

# **FATORES MORFOMÉTRICOS QUE INFLUENCIAM NA TENDÊNCIA À INUNDAÇÃO: APLICAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BOM JARDIM – UBERLÂNDIA- MG**

Fernanda Oliveira Borges <sup>1</sup>  
Vanderlei de Oliveira Ferreira <sup>2</sup>

## **INTRODUÇÃO**

Os eventos de inundação estão cada vez mais frequentes e intensos nos centros urbanos brasileiros. Sendo assim, estudar e planejar formas de preveni-los, mitigá-los ou adaptá-los às realidades das cidades tem se tornado mais urgente.

Existe, no campo das geociências, engenharias e áreas afins, materiais e métodos capazes de se prever eventos de inundações a partir de características e modelagens matemáticas da própria bacia hidrográfica, como os fatores morfométricos, que oferecem indicativos acerca do funcionamento da bacia no que diz respeito à produção, distribuição e escoamento do fluxo hídrico (PEREIRA et. al., 2015), baseados em aspectos como forma, relevo e estrutura hidrográfica.

Para bacias hidrográficas já inseridas em áreas urbanas, o uso deste tipo de levantamento é importante para adaptá-las aos eventos de inundação, utilizando, por exemplo, soluções baseadas na natureza, como praças esponjas, áreas alagadiças preparadas para receber a quantidade de água, pavimentos permeáveis, entre outros.

No entanto, para bacias ainda não inseridas em áreas urbanas, mas que estejam no caminho da expansão urbana de uma cidade, como é o caso da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, localizada no setor sul da cidade de Uberlândia, no Triângulo Mineiro, Minas Gerais, este tipo de estudo torna-se ainda mais relevante, transformando-se em informações preventivas e mitigadoras, porém, sempre lembrando que os eventos de inundação podem ser agravados e/ou condicionados por fatores antrópicos.

A partir do exposto, o presente texto apresenta resultados de um estudo cujo objetivo principal é mostrar os fatores morfométricos que influenciam na ocorrência de inundação, aplicando o encaminhamento metodológico à bacia hidrográfica supracitada.

---

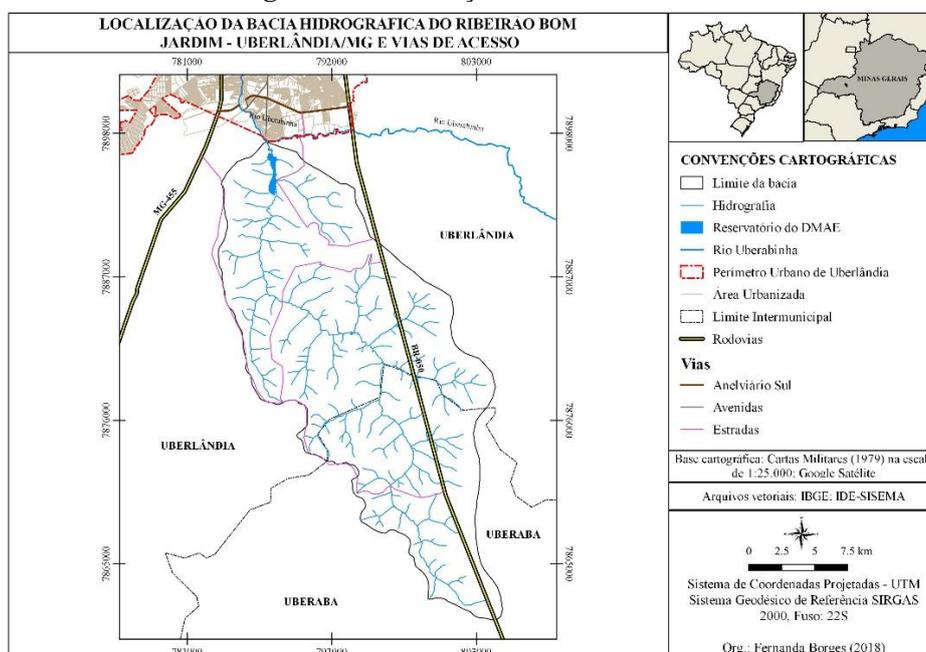
<sup>1</sup> Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, [fernanda.borges@ufu.br](mailto:fernanda.borges@ufu.br);

<sup>2</sup> Professor orientador: Doutor, Instituto de Geografia - UFU, [vanderlei.ferreira@ufu.br](mailto:vanderlei.ferreira@ufu.br).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de aplicação do levantamento dos fatores morfométricos consiste na bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim, localizada na porção sul da cidade de Uberlândia (FIGURA 1), no Estado de Minas Gerais, 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 também pela BR-050 sentido Uberaba. A área drenada da bacia é de 401 km<sup>2</sup> e seu perímetro é de 101 km. O ribeirão Bom Jardim constitui uma das principais fontes de captação de água para abastecimento da cidade de Uberlândia (BORGES, F.O., 2019).

**Figura 1:** Localização da área de estudo



**Fonte:** BORGES, F.O. (2019)

A caracterização morfométrica apresenta grande relevância para a identificação de áreas susceptíveis às inundações, pois contribui para o entendimento das particularidades e o funcionamento de uma bacia hidrográfica. De acordo com os resultados desses fatores, é possível prever e mitigar eventos de inundação, evitando assim perdas socioambientais por desastres naturais. Dentre esses fatores estão os geométricos, os morfológicos e os hidrográficos.

Os fatores geométricos são aqueles ligados à forma da bacia. Dentre eles, temos a área, o perímetro, o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade e o comprimento do eixo central. Para a obtenção desses fatores, os dados de entrada

correspondem à delimitação (limite) da bacia hidrográfica, que podem ser obtidos por meio da vetorização manual de cartas topográficas, com base nas curvas de nível e pontos cotados, como o realizado no presente estudo, ou pela delimitação automática. Ambos os processos são realizados em *softwares* de Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, como o QGIS, também utilizado neste estudo. Após a obtenção do limite da bacia, utiliza-se a Calculadora de campo no QGIS para o cálculo das variáveis de perímetro e área. Para as outras variáveis, o cálculo pode ser feito a partir da parametrização proposta por Silva e Mello (2013), Villela e Mattos (1975) e Christofolletti (1980) (FÓRMULAS 1 a 3).

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Kc: coeficiente de compacidade;

P: perímetro da bacia (km);

A: área da bacia (km<sup>2</sup>).

$$Ic = 12,57 * \frac{A}{P^2} \quad (2)$$

Ic: Índice de circularidade;

A: área da bacia (km<sup>2</sup>);

P: perímetro da bacia.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Kf: Fator forma;

A: área de drenagem (m<sup>2</sup>);

L<sup>2</sup>: comprimento do eixo da bacia (m)

Os fatores morfológicos estão relacionados à estrutura e à forma do relevo da bacia, os quais vão influenciar, basicamente, na infiltração e na velocidade de escoamento da água. As variáveis são: amplitude altimétrica, índice de rugosidade, índice de sinuosidade, textura topográfica e fator topográfico, que são obtidas por meio de Modelo Digital de Elevação – MDE, fórmulas matemáticas, sendo que aqui foram utilizadas aquelas elaboradas por Schum (1956) e Christofolletti (1980), juntamente com dados vetoriais do limite da bacia e curvas de nível (FÓRMULAS 4 a 9). Os cálculos também foram realizados utilizando a Calculadora de Campo do QGIS.

$$Hm = Hmax - Hmin \quad (4)$$

Hm: Amplitude altimétrica;

Hmax: altitude máxima (m);

Hmin: altitude mínima (m).

$$Rr = \frac{Hm}{L} \quad (5)$$

Rr: relação relevo;

Hm: amplitude altimétrica (m);

L: comprimento do eixo da bacia (m).

$$Ir = Hm.Dd \quad (6)$$

Ir: índice de rugosidade;  
 Hm: amplitude altimétrica (m);  
 Dd: densidade de drenagem.

$$S = \frac{l}{L} \quad (7)$$

S: índice de sinuosidade;  
 l: comprimento do rio principal (m);  
 L: comprimento do eixo da bacia (m).

$$Tt = \frac{1,6582462}{Dd^{1,115}} \quad (8)$$

Tt: textura topográfica;  
 Dd: densidade de drenagem.

$$Ft = Dh \cdot Ic \cdot Rr \quad (9)$$

Ft: fator topográfico;  
 Dh: densidade hidrográfica;  
 Ic: índice de circularidade;  
 Rr: relação relevo.

Os fatores hidrográficos correspondem à caracterização da drenagem da bacia, que vai influenciar sobre o regime de produção, distribuição e escoamento de água dentro de seus limites. Para estes fatores são utilizadas as seguintes variáveis: densidade de drenagem, densidade hidrográfica, densidade de confluência, coeficiente de manutenção, coeficiente de torrencialidade e relação de bifurcação e índice de sinuosidade, calculados, igualmente aos demais fatores, por meio da Calculadora de Campo do QGIS, seguindo a parametrização proposta por Horton (1945), Silva e Mello (2013), Villela e Mattos (1975), Christofletti (1980) (FÓRMULAS 10 a 15). Os dados de entrada são os vetores da drenagem e o limite da bacia.

$$Dd = \frac{Lc}{A} \quad (10)$$

Dd: densidade de drenagem;  
 Lc: comprimento de todos os canais (km);  
 A: área da bacia (km<sup>2</sup>).

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (11)$$

Dh: densidade hidrográfica;  
 N: número total de canais;  
 A: área da bacia (km<sup>2</sup>).

$$Dc = \frac{Nc}{A} \quad (12)$$

Dc: densidade de confluência;  
 Nc: número total de confluências;  
 A: área da bacia (km<sup>2</sup>).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad (13)$$

Cm: coeficiente de manutenção;

Dd: densidade de drenagem.

$$Ct = Dh \cdot Dd \quad (14)$$

Ct: coeficiente de torrencialidade;

Dh: densidade hidrográfica;

Dd: densidade de drenagem.

$$Rb = \frac{Nw}{Nw+1} \quad (15)$$

Rb: relação de bifurcação;

Nw: número de seguimentos de determinada ordem;

Nw+1: número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Com base nos resultados dos cálculos das variáveis aqui apresentadas, é possível determinar importantes fatores controladores do comportamento hidrológico da bacia estudada, principalmente no que diz respeito à probabilidade de inundações (BORGES, 2019, p.18).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores morfométricos trazem esclarecimentos sobre o funcionamento, produção, recebimento, direção e fluxo de água, como afirma Christofolletti (1980, p. 102),

“(…) 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).

A análise dos fatores geométricos (TABELA 1) indica que a bacia possui pouca susceptibilidade à inundação, uma vez que os resultados das variáveis determinaram que sua configuração é mais alongada que circular, o que significa que a água leva um longo tempo para percorrer toda a sua extensão, desde as nascentes à sua foz, evitando a concentração de água, como ocorre em bacias circulares (BORGES, 2019, p.59-60).

**Tabela 1:** Resultados dos fatores geométricos

FATORES	RESULTADOS
Área da bacia (A)	401 km <sup>2</sup>
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

BORGES, F.O. (2019, p. 59)

Por meio dos fatores morfológicos (TABELA 2), foi possível identificar que a bacia em estudo possui vales mais largos com vertentes suavizadas, o que é importante para controlar a velocidade do fluxo hidrológico. Apesar de esta característica influenciar no tempo de saturação das áreas mais planas, o qual pode ser mais rápido dependendo da capacidade de infiltração dos solos, e podendo provocar cheias, no geral, tais fatores também apresentaram a baixa susceptibilidade da bacia do ribeirão Bom Jardim à inundação, devido à pouca variação topográfica (BORGES, 2019, p.60-65).

“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).

**Tabela 2:** 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

BORGES, F.O. (2019, p. 63)

Os fatores hidrográficos (TABELA 3) não foram diferentes e também apresentaram uma baixa susceptibilidade da bacia à inundação. 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”. E, com base nisto, e nos resultados dos cálculos anteriores, a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim é relativamente mal drenada, uma vez que sua densidade de drenagem é baixa. Em outras palavras, os canais fluviais que compõem a bacia são mais alongados, fazendo com que a bacia tenha uma menor quantidade de canais, influenciando um escoamento lento, sendo que a água permanece mais tempo dentro dos limites da bacia, até alcançar a sua foz (BORGES, 2019, p.65-67).

**Tabela 3:** 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 <sup>2</sup>
Densidade hidrográfica (Dh)	0,4 curso/km <sup>2</sup>
Densidade de confluência (Dc)	0,3
Coefficiente de manutenção (Cm)	1,19 m <sup>2</sup> /m
Coefficiente de torrencialidade (Ct)	0,34
Índice de sinuosidade (S)	1,3

Em suma, os resultados dos fatores morfométricos indicaram que a bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim possui baixa susceptibilidade à ocorrência de inundação, porém, há que se lembrar, caso sejam mantidas as características atuais da bacia, que é necessária a manutenção das planícies de inundação sem impermeabilização, com Áreas de Preservação Permanente – APPs e vegetação nas partes mais altas (pontos de recarga), mesmo em caso de urbanização da bacia.

O cálculo dos fatores morfométricos é de suma importância para dar um norte em relação à susceptibilidade de ocorrer inundação numa bacia, porém, os mesmos, por si só, não apresentam uma realidade em caso de alterações no modo de uso e ocupação da terra, devendo ser, conjuntamente, analisados sob uma perspectiva geográfica e sistêmica da área, com a projeção de cenários futuros, de forma a incrementar o estudo.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa serviu para disponibilizar conhecimentos sobre as características morfométricas da bacia hidrográfica do ribeirão Bom Jardim e como estas podem influenciar, ou não, a susceptibilidade da bacia à ocorrência de eventos de inundação. No caso deste estudo, foi possível aferir, por meio dos resultados dos cálculos morfométricos, que a bacia possui baixa susceptibilidade à inundação.

Dessa forma, conclui-se que tal técnica é importante para a análise de bacias hidrográficas referente à probabilidade de ocorrência à inundação, porém, vale lembrar que tais fatores não devem ser analisados de forma individual como uma verdade absoluta, mas sim, conjuntamente com uma análise geográfica e sistêmica e com uma projeção de cenários futuros, avaliando as alterações no modo de uso e ocupação da terra, testes de impermeabilização e zoneamento das atividades na bacia. Afinal, o estudo morfométrico serve como uma base norteadora de pesquisas sobre tal temática, entretanto, em se tratando de paisagem, vários outros fatores devem ser levados em consideração.

Vale ressaltar que os fatores utilizados podem servir como subsídio para o planejamento urbano de bacias hidrográficas como forma preventiva a eventos de inundação e, conseqüentemente, a desastres naturais, devendo ser realizado de forma integrada com o planejamento socioambiental.

**Palavras-chave:** Áreas com tendência à inundação; Caracterização morfométrica, Bacia hidrográfica, Planejamento urbano, Desastres naturais.

## AGRADECIMENTOS

Expressamos os devidos agradecimentos à CAPES como agência de fomento que possibilitou a produção dessa pesquisa realizada durante o mestrado, entre 2017 e 2019.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, F.O. **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.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 89 p. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.678>
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Blucher, 1980, 280 p.
- 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)
- 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](https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_165)
- 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\[597:EOSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EOSAS]2.0.CO;2)
- 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.ht](http://www.deg.ufla.br/Irriga%C3%A7%C3%A3o/Disciplinas/ENG%20170/hidrologia_eng170.ht) m. Acesso em: 30 maio 2023.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245 p.