

Análise dos Parâmetros Morfométricos da Rede de Drenagem e Rede Viária da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Paraíso, Jataí-GO

Analysis of Morphometric Parameters of the Drainage Network and Road Network of the Ribeirão Paraíso Hydrographic Basin, Jataí-Go

Carine Cabral Souza ¹ 

Márcia Cristina da Cunha ² 

Palavras-chave:

Vias não pavimentadas
Conectividade hidrológica
Canais fluviais
Cruzamento estradas e rio

Resumo

Estudos referentes à análise morfométrica são de extrema importância para o conhecimento hidromorfológico em bacias hidrográficas. Contudo, as estradas rurais, em sua maioria, não são consideradas nessas análises. Sendo assim, o objetivo deste artigo foi verificar se as relações entre rede de drenagem, os parâmetros de relevo e rede de viária indicam mudanças na dinâmica de drenagem de uma bacia hidrográfica ocupada por uso agrícola. A cultura da cana-de-açúcar é um fator de influência no aumento das estradas rurais na bacia e chegou na região a partir de 2009. Portanto, optou-se pelo recorte temporal de 2005, 2010, 2015 e 2020 para a investigação. Como metodologia, utilizou-se a pesquisa bibliográfica e as medidas quantitativas para extração de informações de rede de drenagem e rede viária por meio de parâmetros morfométricos. Para isso, foram utilizados os softwares ArcGIS® 10.6.1 e Excel 2019. Como resultados, identificou-se que a bacia apresenta hierarquia fluvial de quarta ordem, sua área é de 903,6 km², a densidade de drenagem é de 0,45 km/km² e quando inseridas as estradas rurais na análise, em (2005) correspondeu à 2,1km/km², (2010) 2,2km/km², (2015) 2,4km/km², e em (2020) 3,1km/km². Sendo assim, a média da densidade de estradas no período foi 84% superior quando se considerou apenas a drenagem natural, aumentando principalmente depois da inserção da cana-de-açúcar no cenário. Conclui-se, portanto, que a análise de parâmetros morfométricos é primordial para gerar novos conhecimentos sobre a bacia estudada, e as estradas rurais devem ser incluídas nas análises, uma vez que influenciam os aspectos hidromorfológicos das bacias. Nesse caso, o aumento da densidade de drenagem está diretamente relacionado ao aumento das estradas e cana-de-açúcar, e com a inclusão destas na análise morfométrica, a bacia aumenta sua capacidade de drenagem, alterando de forma significativa a resposta hidrológica em bacias hidrográficas.

Keywords

Unpaved roads
Hydrological connectivity
River channels
Crossing roads and rivers

Abstract

Studies related to morphometric analysis are extremely important for hydrogeomorphological knowledge in watersheds. However, most rural roads are not considered in these analyses. Therefore, the objective of this article was to verify if the relations between the drainage network, the relief parameters, and the road network indicate changes in the drainage dynamics of a watershed occupied by agricultural use. The sugarcane crop is an influencing factor in the increase in rural roads in the watershed and arrived in the region from 2009 onwards. Therefore, the time frame of 2005, 2010, 2015, and 2020 was chosen for the investigation. Bibliographic research and quantitative measurements were used as a methodology to extract information from the drainage network and road network through morphometric parameters. For this, ArcGIS® 10.6.1 and Excel 2019 software were used. As a result, it was identified that the watershed has a fourth-order river hierarchy; its area is 903.6 km², the drainage density is 0.45 km/km², and when rural roads were included in the analysis in 2005, 2010, 2015, and 2020, corresponding to 2.1, 2.2, 2.4, and 3.1 km/km², respectively. Thus, the average density of roads in the period was 84% higher when considering only natural drainage, increasing mainly after the insertion of sugarcane in the scenario. Therefore, it is concluded that the analysis of morphometric parameters is essential to generate new knowledge about the studied watershed. Rural roads should be included in the analysis since they influence the hydrogeomorphological aspects of the watersheds. In this case, the increase in drainage density is directly related to the increase in roads and sugarcane. With the inclusion of these in the morphometric analysis, the watershed increases its drainage capacity, significantly altering the hydrological response in hydrographic watersheds.

INTRODUÇÃO

Estudos referentes à análise morfométrica em bacias hidrográficas vem sendo executados e sua importância é ressaltada por vários autores (CHRISTOFOLETTI, 1969; LANA *et al.*, 2001; ALCÂNTARA; AMORIM, 2005; FERRARI *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2019; DORNELLAS *et al.*, 2020). Para Teodoro *et al.* (2007), esse é um dos primeiros procedimentos executados em análises hidrológicas e/ou ambientais de bacias hidrográficas.

Embora as análises morfométricas sejam de extrema relevância, muitas vezes, um dos elementos presentes em bacia rural, as estradas rurais, não são considerados nessas análises. As estradas rurais, segundo Pletsch (2020), são meios de ligação de áreas rurais a urbanas, que levam pessoas a suprirem suas necessidades básicas de saúde, educação e lazer. Silva *et al.*, (2020) salientam que as estradas rurais atuam como um dos principais meios logísticos de safras e produtos agrícolas.

Portanto, inserir as estradas em estudos hidrológicos em bacias hidrográficas é fundamental. Baucke, Pinheiro e Kaufmann (2019) ressaltam que devido às estradas serem construídas sem um planejamento e com poucas manutenções são passíveis de alta contribuição sedimentológica aos corpos hídricos, e há poucas observações realizadas pela comunidade científica. Os estudos de Tiecher *et al.* (2014), que buscavam esclarecer fontes de sedimentos em suspensão em uma bacia hidrográfica, constataram que as estradas rurais, em períodos chuvosos, representam quase 70% da produção de sedimentos na totalidade.

Comentam Silva *et al.* (2018, p.5) que “os cruzamentos entre o sistema viário e a hidrografia caracterizam-se por maior suscetibilidade à obstrução, quanto maior for a magnitude fluvial (ordem dos canais da rede hidrográfica), a montante da seção do arroio com a estrada”, para os autores essa classificação foi importante, pois permitiu caracterizar o grau de influência que o curso de água tem sobre uma estrada que o perpassa ou tangencia.

Além da função de mobilidade, as estradas estão dispostas na paisagem em forma de redes e se conectam com os sistemas de drenagem dispostos no relevo, formando um mosaico de conexões- conectividade (FORMAN, 1998).

Além disso, muitas vezes, a rede viária é construída em diferentes formas do relevo, tais como áreas montanhosas, encostas, terraço fluvial e próximo ao sistema de drenagem. A distribuição dessas vias em diferentes setores da vertente e sua tendência em cruzar a rede de

drenagem afetam o movimento da água e sedimento na bacia (LUCE; WEMPLE, 2001; CHAPPELL, 2010).

Portanto, inserir as estradas em estudos hidrológicos em bacias hidrográficas é fundamental. Baucke, Pinheiro e Kaufmann (2019) ressaltam que devido às estradas serem construídas sem um planejamento e com poucas manutenções são passíveis de alta contribuição sedimentológica aos corpos hídricos, e há poucas observações realizadas pela comunidade científica.

As pesquisas realizadas geralmente focam nos parâmetros: área da bacia, perímetro, comprimento, comprimento total dos cursos fluviais, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, entre outros, deixando lacunas no que se refere à morfometria da rede viária. Embora esses parâmetros sejam muito importantes, existe uma carência de estudos que considerem as estradas nas análises morfométricas, e essas devem ser consideradas, pois alteram a dinâmica da bacia hidrográfica.

Cunha e Thomaz (2017, p.431) reforçam que “o comportamento hidrológico de estradas é a chave para compreensão dos seus efeitos na dinâmica de bacias hidrográficas” (CUNHA, 2010; CUNHA *et al.*, 2010; CUNHA, 2011; CUNHA *et al.*, 2014). Esse comportamento hidrológico de estradas é variado, conforme Cunha *et al.* (2021), há a facilidade de a estrada interceptar o fluxo subsuperficial, ou seja, as estradas interceptam a água em subsuperfície e podem ampliar a rede de canal natural.

Desta forma, estudos morfométricos em bacias hidrográficas, para Siqueira *et al.* (2012), são essenciais para a caracterização de potencialidades e limitações ao uso do solo e para o planejamento adequado de atividades a serem desenvolvidas, seja por meio dos estudos diagnósticos ou da análise dos riscos de degradação dos recursos naturais, uma vez que a falta de planejamento pode gerar impactos no solo e nos recursos hídricos.

Portanto, a análise de parâmetros morfométricos consiste em realizar um levantamento de índices numéricos que classificam as redes de drenagem (SIQUEIRA *et al.*, 2012), e a rede viária (CUNHA *et al.*, 2010; CUNHA, 2011), com o objetivo de esclarecer as várias questões sobre as dinâmicas ambiental, local e regional. Assim, neste artigo o objetivo foi verificar se as relações entre rede de drenagem, os parâmetros de relevo e rede de viária indicam mudanças na dinâmica de drenagem de uma bacia hidrográfica ocupada por uso agrícola.

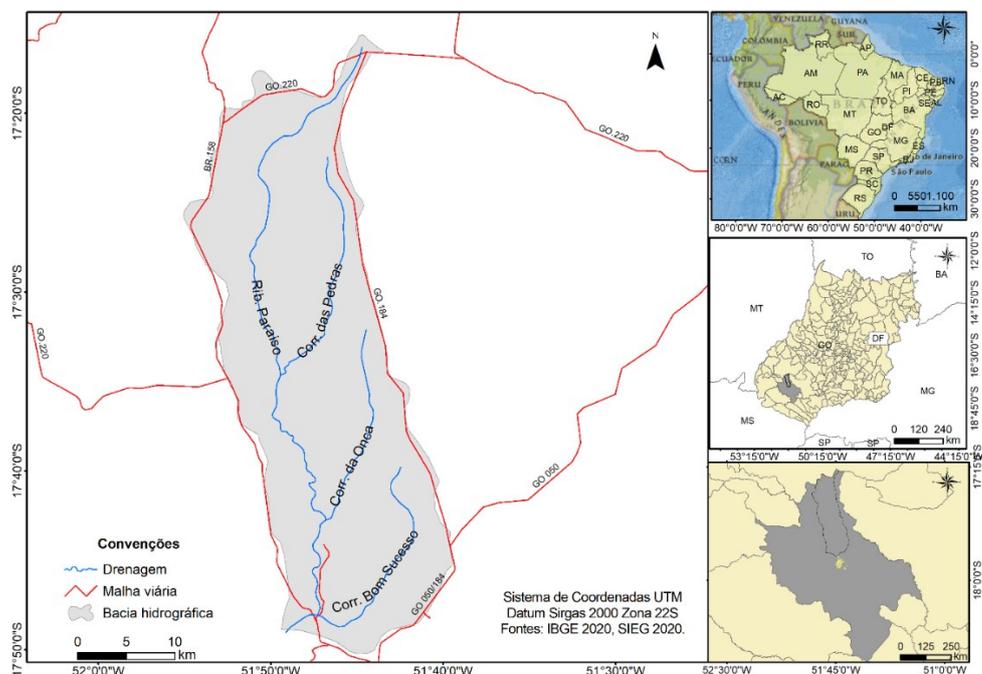
MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada na BHRP, localizada no município de Jataí, região Sudoeste de Goiás

(Figura 1). Possui uma área de 903,6 km² e está inserida na bacia do rio Claro, que tem 13.500 km² e nasce na Serra do Caiapó, no município de Caiapônia (também a sudoeste do Estado de Goiás), e desagua no rio Paranaíba (ASSMANN, 2016).

Figura 1 – Localização da área de estudo, bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso Jataí-Goiás, Brasil



Elaborado pelas autoras (2022).

Em Jataí, o clima é classificado como “AW” quente com chuva de verão, conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (DUBREUIL *et al.*, 2018). Possui índices pluviométricos anuais variando de 1600mm a 1700mm, e temperaturas médias de 18°C a 32°C (INMET, 2020). No município, encontra-se predominantemente o bioma Cerrado e remanescentes florestais, ou seja, áreas nativas, que estão associadas à maior umidade do ar (MELO; DIAS, 2019).

De acordo com Assmann (2016), geologicamente, a BHRP é representada pelas Formações Botucatu e Serra Geral (Grupo São Bento) que é representada por lavas basálticas de natureza toleítica com aspecto maciço, uniforme, amigdaloidal, vesiculares, contendo fraturas irregulares a subconchoidais, formando espessuras variáveis de derrames com intercalações lenticulares e diques de arenitos. A outra formação presente é a de Corumbataí (Grupo Passa-Dois), que constitui-se litologicamente de uma sucessão interestratificada de arenitos finos, siltitos, argilitos folhetos, arenitos siltico-argilosos, lâminas, níveis ou lentes de chert com

alternâncias rítmicas e finas intercalações. Assim, essa configuração facilitam a dinâmica de infiltração e escoamento da bacia.

Em relação à geomorfologia, a região possui relevos tabulares gerados sobre camadas de rochas horizontalizadas desenvolvidas nas rochas sedimentares da bacia do Paraná, desenvolve-se principalmente sobre basaltos da Formação Serra Geral e apresenta um relevo com ótimas condições de recarga e circulação das águas infiltradas, aumentando a condutividade hidráulica (GOIÁS, 2006).

A região tem sua área recoberta por solos distribuídos em seis ordens dentro do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013): Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Neossolos, Gleissolos e Nitossolos. Cerca de 73% dos solos são classificados como latossolos, seguidos pelos cambissolos, que representam cerca de 12% da área.

O potencial erosivo segundo Souza *et al.*, (2019) é associado a seis fatores intrínsecos, são eles: “às características climáticas, propriedades do solo, topografia, vegetação e manejo do solo”.

Conforme o artigo de Silva e Mendes (2022) com suas análises do potencial erosivo por compartimentos morfopedológicos, os argissolos apresentaram em seu estudo pouca susceptibilidade à erosão, já as classes muito susceptíveis são os cambissolos e neossolos, não sendo o caso de potencial erosivo por parte dos solos na BHRP.

De acordo com Martins e Oliveira (2012), o relevo destaca que o município tem superfície relativamente plana, o que é um fator facilitador para ocupação das terras com lavouras comerciais, tornando-se um dos maiores produtores de grãos do Estado de Goiás. “Aproximadamente 95% da área é classificada como Superfície Regional de Aplainamento, com cotas altimétricas variando de 650 a 1000 metros” (MARTINS e OLIVEIRA, 2012, p.16).

As características da BHRP e região estão diretamente relacionadas ao objeto de estudo (estradas rurais) do presente trabalho, sendo o clima, a geologia, o tipo de relevo e o solo caracterizações que influenciam de forma significativa a conservação das estradas rurais.

Obtenção de dados

A princípio, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que permitiu uma investigação científica sobre informações e dados do tema levantado. Em seguida, partiu-se para as atividades de gabinete, em que se utilizou os *softwares* com licença de uso para o laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Jataí, ArcGIS® 10.6.1 e Excel 2019 para a extração de informações sobre a rede de drenagem e a rede viária da bacia por meio de parâmetros morfométricos.

Em pesquisa anterior, Souza e Cunha (2021) foi constatado que a cultura da cana-de-açúcar influencia significativamente no aumento de estradas rurais na BHRP para escoamento da produção. Portanto, optou-se pelo recorte temporal de 2005, 2010, 2015 e 2020 para análise. Esse recorte se deve ao fato que a partir de 2009 se instalou na região uma usina sucroenergética impulsionando ainda mais a produção da cana-de-açúcar.

Para a obtenção de informações sobre a rede de drenagem foi utilizada a base cartográfica do limite da bacia hidrográfica e rede de drenagem em escala 1:100.000, disponibilizada pelo SIEG, e para obtenção de dados de rede viária foi utilizada a plataforma *Google Earth PRO* para geração de uma base cartográfica de estradas rurais dos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 e por meio dessa base foi gerada a extração dos dados morfométricos. Para a obtenção dos parâmetros

de relevo foi utilizada a imagem *SRTM* para o ano de 2020, todos os dados foram analisados em uma escala de 1:230.000.

As equações foram executadas pelo *software* Excel 2019 através dos dados obtidos pelas bases.

Parâmetros morfométricos de rede de drenagem

Foi realizada a extração de informações sobre a rede de drenagem pela base do SIEG, balizando-se na proposta dos autores: Horton (1945), Strahler (1957), Christofletti (1980) e Villela e Mattos (1975). Com o auxílio dos *softwares* e equações obteve-se as seguintes informações:

- 1- Área da bacia (A): corresponde a toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal;
- 2- Perímetro da Bacia Hidrográfica (P): trata-se do polígono que delimita a área da bacia, sendo determinado por meio da opção operações métricas o seu perímetro (km);
- 3- Comprimento da bacia (L): é a maior distância medida, em linha reta, entre a foz e um determinado ponto situado ao longo do perímetro;
- 4- Comprimento total dos cursos fluviais (Lt): esse índice refere-se à soma de todos os comprimentos dos rios (km) da bacia.
- 5- Coeficiente de compacidade (Kc): relaciona a forma da bacia com um círculo. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade (1). O Kc é determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo: Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m²).
Fonte: Villela e Mattos (1975).

- 6- Densidade de drenagem (Dd): a densidade da drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica, podendo ser calculada pela equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo: Dd corresponde à densidade da drenagem, Lt é o comprimento total de canais e A é área da bacia. Fonte: Villela e Mattos (1975).

7- Número total de segmentos (Nr): de acordo com Strahler, todos os cursos d'água sem tributários são de primeira ordem, os trechos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois canais de primeira ordem, e os trechos de terceira ordem são formados pela confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente.

8- Comprimento do rio principal (Rp): é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente.

9- Extensão do percurso superficial (Eps): representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis interdependentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. É calculada da seguinte maneira:

$$Eps = \frac{1}{2Dd} \quad \text{Equação (3)}$$

Sendo: Eps representa a extensão do percurso superficial e Dd é o valor da densidade de drenagem. Fonte: Christofolletti (1980)

10- Coeficiente de manutenção (Cm): proposto por S. A. Schumm (1956), esse índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento. Calcula-se da seguinte forma:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 100 \quad \text{Equação (4)}$$

Sendo: Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros. Tomando como exemplo o quilômetro quadrado, representa a área dessa unidade dividida pela densidade da drenagem. Fonte: Schumm (1956).

11- Densidade de rios (Dr): é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Pode ser calculada da seguinte forma:

$$Dr = \frac{N}{A} \quad \text{Equação (5)}$$

Sendo: Dr é a densidade de rios, N é o número total de rios ou cursos de água e A é a área da bacia considerada. Fonte: Christofolletti (1980).

12- Relação de relevo (Rr): é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal.

$$Rr = \frac{H}{L} \quad \text{Equação (6)}$$

Sendo: Rr é a relação de relevo, H é a diferença de altitude entre o ponto mais alto e o mais baixo da bacia hidrográfica e L é o comprimento do canal principal. Fonte: Schumm (1956).

Parâmetros morfométricos de rede viária

A extração de informações seguiu a metodologia dos autores: Cunha (2010) e Cunha (2011), e também é uma metodologia de autoria própria (SOUZA, 2022). Com o auxílio dos *softwares* e equações obteve-se as seguintes informações:

13-Comprimento total das estradas rurais (Ce): é a comprimento total das estradas rurais.

14- Densidade de estradas (De). Pode ser calculado da seguinte forma:

$$De = \frac{E}{A} \quad \text{Equação (7)}$$

Sendo: De é a densidade de estradas, E é o número total de estradas e A é a área da bacia considerada. Fonte: Cunha (2010, 2011).

15- Extensão do percurso superficial interceptado pelas estradas (EpsE): representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e a estrada. É calculada da seguinte maneira:

$$EpsE = \frac{1}{2De} \quad \text{Equação (8)}$$

Sendo: EpsE representa a extensão do percurso superficial interceptado e De é o valor da densidade de estradas. Fonte: Cunha (2010, 2011).

16- Número de cruzamento de canais fluviais X estradas: foi realizado no ArcGIS um levantamento do número de

cruzamentos de estradas com os rios por meio de bases cartográficas das duas variáveis, feito com dez pontos de controle aleatórios na bacia, sendo eles em baixa, média e alta vertente, essa distribuição teve como objetivo cobrir toda a bacia. Para estimar o número de cruzamentos por cada 1 km² foi obtida a média do número total de cruzamentos pelos 10 km² e esse foi multiplicado pela área da bacia, desta forma, obteve-se o número total de cruzamentos. Para esse levantamento foram considerados apenas os rios perenes, porque na bacia em questão não se configura a formação de rios intermitentes. Ressalta-se que em outras bacias em que os rios intermitentes forem presentes, é necessário considerá-los nas análises, uma vez que os resultados podem ser diferentes do que quando são considerados somente os rios perenes.

Para a discussão dos resultados os dados foram tabulados e apresentados por meio de tabelas e mapas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Informações de rede de drenagem e rede viária da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso

Identificou-se que a BHRP apresenta hierarquia fluvial de quarta ordem, sua área é de 903,6 km²,

seu perímetro 167,36 km, comprimento da bacia é de 61,44 km e o comprimento total dos cursos d'água é de 404,61 km.

O resultado do coeficiente de compacidade da BHRP foi 1,6. Para Villela e Mattos (1975), quanto mais irregular for a bacia, maior será esse coeficiente, se o valor for acima de 1 a bacia apresenta baixa suscetibilidade a inundações e se for abaixo de 1, aproximado do 0, há possibilidade de inundações e enchentes. Conforme Teodoro *et al.* (2007) e Alves *et al.* (2017), o coeficiente abaixo ou igual a 1 corresponde a uma bacia circular e se for superior a isso, a uma bacia alongada. Assim, a BHRP é alongada e com baixa suscetibilidade a inundações.

Por outro lado, a densidade de drenagem da BHRP resultou em 0,45 km/km², o que, segundo Villela e Mattos (1975) e Christofolletti (1969), indica uma bacia com drenagem baixa, sendo que o parâmetro vai de bacias com baixa drenagem (0,5km/km²) a bem drenadas (3,5km/km²).

As estradas rurais apresentaram uma mudança na dinâmica temporal (2005, 2010, 2015 e 2020), pois com a influência da introdução da produção de cana-de-açúcar na bacia, as estradas tiveram um aumento expressivo de 11,48% no período, e isso refletiu no aumento da densidade de estradas (11,25%), (Tabela 1).

Tabela 1 – Índices e resultados obtidos de parâmetros morfométricos.

Índices	Resultados Obtidos			
Área (A)	903 km ²			
Perímetro (P)	167,36 km			
Comprimento da bacia (L)	61,44 km			
Comprimento total dos cursos fluviais (Lt)	404,61 km			
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,6			
Densidade de drenagem (Dd)	0,45 km/km ²			
Número total de segmentos (Strahler, 1952) (Nr)	106			
Comprimento do rio principal (Rp)	98,4 km			
Extensão do percurso superficial (Eps)	1,11 km			
Coefficiente de manutenção (Cm)	2.222,22 m ² /m			
Densidade de rios (Dr)	0,1			
Altitude máxima	1.035 m			
Altitude média	786 m			
Altitude mínima	627 m			
Amplitude altimétrica	408 m			
Relação de relevo (Rr)	6,64 m/km			
	2005	2010	2015	2020
Comprimento total das estradas rurais (Ce)	1.564,2 km	1.607,6 km	1.828,7 km	2.416,8 km
Densidade de estradas (De)	1,7 km/km ²	1,7 km/km ²	2,0 km/km ²	2,6 km/km ²
Extensão do percurso superficial interceptado pelas estradas (EpsE)	0,294 km	0,294 km	0,250 km	0,192 km
Número de cruzamento canais fluviais X estradas	903	903	993,3	1.173,9

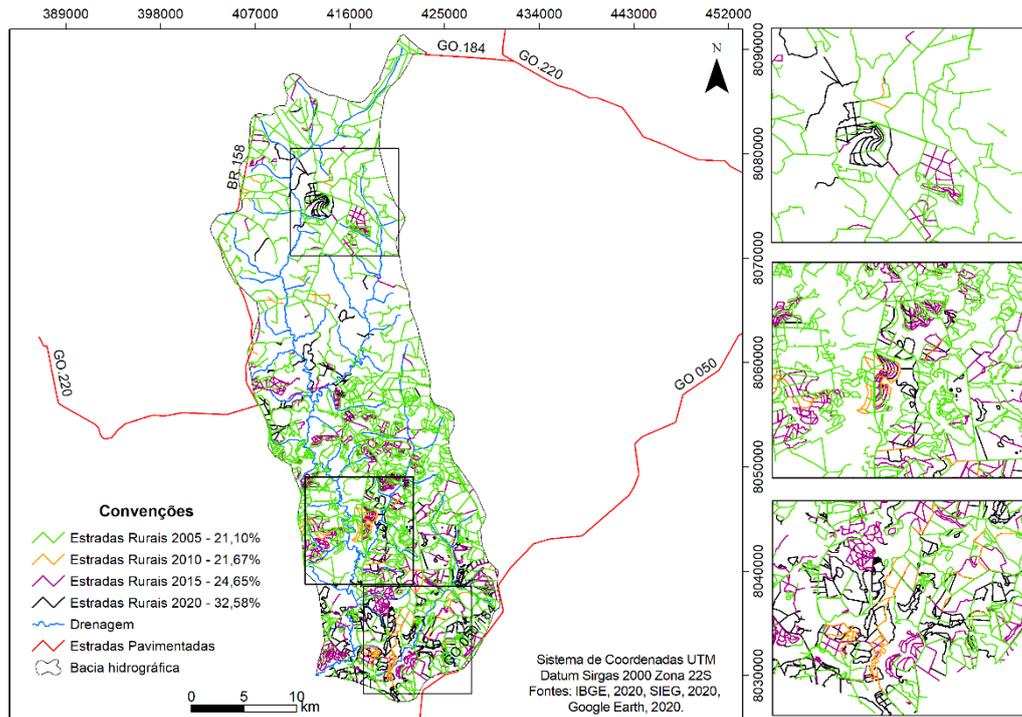
Fonte: Horton (1945), Strahler (1957), Christofletti (1980) e Villela e Mattos (1975).

Elaborado pelas autoras (2022).

A densidade de estradas se manteve estável em 2005 e 2010 (1,7 km/km²), porém quando se analisou essa densidade em 2015 e 2020 anos com aumento significativo das áreas de cana-de-açúcar no cenário: 2010 (0,36%), 2015 (6,53%) e

2020 (8,50%) o valor foi de 2,0 km/km² e 2,6 km/km², respectivamente, ou seja, maior do que a densidade de drenagem natural na série histórica analisada (0,45 km/km²).

Figura 2 – Mapa de comparação das estradas rurais em anos: 2005, 2010, 2015 e 2020



Elaborado pelas autoras (2022).

Somando-se a rede drenagem natural e a rede viária, a extensão atinge 1.968,8 km (2005), 2.012,2 km (2010), 2.233,3 km (2015) e 2.821,4 (2020), aumentando a densidade para 2,1 km/km² (2005), 2,2 km/km² (2010), 2,4 km/km² (2015) e 3,1 km/km² (2020). Portanto, a média da densidade de estradas no período foi 84% superior à quando se considerou apenas a drenagem natural.

Em um estudo similar na bacia hidrográfica do rio Guabiroba, Guarapuava-PR, Cunha, Oliveira e Thomaz (2014) relatam que a densidade de estradas foi de 4,02 km/km², ou seja, maior do que a rede de drenagem natural (3,4 km/km²). Somando-se a rede drenagem natural e a rede viária a extensão atingiu 181,51 km, aumentando a densidade para 7,5 km/km². Portanto, com o acréscimo da densidade total com a inclusão das estradas, essa foi 54% superior à quando se considerou apenas a drenagem natural.

Considerando apenas a rede de drenagem natural, a BHRP possui densidade de drenagem baixa, porém, com a inclusão das estradas, ela pode aumentar sua capacidade de drenagem. Em contrapartida, quando os leitos das estradas são aprofundados, elas interceptam o fluxo subsuperficial. Ou seja, as estradas são importantes elementos hidrológicos (circulação de água) e geomorfológicos (produção e transferência de sedimento) que devem ser considerados nos estudos voltados ao

planejamento de recursos naturais (CUNHA; THOMAZ, 2017).

A extensão do percurso superficial, para Villela e Mattos (1975), é a distância média do escoamento da água da chuva, desde a queda da água até o ponto mais próximo no leito de um curso fluvial qualquer na bacia, considerando-se o escoamento em linha reta. No caso da BHRP a distância média do escoamento de água da chuva é de 1,11 km.

Quando se analisou a extensão do percurso superficial com a interceptação do escoamento da água da chuva pelas estradas, o resultado foi menor, quando comparado a extensão do percurso superficial natural, pois, neste caso as estradas podem interceptar a enxurrada e ocasionar o desvio mais rápido do que o próprio rio. Como houve um aumento das estradas no período analisado, a extensão do percurso superficial interceptado pelas estradas teve uma diminuição total de 0,102 km.

Hartsog *et al.* (1997) e Cunha *et al.* (2014) mencionam que a interceptação, a concentração, o redirecionamento ou a interrupção do fluxo de águas superficiais e subsuperficiais por um corte da estrada podem levar ao aumento da quantidade de água de superfície, a taxas de erosão acelerada, a um maior fluxo de pico de vazão e à redução da umidade do solo. Contudo, essa condição não pode ser comprovada na área de estudo, uma vez que, não foi possível realizar

o monitoramento da vazão e cargas de sedimentos.

No estudo de Alves *et al.* (2016), a extensão do percurso superficial resultou em 0,330 km na bacia do ribeirão das Abóboras Rio Verde-GO; os autores consideram uma longa distância de escoamento da enxurrada e maior tempo de concentração da água, tendo um maior risco de erosão, e por isso ressaltam que “o uso intenso deste solo deve ser associado a práticas complexas de conservação do solo” (ALVES *et al.*, 2017, p. 29).

Portanto, a interceptação do fluxo superficial e subsuperficial tem diferentes mecanismos de funcionamento. Esses mecanismos diferenciados do funcionamento hidrológico de áreas interceptadas podem alterar a dinâmica natural da bacia hidrográfica, produzindo, então, resposta hidrológica menor do que por meio da infiltração e transferência de fluxo interno no solo conectando de forma acelerada vertente e rio (CUNHA; THOMAZ, 2017).

“O coeficiente de manutenção representa uma medida de textura do solo, e serve basicamente para determinar a área mínima necessária para a manutenção de 1 m de canal de escoamento permanente” (TRAJANO *et al.*, 2012, p. 21). Para Moura (2017, p. 83), “esse parâmetro corresponde à área necessária para formação de um canal com fluxo perene” a área mínima necessária para manutenção em 1 m na BHRP é de 2.222,22 m²/m.

Em estudos com bacias semelhantes a BHRP, Silva *et al.* (2018) destaca que os dados de coeficiente de manutenção (1.408,45 m²/m) são elevados, necessitando de uma área considerável para a manutenção. Também para Degrande e Firmino (2020), o coeficiente de manutenção (1.402,5 m²/m) é considerado alto, e ainda para Teixeira *et al.* (2019), o coeficiente de manutenção da bacia é considerado alto (1.496,80 m²/m).

Os resultados dos estudos de Bolotari Júnior (2019) indicam 1.356,5 m²/m de área necessários para manter perene cada metro de canal da bacia. Queiroz *et al.*, (2018) tiveram o valor de 1.785 m²/m encontrado, e ressaltam que o valor é elevado e indica que a bacia não é rica em cursos d'água, relatam ainda que esse coeficiente é predominante em áreas de relevo mais plano, e que esse valor diminui em relevos mais ondulados.

Bolotari Júnior (2019) destaca que o comportamento pode ser explicado pela

ocorrência de chuvas de grandes intensidades nas áreas planas (características semelhantes às da BHRP, com período chuvoso bem definido e relevo em sua maior parte plano) em que o escoamento superficial tende a se concentrar e a formar fluxos preferenciais gerando os canais que compõem a rede de drenagem, enquanto no relevo mais acidentado o escoamento tende a seguir a declividade natural do terreno, escavando o solo em pontos de menor resistência, ocasionando maior concentração de canais naturais e, desta forma, maior densidade de drenagem. São essas as características de clima e relevo que podem explicar o alto índice de coeficiente de manutenção na BHRP.

A densidade de rios, para Machado e Souza (2005, p. 8375), possibilita identificar propriedades do substrato rochoso e de permeabilidade do terreno, assim, “baixas densidades mostram que o substrato é rochoso, enquanto altas densidades mostram um substrato mais permeável”. Na bacia o resultado foi de 0,1, considerando um substrato rochoso.

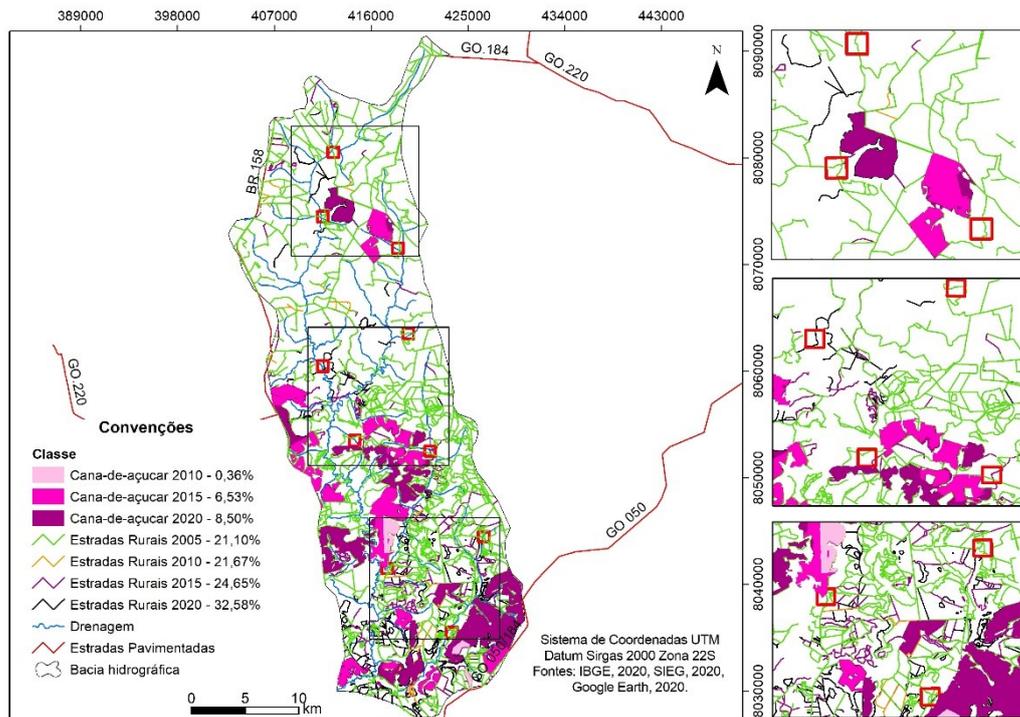
Para a possibilidade de gerar novos cursos d'água Oliveira *et al.* (2013) destacam que o resultado deve ser de valores superiores a 2,0, contudo, na BHRP o valor é inferior ao proposto pelos autores, indicando dificuldade de geração de novos canais devido à litoestrutura da bacia.

Em relação às características de relevo, a BHRP apresenta altitude máxima e mínima de 1.035 e 627, respectivamente, desta forma, o valor encontrado para amplitude altimétrica foi de 408 m, resultando em uma relação de relevo de 6,64 m/km, indicativo de uma bacia com relevos planos. Para Lopes *et al.*, (2018, p.36): “o relevo exerce influência no desenvolvimento do perfil do solo, nas respostas de deflúvio da precipitação e sua respectiva velocidade do escoamento superficial”.

Em relação ao número de cruzamentos de estradas X canais fluviais, levando em consideração a área da mesma (903 km²), houve um total de 903 em 2005 e 2010, 993,3 em 2015 e 1.173,9 em 2020. Lembrando que foram considerados para essa análise os rios perenes com as estradas vicinais não pavimentadas.

Evidencia-se que esse aumento significativo no número de cruzamentos de estradas X canais fluviais nos anos de 2015 e em especial 2020 está associado ao aumento das estradas rurais e da cultura da cana-de-açúcar (Figura 3).

Figura 3 – Número de cruzamento canais fluviais X estradas: 2005, 2010, 2015 e 2020.



Elaborado pelas autoras (2022).

Assim, a conectividade hidrogeomórfica nas estradas que cruzam os rios pode afetar a dinâmica do fluxo natural, que pode ser completamente controlado pelos processos hidrogeomorfológicos da rede viária (THOMAZ; PERETTO, 2016).

Lima (2004), França Júnior e Cunha (2020) ressaltam que em áreas rurais as redes viárias geralmente não pavimentadas funcionam como ponto de entrada de carga sedimentar quando são conectadas a canais fluviais por meio de cruzamentos. Lima (2004) classifica mecanismos de transferência de sedimentos a partir das estradas: (1) erosão de estradas paralelas a canais, (2) erosão de estradas que cruzam canais e (3) rompimento de aterros com cruzamentos.

Reid e Dunne (1984) destacam que estradas sem pavimentação merecem atenção especial pela conectividade hidrológica que faz a transferência de sedimentos diretamente aos canais. Para Thomaz (2005), as estradas cortam grande número de rios, e as drenagens laterais nas vias fazem com que as águas cheguem rapidamente às redes de drenagem e aumentem a vazão.

Portanto, as estradas rurais interferem na dinâmica hidrológica da BHRP, e com o aumento da densidade de drenagem que altera os demais processos morfométricos, mesmo as estradas sendo fundamentais para o desenvolvimento econômico e social em áreas rurais, é necessário

dar a devida atenção a sua implantação e manutenção, uma vez que as alterações no sistema de drenagem estão diretamente ligadas à sua presença.

CONCLUSÃO

É essencial que haja a inclusão dos parâmetros morfométricos de estradas rurais nas análises, pois eles podem trazer resultados diferentes de quando são considerados somente os parâmetros “principais” usuais na maioria dos estudos ambientais gerados em bacias hidrográficas.

Na BHRP, o aumento da densidade de drenagem está diretamente relacionado ao aumento das estradas e cana-de-açúcar, principalmente nos anos de 2015 e 2020, alterando a dinâmica morfométrica da mesma.

O aumento total de cruzamentos de estradas e canais fluviais foi de 270,9 no período analisado. Esse aumento significativo de cruzamentos de estradas com o rio pode implicar diretamente no transporte de sedimentos para os canais fluviais, no assoreamento e na poluição dos rios. Já a extensão do percurso superficial diminui gradativamente à medida que aumentam as estradas, o que pode refletir na alteração do sistema de drenagem da bacia, assim como na interceptação do fluxo superficial e subsuperficial.

Os estudos morfométricos passaram por inovações importantes com o uso de geotecnologias, otimizando e facilitando a obtenção e o manuseio de dados, e com a inclusão de estradas rurais nas análises, os estudos se fazem mais completos, pois as estradas estão presentes em bacias hidrográficas e muitas vezes não são colocadas em questão nas pesquisas.

Portanto, as estradas rurais se constituem em elemento essencial para o desenvolvimento econômico e social da comunidade da BHRP, e os estudos em relação ao comportamento hidrológico de bacias rurais é fundamental para a preservação e manutenção da qualidade ambiental, principalmente no que diz respeito ao uso dos recursos hídricos.

Assim, o objetivo da pesquisa foi alcançado, onde verificou-se que as relações entre rede viária, rede de drenagem e os parâmetros de relevo indicam mudanças na dinâmica de drenagem da BHRP, ocasionada principalmente pelo aumento da cana-de-açúcar. Contudo, recomenda-se que em estudos posteriores seja realizado o monitoramento de vazão e cargas de sedimentos para complemento dos dados.

A pesquisa para a região é um avanço como referência, pois esses estudos sobre estradas rurais podem mudar significativamente a visão sobre processos erosivos, assoreamento e conservação de cursos hídricos. Porém, tendo o proposto em mente, é papel dos gestores do município colocar em ação as práticas (manutenção, restauração) aqui reforçadas, uma vez que as mesmas fazem parte de atividades lucrativas, tanto econômicas quanto ambientais, locais.

FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelos suportes elementares à pesquisa, com a concessão de bolsa no mestrado para a primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E. H.; AMORIM, A. de J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 14 p. 70-77, feb/2005.
- ALVES, W. et al. Análise de aspectos físicos da bacia do córrego bonsucesso, localizada em Jataí (GO), Brasil, apoiado em geotecnologias. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 11, n. 1, 2017.
- ALVES, W. S. et al. Análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Abóboras – Rio Verde (GO). **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 652-667, 2016.
- ASSMANN, S. M. **Na beira do rio tem uma plantação**: estudando o novo código florestal na bacia do Ribeirão Paraíso, Jataí – GO. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, 2016.
- BAUCKE, A. S.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. Contribuição hidrossedimentológica das estradas rurais em bacias hidrográficas com pequenas e médias propriedades. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 53, p. 13-32, 30 dez. 2019. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190503>
- BOLOTARI JÚNIOR, N. **Análise morfométrica e hidrológica da bacia do ribeirão estiva, afluente do rio paraibuna, Juiz de Fora- MG**. 2019. Trabalho Final de Curso (Curso de Engenharia sanitária e ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2019.
- CHAPPELL, N. A. Soil pipe distribution and hydrological functioning within the humid tropics: a synthesis. *Hydrol. Process.*, v. 24, n.12, p. 1567-1581, 2010. <https://doi.org/10.1002/hyp.7634>
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- CUNHA, M. C. **Avaliação da eficácia das caixas de contenção de sedimento em estradas rurais não pavimentadas na Bacia o Rio Das Pedras, Guarapuava-Pr**. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2011.
- CUNHA, M. C. Caracterização das estradas rurais não pavimentadas como elementos recentes na paisagem da bacia hidrográfica do rio das pedras, Guarapuava-PR. **Revista Geomae - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 01, n. 02, ISSN 2178-3306, 2010.
- CUNHA, M. C.; OLIVEIRA, F. A.; THOMAZ, E. L. Interceptação de fluxo subsuperficial causado por estradas rurais na bacia do rio guabirola, Guarapuava-PR. **Revista Geonorte**, v. 5 n. 14, p. 164 – 169, 2014.
- CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L. Fluxo subsuperficial interceptado por estrada rural: características e distribuição na paisagem. **Boletim Goiano de Geografia**, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 429–447, 2017. <http://doi.org/10.5216/bgg.v37i3.50763>
- CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L.; OLIVEIRA, F. A. Processos hidrológicos subsuperficiais influenciados por cortes de estradas rurais na bacia hidrográfica do rio guabirola, guarapuava, paraná, brasil. **Revista caminhos de geografia**. v. 22, n. 80, p.53-67, 2021. <https://doi.org/10.14393/RCG228054556>
- CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Avaliação da eficácia de medidas de controle de sedimentos (caixas de contenção) em estradas rurais não pavimentadas na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Guarapuava-PR. *In: XVI ENCONTRO*

- NACIONAL DE GEÓGRAFOS, Porto Alegre, RS. 2010.
- DEGRANDE, E. J. S.; FIRMINO, G. V. Análise morfométrica e do uso da terra da bacia hidrográfica do córrego da onça, Presidente Prudente-SP. **Revista Geonorte**, v. 11, n. 38, p. 125-145, 2020. (ISSN 2237-1419) <https://doi.org/10.21170/geonorte.2020.V.11.N.38.125.145>
- DORNELLAS, P. da C. *et al.* Análise morfométrica da bacia do alto rio paraíba, região semiárida do estado da Paraíba. **Rev. Bras. Geomorfol. (Online)**, São Paulo, v. 21, n. 3, (jul.-set.) p. 601-614, 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i3.1757>
- DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 37, 2018. <https://doi.org/10.4000/confins.15738>
- EMBRAPA - Brazilian Agricultural Research Corporation, 2013.
- FERRARI, J. L. *et al.* Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a1575>
- FORMAN, R. T., & ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 207-231. 1998. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
- FRANÇA JÚNIOR, P.; CUNHA, M. C. Conectividade de estradas rurais e rios e sua dinâmica geomorfológica em bacias hidrográficas rurais. *In: FRANÇA JÚNIOR, P. (org.). Geomorfologia do tecnógeno e antropoceno: perspectivas teóricas e estudos aplicados em ambientes urbanos*. Ituiutaba: Barlavento, 2020. 426 p. Disponível em: <https://asebabaolorigin.files.wordpress.com/2021/04/geomorfologia-tecno-antropo.pdf> Acesso em: 04 de maio de 2022
- GOOGLE. Google Earth PRO, 2020.
- GOIÁS. Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: Secretaria de Indústria de Comércio, 2006.
- HARTSOG, W.; KAHKLEN, K.; MOLL, J.; SWANSTON, D. N. A Monitoring System for Measuring Effects of Roads on Groundwater: Equipment and Installation. United States Department of Agriculture Forest Service Technology e Development Program, 1997.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol Soe. Am. Bull.**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. [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. 2020.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2020
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672001000200008>
- LIMA, A. G. Metodologia para inventário do potencial de produção sedimentar em cruzamentos de estradas com canais fluviais. *In: BATTISTELLI, M.; FILHO, M. C.; HEERDT, B. (Org.). Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras: relato de experiências*. Guarapuava: Editora B & D Ltda, v. 1. p. 100-108, 2004.
- LOPES, I.; LEAL, B. G.; RAMOS, C. M. C. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica no semiárido de Pernambuco através de dados SRTM em softwares livre. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 8, n. 1 p. 31-40, 2018. <https://doi.org/10.29150/jhrs.v8.1.p31-40>
- LUCE, C. H. WEMPLE, B. C. Introduction to Special Issue on Hydrologic and Geomorphic Effects of Forest Roads. *Earth Surf. Proc. Land*. 26 (2), 111-113, 2001. [https://doi.org/10.1002/1096-9837\(200102\)26:2<111::AID-ESP165>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1096-9837(200102)26:2<111::AID-ESP165>3.0.CO;2-2)
- MACHADO, G.; SOUZA, J. O. P. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Chôco – Ibaiti – PR. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo**.
- MELO, B. M.; DIAS, D. P. Microclima e conforto térmico de remanescentes florestais urbanos no município de Jataí – GO. **REVSBAU**, Curitiba – PR, v. 14, n. 2, p. 01-15, 2019. <https://doi.org/10.5380/revsbau.v14i2.66637>
- MARTINS, A. P.; & OLIVEIRA, R. M. Diagnóstico ambiental das microbacias hidrográficas da área urbana de Jataí –GO. v. 01, p. 1-159, 2012.
- MOURA, D. M. B. **Avaliação ambiental e fisiográfica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, com vistas ao abastecimento hídrico da cidade de Iporá (GO)**. 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.
- OLIVEIRA, S. F. de *et al.* Análise ambiental da bacia hidrográfica do córrego da onça, no município de Jataí - GO. **Geoambiente On-line**, [S. l.], n. 10, p. 01-24, 2013. <https://doi.org/10.5216/geoambie.v0i10.25957>
- PEREIRA, L. C. F. et al. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio dos Patos, GO. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 4-13, 2019. <https://doi.org/10.37951/2595-6906.2019v3i1.4319>
- PLETSCH, L. **Condições de Serventia de Estradas Rurais não Pavimentadas: Avaliação funcional da Superfície de Rolamento de um Trecho da Malha Viária do Município de Ijuí-RS**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2020.
- QUEIROZ, P. H. B.; SALES, M. C. L.; CRISPIM, A. B. Aplicação de parâmetros morfométricos em um segmento do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti-CE: uma contribuição ao entendimento dos processos hidrogeomorfológicos. *In: BARBOSA, L. N. et al (org.). Bacias Hidrográficas e análise de seus parâmetros quantitativos*. Mossoró – RN: EDUERN, 2018. P. 200. Disponível em: <http://www.ppggeografia.ufc.br/images/documentos>

- [/C7T4_compressed.pdf](#) Acesso em: 12 de mar. de 2022
- REID, L. M.; DUNNE, T. Sediment production from forest road surfaces. **Water Resources Research**, v. 20, n. 11, p. 1755, 1984. <https://doi.org/10.1029/WR020i011p01753>
- SCHUM M, S. A. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, 67, p. 597-646. 1956. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:eodsas\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:eodsas]2.0.co;2)
- SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação, 2020
- SILVA, G. C. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 15 n. 28; p. 244, 2018. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018B22
- SILVA, Í. B.; MENDES, L. M. S. Análise do Potencial Erosivo por Compartimentos Morfopedológicos como Subsídio ao Planejamento do Uso e Ocupação da Terra do Alto Banabuiú-Ceará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 1, p. 1226, 2022.
- SILVA, M. *et al.* Importância, patologias e recomendações técnicas para as estradas não pavimentadas da região do município de Alegrete. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 12, n. 2, 4 dez. 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i1.1945>
- SIQUEIRA, H. E. *et al.* Análise Morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do rio veríssimo, Veríssimo – MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 8, n. 15, p. 2236-2246. 2012.
- SOUZA, A. R. *et al.* Zoneamentos da vulnerabilidade ambiental e expectativa de perda de solo: é possível usar a USLE na determinação de vulnerabilidade ambiental? São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 38, n. 4, p. 1105 - 1119, 2019. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i4.14083>
- SOUZA, C. C.; CUNHA, M. C. Caracterização do estado de conservação das estradas rurais na bacia do Ribeirão Paraíso, Jataí-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 03, p. 1767-1786, 2021. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1767-1786>
- SOUZA, C. C.; Mapeamento da dinâmica temporal (2005/2010/2015/2020) das estradas rurais na bacia hidrográfica do ribeirão paraíso influenciado pelo aumento da produção de cana-de-açúcar. 2022.
- Dissertação de mestrado (Curso de Geografia) – Universidade Federal de Jataí – UFJ, 2022.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transactions: **American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920. 1957. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- TEIXEIRA, L. F. da C. *et al.* M. Gestão ambiental de bacias hidrográficas: aplicação de geoprocessamento como contribuição para a análise morfométrica de uma sub-bacia do Rio Jaguaribe, Ceará. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL FORTALEZA/CE – 04 a 07/11/2019
- TEODORO, V. L. I. *et al.* O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>
- THOMAZ, E. L. Processos Hidrogeomorfológicos e o Uso da Terra em Ambiente Subtropical – Guarapuava-PR. São Paulo: USP. Tese (Doutorado), 2005.
- THOMAZ, E. L.; PERETTO, G. T. Hydrogeomorphic connectivity on roads crossing in rural headwaters and its effect on stream dynamics. **Science of the Total Environment**, v. 550, n. 1, p. 547-555, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.100>
- TIECHER, T. *et al.* Contribuição das fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica agrícola sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 639-649, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S010006832014000200028>
- TRAJANO, S. R. R. da S. *et al.* Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial**, Campinas, SP, p. 33, 2012.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

As autoras coletaram, analisaram e geraram os resultados do presente estudo, como também redigiram todo o texto do artigo.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.