da bacia (km); A: área da bacia (km ²).	Com resultados próximos de 1 (um) a bacia possuirá uma forma próxima a circular ou oval, sendo assim, com uma maior probabilidade de inundação se comparada a uma bacia alongada.
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 * \frac{A}{P^2}$ (2) A: área da bacia (km ²); P: perímetro da bacia.	Quanto menor o resultado, mais próximo de ser alongada é a bacia e, conseqüentemente, com menor susceptibilidade à inundação.
Fator forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$ (3) A: área de drenagem (m ²); L ² : comprimento do eixo da bacia (m)	Quanto maior este fator maior a probabilidade de a bacia sofrer com eventos de inundação.

Fonte: MELLO e SILVA (2013); VILLELA e MATTOS (1975); CHRISTOFOLETTI (1980) **Adaptado:** BORGES, F. O., 2018

1.3. Levantamento dos fatores morfológicos

Inicialmente, após a vetorização manual sobre cartas militares na escala de 1:25.000, o arquivo de curvas de nível passou por uma correção topológica a partir da ferramenta Verificação de Geometria do menu Vetor do QGIS. Esta ferramenta indica as falhas de vetorização das geometrias tais como: lacunas entre uma geometria e outra, nós duplicados e nós sobrepostos. A ferramenta apresenta uma lista com a localização e a descrição dos erros

onde estes são corrigidos manualmente. O processamento dessa ferramenta é importante para evitar possíveis imprecisões que poderão trazer resultados negativos em tratamentos posteriores dependentes das curvas de nível.

A partir das curvas de nível corrigidas, para um melhor resultado de consecutivos processamentos, converteu-se os valores de elevação do terreno em números reais por meio da Calculadora de Campo, como forma de facilitar a leitura computacional da ferramenta. Tais valores foram adicionados na tabela de atributos no momento da vetorização das curvas, de acordo com a altimetria de cada respectiva.

Posteriormente, fez-se o processo de rasterização, ou seja, a conversão dos arquivos vetoriais para raster por meio da ferramenta `v.to.rast.value` do complemento GRASS GIS, do QGIS. Nesse processo, utilizou-se como atributos base para a conversão, os valores de elevação transformados em números reais. Esse procedimento gera, então, o Modelo Digital de Elevação – MDE em escalas de cinza, que são redefinidas para escalas de cores de acordo com a respectiva altimetria, seguindo a convenção de que, as áreas mais altas são mais escuras e as mais baixas são mais claras. Baseado no MDE, por meio da guia Raster, gerou-se a declividade do terreno fundamentada nas classes determinadas por Ross (1994), uma vez que o uso dos intervalos de classe conforme dispostos na Tabela 1, são adequados para indicativos de eventos de inundação.

Tabela 1: Intervalos de classe de declividade segundo Ross (1994)

ORDEM	INTERVALO	CATEGORIAS HIERÁRQUICAS
1	< 3%	Muito fraca
2	3 a 6%	Muito fraca
3	6 a 12%	Fraca
4	12 a 20%	Média
5	20 a 30%	Forte
6	30 a 50%	Muito forte
7	> 50%	Muito forte

Fonte: ROSS (1994) **Adaptado:** BORGES, F. O., 2018

Ainda para o levantamento morfológico adotou-se como parâmetros: a amplitude altimétrica, relação relevo, índice de rugosidade, índice de sinuosidade, textura topográfica e fator topográfico, seguindo as fórmulas elaboradas por Schum (1956) e Christofolletti (1980), apresentadas no Quadro 2, nas equações de 4 a 9, respectivamente. Os cálculos foram realizados com o auxílio da Calculadora de campo do QGIS e os arquivos vetoriais do limite da bacia

hidrográfica e das curvas de nível. As altitudes máxima e mínima (m) foram identificadas a partir dos valores das curvas de nível máxima, ponto mais alto do divisor topográfico, e mínima, ponto mais baixo na foz. A declividade mínima foi de 0% enquanto que a declividade máxima encontrada foi de 12%. Para a altitude média e declividade média, foi utilizado o MDE em formato raster, onde os cálculos foram realizados pela ferramenta r.report do QGIS, a qual estabelece a quantidade de classes por área ou por contagem de pixels.

Quadro 2: Parâmetros morfológicos relacionados com eventos de inundação

PARÂMETROS	EQUAÇÃO	RELAÇÃO COM A INUNDAÇÃO
Amplitude altimétrica (Hm)	$Hm = Hmax - Hmin$ (4) Hmax: altitude máxima (m); Hmin: altitude mínima (m).	É a diferença entre a foz e maior altitude de um determinado ponto da bacia. O desnível médio obtido pode indicar o potencial para a velocidade de escoamento.
Relação relevo (Rr)	$Rr = \frac{Hm}{L}$ (5) Hm: amplitude altimétrica (m); L: comprimento do eixo da bacia (m).	Relaciona a amplitude altimétrica e o comprimento o eixo da bacia, influenciando também na velocidade de escoamento da bacia.
Índice de rugosidade (Ir)	$Ir = Hm \cdot Dd$ (6) Hm: amplitude altimétrica (m); Dd: densidade de drenagem.	Define a possibilidade de ocorrência de inundação, bem como a degradação da bacia. Índices baixos indicam pequena susceptibilidade à inundação.
Textura topográfica (Tt)	$Tt = \frac{1,6582462}{Dd^{1,115}}$ (8) Dd: densidade de drenagem.	Indica o grau erosivo da bacia a partir do entalhamento dos rios, diretamente relacionado à densidade de drenagem. Valores abaixo de 4,0 indicam uma textura grosseira, ou seja, alto espaçamento entre os canais e baixa atividade erosiva.
Fator topográfico (Ft)	$Ft = Dh \cdot Ic \cdot Rr$ (9) Dh: densidade hidrográfica; Ic: índice de circularidade; Rr: relação relevo.	Análise a capacidade de escoamento superficial por meio da densidade hidrográfica, índice de circularidade e relação relevo. Valores baixos indicam a pouca susceptibilidade de ocorrência de inundação e boa capacidade de escoamento.

Fonte: SCHUM (1956); CHRISTOFOLETTI (1980) **Adaptado:** BORGES, F. O., 2018

1.4. Levantamento dos fatores hidrográficos

Por meio de índices resultantes de operações matemáticas, os parâmetros hidrográficos vão também indicar e confirmar a probabilidade da bacia em sofrer eventos de inundação. Para esta caracterização tem-se os seguintes fatores: densidade de drenagem, densidade hidrográfica, densidade de confluência, coeficiente de manutenção, coeficiente de torrencialidade e relação de bifurcação e índice de sinuosidade, calculados por meio da ferramenta Calculadora de Campo do QGIS, seguindo a parametrização proposta por Horton (1945), Mello e Silva (2013), Villela e Mattos (1975); Christofolletti (1980), apresentadas nas equações de 10 a 16 (QUADRO 3), respectivamente.

Quadro 3: Parâmetros hidrográficos relacionados com eventos de inundação

PARÂMETROS	EQUAÇÃO	RELAÇÃO COM A INUNDAÇÃO
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lc}{A}$ (10) Lc: comprimento de todos os canais (km); A: área da bacia (km ²).	Indica se a vazão está concentrada ou dispersa nos vários canais da bacia. Se concentrada, influencia na probabilidade de inundação, se dispersa, essa probabilidade é reduzida.
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{N}{A}$ (11) N: número total de canais; A: área da bacia (km ²).	Representa o comportamento hidrográfico de uma bacia, bem como sua capacidade em gerar novos cursos d'água.
Densidade de confluência (Dc)	$Dc = \frac{Nc}{A}$ (12) Nc: número total de confluências; A: área da bacia (km ²).	Representa a densidade de drenagem de uma forma mais simples. É a relação entre o número de bifurcações de uma rede de drenagem e a área da bacia.
Coeficiente de manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{Dd}$ (13) Dd: densidade de drenagem.	Área mínima para manutenção do canal a qual auxilia no dimensionamento das áreas de bacias de detenção.
Coeficiente de torrencialidade (Ct)	$Ct = Dh \cdot Dd$ (14) Dh: densidade hidrográfica; Dd: densidade de drenagem.	Quantifica a tendência de uma bacia hidrográfica em relação à ocorrência de inundação.

PARÂMETROS	EQUAÇÃO	RELAÇÃO COM A INUNDAÇÃO
Relação de bifurcação (Rb)	$Rb = \frac{Nw}{Nw+1} \quad (15)$ <p>Nw: número de seguimentos de determinada ordem; Nw+1: número de segmentos da ordem imediatamente superior.</p>	Indica o grau de dissecação de uma bacia, quanto maior o valor, maior o índice de dissecação. Valores abaixo de 2 indicam que o relevo é colinoso.
Índice de sinuosidade (S)	$S = \frac{l}{L} \quad (16)$ <p>l: comprimento do rio principal (m); L: comprimento do eixo da bacia (m)</p>	Valores próximos a 1 indicam que o canal tende a ser retilíneo, enquanto que, valores superiores a 2 tendem a ser mais tortuosos. A sinuosidade vai indicar a capacidade de atividade do canal principal na erosão e deposição de sedimentos.

Fonte: HORTON (1945); MELLO e SILVA (2013); VILLELA e MATTOS (1975); CHRISTOFOLETTI (1980); STRAHLER (1952) **Adaptado:** BORGES, F. O., 2018

Além disso, foram analisados os parâmetros da rede de drenagem, ordem, fluxo, regime de escoamento e padrão de drenagem, os quais foram definidos a partir de interpretação das informações contidas nas feições mapeadas da área de estudo e bibliografias complementares.

1.5. Delimitação das Áreas com Tendência à Inundação - ATIs

No que diz respeito à delimitação das ATIs da bacia do ribeirão Bom Jardim, primeiramente partiu-se de um levantamento bibliográfico que pudesse nortear a pesquisa em relação a procedimentos metodológicos capazes de delimitar áreas susceptíveis ao fenômeno da inundação. Dentre a bibliografia consultada encontrou-se vários modelos e métodos de delimitação automática utilizando de ferramentas e técnicas dos Sistemas de Informações Geográficas – SIG, com base em Modelos Digitais de Elevação - MDE e/ou imagens de satélite. Porém a delimitação automática de áreas inundáveis pode ser mais precisa em bacias urbanas, facilitada pela ocorrência de eventos de inundação que possam comprovar o mapeamento, como é apresentado em grande parte dos trabalhos publicados sobre o tema, tais como Dias (2014), Paula et.al. (2014), Muñoz (2014), Pértile (2008) e Mengue et.al. (2016).

Processos automáticos de Geoprocessamento são eficazes no que diz respeito a otimização do trabalho, mas é preciso ter uma atenção maior, pois trazem apenas uma

aproximação da realidade e não o que de fato ela representa, podendo conter erros de processamento computacional, o que não deve ocorrer em pesquisas que envolvam segurança pública/civil e possíveis desastres naturais. Dessa forma, é necessário que o pesquisador realize os devidos procedimentos de acurácia e validação dos processos, evitando e minimizando tais erros. No caso desta pesquisa, optou-se por trabalhar com processos manuais, aproximando mais o pesquisador da sua área de estudo.

Lima et. al. (2012), vinculado ao projeto “Proposta metodológica de delimitação de planícies fluviais de rios de Minas Gerais por meio de parâmetros geomorfológicos, cartográficos e de geoprocessamento”, trabalham uma forma de delimitar as áreas de inundação as quais se aproximam mais do objeto de estudo e trazem um melhor resultado, sendo que a metodologia para o mapeamento da planície fluvial baseia-se na utilização de uma base cartográfica de curvas de nível de 1 m e outra de 5 m em sobreposição a um mosaico de imagens do satélite QuickBird e base hidrográfica.

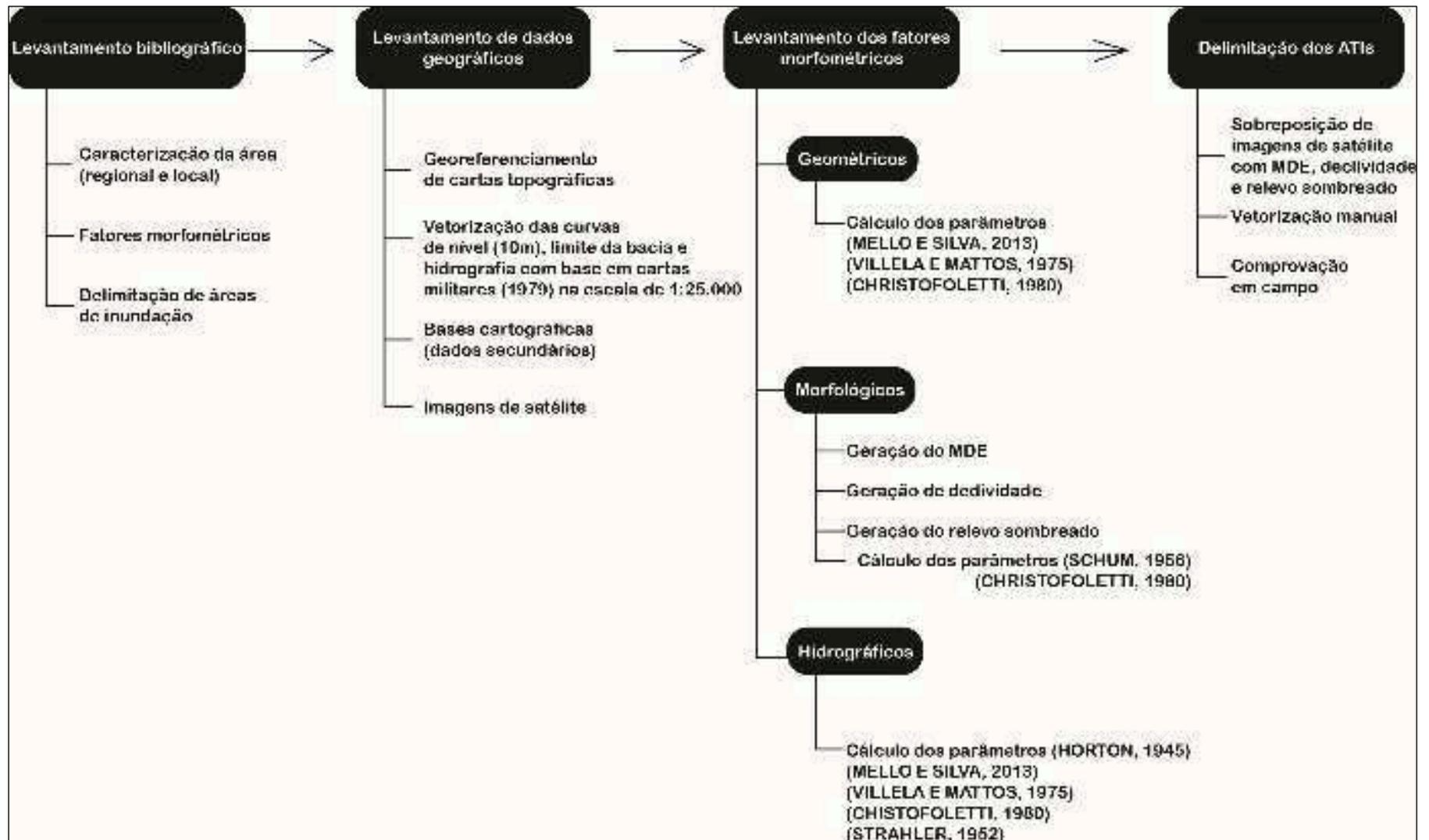
“O mapeamento da planície fluvial do rio Paraibuna teve como etapa preliminar a conferência e correção de erros topológicos. Posteriormente foi elaborado o Modelo Digital de Terreno e sobreposto o mosaico de imagens QuickBird. A demarcação das linhas limítrofes da planície de inundação foi baseada na identificação de feições geomorfológicas típicas de ambientes de planície e na ruptura de declive entre a encosta e as áreas planas marginais ao rio, evidenciada por curvas de nível e pelo MDT.” (LIMA, et. al, 2012, p. 2).

Em se tratando da delimitação do polígono das ATIs da bacia do ribeirão Bom Jardim, houve a sobreposição das imagens do satélite Sentinel-2A, de resolução de 10 m e dos produtos do MDE: a declividade e o relevo sombreado, o qual, para este último, foram utilizados os valores padrão de iluminação (315° de ângulo horizontal e 45° de ângulo vertical), onde seu aspecto 3D facilita a visualização da profundidade do terreno e a ruptura de declive. A vetorização manual partiu da identificação de características topográficas e feições geomorfológicas particulares de áreas inundáveis, sendo, de acordo com a bibliografia consultada, a baixa declividade, a ruptura das encostas e áreas mais planas, a proximidade com canais fluviais e a vegetação típica de ambientes úmidos.

Para comprovar a delimitação das áreas susceptíveis à inundação, buscou-se em campo evidências capazes de comprovar a extensão dessas áreas, identificando fatores morfológicos, sedimentológicos e biológicos. Tais fatores foram fotografados e demarcados com o auxílio de um sistema de navegação por satélite.

Abaixo, na Figura 1, está o resumo em forma de fluxograma dos procedimentos seguidos para a elaboração da pesquisa em sua totalidade, incluindo a delimitação das ATIs da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.

Figura 1: Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa



2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM JARDIM

2.1. Localização

A bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim compreende os Municípios de Uberaba (MG), onde nasce, nas proximidades da BR-050, e Uberlândia (MG), desaguardo no Rio Uberabinha, totalizando cerca de 40 km de extensão. Em Uberlândia, está localizada na região sul da cidade, entre as coordenadas geográficas 18°58'00" – 19°20'30" de latitude sul e 48°04'00" – 48°18'00" de longitude oeste, podendo ser acessada pelo Clube Caça e Pesca, pela MG-455 que liga Uberlândia a Campo Florido (MG), pelo anel viário sul e pela BR-050 sentido Uberaba. A área drenada da bacia é de 401 km², e seu perímetro de 101 km.

A bacia constitui uma das principais fontes de captação de água para abastecimento urbano da cidade de Uberlândia por meio do reservatório Bom Jardim do Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE, localizado próximo à foz do ribeirão. Dentre os principais cursos d'água da bacia estão: os córregos da Harmonia e do Retiro, no alto curso; da Moeda e da Palmeira, no médio curso e, por fim, o córrego da Enxada no baixo curso.

2.2. Caracterização Geológica

2.2.1. Contexto geológico regional

A caracterização geológica de uma área constitui uma das principais análises no estudo conjunto da paisagem, pois é a partir desta que se compreende a formação, morfologia e funcionamento dos elementos naturais; a geologia é a estrutura básica das unidades paisagísticas que rege e caracteriza uma área em relação aos seus aspectos físicos. Para Press et. al. (2006, p. 27), o pacote geológico traz informações de vários tempos da história da Terra preservada nas rochas.

A mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, está inserida em duas grandes unidades geotectônicas do Brasil Central: o Orógeno de Brasília, de idade neoproterozoica, e a Bacia Sedimentar do Paraná, de idade farenozoica (SEER; MORAES, 2017, p. 7). Segundo Nishiyama (1989), a região compreende, quase em sua totalidade, a Bacia Sedimentar do Paraná, contendo a borda nordeste da referida bacia, sendo constituída de litologias de idade Mesozoica, por rochas sedimentares e magmatitos básicos, representadas pelas formações: Botucatu, Serra Geral, Adamantina e Marília. Ressalta-se que essas formações estão recobertas por sedimentos cenozoicos.

Os arenitos eólicos da formação Botucatu são de espessura não muito significativa, raramente passando dos 80 m e sua maior exposição é constatada entre as cidades de

Sacramento e Conquista; em outras áreas do Triângulo Mineiro esses arenitos são poucos expressivos (PACHECO et. al., 2017, p. 20). A formação Serra Geral, constituída por basalto, é de característica predominantemente vulcânica e possui uma distribuição mais ampla na região, porém está recoberta por rochas do Grupo Bauru e sedimentos cenozoicos. O Grupo Bauru é representado pelas formações Adamantina, Uberaba e Marília e são aqueles que encerram a fase de deposição da Bacia Sedimentar do Paraná que também se encontram recobertas por sedimentos de idade Cenozoica (NISHIYAMA, 1989).

No Município de Uberlândia, mais especificamente, há a presença do Complexo Goiano, do Grupo Araxá, Formação Botucatu, e das formações Serra Geral (Grupo São Bento), Adamantina e Marília, sendo as duas últimas pertencentes ao Grupo Bauru. Segundo Nishiyama (1989, p. 10), as litologias do Complexo Goiano, as mais antigas da região, ocupam as faixas marginais do Rio Araguari em que os sedimentos depositados originam as rochas metamórficas dos Grupos Araxá, Canastra e Bambuí, sendo que só o primeiro destes pode ser encontrado no município. As rochas desse grupo são representadas pelos gnaisses, migmatitos e granitos, dos quais gnaisses e granitos distribuem-se em forma de matacões esparsos.

O Grupo Araxá, no qual recebe esse nome devido aos micaxistos que estão presentes nos arredores da cidade de Araxá, que estendem-se até o Estado de Tocantins (SEER; MORAES, 2017, p. 20, apud BARBOSA, 1937) possui exposição nos vales dos rios Uberabinha e Araguari; no vale do rio Uberabinha, especialmente, a exposição das rochas desse grupo restringe-se a uma faixa estreita nas proximidades da confluência com o rio Araguari. De acordo com Nishiyama (1989, p. 11), esse grupo é composto por xistos, quartzitos e gnaisses, onde pode ser observada uma transição dos xistos para os gnaisses próximo à foz do rio Uberabinha e próximo à ponte da BR-050 sobre o rio Araguari; já as rochas quartzíticas afloram intercaladas aos xistos, onde a maior exposição destas localizam-se ao norte do distrito de Cruzeiro dos Peixotos e às margens do rio Araguari. Devido à ação tectônica regional, as rochas desse grupo encontram-se intensamente deformadas.

O mapeamento de Nishiyama (1989) foi realizado na escala de 1:100.000, dessa forma, os arenitos da formação Botucatu, apesar de possuírem certa expressão na área do município, alguns corpos descontínuos não são mapeáveis na escala adotada. Porém, os afloramentos mais expressivos encontram-se próximo à antiga estação Sobradinho e às margens do rio Araguari, junto à ponte da BR-365. Os arenitos dessa formação são de características bimodais, de granulometria média a fina, com grãos de areia esféricos, arredondados e subarredondados e de coloração verde, rosa, laranja e branca; estão assentados sobre o embasamento cristalino do

Grupo Araxá e recoberto pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas do Grupo Bauru (PACHECO, 2017, p. 20; NISHIYAMA, 1989, p. 11).

A Formação Serra Geral, composta por rochas efusivas, ocupa uma área de mais de 1.000.000 km² da Bacia Sedimentar do Paraná, dentro do território brasileiro, cerca de 75% (SEER, MORAES, 2017, p.58; NISHIYAMA, 1989, p. 12). As rochas vulcânicas dessa formação estão predominantemente assentadas sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu e sobre rochas anteriores do Grupo São Bento e estão sob os arenitos do Grupo Bauru e sedimentos cenozoicos. No município de Uberlândia, os basaltos dessa formação expõem-se nos vales dos rios Tijuco, Uberabinha, Araguari e Douradinho, com espessura máxima mapeada de 150 m; já no perímetro urbano as rochas afloram no vale do rio Uberabinha e afluentes (NISHIYAMA, 1989, p. 12). Os basaltos dessa formação são de coloração cinza escuro e ocre (quando alterado), afanítico a farenítico e predominantemente maciço, apresenta fraturas, disjunções colunares e esfoliação esferoidal (PACHECO, 2017, p. 22).

Proposta por Soares et. al. (1980), a Formação Adamantina é uma das quatro subdivisões estratigráficas do Grupo Bauru, sendo as outras três a Formação Caiuá, Formação Santo Anastásio (que não possuem expressão na região estudada) e Formação Marília. Composta, geralmente, por arenitos finos a médios, de coloração avermelhada, a Formação Adamantina, no município de Uberlândia é representada por arenitos de granulação média a grossa e coloração marrom, marrom avermelhada, marrom arroxeadas. Afloram em áreas restritas quase sempre recobertos pela cobertura detrítico-laterítica e/ou sedimentos da Formação Marília (NISHIYAMA, 1989, p. 13).

A Formação Marília é composta por arenitos conglomeráticos, conglomerados de grãos angulosos e teor de matriz variável, de sedimentos clásticos caracterizados por cimentação carbonática com espessura de 1 a 2 metros. Barcelos (1984) realizou uma subdivisão dessa formação de acordo com as particularidades de seus sedimentos, classificando-a em três membros: Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã, sendo que os dois primeiros estão presentes na parte leste do Triângulo Mineiro e o último não se faz presente (BATEZELLI, 2003, p. 40). Segundo Nishiyama (1989, p. 14), o Membro Ponte Alta aflora numa faixa de cerca de 15 km ao norte de Sacramento até Frutal, passando por Uberaba em direção a Uberlândia. Possui níveis de carbonáticos constituídos por calcário tipo calcrete. Já o Membro Serra da Galga está presente nos topos das chapadas e divisores d'água dos principais rios da região, com espessura em torno de 100 m; são compostos por sedimentos arenosos e conglomeráticos. Especificamente na área do município de Uberlândia, o Membro Serra da Galga ocorre em

maior expressão, numa extensão de sudeste a noroeste; a sudeste, limita-se pelo rio Araguari e ribeirão Bom Jardim.

Os Depósitos Cenozóicos, ou Coberturas Detrítico-Lateríticas, encerram a composição geológica do município de Uberlândia, sobrepondo todos os arcabouços geológicos mais antigos descritos anteriormente, ocorrendo em topografias mais elevadas, desde áreas de chapadas até as vertentes dos vales fluviais. É uma unidade representada por sedimentos inconsolidados de granulometria cascalho, areia e silte, de coloração avermelhada e/ou alaranjada, predominando seixos de quartzo, quartzito e basalto; correspondem a sedimentos incoesos, ou seja, desunidos, de origem coluvionar (PACHECO, 2017, p. 24). De acordo com Nishiyama (1989, p. 15), em áreas onde ocorrem os arenitos da Formação Adamantina a predominância dos sedimentos cenozoicos é arenosa, característica essa, somada à cimentação incipiente e a alta porosidade, que leva a problemas de erosão acelerada dos solos.

2.2.2. Litologia da área

Na área da bacia do ribeirão Bom Jardim ocorrem três litologias diferentes, dentre elas: os basaltos da Formação Serra Geral, os arenitos da Formação Marília e Depósitos Cenozóicos. Os basaltos da Formação Serra Geral não são muito expressivos na área, aparecem apenas a jusante do reservatório de captação de água do ribeirão Bom Jardim (FOTO 1), até a confluência com o rio Uberabinha; estão entre as cotas altimétricas inferiores a 820 m (FOTO 1A). Já os arenitos da Formação Marília são mais expressivos na área da bacia, representando, segundo Rosa (2017), 51,93% da participação das unidades geológicas, estando entre as cotas altimétricas de 820 m a 880 m, seguido pelas Coberturas Cenozoicas de cerca de 46,97%, localizadas nas chapadas, acima de 880 m, encerrando a composição geológica da bacia (MAPA 3).

Foto 1: Representantes do pacote geológico. A: Canga ferruginosa originária da Cobertura Cenozoica. B: Basalto próximo ao reservatório de abastecimento.

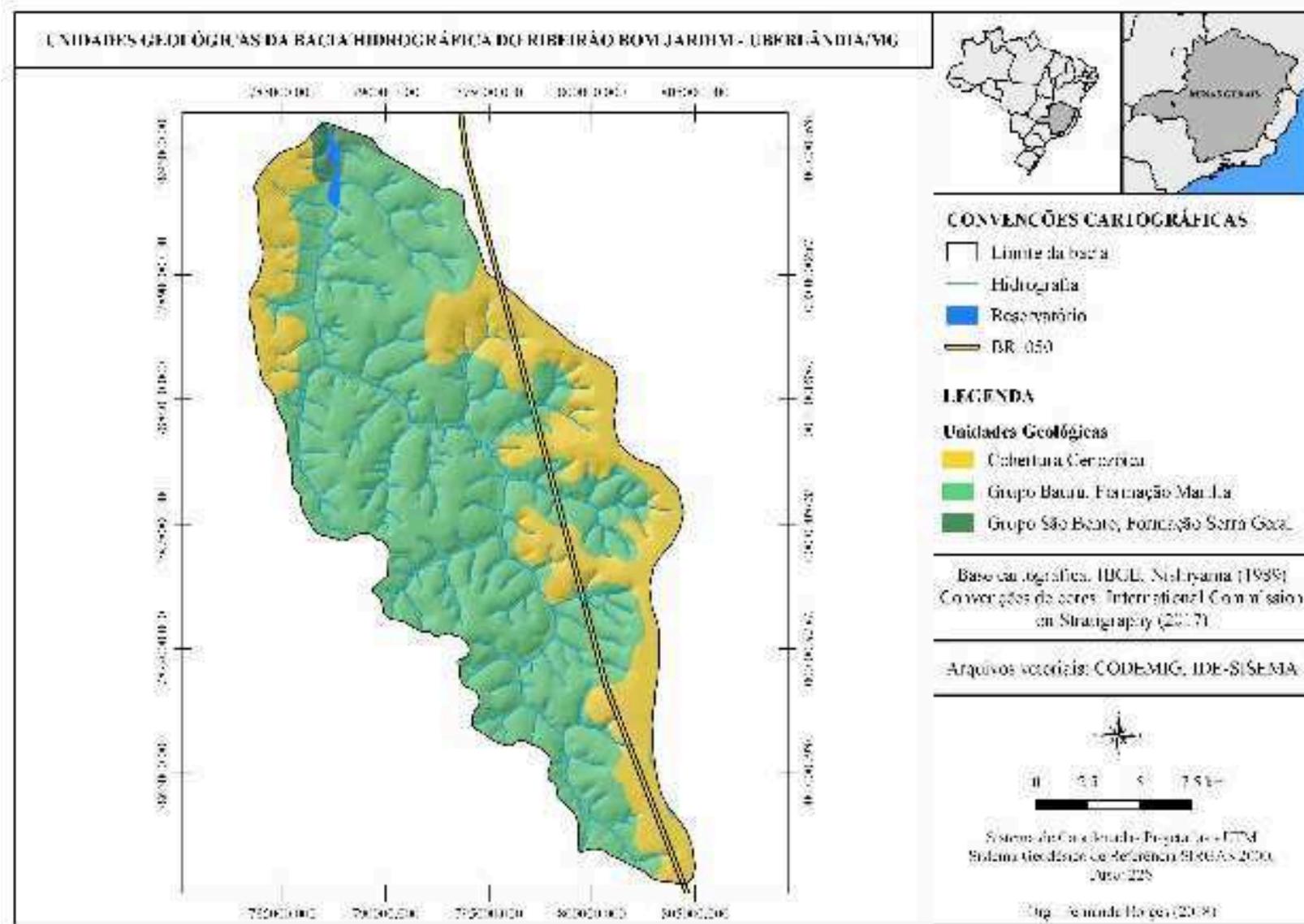
A



B



Mapa 3: Unidades geológicas da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim - UBERLÂNDIA/VG



2.3. Caracterização do Relevo

2.3.1. Contexto Regional

O relevo é elemento importante na análise da paisagem, pois além de controlar a direção, o fluxo e a velocidade da água escoada no terreno, direciona a forma de uso e ocupação por parte da população, no que diz respeito à prática de suas atividades. A formação do relevo se dá a partir de forças exógenas e endógenas, ou seja, da combinação de vários elementos que compõem a paisagem, tais como: geologia, movimentos tectônicos e ações de intemperismo da água, vento e temperatura (CASSETI, 2005). Para Ross (2014, p. 9) essas inter-relações são uma troca de energia e matéria entre os componentes da paisagem que geram o relevo num determinado tempo histórico, sendo assim responsáveis pela evolução, gênese e modelado da superfície.

O relevo brasileiro é característico por feições morfológicas que envolvem velhas montanhas rejuvenescidas, planaltos cristalinos e sedimentares, bem como planícies continentais e litorâneas (AB'SABER 1954, p. 40). Guimarães (1943, p. 63), evidencia que o Brasil, ao contrário do que se pensa, não é um país formado por altas montanhas, pois nenhum ponto passa dos 3.000 metros de altitude.

“O quadro da distribuição da área do país por zonas hipsométricas, evidencia que apenas 3% do território ultrapassam a altitude de 900 metros, ao passo que as terras baixas, com altitude inferior a 200 metros, correspondem a 40% da área total.” (GUIMARÃES, 1943, p. 63).

Dessa forma, pode-se dizer que a distribuição do relevo brasileiro se configura em 3/8 de planícies e 5/8 de planaltos de média altitude (GUIMARÃES, 1943, p. 63), porém, Ab'Saber (1954, p. 42) lembra que nem toda terra baixa situada entre 0 a 200 m enquadram-se no conceito de planícies, pois incluem colinas tabuliformes e terraços com um comportamento mais próximo ao dos baixos platôs.

Dentro da classificação dos planaltos de média altitude está o que se denomina Planalto Brasileiro (600 a 1100 m), o qual seu perfil pode ser traçado do Rio Grande do Sul ao sul da Amazônia (AB'SABER, 1954, p. 42) abrangendo a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a qual compreende a área de estudo. Tal região está inserida no Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central (AB'SABER, 1971), representando mais ou menos metade da área total do Planalto Brasileiro, e no Domínio dos Chapadões recobertos por cerrados e penetrados por florestas-galeria, com base na classificação morfoclimática de Ab'Saber (2012, p. 115). A partir disso,

“O domínio dos cerrados, em sua região nuclear, ocupa predominantemente maciços planaltos de estrutura complexa, dotados de superfícies aplainadas de

cimeira, e um conjunto significativo de planaltos sedimentares compartimentados, situados em níveis que variam entre 300 e 1700 m de altitude. (AB'SABER, 2012, p. 115-116).

Além disso, são áreas de interflúvios largos e vales simétricos espaçados entre si, convexização em geral discreta, perfis irregulares de vertentes, e constitui a área de menor densidade de drenagem e hidrográfica do país, com padrões de drenagem ligeiramente dentríticos (AB'SABER, 2012, p. 119).

Fazendo parte da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, o município de Uberlândia compreende, em geral, áreas de relevo plano, levemente ondulado e predominantemente dissecados, onde a altimetria varia entre 500 m a 980 m. A partir de estudos sobre a evolução paleogeográfica das chapadas sedimentares do Brasil Central, Baccaro (1989, p. 17, apud, AB'SABER, 1972), retrata que após a deposição do grupo Bauru, área que corresponde ao município supracitado, ocorreu uma lenta degradação e rebaixamento das superfícies formadas anteriormente, além da formação de crostas lateríticas.

Em seus estudos, Baccaro (1989; 1991b), por meio de uma análise comparativa entre relevo (enquanto formas), declividade, geologia e processos erosivos atuantes, classificou o relevo da área do município em quatro categorias: área de relevo medianamente dissecado (1), área de relevo intensamente dissecado (2), área de relevo residual (3), área de relevo com topo plano/áreas elevadas de cimeira (4), sendo que suas características são apresentadas a seguir:

(1) Área de relevo medianamente dissecado: compreende áreas com topos aplainados e de altimetrias entre 700 a 900 m, constituídas de vertentes suaves, convexas e declividade de 3° a 15°, recobertas por cerrado e em muitos locais interrompidas por rupturas de laterita; a Formação Adamantina, de maior expressão na área, encontra-se recoberta pelos basaltos da Formação Serra Geral.

(2) Área de relevo intensamente dissecado: são áreas mais elevadas do município, compreendendo a borda da chapada de Araguari-Uberlândia, de altimetrias entre 650 a 800 m, sendo a superfície mais antiga e mais conservada da região. Suas vertentes são mais encaixadas e as declividades mais acentuadas entre 25° e 40°, representada pelos basaltos da Formação Serra Geral, rochas do Grupo Araxá, predominantemente, e presença menos expressiva de arenitos do Grupo Bauru.

(3) Área de relevo residual: são as áreas de bordas escarpadas, erosivas de até 150 m, com declividades que podem atingir 45°. Corresponde às

áreas mais elevadas, topos e divisores d'água das principais bacias, estando entre as cotas altimétricas de 800 m a 900 m. O relevo é intensamente dissecado e vertentes de formas convexas, sustentadas pelas rochas da Formação Marília.

(4) Área de relevo com topo plano/áreas elevadas de cimeira: corresponde as áreas de topos planos e vales largos muito espaçados entre si, de vertentes suavizadas e declividades entre 3° e 5°, com pouca ramificação de drenagem, com altitudes de 800 m a 1050 m. São constituídas pelos arenitos da Formação Marília e pelos depósitos cenozoicos.

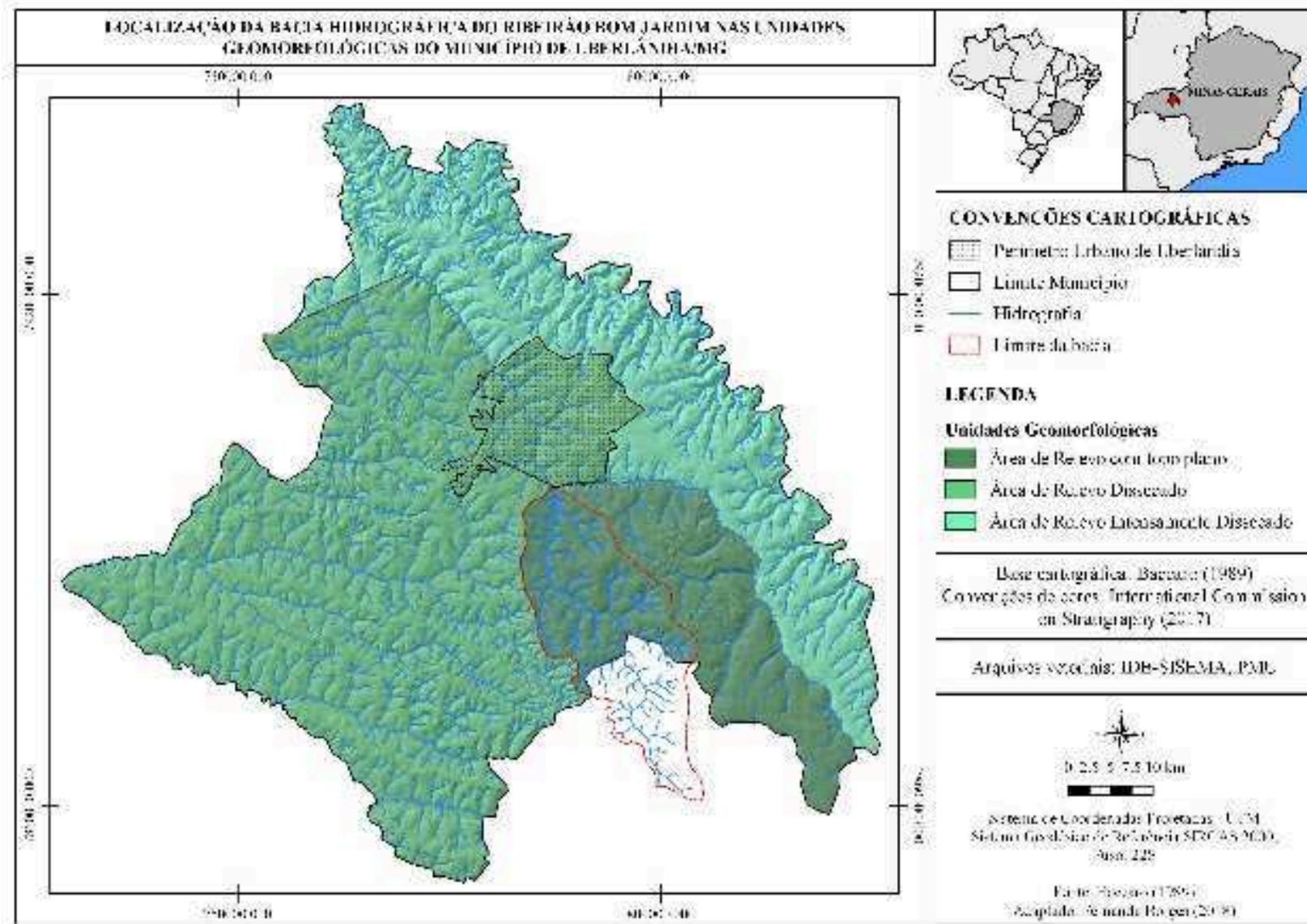
2.3.2. Morfologia da área

Com base na classificação de Baccaro (1989; 1991a), descrita anteriormente e representada no Mapa 4, a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, um dos principais afluentes do rio Uberabinha, insere-se na área de relevo com topo plano/áreas elevadas de cimeira com altitudes entre 880 m a 960 m. Possuem encostas suavizadas e alongadas, com processo de escoamento pluvial e difuso – atuantes na remoção de detritos e na evolução das vertentes, ocorrência significativa de solos hidromórficos próximos aos canais fluviais (BACCARO, 1994) e predominância de latossolos vermelho-amarelo distrófico e latossolos vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

“O relevo inscrito nesta bacia hidrográfica apresenta predominantemente segmentos de vertente convexas, com baixa declividade. Nas baixas vertentes próximos aos canais fluviais ocorre uma ruptura de declive associada à presença de crostas ferruginosas. Neste ponto o perfil torna-se côncavo com ocorrência de hidromorfismo. Esta situação foi mapeada como fundo de vale aberto (regionalmente denominado de veredas). Nas partes interfluviais predominam perfis planos, concordantes com as características sub-horizontais dos depósitos cenozóicos que capeiam os sedimentos da Formação Marília. O perfil A-B (transversal a bacia) indica as principais características morfológicas da bacia do ribeirão Bom Jardim.” (RODRIGUES; BRITO, 2000, p. 4-5).

Nestas áreas, ainda conforme Baccaro (1994, p. 29), há ocorrência moderada de processos erosivos devido à declividade pouco acentuada, porém, por serem sustentadas por arenitos da Formação Marília e depósitos cenozoicos, existe a prática de extração de cascalho em algumas áreas, o que pode influenciar no desenvolvimento de voçorocas.

Mapa 4: Unidades geomorfológicas do Município de Uberlândia-MG



2.3.3. Unidades morfológicas da área

Na bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, segundo o mapeamento de Rodrigues e Brito (2000), encontra-se os seguintes segmentos de relevo: Topo Plano, Topo Convexo, Patamar Plano, Patamar Convexo, Vertente Convexa, Fundo de Vale Aberto, Fundo de Vale Fechado e Planície Fluvial.

Realizando uma classificação do relevo com base nas cotas altimétricas, identifica-se três compartimentos dentro dos limites da bacia: inferior, com as áreas planas a levemente onduladas, entre as cotas altimétricas 800 m a 830 m, de classe de declividades predominante de 0 a 6%; intermediário, de áreas medianamente dissecadas, compreendendo as cotas altimétricas de 830 m a 890 m, com declividades que variam de 6 a 12% e, por fim, o compartimento superior, com áreas de topo plano e elevadas de cimeira (chapadas), acima de 890 m, conforme representado no Mapa 5, elaborado a partir da interpretação visual do relevo sombreado da área e pela divisão das curvas de nível.

As áreas de relevo plano a levemente onduladas estão dispostas do médio ao baixo curso da bacia, compreendendo o curso principal do ribeirão Bom Jardim possuindo declividades que não ultrapassam os 6%. São sustentadas pelas rochas da Formação Marília e Serra Geral. Destaca-se nesta área do compartimento inferior (FOTO 2) o reservatório de abastecimento de água do Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE e a presença da cachoeira do Bom Jardim que corre sobre a formação de rochas basálticas do Grupo São Bento. Além disso, são expressivas nestas áreas as planícies aluviais de margens mais alargadas se comparadas ao restante da bacia, devido ao gradiente topográfico bem mais baixo. Destaca-se também veredas e solos hidromórficos, áreas de mata ciliar e reserva de Áreas de Preservação Permanente – APP no entorno do reservatório.

Mapa 5: Classificação do relevo da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim - UBERLÂNDIA/MG

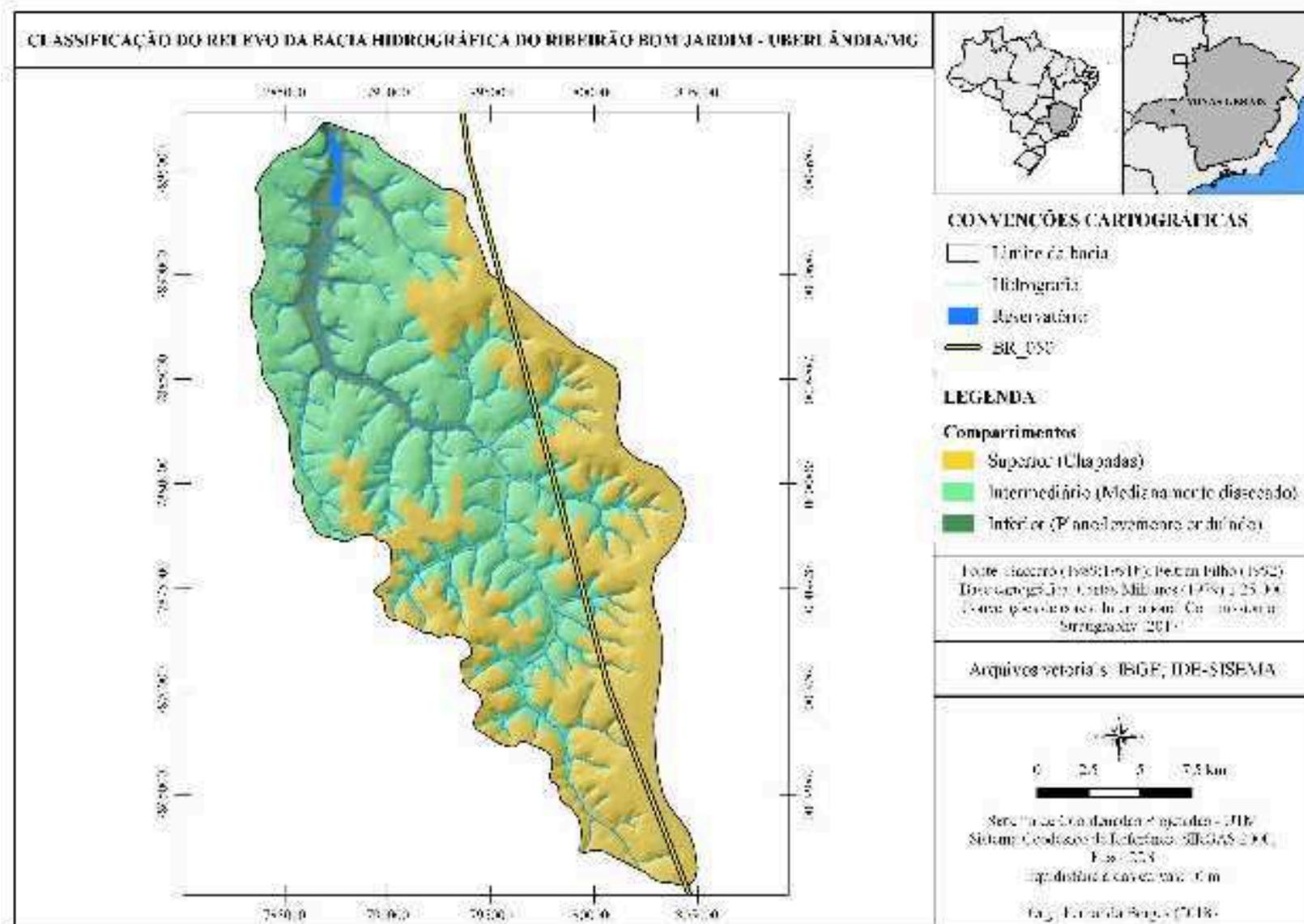
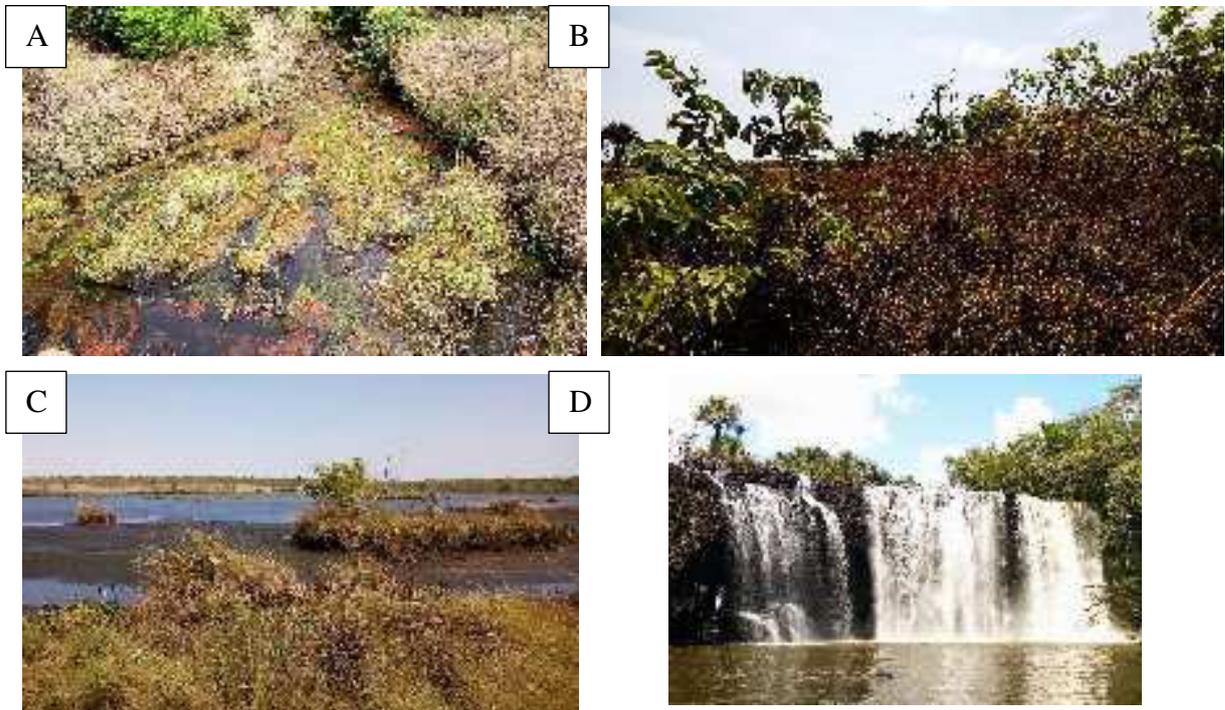


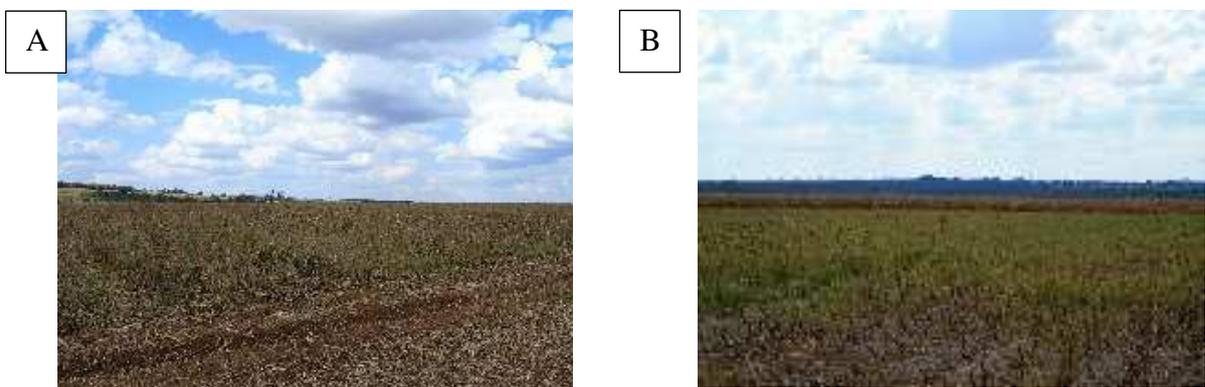
Foto 2: Compartimento inferior de áreas planas a suave onduladas. A: área úmida com vegetação característica. B: Cerradão dentro de Área de Preservação Permanente - APP. C: reservatório do ribeirão Bom Jardim. D: cachoeira do Bom Jardim.



Fotos: BORGES, F. O., 2018.

No compartimento intermediário (FOTO 3) encontram-se as áreas de relevo medianamente dissecado, compreendendo as classes de declividade de 6 a 12%. Sustentado pelas rochas da Formação Marília, as encostas são alongadas e convexas, onde a declividade mais acentuada, raramente chegando aos 20%, concentra-se nos vales dos rios e nas cabeceiras das nascentes. Envolvendo a maior parte da bacia, neste compartimento as formas de uso e ocupação da terra são voltadas para a agricultura e pastagens.

Foto 3: Compartimento intermediário de áreas medianamente dissecadas. A: área de cultura (colhida). B: área de pastagem. C: colinas alongadas e convexas em área de pastagem. D: vertentes suaves, de baixa declividade em área de cultura.





Fotos: BORGES, F. O., 2018.

As áreas de chapadas da bacia do ribeirão Bom Jardim (FOTO 4) compreendem as cotas altimétricas de 890 a 970 m; constituem os topos planos, largos e espaçados entre si, com declividades que não passam de 3%. Tais áreas são sustentadas pelo substrato rochoso da Formação Marília e dos Depósitos Cenozoicos.

“A feição morfológica característica da Formação Marília é apresentar relevo de topo plano e bordas abruptas mantidos pela cimentação mais intensa da rocha. Esse aspecto morfológico pode ser observado na Serra da Galga na rodovia BR-050 que liga as cidades de Uberaba a Uberlândia.” (NISHIYAMA, 1989, p. 14).

Foto 4: Compartimento superior de áreas de chapadas. A e B: pastagem em área de chapada. C: plantação de sorgo em área de chapada. D: área plana de declividade zero.



Fotos: BORGES, F. O., 2018.

A bacia do ribeirão Bom Jardim possui certa particularidade em seus aspectos físicos, pois dispõe de uma alta densidade de drenagem nas áreas de chapada se comparada com as demais bacias próximas à sua área. Rosa (2017) propôs um zoneamento ambiental a partir das unidades de paisagens contidas na bacia hidrográfica do rio Uberabinha onde a bacia do ribeirão Bom Jardim é, em sua totalidade somadas às áreas adjacentes, considerada como uma única zona, exatamente pelo fator densidade drenagem.

“O critério adotado para considerar esta bacia como uma zona está no fato de que a mesma possui a maior densidade de drenagem da porção da chapada. Neste caso, o cálculo dos percentuais dos atributos dos componentes físico-geográficos não seriam capazes de explicar esta delimitação, pois seus resultados são parecidos com as zonas 1 e 3, exceto quando observa-se a distribuição da rede de drenagem, que é capaz de orientar a distribuição espacial das tipologias de solos e uso da terra.” (ROSA, 2017, p. 81).

Nestas áreas mais elevadas estão instaladas atividades de agricultura, principalmente plantio de milho e soja, florestamento e granjas; quanto à vegetação natural, estas ocorrem apenas em reservas legais e áreas marginais, conforme definidas por lei, onde observa-se resquícios de cerrado denso de árvores mais altas e florestas de galeria.

2.4. Caracterização dos Solos

2.4.1. Contexto regional

A formação dos solos se dá a partir da decomposição das rochas e acréscimo de outros materiais, tais como matéria orgânica. Em outras palavras, são resultantes “(...) de uma complexa interação de inúmeros fatores genéticos: clima, organismos e topografia, os quais, agindo durante um certo período de tempo sobre o material de origem, produzem o solo” (IBGE, 2007). No estudo da paisagem, os solos são também elementos importantes, pois descrevem a capacidade de infiltração da água precipitada e sustentação da vegetação.

As superfícies elevadas dos Chapadões da região central do Brasil, e/ou outras áreas aplainadas, são constituídas basicamente por Latossolos (IBGE, 2007). Inserido nas áreas de chapadas do Planalto Central Brasileiro, no Triângulo Mineiro há uma grande expressividade da classe de Latossolos, sendo eles: vermelhos, vermelho-amarelos e roxos. Os latossolos são assim chamados por possuírem o horizonte B latossólico, característico por ser um horizonte mineral subsuperficial, em que seus complementos evidenciam o avançado estágio de intemperização. Em geral, esse horizonte é constituído por óxidos de ferro e de alumínio, argilominerais do tipo 1:1, quartzo e outros minerais mais resistentes ao intemperismo (EMBRAPA, 2006, p 51). São solos profundos, raramente inferiores a um metro, bem

desenvolvidos, devido ao avançado estágio de intemperização e variam de fortemente a bem drenados, típicos de regiões tropicais e equatoriais.

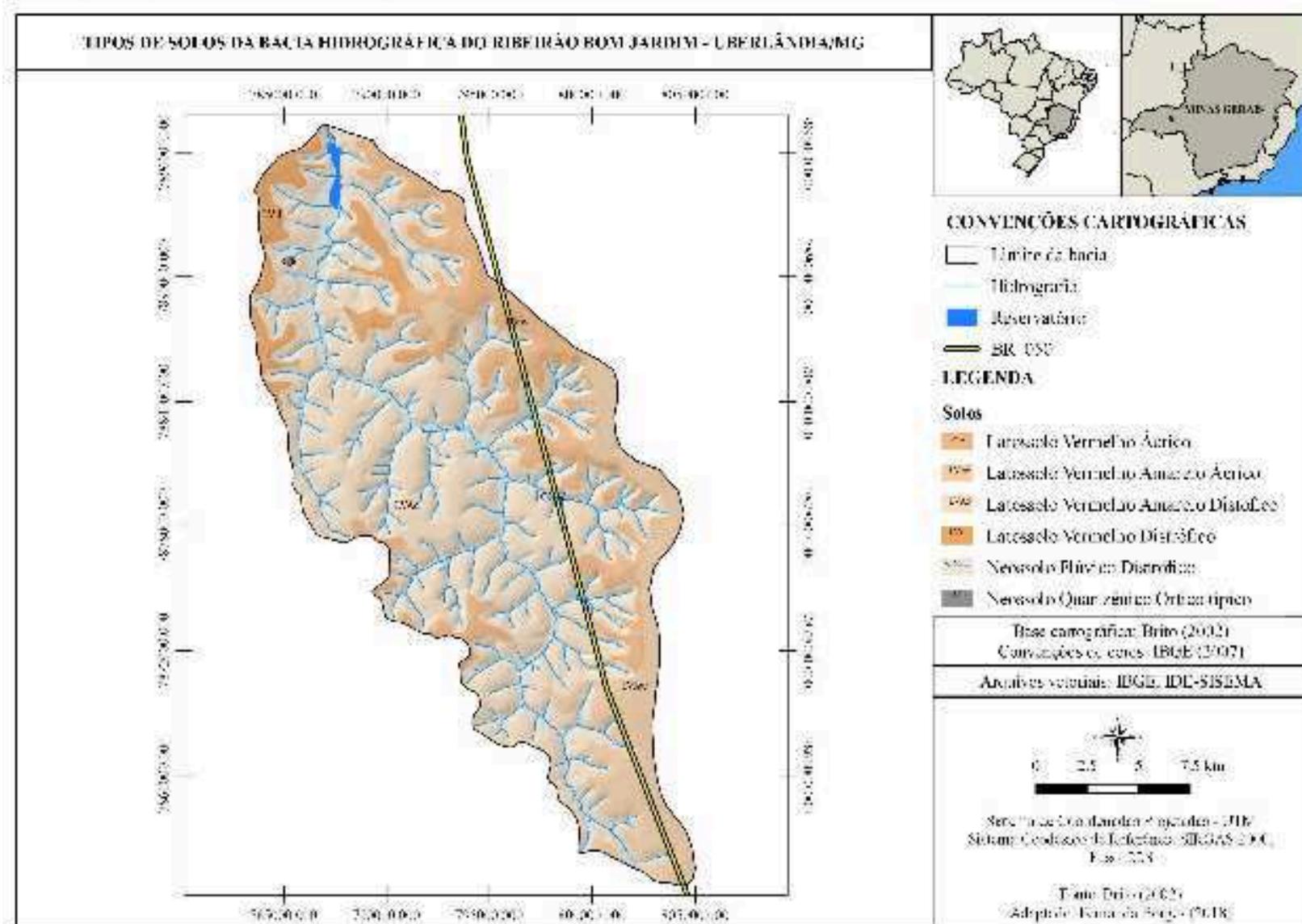
“São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem, todavia, solos com saturação por bases média e até mesmo alta; encontrados geralmente em zonas que apresentam estação seca pronunciada, semi-áridas ou não, ou ainda por influência de rochas básicas ou calcárias.” (EPAMIG, 2006, p. 82).

Situado no Triângulo Mineiro, os solos de grande ocorrência no município de Uberlândia são os latossolos, intercalados por Cambissolos e solos hidromórficos, localizados nas margens dos cursos hídricos. Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos, onde é possível encontrar o material de origem em intemperização; possuem o horizonte B incipiente, constituídos por material mineral (EPAMIG, 2006, p 77). Em Uberlândia, estes solos localizam-se nas áreas de relevo dissecado, onde a declividade é moderadamente acentuada, impedindo a permanência dos materiais para seu desenvolvimento. Já os solos hidromórficos, encontrados nas margens dos canais fluviais, baixadas e áreas de várzea, resultam de processos de redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica; possuem horizonte glei (de cores acinzentadas) dentro de 150 cm de superfície do solo e encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, ou seja, mal, ou muito mal drenados.

2.4.2. Tipos de solos da área

Localizada no município de Uberlândia, os tipos de solos da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim não diferem da tipologia existente no município. Segundo o mapeamento de Brito (2002), na área da bacia são encontrados Latossolo vermelho-amarelo ácrico (LV_Aw), de horizonte A moderado e textura média e ocorre em área de relevo plano; Latossolo vermelho-amarelo distrófico (LV_Ad), de horizonte A moderado, textura muito argilosa a argilosa, situado em áreas de relevo plano a suave ondulado; Latossolo vermelho ácrico (LV_w), que possui as mesmas características do Latossolo vermelho-amarelo distrófico, de horizonte A moderado, textura muito argilosa a argilosa e ocorre em áreas de relevo plano a suave ondulado; o Latossolo vermelho distrófico (LV_d), tem o horizonte A moderado, textura média, localizado em áreas de relevo plano a suave ondulado; por fim, o Neossolo Flúvico distrófico, de horizonte A moderado, textura argilosa média, ocorre em áreas de várzea associadas a relevo plano (MAPA 6, FOTO 5).

Mapa 6: Tipos de solos da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim - Uberlândia, MG



Os Latossolos vermelho-amarelo ácrico e Latossolos vermelho distrófico sustentam áreas de cerrado tropical subcaducifólio. Já os Latossolos vermelho distrófico e Latossolos vermelho ácrico, sustentam áreas de cerrado tropical subcaducifólio e, os Neossolos Flúvicos distrófico sustentam florestas tropicais subcaducifólias e vegetação típica de áreas úmidas (BRITO, 2002, p. 27-28).

Foto 5: Representação dos tipos de solos da bacia. A: Latossolo vermelho-amarelo distrófico. B: área com Latossolo vermelho ácrico. C: área de cultura colhida em Latossolo vermelho distrófico. D: laterita em área de Latossolo vermelho-amarelo distrófico. E: Neossolo Flúvico. F: Matéria orgânica encontrada em área de Neossolo Flúvico.



Fotos: BORGES, F. O., 2018.

2.5. Caracterização da Vegetação

2.5.1. Contexto regional

A cobertura vegetal é um dos elementos mais importantes de uma paisagem, no que diz respeito à preservação do solo, qualidade do ar e recarga de água para os cursos hídricos. Em outras palavras, “a vegetação compreende o conjunto estrutural, fisionômico e florístico de um determinado local.” (CAVALCANTI, 2014, p. 73).

No Estado de Minas Gerais as características vegetais se resumem em quatro biomas principais: Mata Atlântica, localizada em toda a borda leste e sul do Estado, compreendendo as áreas montanhosas; Cerrado, recobrimdo quase toda a extensão do Estado, estando localizado na região central e Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba; Campo Rupestre de Altitude, localizado em áreas esparsas, que reveste a região de Belo Horizonte, áreas da Serra do Espinhaço e em algumas pequenas “ilhas” no Cerrado e Mata Atlântica e, por fim, a Caatinga, situada a norte do Estado.

O Cerrado, bioma predominante em Minas Gerais, revestindo cerca de 57% do território mineiro (SANO, et.al., 2008), é também o bioma que recobre toda a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, onde localiza-se a área de estudo. Ab’Sáber (2012) definiu esta área recoberta por cerrados como o “Domínio dos chapadões recobertos por cerrados e penetrados por florestas-galeria”, constituindo uma área de 1,7 a 1,9 milhão de quilômetros quadrados de extensão. Sua área nuclear está situada basicamente nos planaltos maciços e sedimentares, e superfícies aplainadas que variam de 300 a 1700 m de altitude (AB’SÁBER, 2012, p. 116). Além dessas características morfológicas, os Cerrados ocorrem em áreas de clima tropical, com duas estações bem definidas, de invernos secos e verões chuvosos, precipitação média anual de 1300 a 1600 mm, temperatura média de 20°C, e são sustentados por solos particulares dessas regiões, bem desenvolvidos, profundos, dependendo da declividade do terreno, e, em geral, de baixa fertilidade.

A grande variedade fitofisionômica do Cerrado deve-se às características do ambiente de formação do pacote geológico e dos tipos de solos. Em áreas de rochas ricas em minerais ferromagnesianos (ferro e magnésio), como por exemplo, basalto, diabásio, gabro, entre outras, sustentam vegetação predominante de Mata Seca, Cerrado e Cerradão (REATTO; CORREIA; SPERA, 1998, p. 48). Já em áreas onde encontram-se rochas pobre desses minerais, como granitos, gnaisse, arenitos, há o desenvolvimento de solos de baixa fertilidade, de textura arenosa e vegetação de porte baixo, variando de Campo Limpo a Cerradão.

Vegetação predominante de Mata Seca Decídua ocorre em áreas onde os solos são desenvolvidos a partir do intemperismo de rochas calcárias, sendo estes geralmente ricos em bases (cálcio e magnésio), de fertilidade baixa devido ao alto grau de intemperização. Os solos mais jovens são encontrados em relevos mais acidentados enquanto que, os mais desenvolvidos ocupam porções de relevo aplainado (REATTO; CORREIA; SPERA, 1998, p. 49).

Ainda se encontra no bioma Cerrado fisionomias características de formações florestais, com predominância de espécies arbóreas e formação de dossel, como as Mata Ciliar, Seca e de Galeria e Cerradão; Savânicas, áreas com árvores e arbustos espalhados sobre gramíneas, como o Cerrado sentido restrito, podendo ser subdividido em Cerrado Denso, Cerrado Típico e Cerrado Ralo; Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda, com espécies tolerantes a áreas inundadas ou parcialmente inundadas e elevadores teores de ferro e manganês; e por fim, campestres, área com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas fitofisionomias típicas Campo Limpo, Campo Sujo, e Campo Rupestre.

2.5.2. Vegetação da área

Na área de estudo, no que diz respeito à vegetação natural, encontra-se resquícios de fisionomias características de Cerradão, Mata Ciliar, Mata de Galeria, Veredas e Cerrado sentido restrito. As propriedades de cada fisionomia identificada na bacia do ribeirão Bom Jardim, segundo Ribeiro e Walter (1998, p. 104-130) são:

- Cerradão: caracteriza-se pelo aspecto fisionômico de uma floresta, mas floristicamente ao do Cerrado, com árvores tortuosas, baixas e inclinadas, de aspecto semicaducifólio. Possui dossel contínuo e cobertura arbórea entre 50 a 90% de altura média variando de 8 a 15 metros. É sustentado por solos profundos, bem drenados, de média a baixa fertilidade, como os Latossolos vermelho-escuro e Latossolos vermelho-amarelo. As espécies arbóreas mais frequentes são Pequi (*Caryocar brasiliense*), Copaíba (*Copaifera duckei*), Carvalho (*Roupala montana*), Pindaíba (*Duguetia bahiensis*), Sucupira-preta (*Sweetia fruticosa*), Pau-santo (*Kielmeyera coriácea*) e outras. Na área do ribeirão Bom Jardim, o Cerradão está localizado em porções isoladas de áreas de Reserva Legal (FOTO 6-C).
- Mata Ciliar: corresponde à formação florestal que acompanha os cursos d'água de médio e grande porte, estando estas localizadas sobre os solos aluviais da bacia; é relativamente estreita, não passando dos 100 m de largura e ocorre geralmente em terrenos acidentados; os solos podem ser rasos como os Cambissolos, ou profundos como os Latossolos, podendo ainda ocorrer em solos aluviais (FOTO 6-B). As árvores

variam em altura de 20 a 25 metros de aspecto semidecidual, apresentando espécies como Angicos (*Parkia nitida*), Perobas (*Paratecoma peroba* Kuhl), Ingás (*Inga alba*), Aroeiras (*Astronium graveolens*), Embaúbas (*Cecropia ficifolia*), Babaçus (*Attalea speciosa*), entre outras.

- Mata de Galeria: é a vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos, formando corredores fechados sobre os cursos d'água. Localizam-se nos fundos de vale ou nas cabeceiras de drenagem. A altura das árvores varia entre 20 e 30 metros e ocorre em Cambissolos, Plintossolos, Podzólicos, em solos hidrofórmicos ou aluviais e, até mesmo, em Latossolos. A Mata de Galeria pode ainda ser do tipo não-inundável, que ocorre em terrenos acidentados, onde o lençol freático não está próximo da superfície, mesmo na estação chuvosa, destacando a Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), Tapicuru (*Callisthene major*), Jequitibá (*Cariniana domestica*) como principais espécies, ou do tipo inundável, situada em locais bastante planos, onde o lençol freático está próximo ou sobre a superfície do terreno, mesmo na estação seca, em que se destaca o Cedro (*Cedrela odorata*), Sangra-d'água (*Croton urucurana*), Marinheiro (*Guarea guidonia*), entre outras. Na bacia, estão localizadas nas cabeceiras de drenagem, em Latossolos, e nos fundos de vale, sobre solos aluviais, se diferenciando da Mata Ciliar pela formação dos corredores fechados sobre o curso d'água.

- Veredas: são encontradas em solos hidromórficos, saturados na maior parte do ano; ocupam vales ou áreas planas, acompanhando as linhas de drenagem. Nesta fitofisionomia, a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* é o indivíduo destaque, possuindo altura média de 12 a 15 metros com cobertura que varia de 5% a 10%, não formando dossel. As veredas são circundadas por Campos Limpos úmidos, Matas de Galeria ou Ciliar e condicionadas ao afloramento do lençol freático. Na área de estudo, as veredas estão dispostas nas áreas planas e úmidas, próximas aos cursos d'água e penetrando a Mata Ciliar (FOTO 6-D).

- Buritizais: palmeirais em solos mal drenados com presença dominante da espécie *Mauritia flexuosa* (Buriti), caracterizado como buritizal. Nesta fitofisionomia há formação de dossel com altura variável de 12 a 20 metros com cobertura de cerca de 40% a 70%, diferentemente das veredas que possuem um único indivíduo. Um agrupamento de buritis pode formar galerias, porém diferencia da Mata de Galeria devido à dominância do buriti, já que nesta há outras inúmeras espécies que formam a mata (FOTO 6-A).

- Cerrado sentido restrito: é caracterizado por árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas e, geralmente possuem evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados e, no período chuvoso são exuberantes devido ao rápido crescimento. Os troncos das plantas possuem cascas grossas com fendas ou sulcos e as folhas são rígidas e coriáceas, características para adaptação no período de seca (xeromorfismo). O Cerrado sentido restrito é sustentado por solos das classes de Latossolos, podendo ocorrer também em áreas de Cambissolos, Areias Quartzozas e outros. São representantes dessa formação espécies tais como Cajueiro (*Anacardium occidentale*), Murici (*Byrsonima euryphylla*), Olho-de-boi (*Diospyros hispida*), Carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*), Pequi (*Caryocar brasiliense*), Faveira (*Macrolobium limbatum*), entre outras. De acordo com o espaçamento entre os indivíduos arbóreos, a composição florística e a porcentagem de cobertura arbórea, o Cerrado sentido restrito pode ainda se subdividir em Cerrado Denso, Cerrado Típico e Cerrado Ralo. Na bacia do ribeirão Bom Jardim esta fisionomia encontra-se preservada em Área Militar, onde percebe-se uma transição para Campo Sujo Úmido, à medida que vai se aproximando da área úmida da bacia.

Foto 6: Representação dos tipos de vegetação de Cerrado da bacia. A: Buritizal. B: Mata Ciliar. C: Cerradão. D: Veredas.





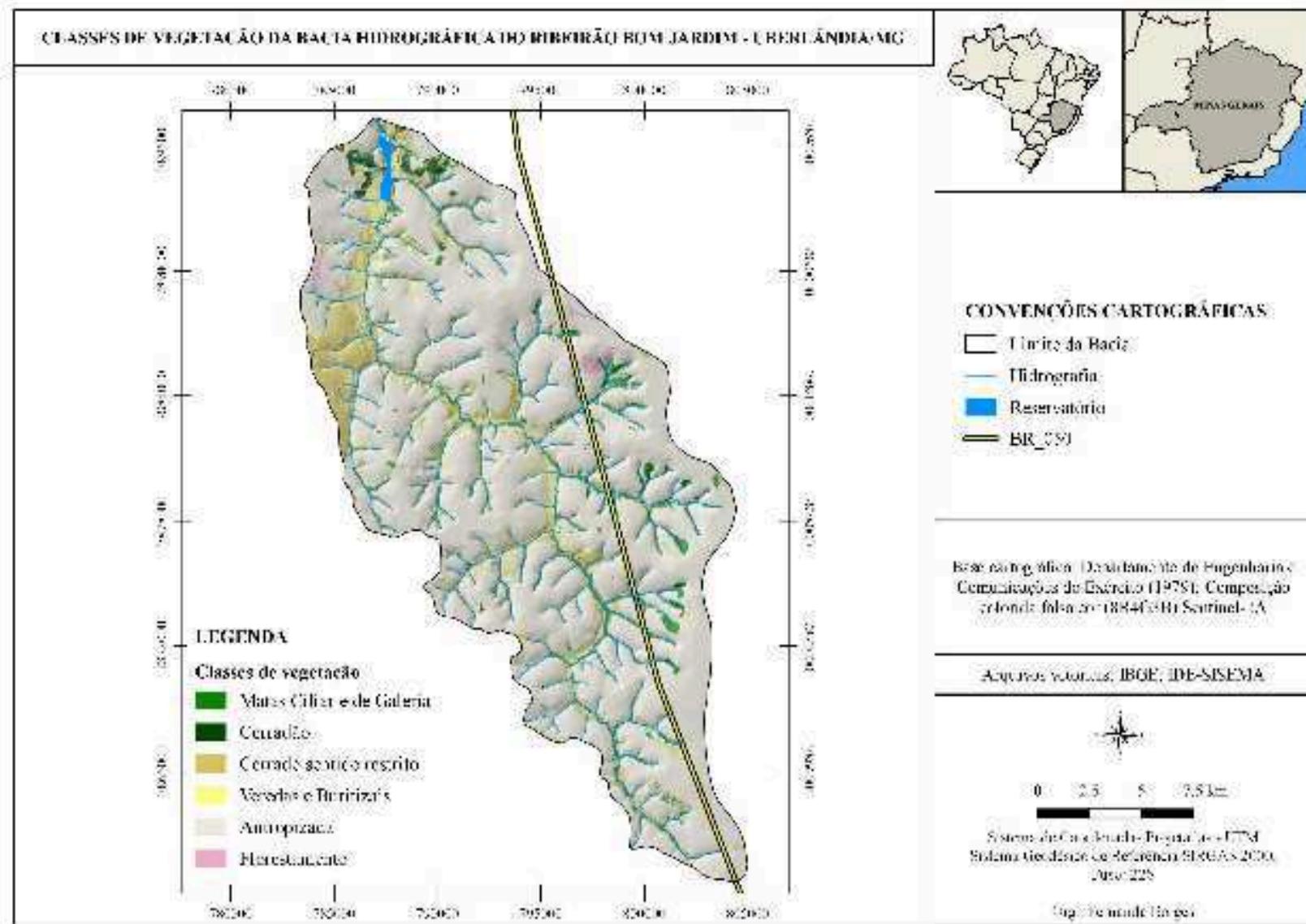
Fotos: BORGES, F. O., 2018.

No Mapa 7 é possível perceber a predominância de vegetação antropizada na área, em relação às fitofisionomias do bioma Cerrado, que ocupam cerca de 24,6% da bacia, conservadas em Áreas de Preservação Permanente – APPs, Reserva Legal, Área Militar, ou áreas de impossível implantação da agropecuária, enquanto que, a vegetação antrópica com culturas de milho, soja, sorgo, cana-de-açúcar e áreas de pastagem, correspondem à 75,4% da área da bacia, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Quantificação das áreas ocupadas por vegetação

CLASSES	ÁREA EM KM ²	ÁREA EM %
Mata Ciliar e de Galeria	17,6	4,3
Cerradão	8,8	2,1
Cerrado sentido restrito	51	13,1
Veredas e Buritizais	20,5	5,1
Antropizada	301,1	75
Florestamento	2	0,4
TOTAL	401	100

Mapa 7: Classes de vegetação da bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim - Uruaçu, GO



2.6. Caracterização Climática

2.6.1. Clima regional

A caracterização climática consiste em um dos principais fatores de documentação de uma área, pois expressa diretamente a relação entre sociedade e natureza, já que eventos extremos relacionados à temperatura e precipitação, fora dos padrões, influenciam na qualidade de vida de uma população (Mendes, 2001, p.100). “O clima influencia diretamente as plantas, os animais, a evolução dos solos e a quantidade de água disponível para a sociedade” (MENDES SILVA; FERREIRA, 2015, p. 1336).

Localizado na região Sudeste, o município de Uberlândia encontra-se em uma zona de intertropicalidade, ou seja, entre trópicos, o Trópico de Capricórnio e o Trópico de Câncer, a sul e norte do planeta, respectivamente. Mediante à esta localização, o referido município pertence à zona climática tropical. Silva e Assunção (2004) apontam que, segundo a categorização de Köppen, o clima é classificado como do tipo Aw, característico de regiões tropicais devido à carga de energia recebida no decorrer do ano, possuindo um inverno seco e um verão chuvoso. Sendo assim, na área em questão há a ocorrência de duas estações bem definidas ao longo do ano: uma seca (maio/setembro), com invernos moderados e secos, de temperaturas abaixo ou igual a 19° C, concentradas principalmente no mês de junho, e uma úmida (outubro/abril), onde os verões são chuvosos e quentes com temperaturas superiores ou iguais a 27°C, encontradas no mês de outubro com maior frequência.

Além disso, o período chuvoso do município de Uberlândia pode ser explicado por estar sob influência das atividades convectivas da bacia Amazônica, que se iniciam no mês de agosto; o período chuvoso ocorre, em média, na segunda quinzena de outubro e, o auge da estação chuvosa, com chuvas mais intensas acontecem entre os meses de dezembro e fevereiro, enfraquecendo em meados de março e começo de abril (NOVAIS, 2011, p.67). A temperatura média anual é de 23°C e o regime pluviométrico é de 1500 mm ao ano.

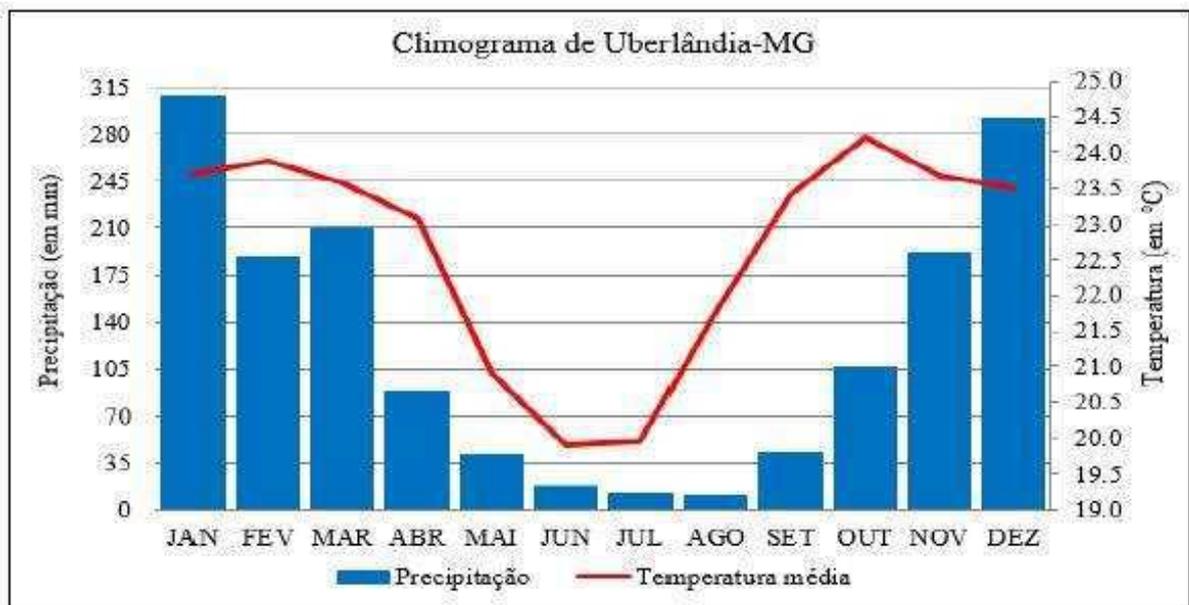
2.6.2. Precipitação

Segundo Petrucci (2018, p. 61), a precipitação na cidade de Uberlândia é concentrada entre os meses de outubro e março, sendo que os picos ocorrem nos meses de dezembro, com 309 mm, e janeiro, com 292 mm. De abril a setembro ocorre o período de estiagem, onde as médias totais de precipitação são abaixo dos 100 mm, sendo os extremos nos meses de julho, com 10 mm, e agosto com 11 mm. A precipitação média anual da cidade é no entorno de 1507 mm.

2.6.3. Temperatura

Em relação à temperatura, Petrucci (2018, p. 62) explica que os meses que apresentam maiores temperaturas estão entre abril e setembro, mesmo período de estiagem, onde os valores médios ultrapassam os 23°C, porém, as temperaturas mais elevadas são registradas nos meses de outubro, com 24,2°C e fevereiro com 23,9°C. Já no período de maio a agosto, as temperaturas são mais amenas e os meses mais frios são junho, apresentando temperaturas de 19,9°C, e julho com temperaturas de 20°C. Em Uberlândia, a temperatura média anual é de 22,6°C e o gradiente entre o mês mais quente para o mês mais frio é de 4,3°C; entretanto, já foram registradas temperaturas máximas acima dos 35°C no verão, e mínimas abaixo dos 10°C no inverno (FIGURA 2).

Figura 2: Climograma da cidade de Uberlândia-MG, série histórica de 1981 a 2015



Fonte: PETRUCCI, 2018, p. 61.

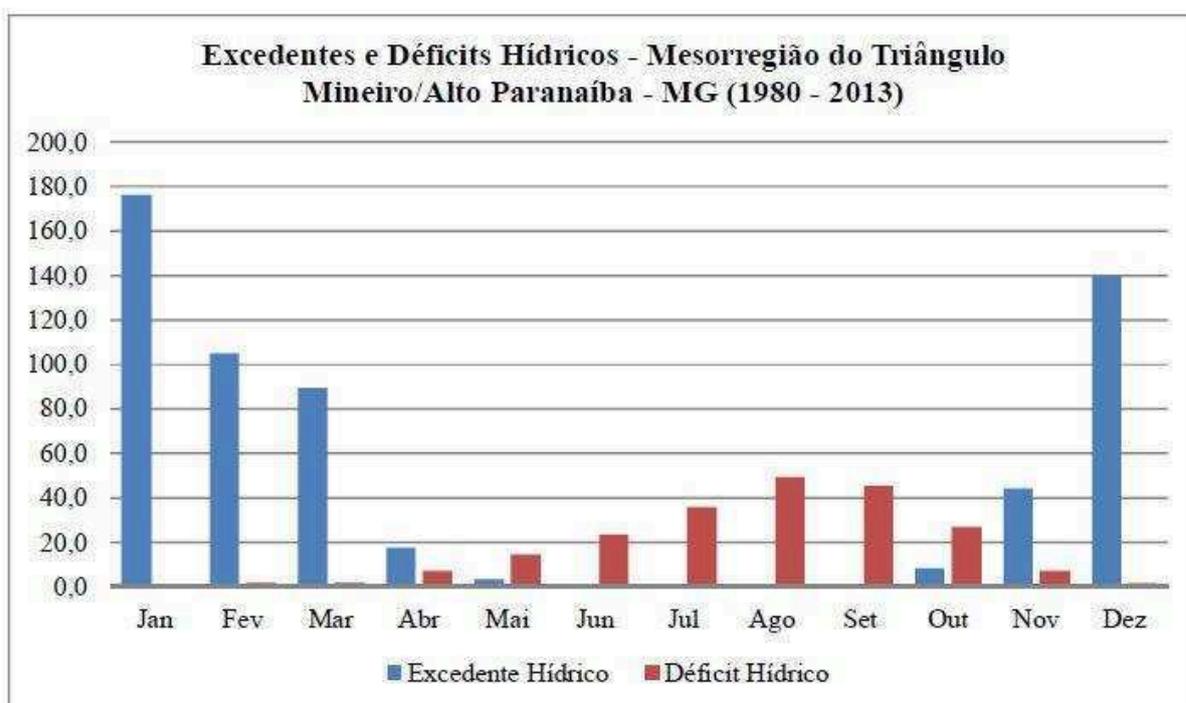
2.6.4. Balanço hídrico

O balanço hídrico é importante para analisar a dinâmica da pluviosidade e disponibilidade de água nos solos (excedentes e déficits), principalmente em áreas agrícolas, para tomadas de decisão em políticas de planejamento econômico de uma região e avaliação do potencial hídrico para abastecimento (ROLDÃO; FERREIRA, 2015), no qual pode ser calculado com base na metodologia de Thornthwaite e Mather (1955). Segundo análises de Roldão e Ferreira (2015), a média pluviométrica da região do Triângulo Mineiro é de 1481,4 mm, com variabilidade ao longo dos meses e dos anos, sendo que, na parte oeste registra-se índices de chuva que não ultrapassam médias de 1500 mm; já na parte leste há um aumento nos

índices pluviométricos, onde foram registradas médias de 1670,5 mm em Coromandel, 1742,3 mm em Cascalho Rico e 1507 mm em Uberlândia.

Os excedentes hídricos apresentam uma média de 581,8 mm, onde as maiores médias estão concentradas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro com valores superiores a 10 mm e entre os meses de maio a outubro são registrados os menores valores, com médias variando entre 0,1 mm a 8,4 mm (ROLDÃO; FERREIRA, 2015, p. 5-6). Em relação aos déficits hídricos, foram registradas médias de 216,6 mm. Entre os meses de abril e outubro, período que corresponde à estiagem na região, a retirada de água do solo é superior à reposição, fazendo com que o déficit vá aumentando gradativamente, atingindo o ponto máximo no mês de agosto, registrando média de 50 mm. Em virtude do alto índice pluviométrico nos meses de dezembro, a março, os índices deficitários não ultrapassam 2 mm (FIGURA 3).

Figura 3: Excedentes e Déficit Hídricos – Mesorregião do Triângulo Mineiro



Fonte: ROLDÃO; FERREIRA, 2015, p. 8.

2.7. Uso da terra e Atividades Econômicas

O processo de ocupação do Cerrado brasileiro iniciou ainda no século XVII com a mineração de ouro e, com sua derrocada, ocorre um aumento na instalação de atividades ligadas à agricultura e pecuária. Porém, essa ocupação é intensificada nas décadas de 1960 e 1970, a partir de políticas de subsídios para a modernização da agricultura, devastando grandes áreas do Cerrado e estabelecimento de monoculturas. Essa antropização é responsável pela

degradação do bioma que sofre processos erosivos de perda de solos, ressecamento dos solos, voçorocamentos e assoreamento de cursos d'água.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, conforme Mapa 8, as formas de uso e ocupação da terra se resumem a atividades agrícolas e pecuárias (FOTO 7). Na Tabela 3 é possível identificar que a agricultura ocupa mais da metade da área da bacia, cerca de 63,1%, estando instalada nas áreas de chapadas e de relevo medianamente dissecado, onde a baixa declividade auxilia na instalação e mecanização das lavouras.

Foto 7: Representação dos tipos de vegetação antropizada. A: Cultura de sorgo. B: Cultura de soja. C: Área de Pastagem. D: Área de cultura em processo de colheita.

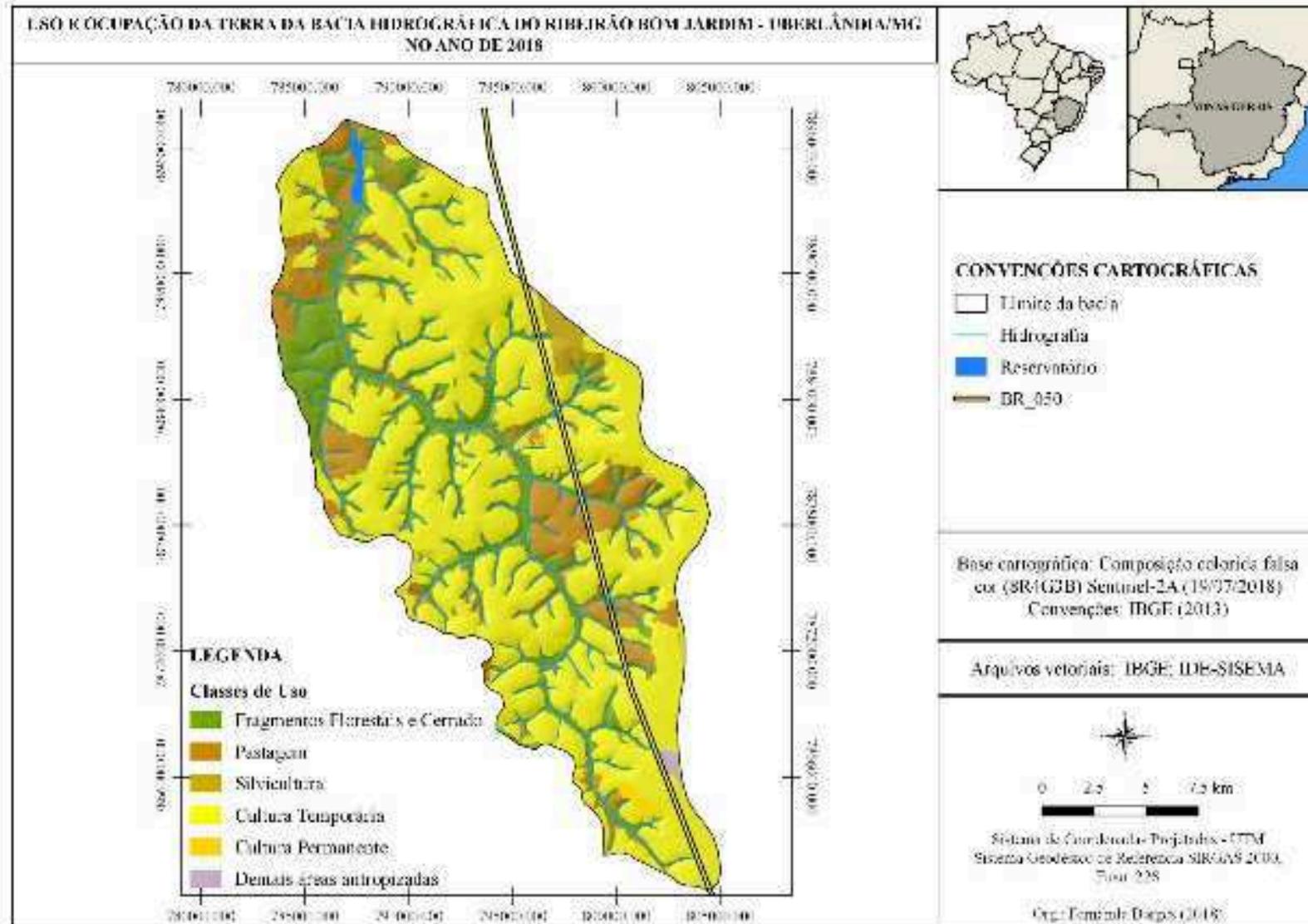




Tabela 3: Quantificação das áreas de uso e ocupação da terra

CLASSES	ÁREA EM KM ²	ÁREA EM %
Fragmentos Florestais	97,9	24,6
Pastagem	47,8	8,1
Silvicultura	2	0,4
Agricultura	252,2	66,7
Cultura Permanente	1,1	0,2
TOTAL	401	100

Mapa 8: Uso e ocupação da terra e atividades econômicas da bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim - Uberlândia/MG



As pastagens também ocupam significativa porcentagem dentre as atividades que instaladas na área da bacia, com cerca de 12,52%, estando localizadas nas áreas de relevo medianamente dissecado e próximo aos cursos hídricos. Entre o período de colheita e de um novo plantio das culturas, essas áreas também podem ser utilizadas como pastagem. Dentre as classes determinadas como Fragmentos Florestais, ocupando cerca de 22,02% da área, além do Cerrado sentido restrito, das Matas Ciliar e de Galeria, estão também classificadas as áreas de várzea e de solo hidromórfico. A Silvicultura é pouco representativa, assim como as demais áreas antropizadas, destacando o reservatório de abastecimento urbano do Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE, localizado no baixo curso, e o Terminal Integrador Uberaba (Porto Seco), responsável pelo armazenamento e transporte de milho, soja e farelo escoados pela Ferrovia Centro-Atlântica, localizado no alto curso, próximo à nascente, no Km 116 da BR-050, em Uberaba (MG).

3. ANÁLISE DE FATORES QUE INFLUENCIAM NA PROBABILIDADE DE INUNDAÇÃO

Este capítulo é destinado aos fatores que são capazes de influenciar na probabilidade de ocorrência de um evento de inundação, que vão além dos mais comuns, como precipitação e relevo. Entende-se que a configuração de uma bacia hidrográfica e seu funcionamento hidrológico também são fatores facilitadores no seu processo de inundação. Além disso, o conhecimento da morfometria de uma bacia pode servir como subsídios para o planejamento ambiental e urbano na elaboração de planos de manejo, drenagem e expansão urbana. Dessa forma, considerou-se neste trabalho os fatores geométricos (área, perímetro, comprimento do eixo da bacia, coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator forma), os fatores morfológicos (hipsometria, declividade, elevação média, declividade média, índice de rugosidade, relação relevo, amplitude altimétrica, textura topográfica e fator topográfico), bem como os fatores hidrográficos (densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, densidade hidrográfica, densidade de confluência, coeficiente de torrencialidade, relação de bifurcação, índice de sinuosidade, ordem, padrões de drenagem e regime de escoamento).

As relações morfométricas, segundo Pereira et.al. (2015), considerando parâmetros de relevo e hidrografia, são importantes para o entendimento do funcionamento de uma bacia hidrográfica, enquanto o regime de produção, recebimento, direção e fluxo de água. Christofolletti (1980, p. 102) afirma que

“(…) a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem

processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre.” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 102).

Há que se destacar também os parâmetros geométricos, os quais indicam o tempo que a água percorre uma bacia até chegar à foz, bem como o comportamento da água recebida dentro dos seus limites. Não se deve desconsiderar os demais componentes do ambiente o qual a bacia está inserida, como cobertura vegetal, uso e ocupação da terra, pacote geológico, tipos de solos, clima, pois todos esses fatores contribuirão para a dinâmica física da área, uma vez que “desempenham papel de fundamental importância nos processos de ciclo hidrológico, exercendo influência na infiltração, no deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos superficial e subsuperficial.” (STIPP, et.al., 2010, p. 114).

3.1. Fatores Geométricos

Os fatores geométricos indicam as primeiras medidas de uma bacia e podem apresentar a susceptibilidade à inundação em relação à sua forma, uma vez que a dinâmica de escoamento depende desta. A bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim corresponde a aproximadamente 401 km² de área, podendo ser considerada como de grande porte, segundo classificação de GADELHA (2011). Apresenta aproximadamente 101 km de perímetro e cerca de 40,5 km de comprimento horizontal do eixo da bacia, condizente à sua direção (SE-NO).

A análise conjunta entre os parâmetros geométricos (TABELA 4) indicou que a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, possui baixa susceptibilidade à inundação, pois é mais alongada que circular, afinal, bacias circulares possuem maior probabilidade em sofrer inundação, pois a água leva menos tempo para percorrer toda a sua extensão, havendo rápida concentração de água, definida a partir do início da precipitação.

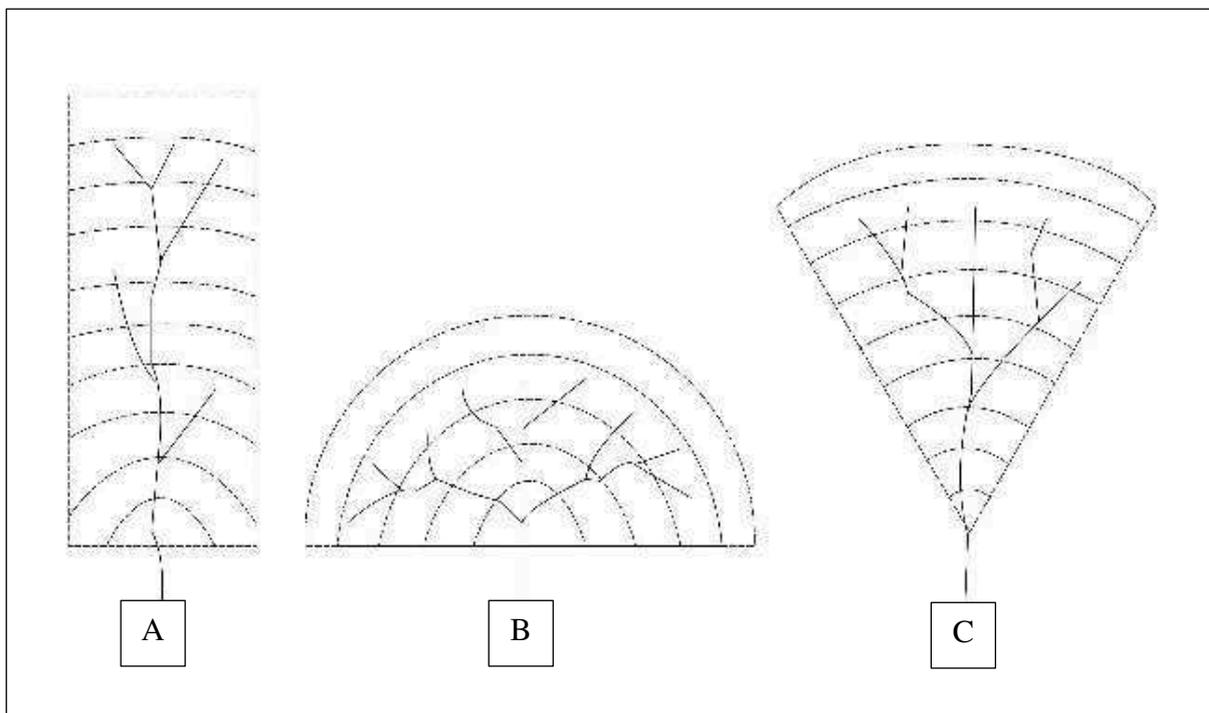
Tabela 4: Resultados dos fatores geométricos

FATORES	RESULTADOS
Área da bacia (A)	401 km ²
Perímetro (P)	101 km
Comprimento do eixo da bacia (L)	40,5 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,4
Fator forma (Kf)	0,26
Índice de circularidade (Ic)	0,49

Estes valores foram calculados utilizando o coeficiente de compacidade (Kc), fator forma (Kf), e o índice de circularidade (Ic), onde, segundo Villela e Mattos (1975, p. 13), o

coeficiente de compacidade e o índice de circularidade relacionam uma bacia com um círculo, enquanto que o fator forma a relaciona com um retângulo (FIGURA 4).

Figura 4: Comparação do coeficiente de compacidade. A: retângulo. B: círculo. C: triângulo



Fonte: BORGES, F. O., 2018 **Adaptado:** BOSQUILIA, sem data.

Quando o valor do coeficiente de compacidade (K_c), o qual se dá pela relação entre o perímetro e a área de drenagem da bacia, for menor ou igual a 1, significa que a bacia é circular e, quando superior a 1 é irregular, se aproximando de uma forma alongada. O resultado obtido na área de estudo foi igual a 1,4. Para o fator forma (K_f), obteve-se 0,26. Dado pela relação entre a área e o comprimento axial da bacia, de acordo com as classes propostas por SILVA e MELLO (2013), quando menor que 0,5 este fator indica que bacia está mais distante de uma forma circular e menos sujeita a enchentes. Quanto ao índice de circularidade (I_c), dado pela relação entre a área e o perímetro da bacia, quanto menor o resultado obtido, mais próximo de uma forma alongada é a bacia; como o valor obtido para este parâmetro foi de 0,49, isto evidencia que a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim está mais próxima de ser alongada.

3.2. Fatores Morfológicos

Os parâmetros relacionados a relevo são importantes em análises de bacias hidrográficas, pois controlam a velocidade e o volume do escoamento superficial, e indicam a assinatura da hidrografia na topografia, além de agirem sobre a taxa de deflúvio, ou seja, no regime de produção de água e sedimentos. A hipsometria, por exemplo, é uma técnica de representação em cores da variação altimétrica de um terreno, isto é, da medida em metros em

relação ao nível do mar, apresentada desde a cota mais baixa de uma área, à cota mais alta; na escala de cores, as áreas mais baixas são preenchidas com coloração mais clara, enquanto que, nas áreas mais altas a coloração é mais escura.

“A hipsometria preocupa-se em estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal do espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 117).

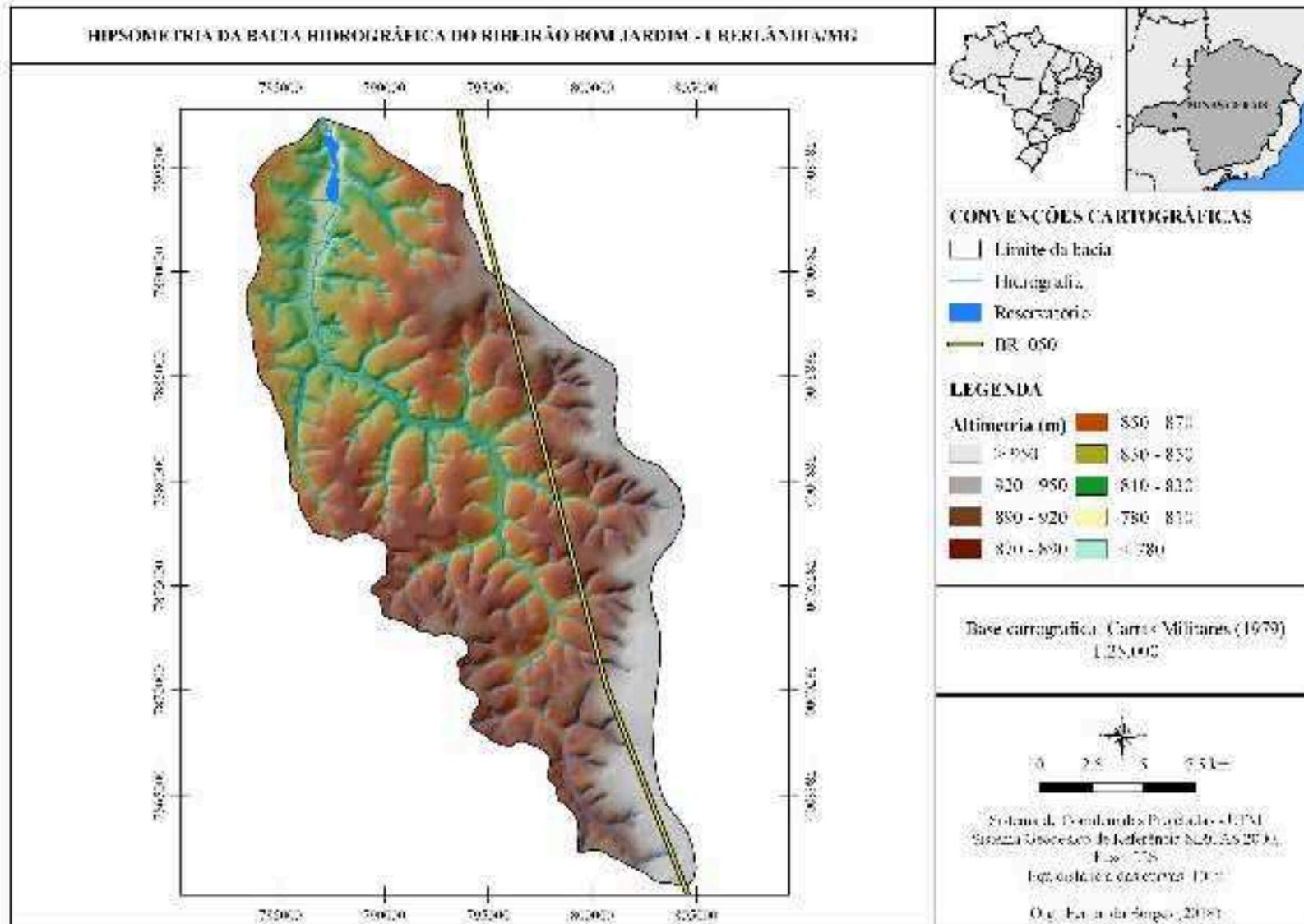
A elevação média da bacia é de 885 m, sendo que cerca de 21% (84,36 km²) da bacia corresponde a altimetrias de 850 a 870 m, seguidas por altimetrias de 870 a 890 com 19,9% da área e 78,39 km² (TABELA 5).

Tabela 5: Quantificação da altimetria por área e porcentagem de área

ALTIMETRIA (m)	KM²	%
780 - 810	5,47	1,3
810 - 830	21,32	5,3
830 - 850	49,86	12,4
850 - 870	84,36	21
870 - 890	78,39	19,9
890 - 920	67,65	16,8
920 - 950	33,56	8,3
950 - 970	60,39	15
TOTAL	401	100

As áreas mais elevadas, como as da bacia em estudo, quando comparadas à altitude média do município de Uberlândia que é de 887 m, tendem a receber maior quantidade de precipitação, porém, contribuem para a baixa evaporação da água, pois a temperatura é baixa e a quantidade de energia utilizada é pequena (PEREIRA, 2015, p. 1361), isto porque, segundo Villela e Mattos (1975, p. 21) e Tonello et. al. (2016), a altitude média influencia diretamente na quantidade de radiação recebida pela bacia e, conseqüentemente, na evapotranspiração, temperatura, precipitação e deflúvio médio.

Mapa 9: Hipsometria da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim - IBERLÂNIA/MG



A declividade é a medida da inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, é o desnível relativo entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos, sendo a principal controladora na velocidade do escoamento superficial (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 17).

“A magnitude dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.” (VILLELA e MATTO, 1975, p. 18).

Esta medida pode ser dada em graus ou em porcentagem, sendo que, quanto maior o valor, maior o nível de inclinação do terreno. Na bacia do ribeirão Bom Jardim os valores de declividades variam de 0 a 50%, porém, valores acima de 20% são pouco representativos, onde os valores mais altos, para esta bacia, entre 12 e 20%, concentram-se nas nascentes e ao longo dos canais (MAPA 10). A declividade média é de 10,25%, configurando valores baixos. É possível perceber que na bacia, quase em sua totalidade, corresponde a declividades abaixo de 12%, cerca de 99,8% da área (400,24 km²). Conseqüentemente, a bacia apresenta uma paisagem aplainada, de relevo plano a ondulado, com vertentes suavizadas e vales largos. Em bacias com essa configuração, a velocidade e o fluxo de escoamento superficial tendem a ser mais brandos, mas, por outro lado, o tempo de saturação das áreas mais planas pode ser mais rápido, dependendo da capacidade de infiltração dos solos, podendo provocar as cheias.

Em relação aos demais parâmetros morfológicos, seus resultados, conforme dispostos na Tabela 6, também indicaram que a bacia hidrográfica em estudo possui pouca susceptibilidade à inundação, pois os fatores como amplitude altimétrica (de 190 m), índice de rugosidade (159,03), avaliado conjuntamente com a relação relevo (0,004 m/km), o fator topográfico (0,0008) e o índice de circularidade (0,49), conforme indicações de (ROSSI e PFEIFER, 1999), apontam pouca variação topográfica, reforçando a baixa possibilidade de ocorrência de eventos de inundação.

Tabela 6: Resultados dos fatores morfológicos

FATORES	RESULTADOS
Altitude mínima	780 m
Altitude máxima	970 m
Amplitude altimétrica (Hm)	190 m
Índice de rugosidade (Ir)	159,03
Textura topográfica (Tt)	9,1
Relação relevo (Rr)	0,004 m/km
Fator topográfico (Ft)	0,0008

O resultado da relação indica um escoamento bastante lento na área de drenagem da bacia, demonstrando ainda que o relevo possui pouca variação, com vertentes suavizadas e boa estabilidade, o que evita a ocorrência de enchentes relâmpagos (TEODORO, et. al., 2007). O mesmo pode ser dito quando se avalia o fator topográfico, o qual seu objetivo é analisar a capacidade de escoamento de uma bacia hidrográfica. Com valor extremamente baixo, infere-se que o relevo da bacia do ribeirão Bom Jardim possui boa capacidade de escoamento, favorecido pelos baixos valores de índice de circularidade e relação relevo. Quanto à textura topográfica, esta indica o grau de estágio erosivo de uma área (CHRISTOFOLETTI, 1980). O resultado obtido para a área de estudo foi de 9,1 o que significa uma textura média, segundo Freitas (1952), com nível mediano de entalhamento dos canais, baixa variação topográfica e baixo risco à inundação.

3.3. Fatores Hidrográficos

Os parâmetros relacionados à hidrografia, apresentados na Tabela 7, vão demonstrar o comportamento da mesma até à desembocadura, tanto de maneira individual, ou seja, analisando cada canal fluvial, como de maneira conjunta, tendo como base toda a rede hidrográfica. Conforme Villela e Mattos (1975, p. 15), “o estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois ele indica a maior ou a menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.”

Tabela 7: Resultados dos fatores hidrográficos

FATORES	RESULTADOS
Comprimento do curso principal (l)	54,9 km
Comprimento total dos rios (Lc)	336,5 km
Densidade de drenagem (Dd)	0,83 km/km ²
Densidade hidrográfica (Dh)	0,4 curso/km ²
Densidade de confluência (Dc)	0,3
Coeficiente de manutenção (Cm)	1,19 m ² /m
Coeficiente de torrencialidade (Ct)	0,34
Índice de sinuosidade (S)	1,3

Para a área de estudo foram encontrados os valores de 54,9 km para o curso principal e cerca de 336,5 km para o comprimento total dos rios que compõem a rede hidrográfica da bacia. A partir desses resultados obteve-se o valor de 0,83 km/km² para a densidade de drenagem, indicando que a bacia em estudo é pobre ou mal drenada, visto a variação de 0,5 km/km² (para bacias mal drenadas) a 3,5 km/km² (para bacias excepcionalmente bem drenadas), segundo

classificação de Silva e Mello (2013). Este fator corresponde ao grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 16), representando uma relação inversa com o comprimento dos rios, ou seja, quanto mais alto o valor da densidade, proporcionalmente diminui o tamanho dos seus canais fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 116). Com base nisto e observando o baixo valor para a densidade de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, pode-se indicar que seus canais são mais longos, podendo caracterizar um escoamento lento, onde a água permanece por mais tempo nos limites da bacia até chegar à desembocadura, reduzindo a possibilidade de inundação.

Quanto aos demais fatores hidrográficos, estes também indicaram baixa susceptibilidade à ocorrência de inundação. Com a densidade hidrográfica de 0,4 curso/km², ou seja, a cada 1 km² na área da bacia em estudo há 4 canais fluviais, este valor é considerado baixo, demonstrando que o escoamento superficial é pouco intenso e pouco favorável à geração de novos cursos d'água. O mesmo pode ser avaliado quando se trata da densidade de confluência (0,3), onde, dentro de 1 km² a possibilidade de se encontrar uma confluência, encontro entre dois canais, é muito baixa. O coeficiente de manutenção indica que para manter perene cada metro de canal de escoamento, são necessários 1,19 m²/m, o que irá auxiliar no dimensionamento de áreas de bacias de retenção. O coeficiente de torrencialidade (0,34) também apresentou um valor baixo em relação à susceptibilidade à ocorrência de inundação, devido à densidade de drenagem e hidrográfica serem também baixos. Este é um importante fator a ser avaliado para interpretações de morfogênese e morfodinâmica para a análise de áreas aptas à recepção de diferentes tipos de uso e ocupação da terra, como infraestrutura viária, por exemplo (RODRIGUES e ADAMI, 2005).

Outro fator importante trata-se do ordenamento dos canais fluviais da bacia, o qual indica o grau de ramificação, segundo a hierarquia proposta por Strahler (1952). Na bacia do ribeirão Bom Jardim obteve-se o grau de ramificação de 5ª ordem, indicando que a mesma é grande e possui ramificação considerável, pois supera o valor de ordem igual a 4, comum para bacias pequenas e pouco ramificadas. No entanto é possível identificar o baixo desenvolvimento do sistema de drenagem da bacia em estudo, conforme relatado a partir do resultado da densidade de drenagem.

Por meio do ordenamento dos canais, foi possível obter os valores para a relação de bifurcação. Entre o número de canais de primeira e segunda ordem, o resultado foi de 3,38, de segunda ordem para os canais de terceira ordem, o resultado foi de 4,9, a relação entre os canais

de terceira e quarta ordem foi de 5, e, por fim, a relação entre os canais de quarta e quinta ordem foi de 2. Os resultados indicaram que a bacia possui alta dissecação, visto que os valores obtidos foram todos superiores ou iguais a 2, como estabelecido por Strahler (1952), mais uma vez indicando um escoamento lento.

Em se tratando da sinuosidade do canal, o valor obtido de 1,3 demonstra que o canal principal da bacia, o ribeirão Bom Jardim, é pouco sinuoso e irregular, tendendo a ser retilíneo, onde o fluxo e o modelo de deposição dos sedimentos nesses canais se assemelham aos canais meandantes, com baixo volume de carga de fundo e alto volume de carga suspensa em declividades acentuadamente baixas, favorecendo a deposição nas margens (SUGUIO e BIGARELLA, 1990, p. 22-23), o que é facilmente observado na área de estudo.

3.4. Fisiografia da rede de drenagem

A rede de drenagem de uma bacia é também condicionada pela cobertura vegetal, tipo de solo, litologia e estrutura das rochas, indo além da pluviosidade e topografia. Entende-se por drenagem um conjunto de canais de escoamento interligados formando uma bacia de drenagem (SUGUIO e BIGARELLA, 1990, p. 13), a qual pode ser de alta densidade, quando o terreno é relativamente impermeável, ou de baixa densidade, quando o terreno é mais permeável, característica a qual se encaixa a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.

Toda rede hidrográfica de uma bacia possui padrões, ou arranjos, característicos dela própria de acordo com as particularidades do ambiente a qual está contida, condicionada, principalmente, pelo pacote geológico. Na área de estudo, correndo sobre os arenitos da Formação Marília, o padrão de drenagem predominante é o retangular, porém, nos cursos de 1ª e 2ª ordem, há predominância do padrão paralelo, sendo que, ambos os padrões indicam controle estrutural. Estes padrões são definidos por acelerar o fluxo, entretanto, a amplitude altimétrica na bacia é pequena, dessa forma, o fluxo predominantemente laminar é lento na bacia.

Em relação ao curso principal, o próprio ribeirão Bom Jardim, este é determinado pela declividade, fluindo às partes mais baixas, logo caracterizado como rio consequente, que forma canais retilíneos, fato este comprovado pelo parâmetro de sinuosidade do canal disposto no item anterior. No entanto, o talvegue é geralmente sinuoso adequando-se ao desenvolvimento de barras laterais dispostas alternadamente em cada margem, devido à ocorrência de erosão nas margens mais profundas e predominância da deposição desses sedimentos nas margens em superfície (SUGUIO e BIGARELLA, 1990, p. 13; CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 88-89).

4. ÁREAS COM TENDÊNCIA À INUNDAÇÃO - ATIs

As planícies de inundação, ou planícies aluviais, são formações sedimentares de deposição desenvolvidas pela ação da água em ambientes de gradiente topográfico baixo. São “formas superficiais dominadas por processos sedimentares deposicionais” (GIANNINI; RICCOMINI, 2009, p. 168). É uma feição deposicional no vale de um rio, sendo associada a um regime climático e/ou hidrológico, estocando os sedimentos ao longo de um tempo na planície de inundação, caracterizando uma condição de equilíbrio (ROCHA; COMUNELLO, 2009, p. 60).

“(…) são produzidas por processos físicos de deposição dos rios numa variedade de sub-ambientes sedimentares, cujas variações dominantes produzem uma grande variedade de formas.” (MORAIS, 2007, sem página).

As planícies aluviais ocorrem em vales abertos e são caracterizadas como uma área plana adjacente ao nível do topo do canal, estendendo-se para ambos os lados do rio. É nesta em que acontece o extravasamento do leito em suas margens, provocando inundações do vale, carregando silte e areia para além do canal original (PRESS et. al., 2006, p. 346).

Segundo Andrade (2008, p. 14 apud CHRISTOFOLETTI, 1980), as planícies de inundação podem ser conceituadas de várias formas conforme seu enfoque:

“Topograficamente, pode-se dizer que a planície constitui-se numa superfície relativamente uniforme, próxima ao rio; hidrológicamente é definida como uma superfície sujeita a inundação periódica; geologicamente, é a área do vale fluvial recoberta com materiais depositados pelas cheias; Geomorfológicamente trata-se de uma forma de terreno composta de material inconsolidado depositado pelo rio em épocas distintas.” (ANDRADE, 2008, p. 14, apud CHRISTOFOLETTI, 1980).

Hidrologistas e engenheiros classificam as planícies de inundação como uma superfície próxima a um canal fluvial que sofre inundação uma vez durante um período de retorno, independentemente de ser uma forma aluvial ou não (NANSON; CROKE, 1991, p. 460, tradução nossa), porém, geomorfológicamente falando, esta definição não atende às características da paisagem.

“The genetic floodplain we define as the largely horizontally-bedded aluvial landform adjacent to a channel, separated from the channel by banks, and built of sediment transported by the present flow-regime.” (NANSON; CROKE, 1991, p. 460).

Em outras palavras, a planície de inundação é originada pela migração de um canal fluvial sobre o fundo de vale (PRESS et. al., 2006, p. 349), bem como pelo transporte e deposição de sedimentos por meio do regime de fluxo nas margens de um curso d’água, um processo denominado sedimentação. Entende-se por sedimentação fluvial a remoção, o transporte e a deposição das partículas do regolito – camada solta de material intemperizado.

Sedimento, do latim *sedis*, significa assento, deposição, ou seja, tudo “aquilo que se deposita, que se depositou ou é passível de se depositar” (GIANNINI; RICCOMINI, 2009, p. 170); no entanto, trata-se do material sólido desagregado de rochas que sofreram alterações físicas ou químicas que foi transportado e depositado. Esse transporte pode ser de origem fluvial, carregado pelos rios, ou por escoamento pluviais e/ou movimentos gravitacionais.

Existem duas forças mecânicas que atuam no fluxo de um canal fluvial e na sua capacidade de erosão e transporte de sedimentos: a força gravitacional e a de fricção. A força gravitacional atua no sentido da declividade do terreno, onde a água irá escoar do ponto mais alto para o mais baixo, ou seja, na direção de escoamento da água e sua aceleração ao longo do declive. “A força da gravidade atua verticalmente e possibilita o escoamento das águas das partes mais altas para as mais baixas.” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 01). Já a força de fricção diz respeito à força contrária à declividade, é a resistência exercida pelo leito e suas margens. “A fricção exercida pelas superfícies delimitantes do canal no escoamento do fluido promove ação de retardamento, cuja direção é contrária à do fluxo.” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 01-02). “The relationship between these two forces ultimately determines the ability of flowing water to erode and transport debris.” (KNIGHTON, 1998, p. 96), ou seja, a relação entre duas forças, de gravidade e de fricção, determina a capacidade de fluxo da água para erodir e transportar sedimentos.

Atuadas as duas forças supracitadas, o processo de sedimentação, ou deposição, na formação das planícies de inundação ocorre onde a variação topográfica é baixa e onde há a ruptura do relevo, ou seja, nos locais em que a declividade deixa de ser acentuada e passa a ser mais branda, “onde o baixo declive favorece a longa manutenção, em superfície, de solos, depósitos e sedimentos em trânsito.” (GIANNINI; RICCOMINI, 2009, p. 173).

“Nas terras baixas, onde o soerguimento tectônico cessou há muito tempo, a erosão fluvial das vertentes do vale é limitada pelo intemperismo químico e pelos deslizamentos de massa. Com um longo período de atividade, esses processos produzirão encostas suaves e planícies de inundação de muitos quilômetros de largura.” (PRESS et. al., 2006, p. 347).

No entanto, Nanson e Croke (1991), consideram três principais processos deposicionais na formação das planícies de inundação: (1) acreção lateral de pontos de barra (*lateral point-bar accretion*), que resulta da deposição de pontos de barra sobre o banco convexo do meandro; (2) acreção vertical sobre banco de estoque (*overbank accretion-vertical*), resulta da sobreposição de sedimentos do banco de depósito durante uma inundação; (3) acreção de canal trançado (*braid-channel accretion*), resultado da combinação de três processos: mudança de

um curso fluvial para outra parte do vale, agradação local e formação extensiva de barras elevadas durante uma inundação intensa.

“(1) Lateral point-bar accretion results from the progressive deposition of point bars on the convex bank of a meander bend as the result of helical and divergent flow and a complex pattern of shear stress distribution within the bend.” (NANSON; CROKE, 1991, p. 461).

“(2) Overbank accretion-vertical results from overbank deposition of sediment during floods. It has been shown to be dominant processes along certain low-gradient single-thread channels and anastomosing channels where there is insufficient stream power to permit channel migration.” (NANSON; CROKE, 1991, p. 462).

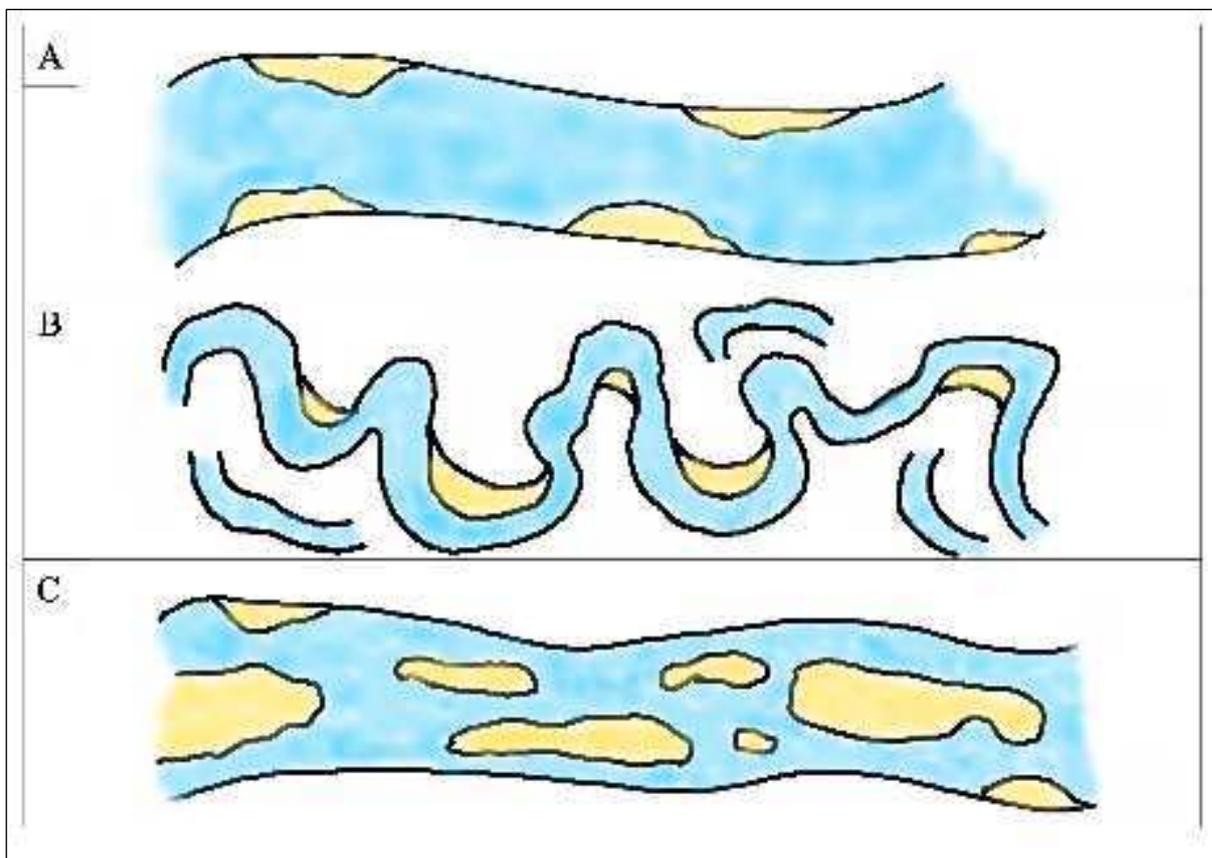
“(3) Braid-channel accretion is the product of a combination of processes including: (i) the shifting of primary braid channels to another part of the valley allowing the stabilisation of previously active areas of braid bars river bed; (ii) local aggradation and later channel incision resulting in the formation of abandoned braid-bars as partly erosional, elevated features; (iii) the formation of extensive, elevated bars during a large flood forming a stable surface beyond the reach of regular events. These combine to form deposits along braided rivers.” (NANSON; CROKE, 1991, p. 462).

Viu-se que na formação das planícies de inundação é levado em consideração os processos hidrológicos (fluxo do canal, capacidade de transporte de sedimentos) e geomorfológicos (agradação, acumulação de sedimentos nas margens), juntamente com as características físicas do relevo, como declividade e altimetria. Porém, a geometria do canal fluvial é também um importante fator na caracterização das suas unidades morfológicas, pois ela “(...) reflete um estado de quase equilíbrio entre vários fatores inter-relacionados.” (SUGUIO; BIGARELLA, 1990, p. 19).

“Alguns desses fatores como descarga, carga sedimentar e diâmetro dos sedimentos transportados, atuam independentemente dentro do canal, pois são controlados por elementos externos, tais como, litologia, e estrutura do substrato, relevo e clima.” (SUGUIO; BIGARELLA, 1990, p. 19).

Dessa forma, a geometria do canal interfere diretamente na dinâmica do fluxo de transporte e no modelo deposicional. Outro fator de importância é a configuração de um canal fluvial. Canais retilíneos e meandrantos, por exemplo, possuem baixo volume de carga de fundo, porém alto volume de carga suspensa, em declividades acentuadamente baixas. Já os canais anastomosados são mais largos e possuem rápido transporte de sedimentos e contínuas migrações laterais; formam barras arenosas que podem ficar submersas em períodos de inundação, favorecendo a deposição de sedimentos mais finos. (SUGUIO; BIGARELLA, 1990, p. 22). Tais configurações dos canais fluviais estão representadas na Figura 5.

Figura 5: Configuração dos canais fluviais. A: retilíneos. B: meandrantes. C: anastomosados



Fonte: BORGES, F.O., 2018 **Adaptado:** SUGUIO; BIGARELLA, 1990.

No entanto, a configuração do canal fluvial interferirá na velocidade de transporte e deposição dos sedimentos, no volume de carga transportada, bem como na granulometria do sedimento carregado.

Os sedimentos transportados e constituintes das planícies de inundação possuem características aluvionares e predominância de sedimentos arenosos nas bordas das planícies. Este material, somado às áreas mais baixas, dá origem a solos hidromórficos, que são periodicamente ou permanentemente saturados por água,

“(…) constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei, que pode ser um horizonte subsuperficial (C, B ou E) ou superficial A. O horizonte superficial apresenta cores desde cinzentas até pretas, espessura normalmente entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico.” (EMBRAPA, 2006).

É comum nestas áreas de influência fluvial, de solos hidromórficos, a ocorrência de vegetação rasteira do tipo gramíneas e ciperáceas, e arbustiva, ou outras espécies adaptadas à inundação. No Domínio dos Cerrados, os vales aluviais estão recobertos, geralmente, por florestas de galeria de médio e grande porte. Ainda nesses vales, ocorre corredores herbáceos nas bordas das florestas de galeria, comumente conhecidos por veredas quando representados

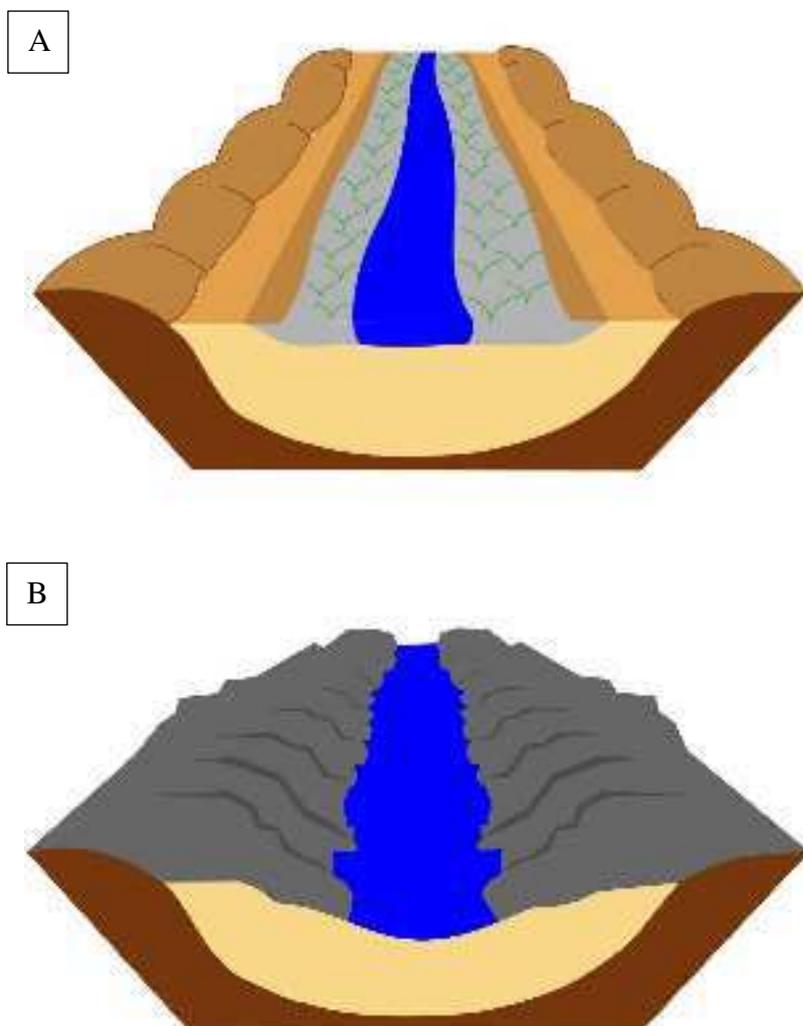
por um único indivíduo do buriti, ou buritizais, quando representados por vários indivíduos da espécie (AB'SABER, 2012, p. 116).

A partir da explanação, destaca-se as dificuldades encontradas em conceituar as planícies de inundação, onde pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento utilizam fatores específicos para classifica-las de acordo com o seu objeto de estudo. Porém, para uma análise que pretende ser preventiva, como a da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, a delimitação mais precisa das planícies de inundação é de extrema importância face às perdas socioambientais na ocorrência de um possível desastre natural.

Na bibliografia relacionada ao tema utiliza-se muito o termo áreas inundáveis, porém não há uma conceituação muito concreta acerca disto. Mas, entende-se que as áreas inundáveis, sinônimo de linha média de inundação, são diferentes das planícies de inundação, pois não correspondem a uma feição geomorfológica desenvolvida por ações de deposição que modelam as margens de um curso d'água, ao contrário, correspondem a áreas vulneráveis à ocorrência de enchentes devido à topografia (baixas declividades) e outros fatores que contribuem para o evento, como precipitação e atividades antrópicas. Em outras palavras, as áreas inundáveis, enquanto delimitações sujeitas à inundação, podem até mesmo ultrapassar o limite das planícies de inundação.

O esquema da Figura 6 representa a diferença entre os dois termos utilizados para áreas susceptíveis à inundação: (A) curso d'água com margens deposicionais, constituída basicamente por sedimentos finos transportados e depositados pela ação da água em conjunto com uma topografia suave e vegetação característica de áreas úmidas; (B) áreas inundáveis de um curso d'água sem formas deposicionais, com topografia também plana, porém margens mais encaixadas que podem vir a ser inundadas em períodos de cheia. Em outras realidades, as áreas inundáveis podem ocorrer em cursos d'água que possuem seus vales pedregosos, sem ocorrência de acúmulo de material aluvionar.

Figura 6: Esquema demonstrativo de planícies de inundação e áreas inundáveis. A: planícies de inundação, com margens deposicionais e vegetação característica. B: Áreas inundáveis em canal encaixado, não havendo margem deposicional.



Elaboração: BORGES, F. O., 2018.

Por assim sendo, a realidade da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim apresenta uma conformidade entre as planícies de inundação e as áreas inundáveis, pois, ao mesmo tempo que são formas deposicionais de gradiente topográfico baixo, são margens brandas que estão susceptíveis a sofrer com o fenômeno da inundação. Dessa forma, vendo a necessidade de uma conceituação correta e abrangente, evitando conflitos conceituais, criou-se o termo “Áreas com Tendência à Inundação – ATIs”, de forma mais abrangente, englobando características físicas e morfométricas de uma feição propícia à inundação.

No entanto, afirma-se que na bacia em estudo existe uma área de inundação com características físicas de planícies aluviais, mas que pode ser expandida para áreas que não possuem tais características, caso o uso e ocupação da terra não sejam adequados (MAPA 11).

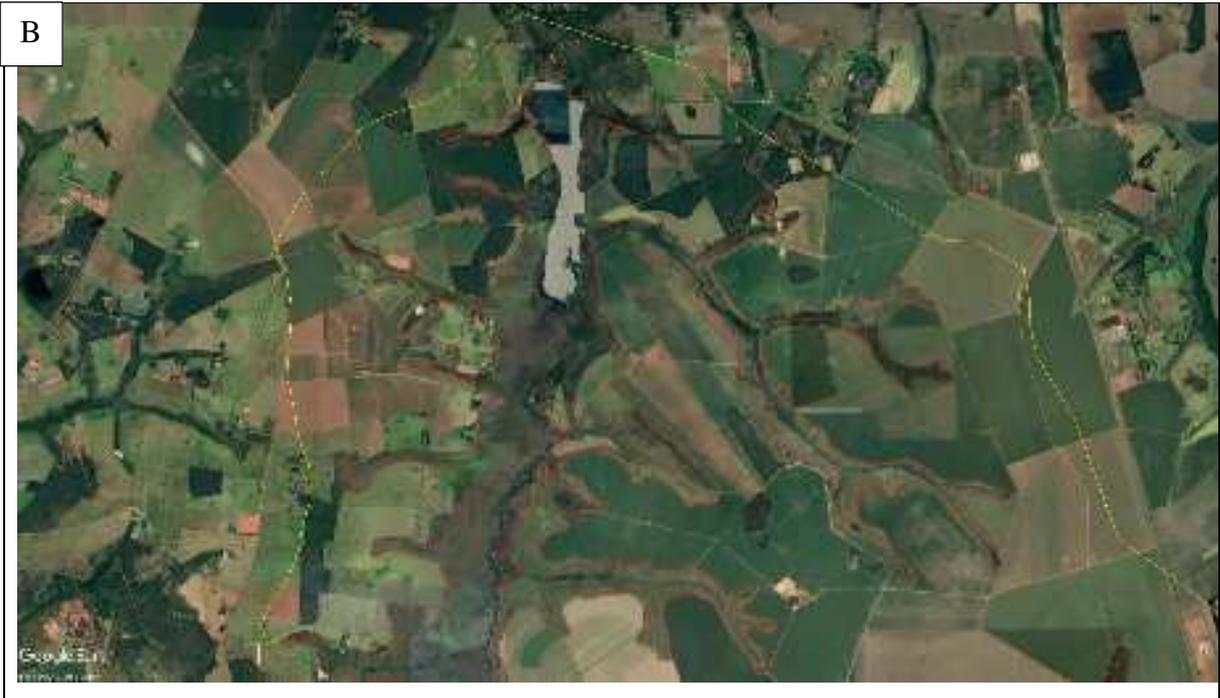
Essas áreas de inundação são facilmente identificadas em imagens orbitais e de satélite, pois, nas imagens, possuem o aspecto molhado em toda a extensão da bacia, ao longo das margens fluviais (FIGURA 7). Essa fácil detecção em imagens de satélite se dá pelo baixo gradiente topográfico e pelas vertentes espaçadas entre si, onde não há sombreamento na margem do canal provocada pelo relevo, deixando-o “aberto”, recebendo boa iluminação, e fácil diferenciação dos elementos da paisagem imageados.

Em se tratando de áreas úmidas, contendo solo hidromórfico, com material orgânico e água, a energia eletromagnética por este objeto é absorvida, onde sua resposta ao sensor imageador é mais baixa, configurando tons de cinza mais escuros, facilitando assim a sua identificação. Conforme aponta Rosa (2009, p. 47), quanto maior o conteúdo de matéria orgânica no solo, menor será sua resposta espectral, da mesma forma que, solos úmidos possuem baixa reflectância, confirmando a clara interpretação das áreas de inundação da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim.

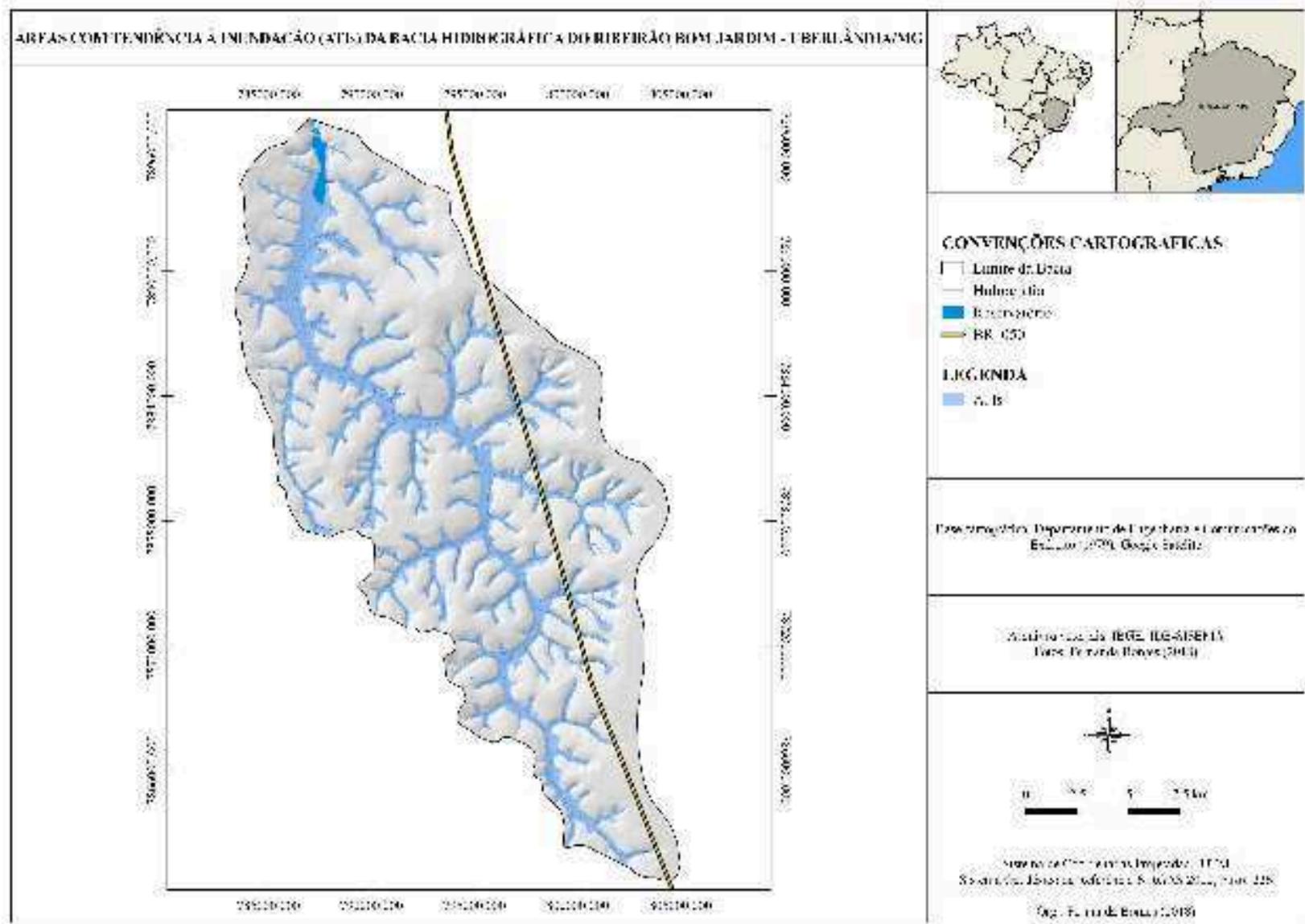
Figura 7: Aspecto molhado das planícies aluviais em imagens de satélite. A: planícies de inundação sem delimitação. B: planície de inundação com delimitação.



B

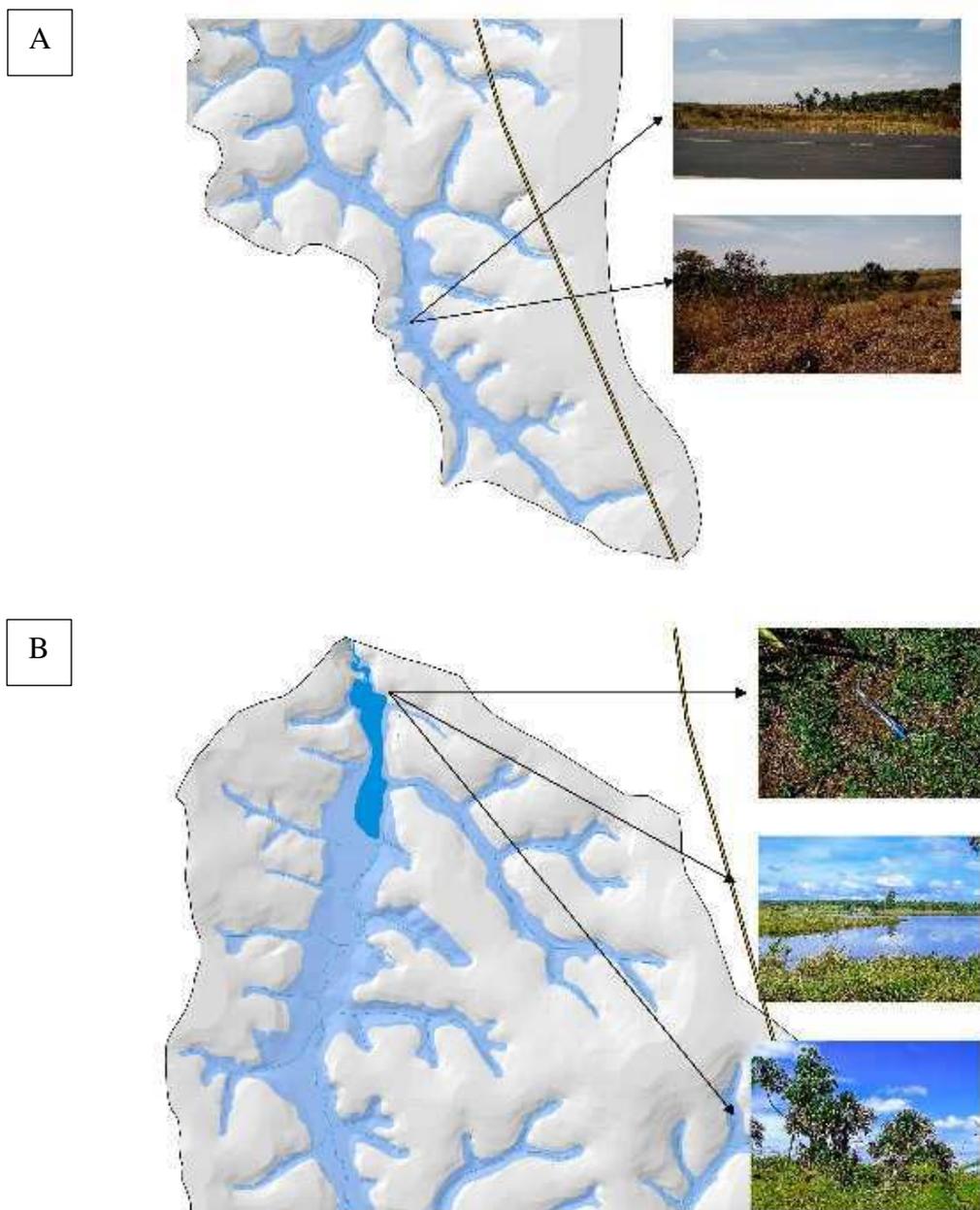


Mapa 11: Áreas com Tendência à Inundação - ATIs da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim



Nas chapadas, as margens aluviais são mais estreitas e geralmente estão recobertas por matas de galeria (FIGURA 8). Conforme a altimetria vai abaixando, as margens vão ficando mais largas, chegando a 50 m de extensão, em declividades abaixo de 3%, chegando até mesmo a 0%. São constituídas por Neossolo flúvico distrófico, de granulometria fina e cor acinzentada a preta, estando quase sempre saturados por água, condições estas influenciadas pelo baixo gradiente topográfico, onde há deposição e permanência de sedimentos.

Figura 8: Detalhes das planícies de inundação. A: ATIs em áreas de chapada com vegetação característica indicando seus limites. B: ATIs em terreno com altimetrias mais baixas, vegetação e solos característicos.



É possível perceber facilmente a transição do Neossolo flúvico distrófico para o Latossolo vermelho-amarelo distrófico nas margens do ribeirão Bom Jardim, onde, no Latossolo, a coloração tende mais para o vermelho e amarelo, com aparência enferrujada devido à oxidação do ferro pela perda de água, indicando condições boas ou regulares de drenagem, sendo então a cor do solo, um dos principais fatores que diferenciam os ambientes saturados por água dos ambientes secos (FOTO 8).

Foto 8: Transição de Neossolo flúvico distrófico para Latossolo vermelho-amarelo distrófico. A: Neossolo flúvico distrófico próximo à Mata Ciliar. B: Latossolo vermelho-amarelo distrófico em área estrada rural a menos de 2 m de distância do primeiro solo.



Fotos: BORGES, F.O., 2019

Outro fator de fácil diferenciação entre os ambientes, trata-se da vegetação. Na bacia, nas áreas marginais, encontra-se vegetação típica de áreas de inundação, composta por gramíneas, e outros indivíduos de porte baixo, característicos de áreas de várzea, buritizais, veredas e Mata Ciliar. À medida que as condições para esse tipo de vegetação vão se ausentando, ou seja, quando o solo deixa de ser saturado por água e a altimetria varia, a vegetação muda, e, no caso da área de estudo, as áreas com boas condições de drenagem, onde estão os Latossolos, passam a ser constituídas por culturas temporárias ou pastagens.

Dessa forma, é possível afirmar que a paisagem, por si só, é capaz de informar ao pesquisador e lhe dar respostas. No caso da bacia hidrográfica do ribeirão bom Jardim, com trabalhos de campo, identificação, estudo e comparação dos aspectos físicos da área, foi possível confirmar o mapeamento realizado para a delimitação das ATIs e atestar que existe uma área de inundação que deve ser preservada.

Atualmente, as formas de uso e ocupação da bacia são agricultura e pecuária, que, por suas características já causam certo impacto ambiental. Em áreas de culturas, por exemplo, a inserção de agrotóxicos é prejudicial aos solos e ao lençol freático, impactando diretamente na qualidade da água. Quando colhidas as culturas, as áreas destinadas a este uso ficam temporariamente descobertas, ou seja, deixando o solo exposto, o que pode provocar perdas de solo e assoreamento de canais fluviais menores, o que pode influenciar na quantidade de água, na vazão do ribeirão Bom Jardim. Além disso, vale destacar também que, nas áreas de pastagem, com o pisoteio do gado, há a compactação do solo, levando à perda de materiais importantes para sua estrutura, podendo acarretar em processos erosivos.

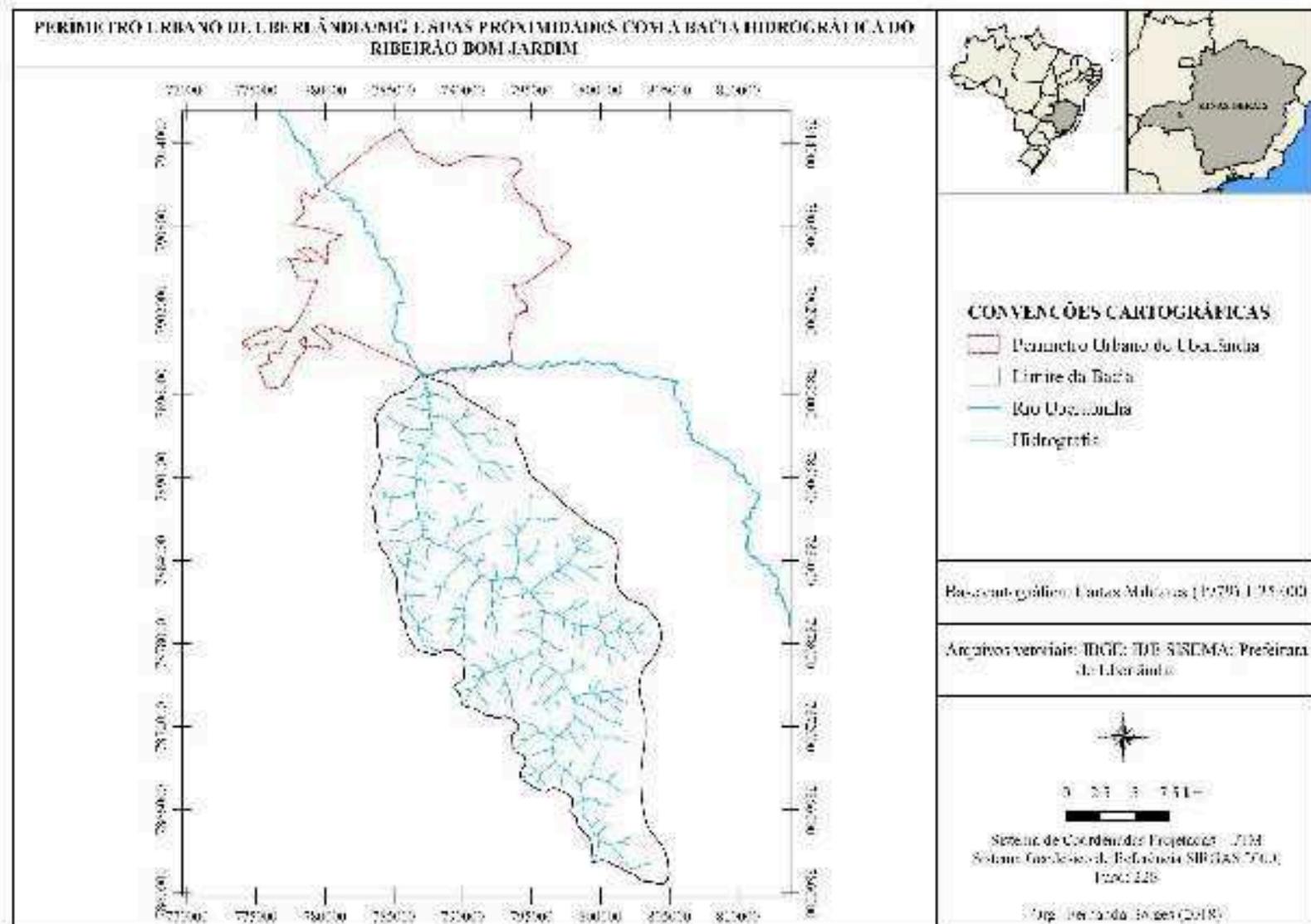
Além desses impactos causados pela agropecuária, preocupa-se com a urbanização que pode atingir a área da bacia, como já mencionado no decorrer do trabalho, visto que o perímetro urbano está bem próximo à foz (MAPA 12, FOTO 9) e sabe-se que a impermeabilização do solo é um dos fatores mais agravantes na ocorrência de eventos de inundação em áreas urbanas, somado a outros fatores como lixo descartado incorretamente que entope o sistema de drenagem urbana e falta de planejamento adequado

Foto 9: Parte da área urbana (zona sul) vista da foz da bacia



Foto: BORGES, F. O., 2019.

Mapa 12: Perímetro Urbano de Uberlândia/MG e suas proximidades com a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim



Segundo Silva e Filho (2012), Borges e Oliveira (2018, p. 99), no setor sul da cidade de Uberlândia, onde a área de estudo está localizada, foi onde mais ocorreu transformações urbanas, que se iniciaram por volta da década de 1980, quando houve a saturação da área central, provocando uma migração para as áreas “vazias”. Condicionado pelas imobiliárias, o crescimento do setor sul tem se dado sob o discurso de “área privilegiada da cidade”, contando com hospitais modernos, infraestrutura comercial, educacional e logística, muitos deles inacessíveis à população de baixa renda da região.

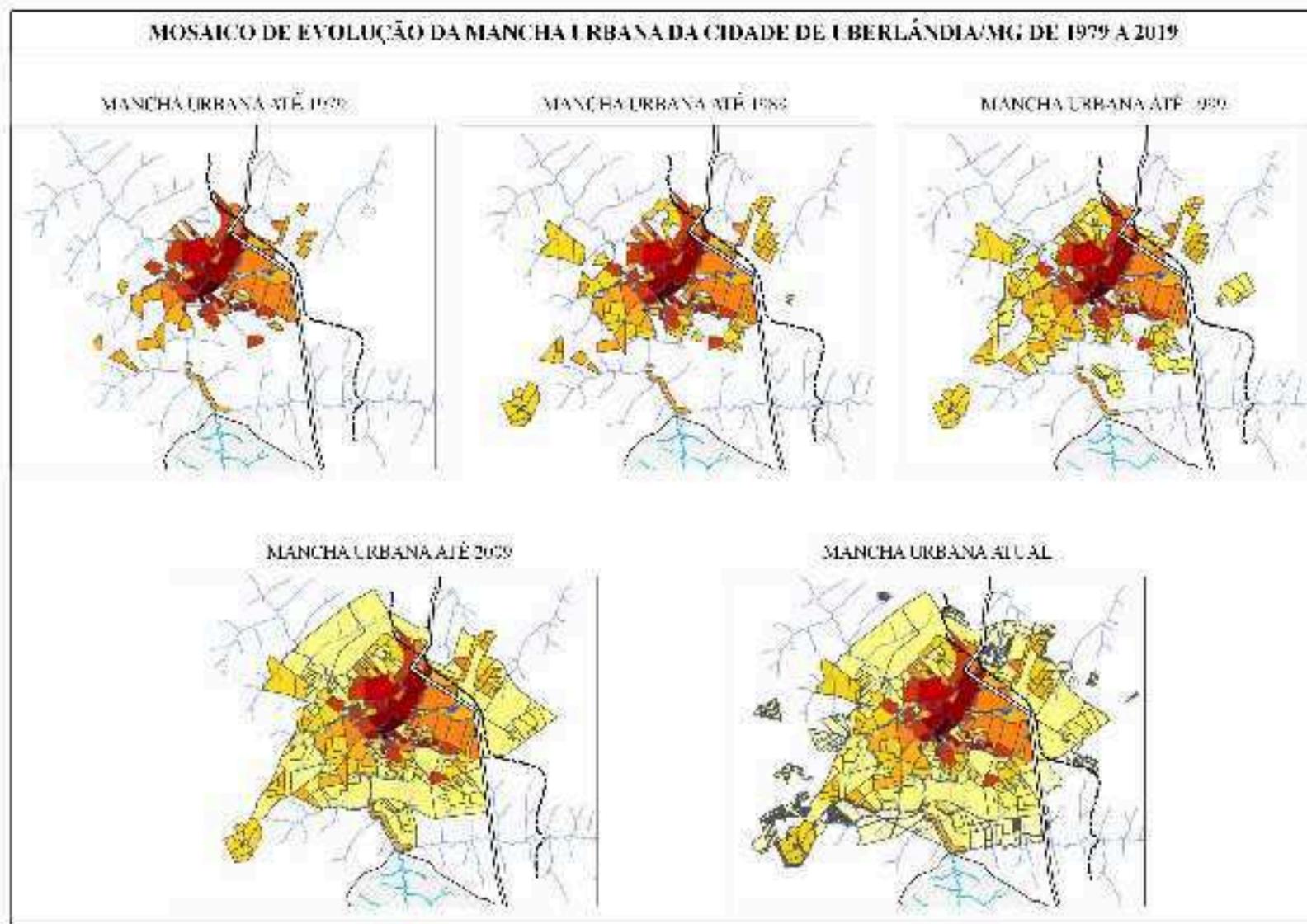
Com esse discurso encantador, torna-se fácil a abertura de áreas e instalação de novos loteamentos e equipamentos urbanos e, como tem sido um movimento rápido, não demorará muito para que a urbanização chegue de fato à bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, o que irá trazer sérios danos à bacia e à população, caso não haja o planejamento adequado.

A delimitação do perímetro urbano da cidade de Uberlândia é resguardada, atualmente, pela Lei Nº 11.819 de 9 de junho de 2014, que revoga a Lei Nº 11.412, de 19 de junho de 2013 que, por sua vez, revoga a Lei Nº 10.575, de 20 de setembro de 2010, onde ambas estabelecem o perímetro urbano da sede da cidade, o que leva a compreender que o perímetro urbano está em constantes mudanças para atender aos interesses do setor imobiliário.

Com base nisto, é possível traçar cenários para a porção sul do município de Uberlândia, uma vez que se visualiza uma urbanização “forçada” da referida área, incluindo a bacia do ribeirão Bom Jardim, por meio de loteamentos ilegais, ocupações, além de interesses econômicos e políticos por parte dos setores público e privado. Tudo isto, somado à construção do novo sistema de abastecimento da cidade, o qual utilizará a água do Rio Araguari, com o objetivo de atender uma cidade de até um milhão de habitantes, fala-se, inclusive, na desativação da captação de água no reservatório Bom Jardim, podendo transforma-lo em lago artificial de paisagismo.

Dessa forma, atenta-se para a preservação das áreas mais frágeis, susceptíveis à inundação, mitigando a ocupação urbana, com o intuito de prezar pelo ambiente e pela população. Na Figura 9, é possível perceber como a cidade de Uberlândia veio crescendo desde 1970, onde, pelo gradiente de cores, sendo as cores mais escuras indicando as áreas mais antigas e as cores mais claras as áreas mais recentes, identifica-se o movimento de ocupação da periferia para posterior ocupação dos vazios entre a área “central” e a periférica.

Figura 9: Mosaico comparativo do crescimento da malha urbana de Uberlândia (1979-2019)



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa serviu para tomar conhecimento sobre as características físicas da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, entendendo o seu comportamento hidrológico, suas fragilidades e potencialidades. Foram feitas análises morfométricas, caracterização dos aspectos físicos em escala regional e local, além do mapeamento das ATIs da bacia, como forma de avaliar o risco de ocorrência de inundação. A partir disto, considera-se que os objetivos da pesquisa foram atendidos, uma vez que foi possível delimitar as Áreas com Tendência à Inundação - ATIs, avaliando, conjuntamente, a predisposição dos fatores morfométricos da bacia frente à ocorrência de inundação, onde pode-se perceber que, apesar dos fatores morfométricos apresentarem uma baixa susceptibilidade à inundação, sabe-se que existe uma área que pode ser inundada, confirmada pelo baixo gradiente topográfico, tipos de solos e vegetação adaptada a áreas inundáveis, e que, conseqüentemente, esta pode variar dependendo do tipo de uso e ocupação da bacia.

O mapeamento das ATIs, delimitando as áreas susceptíveis à ocorrência de inundação, foi feito com base na topografia e fisiologia da paisagem, observando o gradiente topográfico baixo, com declividades brandas, bem como os ambientes característicos de áreas inundáveis, exemplificando o solo hidromórfico, por saturação de água e coloração cinza, e vegetação rasteira (gramíneas), buritizais e veredas e matas ciliares, diferentemente das áreas secas, onde há a predominância dos Latossolos, com atividades agrícolas.

Em se tratando de atividades agrícolas, a agricultura e a pecuária, atualmente, são os problemas mais preocupantes na área de estudo, pois ocupam, juntas, 75,4% da área da bacia. Os impactos dessas duas atividades antrópicas podem acarretar em processos erosivos, assoreamento dos canais fluviais menores, perda da qualidade e quantidade de água em toda a bacia, além da contaminação do solo e do lençol freático por meio do uso de agrotóxicos. Porém, vale ressaltar o acelerado adensamento urbano de Uberlândia, voltado, principalmente, para a porção sul da cidade, onde está localizada a área de estudo.

A ocupação urbana da bacia pode agravar os impactos ambientais. Com a impermeabilização do solo, os eventos de inundação serão potencializados na bacia. Dessa forma, afirma-se que a justificativa e a problemática dessa pesquisa foram atendidas, uma vez que é perceptível a chegada da área nas proximidades da bacia, podendo provocar desastres ambientais neste contato.

Com base nos cálculos dos resultados dos fatores morfométricos, indica-se que estes não potencializam significativamente a ocorrência de inundação, devido aos valores baixos obtidos

a partir das formulações matemáticas. Porém, é preciso atentar-se para o fato de que o relevo da bacia tende a ser plano, e relevos com tal classificação implicam na baixa velocidade da água, podendo ser um agravante para a ocorrência de inundações, mesmo que periódicas, pois a água recebida pela bacia permanece por mais tempo dentro de seus limites até chegar à foz.

Dessa forma, tais fatores servem como subsídio para o planejamento ambiental e urbano, uma vez que tornam conhecidas as características da bacia em questão, controlando o uso e ocupação das margens do ribeirão Bom Jardim, preservando a vegetação, evitando impermeabilização das áreas frágeis, garantindo um equilíbrio entre infiltração e escoamento da água, e construindo uma rede de drenagem urbana eficiente, pois, caso ocorra a impermeabilização, esta irá influenciar na velocidade de escoamento superficial e no volume de água para o escoamento, visto que impede a infiltração de água no solo.

Recomenda-se realizar outros estudos na bacia como testes de impermeabilização e zoneamento de uso e ocupação da terra, indicando áreas que devem ser preservadas e até mesmo transformadas em Unidades de Conservação e áreas para uso sustentável. A propósito, o mais correto seria transformar as margens da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim em corredores ecológicos, integrados a corredores do rio Uberabinha, juntamente com outras bacias hidrográficas, inclusive urbanas, garantindo assim um equilíbrio ecológico, com proteção à biodiversidade local, e econômico, uma vez que há o uso antrópico das águas dessas bacias.

Esta pesquisa servirá à sociedade uberlandense, como informativo e objeto de valorização do lugar por parte da população, bem como ao poder público local, como base para o planejamento de expansão para a porção sul da cidade, promovendo ações de preservação e conservação da área, garantindo qualidade de vida ambiental e humana.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. O domínio dos cerrados. In: AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012, p.113-134.
- _____. O relevo brasileiro. São Paulo: **Revista da Universidade Católica**, v. 8, n. 16, 1954, p. 40-54.
- ANDRADE, I. R. A. de. **O uso de técnicas de Sensoriamento Remoto na identificação de formas na região de Porto Rico, planície de inundação do Alto Rio Paraná, MS/PR**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- BACCARO, C. A. D. As Unidades Geomorfológicas e a erosão nos chapadões do Município de Uberlândia. Uberlândia: **Sociedade & Natureza**, v.6, n. 11 e 12, 1991a, p. 19-33.
- _____. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. Uberlândia: **Sociedade & Natureza**, v. 1., n. 1, jun, 1989, p. 17-21.
- _____. Unidades Geomorfológicas do Triângulo Mineiro: Estudo Preliminar. Uberlândia: **Sociedade & Natureza**, v.3, n. 5 e 6, 1991b, p. 37-42.
- BARRIOS, Alex G.; QUIÑONEZ, Esneira. Evaluación de la erosión utilizando el modelo (R) USLE, com apoyo de SIG. Aplicación en una microcuenca de los andes vnezuelanos. Venezuela: **Revista Forest**. Venez. 44 (1), 2000, P. 65-71.
- BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação Cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. 2003. 195 f. Tese (Doutorado) – Curso de Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- BRITO, J. L. S. **Adequação das potencialidades do uso da terra na bacia do Ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG): ensaio de geoprocessamento**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.
- _____. Os solos da Bacia do Ribeirão Bom jardim e suas relações com relevo e os recursos hídricos, Uberlândia (MG). Uberlândia: **Caminhos de Geografia**, v. 3. n. 7, out/2002, p. 20-40.
- CAIXETA, A.C.M. **Diversidade Geoambiental e potencial de infiltração na bacia do córrego São Pedro, em Uberlândia-MG**. 2017. 207 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2017.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>> acesso em 11 de maio de 2018.
- CAVALCANTI, L. C. de. S. **Cartografia de Paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014, 95 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Dinâmica do escoamento fluvial. In: CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981, p. 01-18.
- _____. Formas de relevo originadas em ambientes fluviais. In: CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981, p. 210-310.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980, 280 p.

DIAS, A. P. **Análise espacial aplicada à delimitação de áreas úmidas da planície de inundação do médio Araguaia**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Curso Ciências Florestais e Ambientais, Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006, 306 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006, 306 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro: **Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10^a Súmula**. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979, 83 p.

FELTRAN FILHO, A. **A estruturação das paisagens nas chapadas do oeste mineiro**. 1997. 252 f. Tese (Doutorado) – Curso de Geografia, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. **Considerações morfométricas da bacia do rio GADELHA, C. T. Utilização de Geotecnologias para Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude de Sumé-PB**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFET-PB. João Pessoa: 2011.

GIANINNI, P. C. F.; RICCOMINI, C. Sedimentos e processos sedimentares. In: FAIRCHILD, T.; TOLEDO, C. **Decifrando a Terra**. 2^a ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009, p. 167-190.

GUIMARÃES, F. de M. S. Relevo do Brasil. Rio de Janeiro: **Boletim Geográfico**, v. 1, n. 4, jul, 1943, p. 63-73.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol Soc Am Bull. 56:275–370 (1945) Informe Agropecuário, Belo Horizonte. v. 11, n. 128. p. 55-69, ago. 1985. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007, 316 p.

KNIGHTON, D. Fluvial processes. In: KNIGHTON, D. **Fluvial forms and processes: a new perspective**. Grã-Bretanha: Arnold, 1998, p. 96-150.

LIMA, L. et. al. Mapeamento de planícies fluviais: contribuição metodológica a partir do caso do Rio Paraíba em Juiz de Fora, MG. In: 9^o SINAGEO – Simpósio de Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2012, 5 p.

LOMBARDI NETO, Francisco. & BERTONI, José. **Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1978, 12 p.

MENDES SILVA, M. FERREIRA, V. O. Pluviometria e balanço hídrico da bacia do rio Paraíba. Pernambuco: **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 05, 2015, p. 1335-1346. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150072>

MENDES, P. C. **A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia-MG**. 2001. 237 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MENGUE, V. P. et.al. Utilização do Modelo HAND para mapeamento de áreas mais susceptíveis à inundação no rio Uruguai. Porto Alegre: **Pesquisas em Geociências**, v. 43, n. 1, jan./abr, 2016, p. 41-53. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.78191>

MIOTO, C. L. et. al. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. Rio de Janeiro: **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 37, n. 2/2014, p. 16-22. https://doi.org/10.11137/2014_2_16_22

MORAIS, R. P. de. Estimativa da intensidade dos processos de remoção e remobilização de sedimentos da planície aluvial do Médio Rio Araguaia por erosão fluvial. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007, sem página.

MUÑOZ, V. A. **Mapeamento das planícies de inundação a partir de dados SRTM: contribuição para análise de exposição à inundação na bacia do rio Itajaí**. 2014. 114 f. Tese (Doutorado), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014.

NANSON, G. C.; CROKE, J.C. A genetic classification of floodplains. Amsterdam: **Elsevier Science Publishers B.V.**, *Geomorphology*, v. 4, 1992, p. 459-486. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(92\)90039-Q](https://doi.org/10.1016/0169-555X(92)90039-Q)

NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e áreas adjacentes. Uberlândia: **Sociedade & Natureza**, v. 1., n. 1, jun, 1989, p. 09-16.

PACHECO, F. E. R. C. Folha Uberlândia SE.22-Z-B-VI Escala 1:100.000. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG, Projeto Triângulo Mineiro, 2017, 38 p.

PAULA, T. J. A. G. de. Zonas Inundáveis e quantificação do risco de inundação em meios urbanos: estudo em Coimbra. Coimbra: **Revista Gesta**, v. 2, n. 1, 2014, 11 p. <https://doi.org/10.17565/gesta.v2i1.8591>

PEREIRA, B. W. de F. et. al. Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, nordeste paranaense. Goiânia: **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 11, n. 22, p. 1351-1372, 2015. https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_165

PÉRTILE, E. **Geração de mapas de áreas de inundação da bacia hidrográfica do alto e médio rio Cubatão do Norte/SC com aplicação do TOPMODEL**. 2008. 46 f. Monografia, Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. 2018. 245 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

PRESS, F. et. al. Estruturando um planeta. In: PRESS, F. et. al. **Para entender a Terra**. 4ª ed. São Paulo: ARTMED, 2006, p. 341-364.

_____. Rios: o transporte para os Oceanos. In: PRESS, F. et. al. **Para entender a Terra**. 4ª ed. São Paulo: ARTMED, 2006, p. 341-364.

RAMOS, C. Perigos naturais devido a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. Porto: **e-LP Engineering and Technology Journal**, v. 4, 2013, p. 11-16.

- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998, p. 47-83.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998, p. 89-152.
- ROCHA, P. C; COMUNELLO, E. Geomorfologia e áreas inundáveis na planície fluvial do Alto Rio Paraná. In: VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. **Anais...** Curitiba, 2009, p. 60-75.
- RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (org.) **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Editora Oficina de Textos. 2005.
- RODRIGUES, S. C.; BRITO, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico de detalhe – uma proposta de associação entre o mapeamento tradicional e as novas técnicas de Geoprocessamento. Uberlândia: **Caminhos de Geografia**, v. 1. n. 1, set/2000, p. 1-6.
- ROLDÃO, A. de F.; FERREIRA, V. de O. Pluviosidade e Balanço Hídrico na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **Anais...** Brasília, 2015, 9 p.
- ROSA, R. M. **Unidades de Paisagem e Zoneamento: subsídios para o Planejamento Ambiental na Bacia do Rio Uberabinha-MG**. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7ª ed. Uberlândia: EDUFU, 2009, 264p.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9ª ed. 1ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014, 88 p.
- _____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8, 1994, p. 63-73. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>
- ROSSI, M., PFEIFER, R. M. Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). Campinas: **Bragantia**, v. 58, n. 1, 1999, p. 141-156. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051999000100014>
- SANO, E.E. et. al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. Brasília: **Pesq. agropec. Bras**, vol.43, n.1, 2008, 4 p. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100020>
- SCHUMM, S. A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy**. Bull. Geol. Soc. America, n. 67, 1956, p. 597-646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- SEER, H. J., MORAES, L. C. **Geologia regional do Triângulo Mineiro**. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG, Projeto Triângulo Mineiro, 2017, 123 p.
- SILVA, A.M.; MELLO, C.R. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Federal de Lavras. 2013. Disponível em: www.deg.ufla.br/Irriga%C3%A7%C3%A3o/Disciplinas/ENG%20170/hidrologia_eng170.htm. Acesso em: 10 dezembro 2018.

SILVA, K. N. da; FILHO, Vitor Ribeiro. Desenvolvimento sócio-espacial e dinâmica urbana na zona sul da cidade de Uberlândia. São Paulo: **Revista GEOUSP – Espaço e Tempo**, nº 31, pp. 69-78, 2012.

SOARES, P. C. et. al. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, v.10, n. 3, 1980, p. 177-185.
<https://doi.org/10.25249/0375-7536.1980177185>

STIPP, N. A.F. et. al. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. Londrina: **Portal da Cartografia**, v. 3, n. 1, 2010, p. 105-124.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geol. Soc. America Bulletin**. 63:1117-1142, 1952. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais**. 2ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990, 183p.

TEODORO, V. L. I. et. al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Araraquara: **Revista Uniara**, n. 20, 2007, p. 137-155. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

TONELLO, K. C. et. al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas Guanhães – MG. Viçosa: **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, 2006, p. 849-857.
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>

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