

## Uso de técnicas de sensoriamento remoto para a análise morfométrica da sub-bacia do Ribeirão do Peixe, Itabira-MG

Use of remote sensing techniques for morphometric analysis of the Ribeirão do Peixe sub-basin, Itabira-MG

Uso de técnicas de detección remota para el análisis morfométrico de la subcuenca Ribeirão do Peixe, Itabira-MG

Recebido: 07/03/2022 | Revisado: 14/03/2022 | Aceito: 22/03/2022 | Publicado: 29/03/2022

### **Jeferson Barbosa Guimarães Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3360-4420>  
Centro Universitário Funcesi, Brasil  
E-mail: 719283@aluno.funcesi.br

### **Julia Mara Araújo Fonseca**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5160-4558>  
Centro Universitário Funcesi, Brasil  
E-mail: 718620@aluno.funcesi.br

### **Lucas Vinícius Souza Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1174-2363>  
Centro Universitário Funcesi, Brasil  
E-mail: 719090@aluno.funcesi.br

### **Luiz Henrique Sabino Juvenal**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8748-7821>  
Centro Universitário Funcesi, Brasil  
E-mail: 719656@aluno.funcesi.br

### **Juni Cordeiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9371-8385>  
Centro Universitário Funcesi, Brasil  
E-mail: juni.cordeiro@funcesi.br

### **Graziele Lage Alves Santiago**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5271-3326>  
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial - SENAC, Brasil  
E-mail: graziele.santiago@unifei.edu.br

### **Resumo**

A interpretação e análise de características morfométricas de uma bacia hidrográfica são importantes para o seu planejamento. Assim, buscou-se neste artigo a caracterização morfométrica da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe, localizada no município de Itabira (MG). Para isso, foi utilizado o software QGIS para a obtenção de variáveis como área, perímetro e comprimento do talvegue principal, que, por sua vez, possibilitaram a determinação de parâmetros como índices de forma e circularidade que remetem a propensão ou não da bacia à ocorrência de inundações. Apesar de ser verificada uma baixa propensão morfométrica da Sub-Bacia Ribeirão do Peixe a esses eventos, ressalta-se a importância da recuperação de áreas degradadas para manutenção do ciclo hidrológico.

**Palavras-chave:** Escoamento superficial; Inundações; Recuperação de áreas degradadas; Uso e ocupação do solo.

### **Abstract**

The interpretation and analysis of morphometric characteristics of a watershed are important for its planning. Thus, in this article, the morphometric characterization of the Ribeirão do Peixe Sub-Basin, located in the municipality of Itabira (MG), was sought. For this, the QGIS software was used to obtain variables such as area, perimeter, and length of the main thalweg, which, in turn, made it possible to determine parameters such as shape and circularity indices that refer to the propensity or not of the basin to occur. of floods. Despite the low morphometric propensity of the Ribeirão do Peixe Sub-Basin to these events, the importance of recovering degraded areas to maintain the hydrological cycle is highlighted.

**Keywords:** Runoff; Floods; Recovery of degraded areas; Land use and occupation.

### **Resumen**

La interpretación y análisis de las características morfométricas de una cuenca son importantes para su planificación. Así, en este artículo, se buscó la caracterización morfométrica de la Subcuenca Ribeirão do Peixe, ubicada en el municipio de Itabira (MG). Para ello se utilizó el software QGIS para obtener variables como área, perímetro y

longitud de la vaguada principal, lo que a su vez permitió determinar parámetros como índices de forma y circularidad que hacen referencia a la propensión o no de la cuenca a ocurrir de inundaciones. A pesar de la baja propensión morfométrica de la Subcuenca Ribeirão do Peixe a estos eventos, se destaca la importancia de recuperar áreas degradadas para mantener el ciclo hidrológico.

**Palabras clave:** Escorrentías; Inundaciones; Recuperación de áreas degradadas; Uso y ocupación del suelo.

## 1. Introdução

As ocupações urbanas realizadas de forma indiscriminada ao longo dos séculos passados fizeram com que as cidades crescessem sem seguir um planejamento urbano, acarretando problemas tanto imediatos quanto a longo prazo à ocupação (Martins, 2012).

Segundo Santos (2017), a ocupação do solo urbano sem planejamento tem como consequência, dentre outros impactos ambientais negativos, a sobrecarga no sistema de drenagem urbana por meio do aumento da impermeabilização do solo e da diminuição da infiltração; a perda da cobertura vegetal por pavimentos impermeáveis, diminuindo a infiltração da água no solo e aumentando a sua quantidade e a sua velocidade de escoamento; a escassez e a diminuição da qualidade dos recursos hídricos; o acúmulo de resíduos sólidos nos elementos do sistema de drenagem (canais, bueiros, bocas de lobo etc.), obstruindo-os e, com isso, ocasionando seus transbordamentos em períodos de chuva; e o aumento da densidade urbana em determinadas zonas, principalmente naquelas consideradas de baixo valor especulativo imobiliário.

Assim, pode-se afirmar que, a gestão urbana é um fator com importância social, econômica e ambiental. Além disso, considerando a necessidade de conciliação entre os recursos hídricos e solo com as necessidades humanas, foram criadas normas e legislações para a garantia da segurança da vida humana, tal como a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9433/1997.

Na atualidade, a gestão das águas é realizada pela divisão do espaço físico conforme as drenagens que nele estão contidas. Este ambiente é denominado bacia hidrográfica ou bacia de drenagem e pode ser definida como uma área de superfície terrestre delimitada topograficamente que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum em um determinado ponto, denominado exutório, de um canal fluvial (Coelho, 2006).

De acordo com Nascimento e Vilaça (2008), a vantagem em se atribuir o posto de unidade de planejamento à bacia hidrográfica, é a possibilidade de se trabalhar em áreas individualizadas com grande assertividade, valendo-se de suas próprias características naturais e antropomórficas. A bacia como unidade de planejamento e gerenciamento propõe uma visão abrangente incluindo em seu programa as políticas públicas, tecnológicas e de educação a fim de promover a solução de problemas, a otimização de recursos e a garantia dos usos múltiplos da água, tudo isso com a participação de usuários, cientistas, poder público, organizações públicas e privadas como interessadas.

A cidade de Itabira, localizada na região centro sul do Estado de Minas Gerais, possui diversos cursos d'água canalizados em sua área central, o que tem levado nos últimos anos a episódios de cheia nestes locais (Alvarenga et al., 2019).

Dessa forma, este artigo tem como objetivo a aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise morfométrica da Sub-Bacia Ribeirão do Peixe, localizada nesse município. A escolha desta área está atrelada à um somatório de fatores como sua localização, a existência de diversas formas de uso do solo, incluindo porções destinadas à atividade minerária, além da recente canalização do principal curso d'água presente nessa sub-bacia.

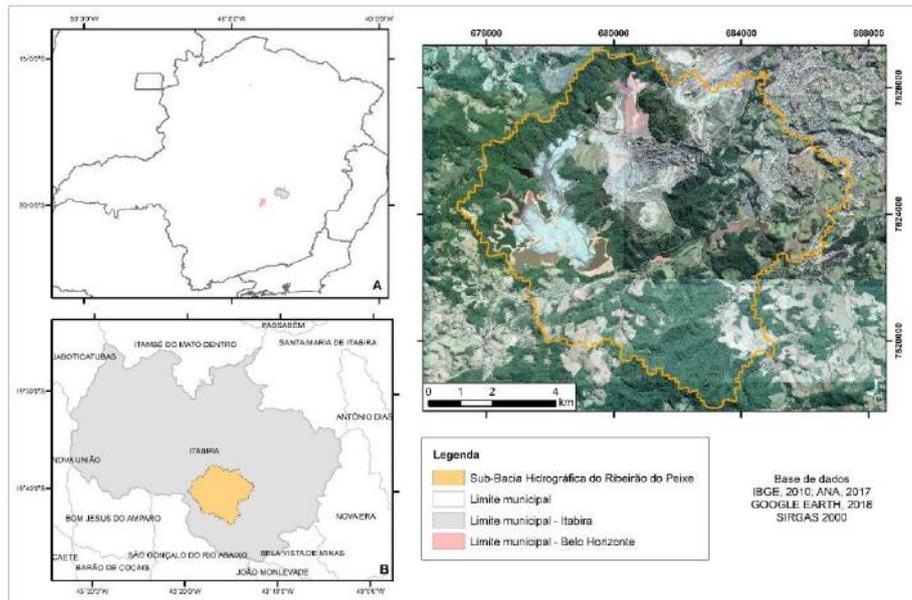
## 2. Metodologia

A Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Peixe (Figura 1) está inserida nos limites do município de Itabira (MG), de forma que parte de sua área abriga zonas do Complexo Minerador de Itabira, de responsabilidade da Vale S.A. Esta limita-se ao norte com a Bacia Hidrográfica do Rio Jirau, ao sul com a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, ao leste com a bacia do

Ribeirão Piçarrão e a oeste com a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Bárbara.

Esta pesquisa foi realizada por meio do uso do software QGis para a análise do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtido pelo catálogo de Metadados da Agência Nacional de Águas (ANA).

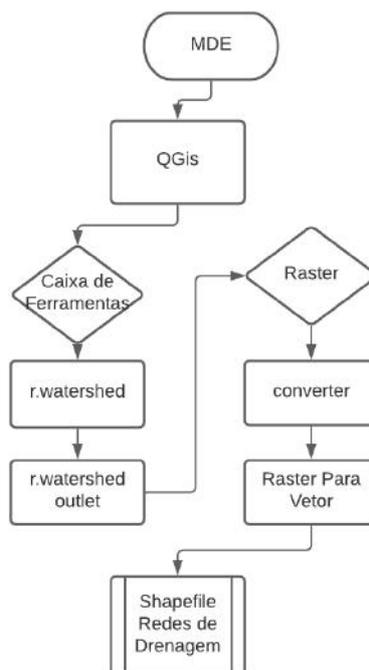
**Figura 1** – Localização Sub-bacia Ribeirão do Peixe no âmbito do município de Itabira (MG).



Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010) e Google Earth (2021).

Em posse das coordenadas do exutório (686928 E, 7826257 N, Datum: SIRGAS2000, 23S), foi delimitada a Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Peixe e sua malha hídrica, como indicado na Figura 2.

**Figura 2** – Fluxograma utilizado para delimitação da Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão de Peixe e redes de drenagem.

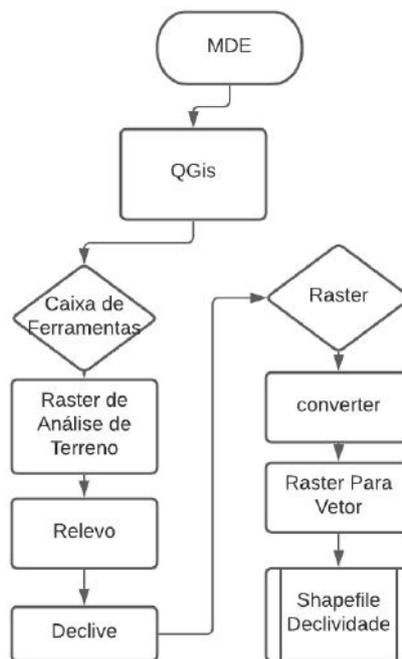


Fonte: Autoria própria.

Realizadas as etapas apresentadas na Figura 2, foram identificados os cursos d'água presentes na bacia e seus limites, em formato de *shapefile*. Os dados assim obtidos foram projetados no *datum* SIRGAS 2000, paralelo 23 Sul, onde se encontra o município de Itabira (MG). Destaca-se que por meio da ferramenta “Calcular Geometria”, foram determinados o perímetro, a área da bacia e o comprimento dos cursos d'água localizados nesta.

Para o cálculo de declividade da bacia, visando a caracterização do relevo predominante nesta, foi executado o fluxograma apresentado na Figura 3.

**Figura 3** – Fluxograma utilizado para a classificação do relevo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão de Peixe.



Fonte: Autoria própria.

Para a definição das classes de declividade da área abrangida pela Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão de Peixe foi utilizada a classificação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1995), indicada na Tabela 1.

**Tabela 1** – Classes de Declividade.

Declividade	Classe
0% a 3%	Plano
3% a 8%	Suave Ondulado
8% a 20%	Ondulado
20% a 45%	Forte Ondulado
45% a 75%	Montanhoso
Maior que 75%	Escarpado

Fonte: EMBRAPA (1995).

Visando a caracterização física da Sub-Bacia Ribeirão do Peixe foram calculados a compacidade, fator de forma, declividade, densidade da rede de drenagem, índice de rugosidade, índice de circularidade, indicados na Tabela 2, assim como proposto por Silva et al. (2018).

**Tabela 2** - Parâmetros morfométricos utilizados para a caracterização da Sub-bacia do Ribeirão do Peixe, Itabira (MG).

Parâmetro	Descrição	Equação
Compacidade ( $k_c$ )	Corresponde à relação entre a forma da bacia com um círculo perfeito. Quanto maior a aproximação da bacia à um círculo, maior a tendência desta estar sujeita a inundações devido à fortes chuvas	$k_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ P = Perímetro (km) A = Área (km <sup>2</sup> )
Fator de forma ( $k_f$ )	Indica a tendência da bacia estar propícia a enchentes, de acordo com os seguintes valores: 1,00 – 0,75 Sujeito a enchentes 0,75 – 0,50 Tendência mediana < 0,50 Menor tendência a enchentes	$k_f = \frac{A}{L^2}$ L = Comprimento do talvegue principal (km) A = Área (km <sup>2</sup> )
Declividade ( $D\Delta$ )	Representa a relação entre a diferença de cotas ao longo do curso d'água e sua extensão. Declividades acentuadas indicam terrenos acidentados e com escoamento mais rápido	$D\Delta = \frac{\Delta H - \Delta h}{L}$ L = Comprimento do curso d'água (m) $\Delta H$ = Cota da nascente (m) $\Delta h$ = Cota do exutório (m)
Densidade de drenagem ( $D_d$ )	Representa a presença de cursos d'água ao longo da bacia	$D_d = \frac{L_t}{A}$ L <sub>t</sub> = Somatório do comprimento dos cursos d'água (km) A = Área (km <sup>2</sup> )
Índice de rugosidade (Ir)	Relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, expresso pela declividade média. Dessa forma, quanto maior esse índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas	$I_r = H_m \cdot D_d$ H <sub>m</sub> = Diferença entre as cotas da nascente e exutório (m) D <sub>d</sub> = Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )
Índice de circularidade ( $I_c$ )	Representa a aproximação da área da bacia a um círculo. Quanto maior for a circularidade, maiores serão as possibilidades de ocorrência de inundações.	$I_c = 12,57 \cdot \frac{A}{P^2}$ A = Área (km <sup>2</sup> ) P = Perímetro (km)

Fonte: Christofletti (1980); Cardoso et al., (2006); Tonello, (2005); Villela e Mattos (1975).

## 2.1 Análise do uso e ocupação do solo

Os dados necessários à análise do uso e ocupação do solo foram obtidos na plataforma Web-GIS/IDE-SISEMA, fornecida pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA).

Em posse dos arquivos em formato shapefile obtidos nessa plataforma foram realizadas modelagens e sobreposições a partir destes arquivos por meio do uso do software QGIS, a fim de se elaborar uma representação visual dos elementos que compõe a cobertura do solo.

## 2.2 Determinação de vazão e escoamento para tempos de retorno selecionados

Para a determinação da vazão visando os tempos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos foi utilizada a equação IDF (Intensidade, Duração e Frequência), desenvolvida para estimar o tempo de retorno de precipitações.

Os parâmetros locais, k, a, b e c necessários à esta equação foram obtidos por meio do software Pluvio 2.1, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

$$i = \frac{k \cdot t_r^c}{(t + b)^a}$$

Em que:

i = Intensidade (mm/h)

tr = Tempo de Retorno (anos)

t = Duração da chuva (minutos)

k = 1534,634 (Parâmetro local adimensional)

a = 0,181 (Parâmetro local adimensional)

b = 19,741 (Parâmetro local adimensional)

c = 0,808 (Parâmetro local adimensional)

Por sua vez, o tempo médio de concentração da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe foi calculado por meio do uso da Equação de Kirpich:

$$tc = \frac{0,019 \cdot L^{0,77}}{D^{0,385}}$$

Em que:

tc = Tempo de concentração (min)

L = Comprimento do curso d'água principal (m)

D = Declividade (m/m)

Dada a importância da estimativa de eventos extremos, também se faz necessária a análise do impacto destes na dinâmica hidrológica de uma bacia. Assim, por meio do Método Racional, pode-se estimar o impacto de uma precipitação na vazão do exutório de sua respectiva bacia.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Em que:

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s);

i = Intensidade Pluviométrica (mm/h);

A = Área (km<sup>2</sup>);

C = Coeficiente de escoamento superficial do Método Racional (adimensional).

Nesta pesquisa, o coeficiente de escoamento superficial foi calculado pela média ponderada, levando em consideração os coeficientes de cada tipo de cobertura do solo e período de retorno, conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3** – Coeficiente de escoamento racional (C) para diferentes usos do solo e período de retorno (anos).

Superfície	Tempos de retorno (anos)						
	2	5	10	25	50	100	500
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/telhado	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Gramados (cobrimento de 50% da área)							
Plano (0 – 2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Média (2 – 7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Inclinado (>7 %)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Gramados (cobrimento de 50% a 70% da área)							
Plano (0 – 2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Média (2 – 7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Inclinado (>7 %)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Gramados (cobrimento maior que 75% da área)							
Plano (0 – 2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Média (2 – 7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Inclinado (>7 %)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Campos cultivados							
Plano (0 – 2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Média (2 – 7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Inclinado (>7 %)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastos							
Plano (0 – 2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Média (2 – 7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Inclinado (>7 %)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Florestas/Reflorestamentos							
Plano (0 – 2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Média (2 – 7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Inclinado (>7 %)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

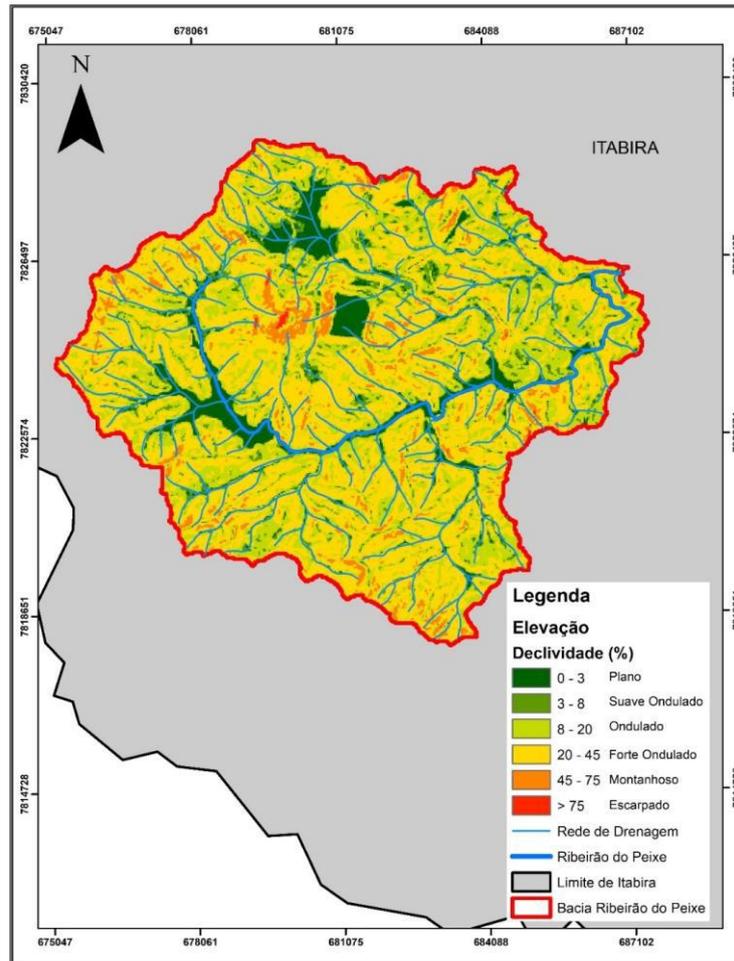
Fonte: Chow et al. (1988).

### 3. Resultados e Discussão

A Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Peixe possui uma densa rede de drenagem, com principais corpos d'água sendo representados pelo Ribeirão do Peixe e os córregos Abóbora, Conceição e Calunga.

O relevo da Sub-Bacia se enquadra majoritariamente como forte ondulado, que está na faixa de 20 a 45% de declividade média, segundo a classificação realizada pela EMBRAPA (1995). Percebe-se que mais de 75% da área encontra-se nessa classe, sendo que as zonas planas e levemente onduladas estão associadas às proximidades dos cursos hídricos (Figura 4).

**Figura 4** – Mapa de declividade da Sub-Bacia Ribeirão do Peixe.



Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto às características físicas, a Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe possui uma área de 81,82 km<sup>2</sup>, com o curso d'água principal, representado pelo Ribeirão do Peixe, totalizando cerca de 16,3 km de comprimento (Tabela 4).

**Tabela 4** – Características físicas da Sub-Bacia Ribeirão do Peixe.

Grandeza	Unidade	Resultado Obtido
Área	km <sup>2</sup>	81,88
Perímetro	km	56,75
Distância Axial	km	17,45
Comprimento do curso d'água principal	km	16,28
Compacidade	Adimensional	1,74
Fator de forma	Adimensional	0,182
Declividade	m/m	0,116
Densidade de drenagem	km/km <sup>2</sup>	0,91
Índice de rugosidade	Adimensional	172,86
Tempo de concentração	Min	77,86
Índice de circularidade	Adimensional	0,319

Fonte: Dados da pesquisa.

Destaca-se que os parâmetros morfométricos representados pela densidade de drenagem e índice de circularidade sugerem que a Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Peixe não possui tendência a inundações.

Como apresentado por Villela e Matos (1975), bacias com índice de circularidade correspondendo a 1 possuem formato circular perfeito, enquanto bacias com valores menores, próximos a 0, possuem formato mais alongado. De modo geral, as bacias com formato alongado favorecem o processo de escoamento das chuvas, resultando em uma menor concentração de deflúvio e, conseqüentemente, em uma baixa propensão a inundações.

Quanto à densidade de drenagem, Villela e Matos (1975) ressaltam que este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup> em bacias consideradas com drenagem pobre a valores superiores a 3,5 km/km<sup>2</sup> em bacias excepcionalmente bem drenadas. Dessa forma, o valor de 0,91 km/km<sup>2</sup> obtido para a área analisada neste trabalho representa uma bacia moderadamente drenada.

A declividade influencia diretamente no aumento da velocidade do escoamento, devido à influência da gravidade, gerando como consequência a redução do tempo de concentração da bacia. Entretanto, a redução do tempo de concentração, resulta no aumento da vazão, podendo desencadear fenômenos como erosão e, por consequência, o acúmulo de sedimentos, proporcionando um cenário favorável a inundações (Justino, 2011).

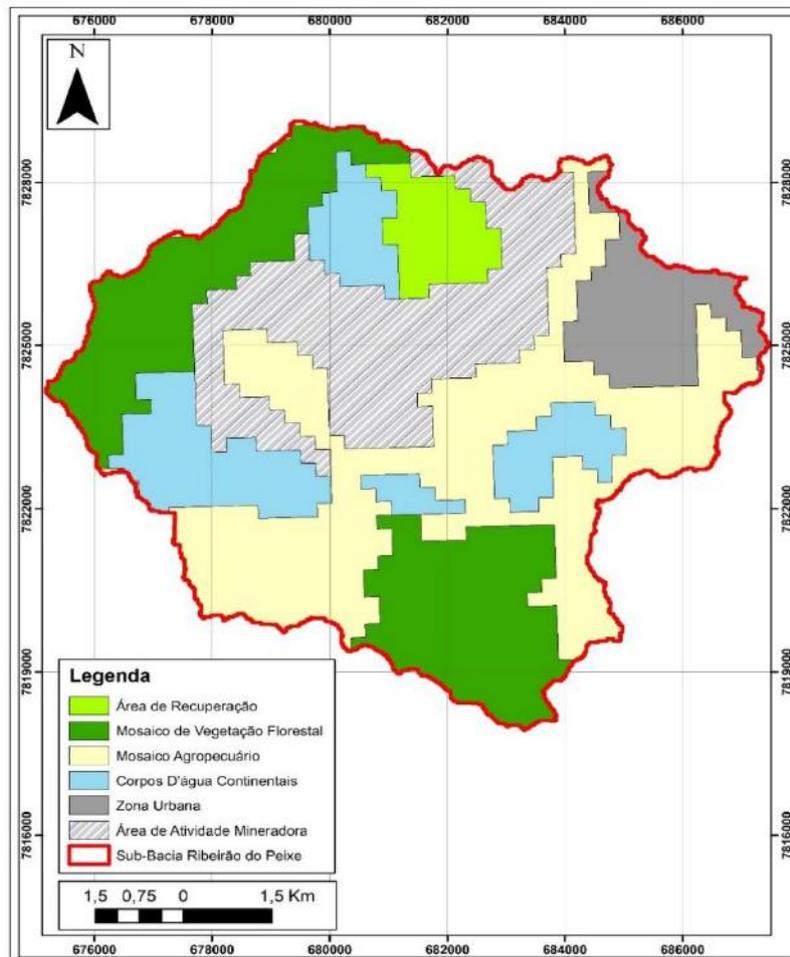
A declividade elevada, a alta densidade de drenagem, em conjunto com a circularidade da bacia, leva ao entendimento de que ela possui um escoamento elevado, resultando no rápido aumento do nível d'água em caso de fortes chuvas localizadas às cabeceiras dos afluentes.

No entanto, destaca-se que, segundo Cech (2013), inundações ocorrem quando a precipitação e o escoamento decorrente excedem a capacidade da calha fluvial de manter na seção o aumento da vazão. Esses eventos se tornam comuns e graves devido à influência das atividades humanas, sendo resultante, principalmente, da pavimentação da superfície (Reis, 2021).

### **3.1 Uso e ocupação do solo**

Nota-se na região da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe diversas formas de uso do solo (Figura 5), representadas essencialmente por: (1) áreas artificiais, correspondendo às zonas urbanas e regiões modificadas pela atividade mineradora; (2) mosaicos agropecuários com remanescentes florestais, que consistem em regiões com profunda supressão da vegetação nativa para o desenvolvimento de atividade agropecuária extensiva; (3) mosaicos de vegetação florestal com áreas agrícolas, caracterizados pela existência de áreas com preservação da vegetação nativa e algumas zonas de supressão para cultivo agrícola; (4) corpos d'água continentais, representados pelos cursos naturais de água ou barragens de água ou rejeitos; e (5) áreas em recuperação ambiental, que consistem em zonas degradadas em processo de recuperação ambiental, com a reposição da cobertura vegetal anteriormente suprimida.

**Figura 5** – Mapa de uso e ocupação do solo da Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Peixe.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 5 indica a porcentagem de cada classe de uso do solo identificada na Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe. Nota-se que grande parte dessa região teve suas características naturais alteradas, de forma que apenas 23,8% de sua área é formada por vegetação ou zonas com pouca supressão vegetal para fins de atividade agrícola.

**Tabela 5** – Quantificação do uso e ocupação do solo da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe.

Classes de uso e ocupação do solo	Área ocupada (%)
Área de Recuperação	4,21%
Mosaico de Vegetação Florestal	23,8%
Mosaico Agropecuário	30,73%
Corpos D'água Continentais	14,2%
Zona Urbana	7,4%
Área de Atividade Mineradora	19,73%

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Lima (2008), a cobertura vegetal interfere nos mecanismos de transporte de águas superficiais e subterrâneo, reduz a erosão e aumenta o potencial de infiltração, sendo muito importante para a recarga dos aquíferos.

A área ocupada pela atividade minerária totaliza 33,93%, correspondendo às zonas de lavra do minério de ferro das minas do Complexo Itabira (minas Cauê, do Meio e Conceição). Ressalta-se que a mineração impacta de forma direta nas dinâmicas hídricas das áreas sujeitas à esta atividade, que, devido à lavra do minério, sofrem supressão total de suas camadas

superficiais de solo e cobertura vegetal, além de rebaixamento do nível freático (Mechi & Sanches, 2010).

As áreas sob influência da agropecuária extensiva compreendem 30,73% da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe. Nestes locais pode ser verificada a supressão total ou quase total da cobertura vegetal natural para plantio de pasto, visando a criação de gado de maneira extensiva e monoculturas. As alterações vinculadas à essa atividade tendem a promover a compactação do solo, reduzindo assim a capacidade percolação da água, alterando o fluxo hídrico da área (Justino, 2011).

A zona de urbanização corresponde a 7,4% da área da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe. Neste local a impermeabilização do solo, por meio das vias asfaltadas e telhados de residências, além da canalização de cursos hídricos, alteram a dinâmica do escoamento superficial, dificultando a percolação da água ao solo, podendo desencadear problemas futuros para a gestão urbana (Justino, 2011).

Por fim, é observada na porção centro norte da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe uma zona de recuperação ambiental (ocupando 4,21% da área total da sub-bacia), associada ao encerramento da atividade mineradora nesse local e ações de reflorestamento.

Verifica-se, desse modo, a significativa presença de áreas representadas por alterações em suas características ambientais naturais, como retirada das camadas superiores de solo, sua compactação, exposição das camadas rochosas inferiores, impermeabilização do solo por meio de calçamento (asfalto, concreto) e urbanização de áreas antes preservadas, gerando um aumento do escoamento superficial.

### 3.2 Vazão de projeto

Utilizando a equação IDF referente à cidade de Itabira (MG), foram obtidas as intensidades das chuvas para os TRs de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, considerando o tempo de concentração na Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe de 77,86 minutos, obtido através da equação de Kirpich (Tabela 4).

A Tabela 6 exibe os valores do coeficiente de escoamento ponderado e as vazões obtidas a partir da aplicação do Método Racional. Nota-se que a vazão correspondente ao TR de 100 anos é cerca de 22% maior do que aquela observado para um TR de 25 anos.

**Tabela 6** – Intensidade da chuva e vazão para diferentes tempos de retorno obtidos para a Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe.

Tempo de Retorno	Intensidade da chuva (mm)	Coefficiente de escoamento (C) ponderado	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
2 anos	42,95	0,36	352,34
5 anos	50,70	0,38	439,64
10 anos	57,48	0,40	517,63
25 anos	67,85	0,42	652,98
50 anos	76,92	0,48	840,98
100 anos	87,20	0,49	973,10

Fonte: Dados da pesquisa.

Para Veniziani Junior (2018), o uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica pela agricultura influencia na relação entre precipitação e vazão, devido à dinâmica espaço-temporal dessa atividade. Ainda neste sentido, Veniziani Junior (2018) ressaltam que uma maior densidade de cobertura vegetal nas bacias aumenta a infiltração e reduz o escoamento superficial, garantindo uma maior disponibilidade de água para as demandas socioambientais locais.

Visando simular o impacto das ações de recuperação da qualidade ambiental na Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe, foi realizado o mesmo processo de simulação da vazão para diferentes precipitações, porém, utilizando para toda a área da sub-

bacia o coeficiente de escoamento superficial correspondendo a 0,31, adotado para as áreas em processo de recuperação ambiental.

Com a substituição desse coeficiente verificou-se uma redução de 14% (TR de 2 anos) a cerca de 37% (TR de 100 anos) na vazão de projeto da Sub-Bacia do Ribeirão do Peixe, evidenciando o impacto das ações antrópicas na geração do escoamento superficial.

#### 4. Considerações Finais

Considerando as características físicas da Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Peixe representadas pelo fator de forma, circularidade, densidade de drenagem e declividade, pode-se observar nessa região uma baixa propensão natural à ocorrência de enchentes.

Entretanto, o uso e ocupação do solo nesta sub-bacia é representado, em grande parte, por zonas com significativa alteração das características naturais de solo, relevo e cobertura vegetal promovidas por ação antrópica, refletindo diretamente no comportamento hidrológico da região.

Quando observada a vazão de projeto determinada para diferentes tempos de retorno, verifica-se que as zonas com grande alteração da cobertura natural do solo, como àquelas associadas à urbanização e mineração, colaboram para maiores coeficientes de escoamento superficial, devido aos processos de compactação e impermeabilização do solo.

Por outro lado, ações de recuperação das características naturais da sub-bacia, tal como aquelas presentes em sua porção centro norte, contribuem para a redução do escoamento superficial e, conseqüentemente, em uma menor vazão no seu exutório.

Enfim, uma vez que o método racional não é adequado para a avaliação do escoamento superficial em grandes bacias hidrográficas, recomenda-se a realização de estudos hidráulicos e hidrológicos mais detalhados como, por exemplo, o método proposto pelo *National Resources Conservation Center* dos Estados Unidos, denominado SCS-CN, que é baseado nas características do solo e do uso e ocupação da bacia hidrográfica.

#### Referências

- Alvarenga, D. F., Portilho, D. B., Cordeiro, J., Therezo, P. E. A., Cordeiro, J. L., Santiago, G. L. A. (2019) Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica formada pelos cursos hídricos da região central do município de Itabira (MG). *Research, Society and Development*, 8(4):e4384875.
- Cardoso, C. A., Dias, H. C. T., Soares, C. P. B., Martins, S. V. (2006) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo - RJ. *Revista Árvore*, 30(2), 241-248.
- Cech, T. V. (2013) *Recursos Hídricos: história, desenvolvimento, política e gestão*. LTC.
- Coelho, A. L. N. (2006) Situação Hídrico-Geomorfológica da Bacia do Rio Doce com base nos dados da série histórica de vazões da estação de Colatina – ES. *Caminhos de Geografia*, 6(19), 56 - 79.
- Chow, V. T., Maidment, D. R.; Mays L. (1988) *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series.
- Christofolletti, A. (1980) *Geomorfologia*. Blucher.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (1995) *Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos: normas em uso pelo SNLCS*. Brasília, Serviço de Produção de Informação.
- Google. (2021) Google Earth. Versão 9.143.0.0. Nota (Município de Itabira-MG).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2010) *Carta Internacional ao Milionésimo*. <http://mapas.ibge.gov.br/interativos/servicos/wms-do-arcgis>.
- Justino, E. A., Martins de Paula, H. & Paiva, E. C. R. (2011) Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. *Espaço em Revista*, 13(2). 10.5216/er.v13i2.16884.
- Lima, W. P. (2008) *Hidrologia florestal aplicado ao manejo de bacias hidrográficas*. (2a ed.), ESALQ/USP.

- Martins, K. G. (2012) *Impactos da urbanização desordenada na saúde pública: leptospirose e infraestrutura urbana*. Trabalho de conclusão de curso, Unb Planaltina, Planaltina, Brasil.
- Mechi, A. & Sanches, D. L. (2010) Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 24(68), <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100016>.
- Nascimento, W. M. do. & Vilaça, M. G. (2008) *Bacia hidrográfica: planejamento e gerenciamento*. [https://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/070.pdf](https://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/070.pdf).
- Santos, K. A. (2017) *Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em campina grande*. (Cap. 5), Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande
- Silva, G. C., Almeida, F., Almeida, R., Mesquita, M. & Alves Jr., J. (2018) *Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil*. (5a ed.), Editora da Universidade Federal de Goiás.
- Reis, F. (2021) *Declividade e Perfil Longitudinal de um Rio*. <http://www.hidromundo.com.br/declividade-perfil-longitudinal-de-rio>.
- Tonello, K. C. (2005) *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Veniziani Junior, J. C. T. (2018) *As relações entre a precipitação, vazão e cobertura vegetal nas sub-bacias dos rios Jacaré Pepira e e Jáu*. Tese de doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil.
- Villela, S. M. & Mattos, A. (1975) *Hidrologia aplicada*. Mcgraw Hill, 250 p.