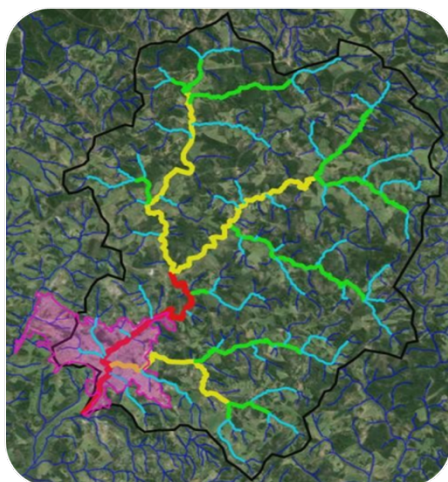


GRAPHICAL ABSTRACT

MORPHOMETRY OF THE FORMIGA RIVER BASIN USING THE ECOLOGICAL-ECONOMIC ZONING OF MINAS GERAIS, BRAZIL



Parameters	Acronym	Value	Unit	Flood propensity
compactness coefficient	Kc	1,38	dimensionless	median
form factor	Ff	0,52	dimensionless	median
conformation index	Fc	0,60	dimensionless	-
elongation ratio	Re	0,82	dimensionless	median
circularity index	Ic	0,51	dimensionless	median
drainage density	Dd	1,64	km/km ²	low
drainage network density	Drd	1,43	n°/km ²	-
torrential coefficient	Ct	2,34	dimensionless	high
average extent of surface runoff	L	0,1528	km	high
average slope	Dm	1,63	%	low
concentration time	Tc	0,3239	h	high

The basin has a median propensity for flooding, as shown by the roundness index ($Ic = 0.51$), shape factor ($Ff = 0.52$) and elongation ratio ($Re = 0.82$).

MORFOMETRIA DA BACIA DO RIO FORMIGA UTILIZANDO O ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DE MINAS GERAIS

MORPHOMETRY OF THE FORMIGA RIVER BASIN USING THE ECOLOGICAL-ECONOMIC ZONING OF MINAS GERAIS, BRAZIL

Carlos Henrique Borges ¹ e Kátia Daniela Ribeiro ¹*

¹ Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG, Av. Dr. Arnaldo de Senna, nº 328, Palmeiras, 35.574.530, Formiga - MG, Brasil.

* katiaribeiro@unifor.br

Artigo submetido em 01/09/2023, aceito em 14/03/2024 e publicado em 25/03/2024.

ORCID – Carlos Henrique Borges: <https://orcid.org/0009-0002-4698-0481>.

ORCID – Kátia Daniela Ribeiro: <https://orcid.org/0000-0003-4111-447X>.

Resumo: Muitas cidades, por falta de planejamento urbano ou outros motivos, sofrem constantemente com enchentes e inundações, por isso faz-se necessário criar mecanismos que auxiliem na prevenção desses desastres. Este trabalho traz o estudo morfométrico da bacia que influencia na ocorrência de enchentes na área urbana do município de Formiga-MG, utilizando como principal ferramenta os dados do Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais disponíveis na Plataforma IDE-Sisema. Foi feita coleta de dados geomorfométricos que foram processados para a obtenção de informações como área, perímetro, comprimento axial etc. Esses elementos permitiram a estimativa de indicadores do comportamento físico e hidrológico da bacia, como fator de forma, densidade de rede de drenagem, entre outros. A bacia apresenta mediana propensão a enchentes, conforme mostraram o índice de circularidade ($I_c = 0,51$), fator de forma ($F_f = 0,52$) e a razão de alongação ($R_e = 0,82$). Essa mediana propensão a enchentes da bacia hidrográfica analisada é devida, principalmente, à sua forma e à impermeabilização do solo pelas construções civis às margens de seus principais rios.

Palavras-chave: coeficiente de compacidade; densidade de drenagem; propensão a enchentes.

Abstract: Many cities, due to lack of urban planning or other reasons, constantly suffer from floods, so it is necessary to create mechanisms that help prevent these disasters. This work brings the morphometric study of the basin that influences the occurrence of floods in the urban area of the municipality of Formiga, state of Minas Gerais, Brazil, using data from the Ecological-Economic Zoning of Minas Gerais, available on the IDE-Sisema Platform, as the main tool. Geomorphometric data were collected and processed to obtain information such as area, perimeter, axial length, etc. These elements allowed the estimation of indicators of the physical and hydrological behavior of the basin, such as shape factor, drainage network density, among others. The basin has a median propensity for flooding, as shown by the roundness index ($I_c = 0.51$), shape factor ($F_f = 0.52$) and elongation ratio ($R_e = 0.82$). This average propensity for flooding in the hydrographic basin analyzed is mainly due to its shape and the waterproofing of the soil by civil constructions on the banks of its main rivers.

Keywords: compactness coefficient; drainage density; prone to flooding.

1 INTRODUÇÃO

A ocupação e urbanização da maioria das cidades do Brasil se deu de forma aleatória e sem grandes preocupações com o planejamento urbano e a infraestrutura. Geralmente, o desenvolvimento ocorreu em locais estratégicos como rotas de comércio e próximo a recursos naturais necessários à sobrevivência.

No município de Formiga, localizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, não foi diferente. Tropeiros, que transportavam açúcar, tinham uma rota que passava por esse local e paravam para descansar nas margens do Rio Formiga, que corta a cidade e, aos poucos, foram se instalando no local. A ausência de planejamento urbano causou danos à natureza, tais como: supressão de fauna e flora, principalmente da mata ciliar dos

principais rios da cidade, o Rio Formiga e o Rio Mata Cavallo.

A falta de estudos, principalmente geomorfológicos e hidrológicos, fez com que houvesse uma ocupação inadequada e impermeabilização excessiva do solo da bacia, causando assim, entre outros impactos, inundações em algumas áreas urbanas do município quando ocorrem grandes precipitações.

Vários fatores devem ser levados em consideração para se analisar o risco de ocorrência de inundações, tais como: o fato de a cidade ter se desenvolvido às margens de seus principais rios, o relevo acidentado, a impermeabilização do solo, as características das bacias hidrográficas (textura do solo, declividade do terreno, índice pluviométrico, escoamento superficial, preservação das matas ciliares), que segundo a Lei 9433/1997 (Lei das

Águas), são "a unidade de planejamento territorial".

A morfometria apresentada por uma bacia hidrográfica influencia significativamente o seu escoamento superficial, possuindo grande relevância na determinação do hidrograma resultante de uma determinada chuva, bem como na determinação do tempo de concentração, que representa o tempo necessário para que toda a água precipitada alcance o exutório (Schiavetti; Camargo, 2002).

Nesse sentido, uso de geotecnologias como softwares de georreferenciamento, podem auxiliar na previsão do comportamento de determinadas áreas frente a eventos climáticos como grandes precipitações e assim classificar essas áreas quanto à tendência e o risco de inundações, bem como planejar meios para a minimização de seus impactos.

Uma ferramenta muito útil e completa que pode ser usada no estudo de propensão de uma área a enchentes é o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), pois permite a visualização de vários *layers* diferentes e a combinação entre eles, para que se possa entender melhor as interações entre suas diversas informações.

A avaliação da propensão de uma área a enchentes, com certeza, contribui para a redução de vários impactos relacionados à ocorrência das mesmas. Assim sendo, os resultados deste trabalho são prontamente aplicáveis ao município de Formiga-MG de maneira a minimizar os transtornos advindos de sua inundação, tais como: perda de bens materiais, danos em estruturas como pontes, perdas de vidas, lesões e doenças, além de auxiliar em projetos de infraestrutura para suportar todo esse deflúvio superficial direto que deságua na zona urbana do município.

Dentro deste contexto, o presente estudo objetivou determinar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Formiga, através de informações do Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE – do estado de Minas

Gerais, disponíveis na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IDE-Sisema, e classificar a região quanto à propensão a inundações.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Formiga-MG localiza-se na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, sob as coordenadas geográficas Latitude: 20°27'42" Sul e Longitude: 45°25'58" Oeste, situada em média a 832 metros de altitude. Sua unidade territorial possui uma área de 1.501,915 km² e um perímetro aproximado de 233,37945 km. A cidade teve sua população estimada no ano de 2021 (IBGE, 2023) em 67.596 habitantes e sua densidade demográfica é de 43,36 hab/km².

Com relação ao clima, a cidade de Formiga-MG, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é classificada como sendo subtropical ou tropical de altitude, tipo de clima Cwa, que se caracteriza por: climas mesotérmicos, temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C, temperatura média do mês mais frio > 10°C, estações de verão e inverno bem definidas, chuvas de verão e temperatura média do ar no mês mais quente > 22°C (Reboita et al., 2015).

Todos os procedimentos metodológicos foram executados utilizando-se informações do Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE – do estado de Minas Gerais, disponíveis na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IDE-Sisema, e seguindo as orientações metodológicas descritas em Sisema (2022).

O IDE- Sisema refere-se a um modelo de gestão de dados, padrões e tecnologias geoespaciais agrupados num Sistema de Informação Geográfica (SIG) em plataforma online e de utilização gratuita. A Plataforma IDE-Sisema permite

a visualização de atributos ambientais e antrópicos, assim como restrições ambientais legalmente estabelecidas para o estado de Minas Gerais e conta com ferramentas de navegação e consulta a coordenadas e endereços, mapas base e camadas para consulta de atributos, bem como ferramentas de desenho para vetorização, edição de geometrias, importação e exportação de camadas (Sisema, 2022).

Utilizando-se as ferramentas de localização e desenho da Plataforma IDE-Sisema, o município de Formiga foi localizado dentro do estado de Minas Gerais, delimitando-se seu perímetro urbano. Em seguida, para a delimitação da microbacia a ser analisada, definiu-se como seção de controle o ponto mais baixo do trecho urbano (791 m), coincidente com um ponto do rio Formiga.

Definida a seção de controle da microbacia hidrográfica, utilizou-se as ferramentas de desenho da Plataforma IDE-Sisema para delimitação da microbacia de contribuição, com base na metodologia descrita por Amanajás e Funi (2015).

A caracterização dos parâmetros físicos e morfológicos de interesse da microbacia de influência foi feita através de mapas temáticos do município delimitado, conforme Sisema (2022).

Para determinação dos parâmetros relacionados com a forma da bacia, foi necessária a obtenção de dados tais como: área, perímetro, comprimento do talvegue, comprimento do rio principal, largura da bacia, entre outros. Esses dados foram obtidos pelo uso das ferramentas de desenho da Plataforma IDE-Sisema.

a) Coeficiente de Compacidade - K_c

Representa a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, relacionando a forma da bacia com um círculo. Pode ser determinado a partir da Equação 1.

$$K_c = 0,28 \cdot P / A^{0,5} \quad (1)$$

Em que:

P - perímetro da bacia (km);

A - área da bacia (km²).

Com relação ao coeficiente de compacidade a microbacia pode ser classificada da seguinte forma (Silva; Mello, 2015):

- $1,00 \leq K_c < 1,25$ - bacia com alta propensão a enchentes;
- $1,25 \leq K_c < 1,50$ - bacia com tendência mediana a enchentes;
- $K_c \geq 1,50$ - bacia não sujeita a enchentes.

b) Fator de forma – F_f

Também conhecido como fator de Gravellius, é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia (B) e o comprimento axial (Lax) da mesma, como na Equação 2.

$$F_f = B / Lax \quad (2)$$

Em que:

B - largura média da bacia (km);

Lax - comprimento axial da bacia (km).

Para a obtenção da largura média, foi medida a largura em 10 pontos de diferentes larguras, considerando-se o de maior e o de menor largura. Após obter essas medidas, foi feita uma média aritmética.

Com relação ao fator de forma a microbacia pode ser classificada da seguinte forma (Silva; Mello, 2015):

- $F_f \geq 0,75$ - bacia sujeita a enchentes;
- $0,50 < F_f < 0,75$ - bacia com tendência mediana a enchentes;
- $F_f \leq 0,50$ - bacia não sujeita a enchentes

c) Índice de conformação - F_c

Compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial, sendo expresso pela Equação 3.

$$F_c = A / Lax^2 \quad (3)$$

Em que:

A - área da bacia (km²);

Lax - comprimento axial da bacia (km).

d) Razão de alongamento - Re

É a relação entre o diâmetro de um círculo de área igual a área da bacia e o comprimento axial da bacia (Equação 4).

$$Re = 1,128 (A^{0,5} / Lax) \quad (4)$$

Um maior valor de Re significa que a bacia tende a um formato circular e, por consequência, a uma maior tendência a enchentes

e) Índice de circularidade - Ic

Este índice relaciona a área total da bacia e um círculo e a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia hidrográfica (Equação 5).

$$Ic = 12,57 \cdot A / P^2 \quad (5)$$

Quanto mais próximo de 1,0 for o valor de Ic, mais próxima da forma circular será a bacia, o que favorece a ocorrência de enchentes; e se os valores de Ic forem menores que 0,51, a bacia hidrográfica é mais alongada, o que faz com que a propensão a enchentes seja baixa (Borsato, 2005).

f) Classificação da Rede de Drenagem

Para a análise do sistema de drenagem da microbacia de contribuição, foi feita a classificação dos drenos e a medição do comprimento de cada dreno. A classificação de hierarquia dos drenos foi feita pelo método proposto por Strahler (1952), que consiste em classificar como dreno de primeira ordem aqueles que não recebem nenhum tributário, ou seja as nascentes; de segunda ordem os drenos formados pela confluência de dois drenos de primeira ordem; de terceira ordem os drenos formados pela confluência de

drenos de segunda ordem e assim por diante.

A medição do comprimento dos drenos foi feita usando as ferramentas de desenho da Plataforma IDE-Sisema.

g) Densidade de drenagem – Dd

Esse índice denota o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expresso pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (perenes, intermitentes ou temporários) e a área total da bacia (Equação 6).

$$Dd = \Sigma L / A \quad (6)$$

Em que:

ΣL - comprimento total dos drenos da bacia (km).

Com relação a densidade de drenagem a microbacia pode ser classificada da seguinte forma (Silva; Mello, 2015):

- $Dd \leq 5$ - baixa densidade
- $5 < Dd < 13$ - média densidade
- $Dd \geq 13$ - alta densidade

h) Densidade da rede de drenagem - Drd

Também chamada de frequência de rios, expresso pela relação entre o somatório do número de canais da rede (perenes, intermitentes ou temporários) e a área total da bacia (Equação 7).

$$Drd = N / A \quad (7)$$

Em que:

N - número de drenos.

i) Coeficiente de torrencialidade - Ct

Corresponde à multiplicação da densidade de drenagem pela densidade da rede de drenagem (Equação 8).

$$Ct = Dd \cdot Drd \quad (8)$$

Em que:

Dd - densidade de drenagem;

Drd - densidade da rede de drenagem.

Quanto maior for o valor de Ct, menor será a propensão a enchentes.

j) Extensão média do escoamento superficial - l

Este parâmetro indica a distância média que a água de chuva teria que escoar sobre os terrenos da bacia (em linha reta) do ponto onde ocorreu sua queda até o curso d'água mais próximo. Ele dá uma ideia da distância média do escoamento superficial. A bacia em estudo é transformada em retângulo de mesma área, onde o lado maior é a soma dos comprimentos dos rios da bacia. É dada pela Equação 9:

$$l = A / (4 \cdot \Sigma L) \quad (9)$$

k) Declividade média da microbacia - Dm

Também conhecida como razão de relevo da bacia, este parâmetro indica a inclinação média do terreno e é expresso pela relação entre a variação de altitude entre o ponto mais baixo e o ponto mais alto da bacia (amplitude altimétrica) e o comprimento axial da bacia (Equação 10).

$$Dm = \Delta H / Lax \quad (10)$$

Em que:

ΔH - Amplitude altimétrica (m).

Quanto maior for a razão de relevo, maior será o escoamento superficial e, conseqüentemente, maior será sua propensão a enchentes.

l) Tempo de concentração - Tc

O tempo de concentração é o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a área contribua com a vazão na seção de controle (Equação 11)

$$Tc = (0,87 \cdot L^3 / \Delta H)^{0,385} \quad (11)$$

Em que:

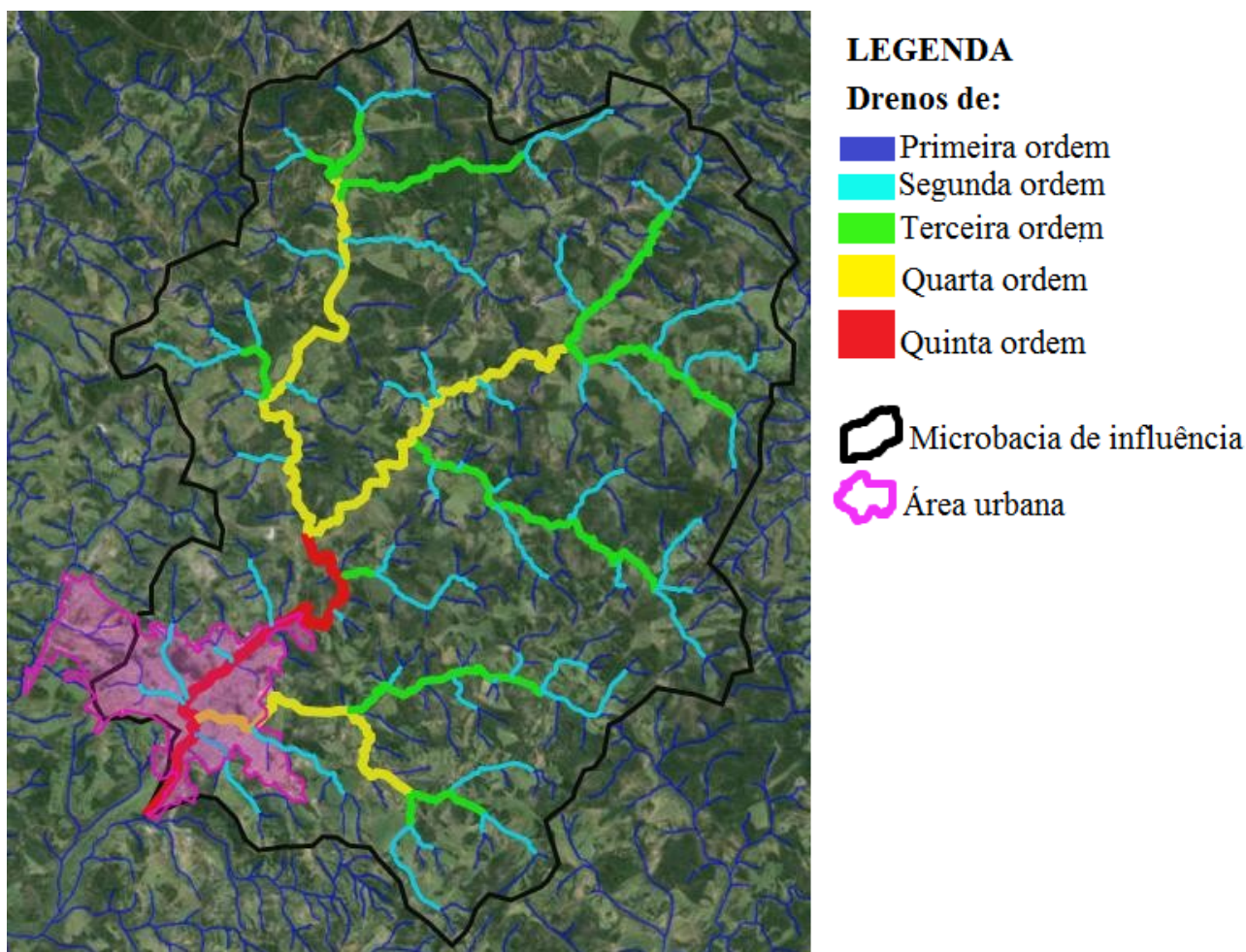
L - comprimento do talvegue principal (km).

Quanto menor for o tempo de concentração, maior será a propensão à enchentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Formiga-MG possui uma área urbana aproximada de 13,77 km² e um perímetro aproximado de 32,21 km. A Figura 1 mostra a delimitação da microbacia hidrográfica estudada e sua rede de drenagem. A seção de controle da microbacia de estudo localiza-se sob coordenadas UTM N = 7.732.314,98 m e E = 451.947,92 m (Datum SIRGAS-2000, fuso 23K).

Figura 1 - Rede de drenagem da microbacia estudada.



Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A região de estudo possui temperaturas médias anuais em torno de 18,1°C a 19,4°C e precipitações médias anuais entre 1534 mm e 1647 mm. Com relação à compartimentalização das sub-bacias do município de Formiga-MG, a microbacia de estudo encontra-se na sub-bacia do rio Formiga. Nota-se que a área de estudo localiza-se quase que inteiramente na região de formação do complexo de Barbacena, com predominância de granitos a quartzodioritos (Sisema, 2022).

A microbacia de influência possui dois tipos predominantes de solo, conforme mapas base disponíveis na Plataforma IDE-Sisema: o solo classificado como latossolo vermelho-amarelo que tem como características:

possui cor e vermelho-amarelada, é profundo, normalmente apresenta baixa fertilidade natural e boa drenagem, o que contribui para um menor escoamento superficial. O outro tipo de solo presente na microbacia é o argissolo vermelho-amarelo, que tem as mesmas características do latossolo, porém com um teor de argila maior e pode ser um pouco mais raso. Ambos os solos ocorrem predominantemente em relevos ondulados e fortemente ondulados, que predominam na microbacia estudada, com altitudes variando de 800 metros na área urbana a 1170 metros na região nordeste da microbacia, o que favorece o escoamento superficial, conforme Sisema (2022).

Quanto à cobertura vegetal, a área da microbacia apresenta 5,19% de área urbana e o restante está bem distribuída

entre porções de florestas, agropecuária, e capoeiras, com predominância de agropecuária (Sisema, 2022), sendo que a área impermeabilizada ocorre na margem dos rios de maior ordem, o que contribui de forma significativa para o escoamento superficial e, por consequência aumenta a propensão a enchentes.

A microbacia de contribuição estudada (Figura 1) possui área de drenagem igual a 203,88 km², perímetro de 70,59 km e comprimento axial de 19,74 km (Tabela 1). A Tabela 2 apresenta os dados relativos à rede drenagem da microbacia analisada. E a Tabela 3 apresenta os parâmetros morfométricos da microbacia analisada.

A microbacia estudada apresentou propensão mediana a grandes enchentes, evidenciado tanto pelo valor de Kc, que ficou entre 1,25 e 1,50, quanto pelo valor de Ff cujo valor ficou entre 0,50 e 0,75, conforme Silva e Mello (2015). Este fato se deve à forma da bacia em questão não se aproximar a de um círculo, inferência esta obtida através do Ic, onde valores menores que 1,51 sugerem a tendência da bacia em ser alongada e valores maiores que 1,00 sugerem que a bacia assemelha-se a um círculo (Borsato, 2005). O valor de Ic encontrado ficou entre esses dois extremos,

se aproximando mais do extremo inferior, confirmando uma média propensão dessa microbacia a grandes enchentes.

Tabela 1 - Dados referentes a microbacia de contribuição.

Dado	Sigla	Valor	Unidade
Perímetro	P	70,59	km
Área	A	203,88	km ²
Largura média	B	11,82	km
Comprimento axial	Lax	19,74	km
Comprimento total dos rios	ΣL	333,62	km
Amplitude altimétrica	ΔH	321	m
Número de drenos	N	292	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Tabela 2 - Classificação dos drenos segundo Straller.

Classificação	Quantidade de drenos	Σ dos drenos
1ª Ordem	219	181,70
2ª Ordem	58	79,55
3ª Ordem	11	35,12
4ª Ordem	3	26,95
5ª Ordem	1	10,30
Total	292	333,62

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Tabela 3 - Parâmetros calculados para a microbacia.

Parâmetro	Sigla	Valor	Unidade	Propensão à enchentes
Coefficiente de compacidade	Kc	1,38	adimensional	mediana
Fator de forma	Ff	0,52	adimensional	mediana
Índice de conformação	Fc	0,60	adimensional	-
Razão de alongação	Re	0,82	adimensional	mediana
Índice de circularidade	Ic	0,51	adimensional	mediana
Densidade de drenagem	Dd	1,64	km/km ²	baixa
Densidade da rede de drenagem	Drd	1,43	nº/km ²	-
Coefficiente de torrencialidade	Ct	2,34	adimensional	alta
Extensão média do escoamento superficial	L	0,1528	km	alta
Declividade média	Dm	1,63	%	baixa
Tempo de concentração	Tc	0,3239	h	alta

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A razão de alongamento encontrada para a microbacia estudada também indica uma propensão mediana a enchentes visto que, ao comparar o valor encontrado neste estudo ($Re = 0,816$) com o valor encontrado por Campanharo (2010) de $Re = 0,65$ para uma bacia hidrográfica alongada e sem propensão a grandes enchentes, deduz que a microbacia estudada apresentou um valor mediano para esse parâmetro.

A rede de drenagem da microbacia constitui-se por 292 cursos d'água (Figura 1 e Tabela 2), sendo o Rio Formiga o principal, 10,3 km de extensão desde sua "formação" até o exutório considerado para delimitação da bacia, segundo a classificação de Strahler (1952). Ainda segundo a classificação de Strahler (1952), a microbacia conta com 219 nascentes, quantidade esta bastante relevante.

A densidade de drenagem foi considerada baixa, pois o valor encontrado foi menor que 5 km/km^2 segundo a classificação apresentada por Silva e Mello (2015), indicando que esta bacia hidrográfica apresenta baixa relação entre o comprimento dos rios e a área da bacia, indicando um eficiente escoamento de fluxo de água e boa infiltração para o lençol freático, ou seja, a densidade de drenagem encontrada indica uma menor propensão a inundações.

Campanharo (2010), em seu estudo sobre o diagnóstico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce, no Espírito Santo, conclui que todos os parâmetros morfométricos analisados indicaram que a bacia não era sujeita a enchentes, encontrando um valor baixo do Ct , a $0,65$. No presente estudo, o valor de Ct encontrado foi 3,6 vezes maior que o observado por Campanharo (2010), permitindo inferir que a microbacia estudada, quanto a torrencialidade, apresenta uma alta propensão para a ocorrência de enchentes.

O valor encontrado para a densidade da rede e drenagem informa que existe mais de um rio para cada km^2 da bacia,

indicando um ambiente menos favorável para a geração de novos cursos fluviais como apresentado por Castro e Carvalho (2009).

Partindo do princípio de que quanto maior a declividade média do terreno, maior será a quantidade de água a escoar superficialmente, conseqüentemente, maior será a velocidade da água no sentido de maior comprimento da bacia, Rossi e Pfeifer (1999) propuseram uma classificação para bacias hidrográficas quanto a declividade média em que se consideram baixos valores entre $0,00$ e $0,10 \text{ m/m}$; médios valores entre $0,11$ e $0,30$; e altos valores entre $0,31$ e $0,60$. Com base nessa classificação, a declividade média da bacia estudada ($0,0163 \text{ m/m}$) caracteriza-se como baixa. Analisando-se o parâmetro declividade média, a microbacia apresenta baixa propensão a enchentes.

A água precipitada, depois de se ter iniciado o escoamento superficial, vai percorrer uma extensão menor até encontrar um curso d'água (Vilella; Mattos, 1975). Esse percurso é denominado extensão média de escoamento superficial e representa a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos da microbacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta, desde o ponto onde a chuva caiu até o ponto mais próximo do leito de um curso d'água (Campanharo, 2010).

Para a microbacia estudada, a extensão média de escoamento superficial foi de $152,8 \text{ m}$, valor que pode ser considerado baixo. Extensão de escoamento pequena, da ordem de 100 m , pode provocar alagamentos em dias de chuvas intensas, em função da menor possibilidade de infiltração de água no solo (Olszewski et al. 2011), o que pode comprometer a segurança contra enchentes na ocorrência de eventos hidrológicos adversos.

O tempo de concentração encontrado foi de, aproximadamente, 19 minutos e meio. Isso mostra que toda a água precipitada escoar rapidamente para a

seção de controle, o que contribui de forma significativa para a ocorrência de enchentes.

Enfim, com relação aos parâmetros calculados para a microbacia hidrográfica estudada, verifica-se que sua propensão a grandes cheias, de maneira geral, é mediana. Contudo, a morfometria de uma área analisada isoladamente permite inferir sobre a propensão a enchentes, mas não é unânime a esse respeito, pois existem vários outros fatores de extrema relevância, como o uso e ocupação do solo e pluviosidade local, que contribuem também para que as inundações ocorram.

4 CONCLUSÕES

A microbacia hidrográfica estudada apresentou mediana propensão à ocorrência de inundações, conforme mostraram o índice de circularidade ($I_c = 0,51$), fator de forma ($F_f = 0,52$) e a razão de alongação ($R_e = 0,82$). Essa mediana propensão a enchentes da bacia hidrográfica analisada foi devida, principalmente, à sua forma e à impermeabilização do solo pelas construções civis às margens de seus principais rios.

Os parâmetros morfométricos analisados são fundamentais para qualquer estudo hidrológico, e de grande importância para a definição de uma sequência de prioridades na gestão e elaboração de um plano de ação para a mesma.

E, por fim, a geotecnologia utilizada neste trabalho mostrou-se uma ferramenta útil para estudos morfométricos de bacias hidrográficas, pois possibilitou um estudo confiável dos fatores físicos da bacia, que serviram de subsídio para a análise da área, sem que fosse necessário um estudo em campo, o que demandaria muitos recursos financeiros e pessoal especializado nas mais diversas áreas de atuação.

REFERÊNCIAS

AMANAJÁS, V.; FUNI, C. **Mini curso de delimitação de bacia hidrográfica**. Macapá: SEMA/CGTIA, 2015. Disponível em:

<https://www.academia.edu/12889400/Delimita%C3%A7%C3%A3o_de_bacia_hidrogr%C3%A1fica>. Acesso em 8 jan. 2024.

BORSATO, F.H. **Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá– PR. 2005. Disponível em:

<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/teses_geografia2008/dissertacaouemfabianohugoborsato.pdf>. Acesso em 8 jan. 2024.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnóstico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Espírito Santo, 2010. Disponível em:

<https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Wesley%20Augusto%20Campanharo.pdf>. Acesso em 8 jan. 2024.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 5, n. 2, 2009. Disponível em:

<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/623>. Acesso em: 8 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de localização do Município de Formiga no Estado de Minas Gerais**. 2023. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/formiga>>

miga/panorama>. Acesso em: 04 mai. 2023.

OLSZEWSKI, N. et al. Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. **Revista Arvore**, v. 35, n. 3, p. 485–492, 1 jun. 2011. DOI: 10.1590/S0100-67622011000300011

REBOITA, M. S. et al. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 31 dez. 2015. DOI: 10.5380/abclima.v17i0.41493

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). **Bragantia**, Campinas, v. 58, n.1, p.141-156, 1999. DOI: 10.1590/S0006-87051999000100014

SILVA, A. M.; MELLO, C. R. **Bacia hidrográfica**. Lavras: UFLA, 2015. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/35590980>

>/Bacia-Hidrografica-Ufla>. Acesso em: 8 jan. 2024.

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Manual 02 – Guia do usuário da plataforma online de visualização de camadas de informação geográfica**. 5. ed. Comitê Gestor da IDE-Sisema, 2022. Disponível em: <https://meioambientemg-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/dgeo_semad_meioambiente_mg_gov_br/EeQylrBGJmBIISKIq0F2NLABF_1vdDJEeP96hSCQXoiaEA?e=k29nSh>. Acesso em 8 jan. 2024.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, Ba: Editus, 2002. 293 p. Disponível em: <http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf>. Acesso em 8 jan. 2024.

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