

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIBEIRÃO DA LAJE, NO SUDOESTE DE GOIÁS, BRASIL

MORPHOMETRIC ANALYZES OF THE RIVER BASIN OF RIBEIRÃO DA LAJE, IN THE SOUTHWEST OF GOIÁS, BRAZIL

Wellmo dos Santos Alves *
Alécio Perini Martins *
Iraci Scopel *
Maria Antonia Balbino Pereira *

Resumo:

Devido aos impactos ambientais negativos causados pelo uso intensivo do solo, expansão urbana e industrial e à importância dos recursos hídricos para manutenção das diversas formas de vida na Terra, tornam-se necessários dados para o planejamento e a gestão ambiental de bacias hidrográficas. Objetivou-se analisar a morfometria da bacia do ribeirão da Laje, uma das principais fontes fornecedoras de água para o abastecimento público da população urbana de Rio Verde, Sudoeste de Goiás, apoiado em geotecnologias e obras de autores consagrados. A área de estudo apresenta variáveis morfométricas, geologia, solos e precipitação pluviométrica predominantemente favoráveis à sua conservação e à recarga de água. Entretanto, a forma alongada e possíveis ocorrências de chuvas intensas na cabeceira sujeitam a bacia hidrográfica às torrentes eventuais, podendo causar prejuízos ambientais e econômicos; a amplitude altimétrica máxima, as maiores declividades, a densidade hidrográfica, densidade de drenagem, Nitossolo Vermelho, Neossolo Litólico e a predominância de agricultura intensiva são favoráveis à perda de solos. Este estudo irá subsidiar o planejamento e a gestão ambiental dessa bacia hidrográfica, além de servir de base para outros trabalhos locais e de outras regiões, contribuindo para a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade adequadas aos usos múltiplos.

Abstract:

Due to negative environmental impacts caused by intensive soil use, urban and industrial expansion and to the importance of water resources to the maintenance of several life forms on Earth, data were necessary for the planning and environmental management of watersheds. It was an objective to analyze the morphometry of Ribeirão da Laje river basin, one of the main water supply sources for the public supply of the urban population of Rio Verde, Southwest of Goiás, supported by geotechnologies and established authors' work. The studied area presents morphometric variables, geology, soils and rainfall predominantly favorable to its conservation and to water recharge. However, the elongated way and possible occurrences of heavy rains in the river head submit the watershed to eventual torrents, being able to cause environmental and economic damages; the altimetric amplitude maximum, bigger declivities, water density, drainage density, Red Nitosol, Litolic Neosol and the predominance of intensive agriculture are favorable to soil loss. This study will subsidize the planning and environmental management of this watershed, besides serving as a basis to other local works and from other regions, contributing to the water availability in proper amount and quality to multiple uses.

* Doutorando (2017 em andamento) e Mestre (2015-2016) em Geogr. Física, com ênfase em Análise Ambiental (Recursos Hídricos e Geotecnologias Aplicadas), pela Universidade Federal de Goiás.

* Doutor (2015), Mestre (2009), Licenciado e Bacharel (2007) em Geografia pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

* Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1975), graduação em Licenciatura de Curta Duração Em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1971).

* Graduanda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, participa de projetos de pesquisa e de extensão no Laboratório de Águas e Efluentes desta mesma instituição, é estudante de Iniciação Científica (IF Goiano - CNPQ).

Palavras-chave:

bacia hidrográfica,
gestão ambiental,
variáveis morfométricas

Keywords:

watershed,
environmental management,
morphometric variables

1. INTRODUÇÃO

O estado de Goiás é a nona economia do Brasil, sendo a microrregião Sudoeste de Goiás destaque como modelo da modernização agropecuária brasileira, com altos índices de produção agropecuária, principalmente soja, milho, cana-de-açúcar (mais recente), aves, bovinos e suínos (IMB, 2018), além de diversas empresas instaladas, com destaque para agroindústrias. Essas atividades são importantes para o desenvolvimento econômico regional, mas quando conduzidas sem considerar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade, sem planejamento e gestão ambiental adequados, comprometem os recursos hídricos da região.

Na atualidade, os trabalhos ambientais têm foco na necessidade premente da conservação dos solos, da diminuição dos impactos urbanos, da produção de energia e alimentos de forma sustentável, além do suprimento de água doce ao homem (OLIVEIRA et al., 2013).

A gestão ambiental se revela como um dos maiores desafios atuais. É amplamente divulgado na mídia a ocorrência de desmoronamentos de terras, inundações, desabamentos, dentre outros processos que resultam muitas vezes em perdas de vidas humanas (MACHADO e CUNHA, 2013), degradação ambiental (como perda de solos, assoreamento de cursos hídricos) e prejuízos econômicos (como baixa produtividade, desvalorização de propriedades, custo na recuperação de áreas degradadas).

A bacia hidrográfica é delimitada no espaço geográfico pelo divisor de águas, representado pela linha que une pontos de cotas mais elevadas, fazendo com que a água da chuva, ao atingir a superfície do solo, tenha seu destino dirigido no sentido de um ou outro córrego ou rio (VALENTE e GOMES, 2005), sendo definida como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Soares et al. (2016) relatam que o planejamento integrado de bacias hidrográficas é uma das principais estratégias de gerenciamento de determinada unidade territorial, sendo que sua aplicação deve ser pautada na compreensão de um conjunto de indicadores de diferentes áreas temáticas, possibilitando a avaliação sistêmica da dinâmica ambiental e territorial da sua área de abrangência.

A análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, com a publicação do notável trabalho do engenheiro hidráulico

Robert E. Horton, que procurou desenvolver as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias. O uso e expansão dessa nova perspectiva foi influenciada por Arthur N. Strahler e seus colaboradores da Universidade de Colúmbia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O planejamento e a gestão ambiental de bacias hidrográficas podem ser subsidiados através de análises morfométricas, sendo estas pautadas na Teoria dos Sistemas e, conforme Villela e Mattos (1975), elementos de grande importância no comportamento hidrológico dessas unidades territoriais. A análise morfométrica permite compreender, através de um conjunto de variáveis, as quais relacionam um rol de características geográficas, a dinâmica da bacia como um todo, inclusive de seus diferentes compartimentos e, conseqüentemente, a sua fragilidade natural (ALMEIDA et al., 2016). Christofolletti (1980) ressalta que a análise morfométrica de bacias hidrográficas é um importante recurso para caracterizar e identificar a dinâmica de um sistema fluvial, pois os cursos de água constituem elemento morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre.

A caracterização da morfometria de bacias hidrográficas envolve estudos quantitativos do relevo (ALVES et al., 2016), sendo várias as suas finalidades de aplicações, com destaque para compartimentação do relevo, subsídios a estudos de paisagem, suscetibilidade e potencialidade à erosão e suscetibilidade a inundação (DEODORO e FONSECA, 2016). Esses estudos, conforme Fraga et al. (2014), são necessários para a determinação das potencialidades e limitações quanto ao uso do solo, auxiliando no planejamento das atividades a serem desenvolvidas.

Soares et al. (2016, p. 83) afirmam que:

Abordagens que integrem informações obtidas nos cálculos dos índices morfométricos são essenciais no processo de planejamento. A utilização das informações geradas pode subsidiar a delimitação de estratégias de gerenciamento ambiental, uma vez que apresentam diversas possibilidades de integração com a dinâmica de uso e cobertura do solo, qualidade de água, potencial erosivo, exploração de recursos ambientais e dinâmica socioeconômica de determinada área, oferecendo suporte ao processo de planejamento ambiental integrado das bacias hidrográficas em análise.

A delimitação e caracterização física de bacias hidrográficas constitui etapa básica nos estudos relacionados à dinâmica da água superficial e subterrânea, seja do ponto de vista quantitativo ou de qualidade da água (MARTINI, 2012).

Além da análise morfométrica, é importante caracterizar os solos, a geologia, uso da terra e cobertura vegetal entre outros, permitindo análise dos aspectos da

paisagem na bacia hidrográfica de forma mais detalhada.

Os municípios inseridos, parcialmente, na bacia do ribeirão da Laje são Rio Verde (GO), Santa Helena de Goiás e Santo Antônio da Barra. O primeiro é a quarta economia de Goiás e o principal município da microrregião Sudoeste de Goiás, apresenta crescimento expressivo da população, sendo a quarta maior do estado. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população rio-verdense aumentou 83,19% de 1991 a 2010, e 14,89% de 2010 a 2015. Passou de uma população de 176.424 habitantes, em 2010, para 217.048 habitantes (estimativa), em 2017, ou seja, neste período a população aumentou 23,03%. O segundo município apresenta uma população estimada de 38.743 pessoas, e o terceiro, 4.780 pessoas (IBGE, 2018). Os três municípios apresentam economia baseada na produção agropecuária, sendo o primeiro modelo na produção agropecuária nacional.

A bacia do ribeirão da Laje é uma das principais bacias hidrográficas fornecedora de água (100 a 110 L.s⁻¹) para o abastecimento da população urbana do município de Rio Verde (GO), produção agropecuária, residências rurais e outros usos múltiplos importantes nos três municípios inseridos nela.

As geotecnologias (geoprocessamento, sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global - GPS, cartografia automatizada, Sistema de Informação Geográfica - SIG) nos permitem fazer uma análise integrada do ambiente de forma a entender como questões relacionadas às alterações ambientais se comportam no espaço, tornando possível que o ambiente seja estudado em parte e entendido como um todo (ROSA, 2005; PIRES, 2012). A partir dessas tecnologias e equações matemáticas propostas por Horton (1945), Strahler (1952), Müller (1953), Schumm (1956), Melton (1957), Schumm (1963), Villela e Mattos (1975) é possível realizar a caracterização morfométrica, entre outros aspectos, de bacias hidrográficas com rapidez e representatividade.

Devido a caracterização de aspectos físicos do meio ambiente subsidiar o planejamento e a gestão ambiental de bacias hidrográficas, a importância local e regional do ribeirão da Laje e não ter trabalhos publicados sobre o tema, este estudo tem como objetivo caracterizar e analisar a morfometria, relacionando esta com outros aspectos, da bacia do ribeirão da Laje, localizada no Sudoeste de Goiás.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Localização da área de estudo

A localização da área de estudo pode ser observada na Figura 1.

O principal curso hídrico da área de estudo nasce no local com as coordenadas geográficas 50°56'32,449"W e 17°43'17,873"S, no município de Rio Verde (GO), é afluente do Rio Verde, também conhecido regionalmente como Rio Verdão, onde desagua na margem direita no local com as coordenadas geográficas 50°33'51,186"W e 17°35'40,462"S.

2.2 Bases de dados

Foram levantados dados de geologia, solos, uso da terra, cobertura vegetal e precipitação pluviométrica para melhor caracterizar a área de estudo e analisar a morfometria.

Os mapas de geologia, pedologia, uso da terra e cobertura vegetal e os dados de precipitação foram elaborados a partir das seguintes bases de dados, respectivamente:

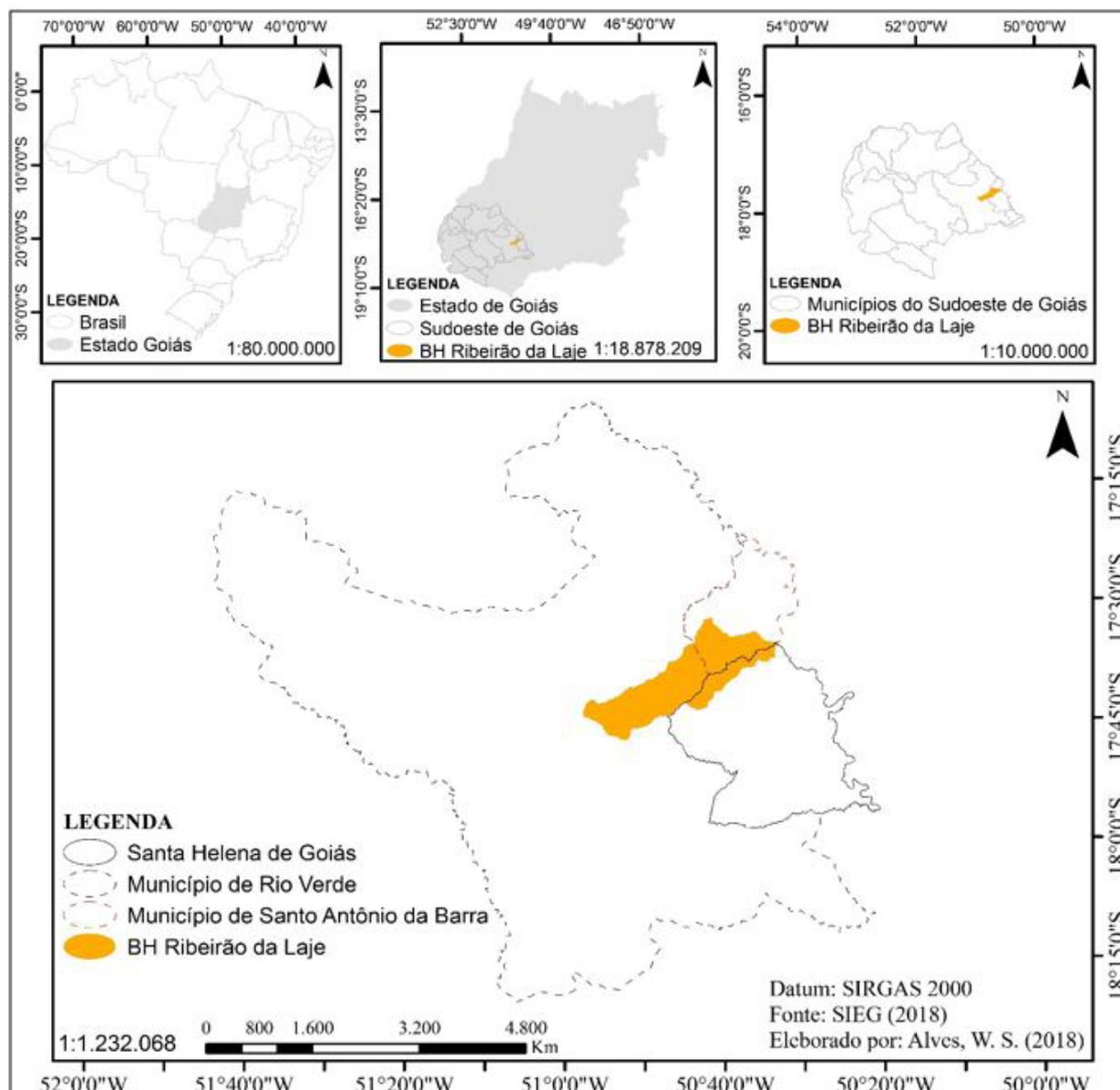
a) Mapa Geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal, na escala 1:500.000, formato *shapefile* (shp), geração em 13 de abril de 2009, gerado pela Superintendência de Geologia e Mineração/Secretaria Estadual de Indústria e Comércio (SGM/SIC), e disponibilizado pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG, 2017);

b) Mapa de Solos do Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba, na escala 1:250.000, formato shp, geração 01 de março de 2005, gerado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)/Fundação Rural Minas (Ruralminas); modelagem, alimentação do SIG e edição das cartas pela Superintendência de Geologia e Mineração/Secretaria Estadual de Indústria e Comércio (SGM/SIC) e disponibilizado pelo SIEG (2017);

c) Imagem com resolução espacial de 30 m x 30 m, e radiométrica, de 16 bits, de 7 de junho de 2017, da órbita/ponto 223/72, do satélite Landsat/Sensor OLI, gerada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e disponibilizada pelo USGS (2017); e

d) Dados de precipitação pluviométrica da estação 83470 de Rio Verde disponibilizados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BD-MEP, 2018).

Figura 1 - Localização da bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Bases disponibilizadas pelo SIEG (2017); organizado pelos autores (2018).

As bases de dados usadas no estudo da morfometria foram as seguintes:

a) *Imagem Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m x 30 m, gerada pela cooperação entre NASA e a *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA), do DOD (Departamento de Defesa) dos Estados Unidos da América e das agências espaciais da Alemanha e da Itália; obtida através de arranjo projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre através de interferometria, a bor-

do do ônibus espacial *Endeavour*, entre o período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, disponibilizada pelo USGS (2017); e

b) Drenagens da Base Cartográfica Vetorial Digital, gerada pela Agência Nacional de Águas, geração de 22 de julho de 2006; revisão de topologia, alimentação, atualizações e edição da carta pela Superintendência de Geologia e Mineração/Secretaria Estadual de Indústria e Comércio (SGM/SIC) e disponibilizada pelo SIEG (2017).

2.3 Processamento dos dados

O processamento dos dados foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, foram elaborados mapas de aspectos físicos e obtidas 12 variáveis secundárias da bacia hidrográfica no software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.1®, licenciado para o laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás (UFG)/Regional de Jataí.

A partir da base SRTM: foi delimitada a área da bacia hidrográfica, de forma automática, em formato *shapefile* (shp), com o uso da extensão *archidro tools*; extraídas curvas de nível com equidistância de 5 m, com uso da extensão *spatial analyst tools*, em surface, ferramenta *contour*; e gerado o mapa de declividade.

O shp de delimitação da área de estudo foi utilizado para:

a) extrair das bases de dados geográficos do estado de Goiás os dados de geologia, solos, uso da terra e cobertura vegetal, por meio da ferramenta *clip*;

b) recortar a imagem da bacia hidrográfica a partir da imagem maior do satélite Landsat 8, com uso da ferramenta *extract by mask*, para, posteriormente, ser usada para realizar a classificação do uso da terra e cobertura vegetal;

c) realizar o recorte, por meio da ferramenta *clip*, das curvas de nível, para gerar o mapa hipsométrico, através da extensão *3D analyst*, ferramenta *create TIN* e *edit TIN*;

d) extrair o SRTM da bacia a partir da base SRTM maior para gerar o mapa de declividade conforme a classificação da declividade proposta pela Embrapa (2013), por meio da extensão *spatial analyst*, com uso das ferramentas *slope* e *reclassify*; e

e) extração da hidrografia da área de estudo, através da ferramenta *clip*, a partir da hidrografia de Goiás, para gerar o mapa de hidrografia e mapa de hierarquia dos cursos d'água.

A imagem para geração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi classificada por meio da ferramenta *image classification*, usando o comando *interactive supervised classification*. Foram usadas as bandas (B) B4 (vermelho), B5 (infravermelho próximo) e B6 (natural com remoção atmosférica), na composição colorida RGB (*red, green e blue*) R:B4, G:B5 e B:B6, sendo essa combinação de bandas, realizada com a ferramenta *composite bands*, usada por apresentar maior aproximação das cores naturais ou reais. Para melhor representar o uso da terra e cobertura vegetal na área de estudo, foram realizadas correções manuais da classificação.

A classificação da imagem foi validada por meio

do Índice Kappa proposto por Jacob Cohen em 1960. Por meio do software QGIS 2.16 e seu complemento *accuracy*, realizou-se o cruzamento entre o mapa de uso da terra e cobertura vegetal com as amostras kappa e foi obtida a matriz de confusão. Essas amostras foram obtidas, de forma manual e aleatória, a partir da imagem do satélite Landsat/Sensor OLI, com auxílio de imagens (alta resolução) atualizadas do hipermapa *Google Earth Pro* e levantamentos de campo.

A partir da matriz de confusão foi calculado o Índice Kappa em planilha do Excel 2013.

O Índice Kappa trata-se de um teste estatístico aplicado aos resultados da classificação do uso da terra e cobertura vegetal. Este índice leva em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal (ALVES, 2016) ou diagonal descendente, podendo ser estimado com a resolução da Equação 1 (E1):

$$K = (n * \sum_{i=1}^c X_{ii} - \sum_{i=1}^c X_{i+} * X_{+i}) / (n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} * x_{+i}) \quad (E1)$$

Na qual: K é uma estimativa do Índice Kappa; n, o número total de amostras; c, o número total de classes; x_{ii} , o valor na linha i e coluna j, ou seja, o valor da diagonal da matriz de confusão, de forma descendente; x_{i+} , a soma da linha i; e x_{+j} , a soma da coluna j da matriz de confusão.

Esse índice utiliza todas as células da matriz de erro, e não apenas os elementos da diagonal descendente, medindo a probabilidade de um pixel ser corretamente classificado em relação à probabilidade da classificação incorreta.

A classificação do mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi avaliado tendo como base o Quadro 1, onde consta uma escala de valores que definem a qualidade da classificação segundo o Índice Kappa (LANDIS e KOCH, 1977).

Os mapas foram elaborados nas coordenadas geográficas, utilizando o Datum SIRGAS 2000.

As 12 variáveis secundárias levantadas através de cálculos no software SIG supracitado e dos mapas elaborados foram: área (A), perímetro (P), número dos cursos hídricos (N), comprimento axial (La), ponto mais alto (PI), ponto mais baixo (PII), altitude, declividade da bacia, comprimento do canal principal (Lp), comprimento total dos canais (Lt), vetorial médio em linha reta (Ev) e ordem dos cursos hídricos.

A ordem dos canais foi gerada conforme ordenação de Horton (1945), modificado por Strahler (1952), através da extensão *hydrology*, ferramenta *stream order*, com aplicação do algoritmo *Strahler*.

Quadro 1 - Qualidade da classificação conforme intervalos do Índice Kappa

Valor Kappa	Qualidade da classificação
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Nesta metodologia, proposta por Horton (1945) e modificada por Strahler (1952), os rios são classificados da seguinte forma: são considerados de 1ª ordem os pequenos canais que não tenham tributários; quando dois canais de 1ª ordem se unem é formado o de 2ª ordem; e quando ocorre o encontro de dois rios de 2ª ordem, forma o de 3ª ordem, e assim sucessivamente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Outras 12 variáveis foram levantadas aplicando os índices secundários em cálculos com utilização de equações específicas, sendo estas apresentadas em seguida:

a) Coeficiente de compacidade

Segundo Fraga et al. (2014), Cochev et al. (2015) e Oliveira et al. (2013), o coeficiente de compacidade corresponde à relação entre o perímetro da bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Esta variável foi obtida com o uso da Equação 2 (E2) (VILLELA e MATTOS, 1975):

$$K_c = 0,282 (P / \sqrt{A}) \quad (E2)$$

Na qual: K_c é o coeficiente de compacidade, adimensional; P , o perímetro da bacia, em km; e A , a área em km^2 .

b) Fator de forma

Conforme destacam Santos et al. (2012), Cochev et al. (2015) e Oliveira et al. (2013), o fator de forma relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz até o ponto mais distante do espigão). Esta variável foi obtida com o uso da Equação 3 (E3) (VILLELA e MATTOS, 1975):

$$K_f = A / L_a^2 \quad (E3)$$

Na qual: K_f é o fator forma, adimensional; A , a área da bacia, em km^2 ; e L_a , o comprimento axial da bacia, em km.

c) Índice de circularidade

O índice de circularidade é obtido a partir da relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia (ALMEIDA et al., 2013; ALVES et al., 2016). Obteve-se conforme Equação 4 (E4) (MÜLLER, 1953):

$$I_c = 12,57 A / P^2 \quad (E4)$$

Na qual: I_c é o índice de circularidade, adimensional; A , a área da bacia, em km^2 ; e P , o perímetro da bacia, em km.

d) Densidade hidrográfica

Conforme destacam Almeida et al. (2013) e Alves et al. (2016), a densidade hidrográfica é a relação existente entre o número de cursos de água e a área da bacia, também conhecida como frequência de drenagem. Christofolletti (1980) afirma que o cálculo da densidade hidrográfica é importante por representar o comportamento hidrográfico da área em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos hídricos. Esta variável foi calculada usando a Equação 5 (E5) (HORTON, 1945):

$$D_h = N_{cp} / A \quad (E5)$$

Na qual: D_h é a densidade hidrográfica em número de canais por km^2 ; N_{cp} , o número de canais de primeira ordem, conforme proposta de Christofolletti (1980); e A , a área da bacia, em km^2 .

e) Amplitude altimétrica máxima

A amplitude altimétrica máxima é a diferença entre a cota máxima e mínima (ALVES et al., 2016). Esta variável foi obtida conforme Equação 6 (E6) (STRAHLER, 1952):

$$H_m = P_I - P_{II} \quad (E6)$$

Na qual: H_m é a amplitude altimétrica máxima da bacia, em m; P_I , a altitude máxima do divisor topográfico, em m; e P_{II} , a altitude da foz, em m.

f) Índice de rugosidade

O coeficiente de rugosidade corresponde ao produto entre a amplitude altimétrica máxima e a densidade de drenagem da bacia (ALMEIDA et al., 2013; FRAGA et al., 2014; SPANGHERO et al., 2015; SAMPAIO et al., 2016). Este índice foi obtido com uso da Equação 7 (E7) (MELTON, 1957):

$$I_r = H_m * D_d \quad (E7)$$

Na qual: I_r é o índice de rugosidade, adimensional; H_m , a amplitude altimétrica máxima, em m; e D_d , a densidade de drenagem, em km.km^{-2} .

g) Declividade do canal principal

Conforme Lorenzon et al. (2014), uma das características morfométricas muito importante para fins de análise da propensão à ocorrência de enchentes é a declividade do canal principal. Obteve-se conforme Equação 8 (E8) (VILLELA e MATTOS, 1975):

$$S_1 = 100 H_m / L_p \quad (E8)$$

Na qual: S_1 é a declividade do canal principal, em %; H_m , a amplitude altimétrica máxima, ou seja, a variação da cota entre os dois pontos extremos (declividade entre extremos, que é obtida através da diferença entre as cotas máximas na cabeceira e mínima, na foz, destaca Alves et al. (2016), em m; e L_p , o comprimento em nível do curso de água principal, medido da foz à nascente principal, em m. Foi considerada como nascente principal a que nasce no local com maior distância em relação a foz e com maior altitude.

h) Índice de sinuosidade do curso de água principal

Conforme NardinI et al. (2013), Almeida et al. (2013) e Spanghero et al. (2015), o índice de sinuosidade relaciona o comprimento verdadeiro do canal (em projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos do canal principal. Este índice foi obtido com o uso da Equação 9 (E9) (SCHUMM, 1963):

$$I_s = L_p / E_v \quad (E9)$$

Na qual: I_s é o índice de sinuosidade, em km.km^{-1} ; L , o comprimento do curso hídrico principal, em km; e E_v , o equivalente vetorial médio em linha reta, em km.

i) Razão de Relevo

Rocha et al. (2014) destacam que a razão de relevo relaciona a amplitude altimétrica máxima da bacia e sua maior extensão medida paralelamente à principal linha de drenagem. Esta variável foi obtida conforme Equação 10 (E10) (SCHUMM, 1956):

$$R_r = H_m / L_a \quad (E10)$$

Na qual: R_r é a razão de relevo, em m.km^{-1} ; H_m , a amplitude topográfica máxima, em m; e L_a , o comprimento axial da bacia hidrográfica, em km.

j) Densidade de drenagem

A densidade de drenagem, definida por Horton (1945), reflete a distância espacial entre os canais de uma determinada área através da análise da relação entre o comprimento total dos canais de uma bacia com sua área (FONSECA e AUGUSTIN, 2014), sendo que o cálculo do comprimento total dos canais deve considerar os rios perenes e os temporários. Esta variável foi obtida conforme Equação 11 (E11) (HORTON, 1945):

$$D_d = L_t / A \quad (E11)$$

Na qual: D_d é a densidade de drenagem, em km.km^{-2} ; L_t , o comprimento total dos canais, em km; e A , a área da bacia, em km^2 .

l) Coeficiente de manutenção

Conforme Alves et al. (2016), o coeficiente de manutenção é calculado pela relação inversa da densidade de drenagem e fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Esta variável foi obtida conforme Equação 12 (E12) (SCHUMM, 1956):

$$D_d = L_t / A \quad (E12)$$

Na qual: C_m é o coeficiente de manutenção, em $\text{m}^2.\text{m}^{-1}$; D_d , a densidade de drenagem, em km.km^{-2} .

m) Extensão do percurso superficial

Alves et al. (2016) afirmam que a extensão do percurso superficial da água de enxurrada corresponde à distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um curso de água permanente. Esta variável foi obtida conforme Equação 13 (E13) (HORTON, 1945):

$$E_p = 1 / 2 D_d \quad (E13)$$

Na qual: E_p é a extensão do percurso superficial, em km; e D_d , a densidade de drenagem, em km.km^{-2} .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente são apresentados os dados de geologia, solos, uso da terra, cobertura vegetal e precipitação pluviométrica para melhor discutir os resultados da morfometria. Em seguida, são apresentadas e analisadas as variáveis morfométricas, agrupadas conforme as características da geometria, do relevo e da rede de drenagem.

3.1 Geologia, solos, uso da terra, cobertura vegetal e precipitação pluviométrica.

Na Tabela 1 e Figura 2 são apresentadas as características geológicas, na Tabela 2 e Figura 3, as classes de solos, na Tabela 3 e Figura 4, o uso da terra e a cobertura vegetal, e na Figura 5, a precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica em questão.

Tabela 1 - Classes geológicas da bacia do ribeirão da Laje (GO)

Unidade	Litotipo	Km ²	%
Formação Serra Geral	Basalto, basalto-andesito.	226,48	52,48
Vale do Rio do Peixe	Arenito, argilito arenoso.	100,53	23,30
Cobertura detrítico-lateríticas ferruginosas	Aglomerado, Laterita, Argilita, Areia.	53,83	12,47
Depósito aluvionares	Depósitos de areia, depósitos de cascalho.	37,94	8,79
Santo Antônio da Barra	-	8,10	1,88
Coberturas detríticas indiferenciadas	Depósitos de areia, depósitos de cascalho, depósitos de argila.	4,67	1,08
Total		431,55	100

Fonte: Dados disponibilizados pelo SIEG (2017); organizado pelos autores (2017).

As classes geológicas, sobre as quais está a bacia do ribeirão da Laje, são de idades entre o Neogeno e o Cretáceo, sendo os produtos litológicos: rochas sedimentares (depósitos aluvionares, unidade coberturas detríticas indiferenciada, cobertura detrítico-lateríticas ferruginosas, Grupo Bauru - Formação Vale do Rio do Peixe) e ígnea vulcânica (Formação Santo Antônio da Barra, Grupo São Bento - Formação Serra Geral).

Como produto do processo de formação dos solos, os Latossolos são predominantes na área de estudo (Tabela 2).

Ao analisar o mapa geológico da área de estudo, observa-se a predominância da Formação Serra Geral (52,48%), seguida de Vale do Rio do Peixe (23,30%), cobertura detrítico-lateríticas (12,47%) e outras menos representativas (11,75%).

Constatou-se na área de estudo a predominância de Latossolos Vermelhos, principalmente de Latossolos Vermelhos Distróficos (87,63%), ver Tabela 2 e Figura 3.

Tabela 2 – Classes de solos da bacia do ribeirão da Laje (GO)

Símbolo	Classes	km ²	%
LVd2	Latossolo Vermelho Distrófico, horizonte A moderado ou proeminente, de textura muito argilosa ou argilosa, relevo plano e suave ondulado.	378,19	87,63
LVd3	proeminente, de textura muito argilosa ou argilosa, relevo plano e suave ondulado.	29,86	6,92
NVe2	Latossolo Vermelho Distrófico, horizonte A moderado ou proeminente, de textura argilosa, relevo plano e suave ondulado.	9,19	2,13
LVa1	Latossolo Vermelho Áplico, horizonte A moderado, de textura média, relevo plano e suave ondulado.	8,75	2,03
LVd8	proeminente, textura muito argilosa ou argilosa, relevo plano e suave ondulado.	3,74	0,87
RLd7	Neossolo Litólico Distrófico, horizonte A moderado, textura média cascalhenta fase pedregosa, relevo ondulado e forte ondulado.	1,47	0,34
LVd1	Latossolo Vermelho Distrófico, horizonte A moderado, de textura muito argilosa, relevo plano e suave ondulado.	0,35	0,08
Total		431,55	100

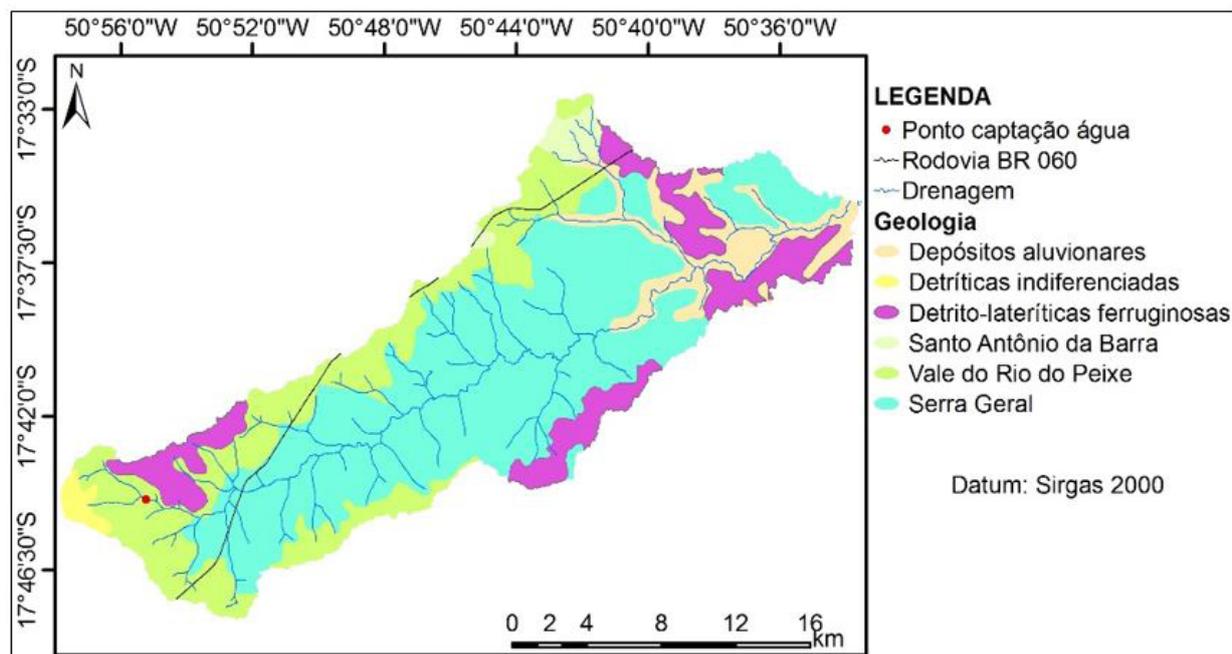
Fonte: Dados disponibilizados pelo SIEG (2017); organizado pelos autores (2017).

Os Latossolos normalmente estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%; são profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, são friáveis e de fácil preparo (EMBRAPA, 2017a).

É importante ressaltar que apesar do alto potencial que os Latossolos apresentam para agropecuária, parte de sua área deve ser mantida com reserva de vegetação natural para proteção da biodiversidade desses ambientes (EMBRAPA, 2017a).

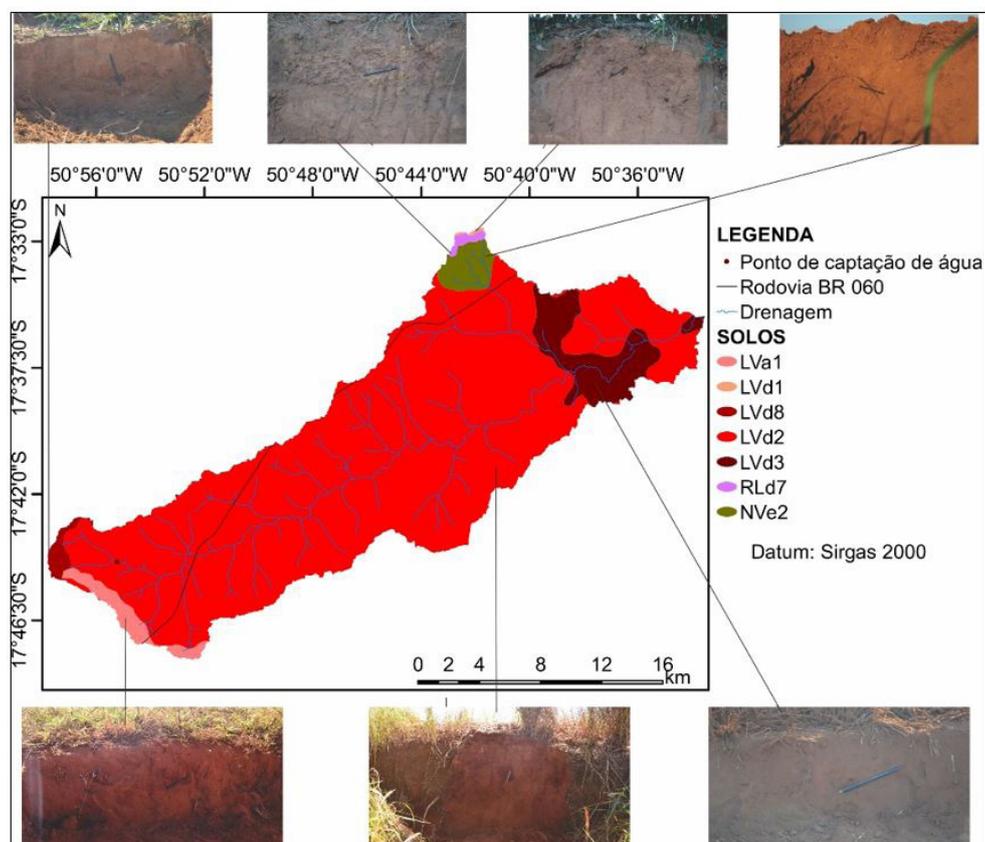
Latossolos Vermelho de textura média e argilosa, apesar de estáveis, são suscetíveis à erosão em sulcos devido ao manejo inadequado, assim como nas bordas, vertentes de até 12% de declive, são áreas de risco ao desenvolvimento de voçorocas, conforme observado por Latrubesse e Carvalho (2006). Ou seja, mesmo com características favoráveis à produção agropecuária, o manejo inadequado nos Latossolos, como uso intensivo de mecanização agrícola, monocultura, sobrepastoreio, etc., torna estes solos mais suscetíveis à erosão e outros impactos ambientais negativos.

Figura 2 - Geologia da bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Bases disponibilizadas pelo SIEG (2017); organizado pelos autores (2017).

Figura 3 - Solos da bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Bases disponibilizadas pelo SIEG (2017); fotos: dos autores (2017); mapa: organizado pelos autores (2017).

Da área total da bacia hidrográfica, 2,13% corresponde a classe de Nitossolo Vermelho Eutrófico. Os Nitossolos apresentam alto risco de erosão devido aos relevos acidentados a que estes solos estão associados (EMBRAPA, 2017b), o que exige aplicação de práticas de conservação do solo para prevenir contra erosão, assoreamento de cursos hídricos, etc.

Os Neossolos, 0,34% da área de estudo, estão presentes em área com maior declividade na bacia do ribeirão da Laje. As limitações ao uso das terras nos Neossolos Litólicos são relacionadas a pouca profundidade, presença de rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão. São solos normalmente indicados para preservação da flora e fauna (EMBRAPA, 2017c).

A bacia do ribeirão da Laje apresenta predominância de áreas destinadas ao cultivo agrícola (61,14%), seguida de área com pastagem (15,65%), Cerrado/mata (14,66%), Cerrado/campo limpo (2,94%), área urbana (2,67%), Cerrado *strictu sensu* (1,06%) e, ainda, outras áreas menos representativas (1,88%), ver Tabela 3 e Figura 4.

Tabela 3 - Uso da terra e cobertura vegetal na bacia do ribeirão da Laje (GO)

Categorias	km ²	%
Agricultura	263,85	61,14
Pastagem	67,53	15,65
Cerrado/mata	63,27	14,66
Cerrado/campo limpo	12,67	2,94
Área urbana	11,53	2,67
Cerrado <i>strictu sensu</i>	4,59	1,06
Área industrial	3,66	0,85
Rodovia pavimentada	1,29	0,29
Construção rural	1,31	0,30
Represa	0,70	0,16
Solo exposto	0,40	0,09
Silvicultura	0,75	0,17
Área total	431,55	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Almeida et al. (2013) afirmam que a influência antrópica no uso da terra e cobertura vegetal potencializa os processos erosivos presentes nas bacias hidrográficas contribuintes, principalmente pela remoção da cobertura vegetal presente nessas unidades territoriais para práticas de agricultura mecanizada, atividades pecuárias e expansão urbana. Os autores afirmam, ainda, que a cobertura serviria como anteparo natural do solo à precipitação da chuva, o que evitaria a sua desagregação e o carreamento de sedimentos pelos cursos d'água fluviais.

Na Tabela 4 é apresentada a matriz de confusão obtida para a classificação da imagem usada para gerar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal. Nessa classificação foi obtido Índice Kappa de 0,9369 (93,68%), sendo o grau de aceitação considerado excelente (LANDIS e KOCH, 1977).

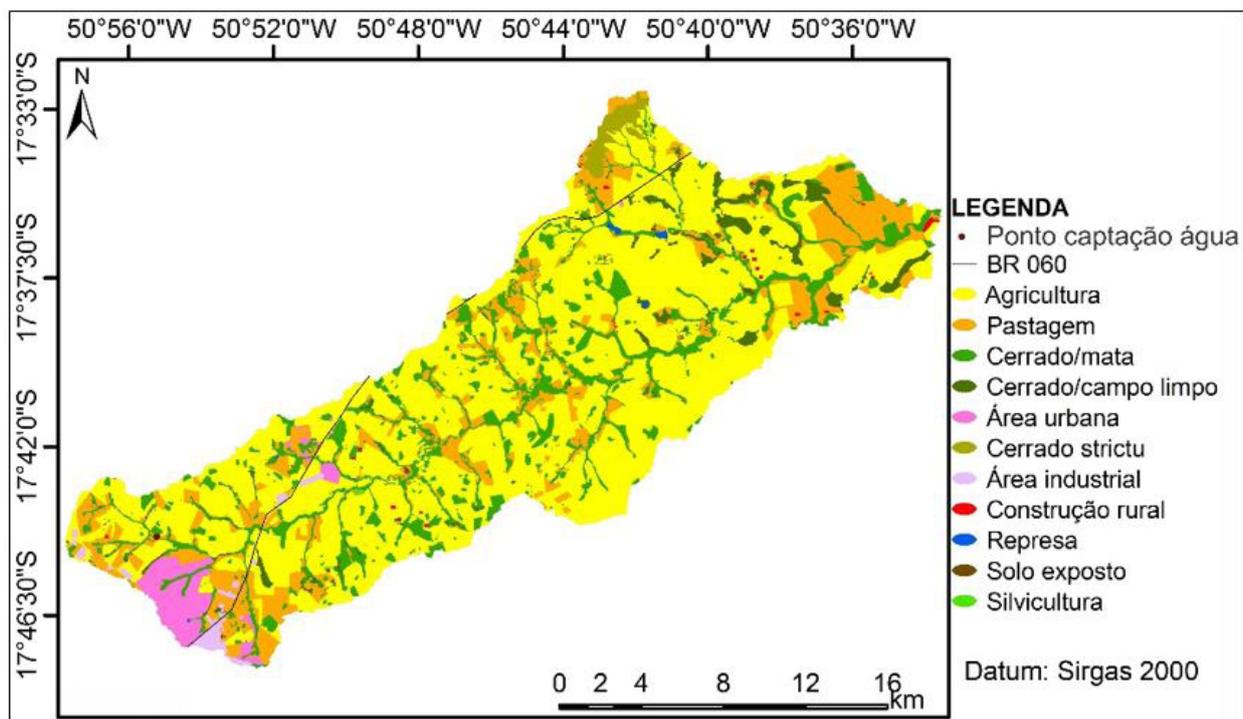
Tabela 4 – Matriz de confusão da classificação da imagem da bacia do ribeirão da Laje

Classes	Amostra de validação (kappa)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Solo exposto	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Pastagem	1	115	1	0	1	2	0	0	0
Área industrial	0	0	36	0	0	0	0	0	0
Área urbana	0	0	0	81	0	0	0	0	0
Construção rural	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Silvicultura	0	0	0	0	1	10	0	0	0
Cerrado / mata	2	1	0	0	2	0	94	0	0
Represas	0	0	0	0	0	0	0	28	0
Área agrícola	2	2	2	0	3	10	0	0	123

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

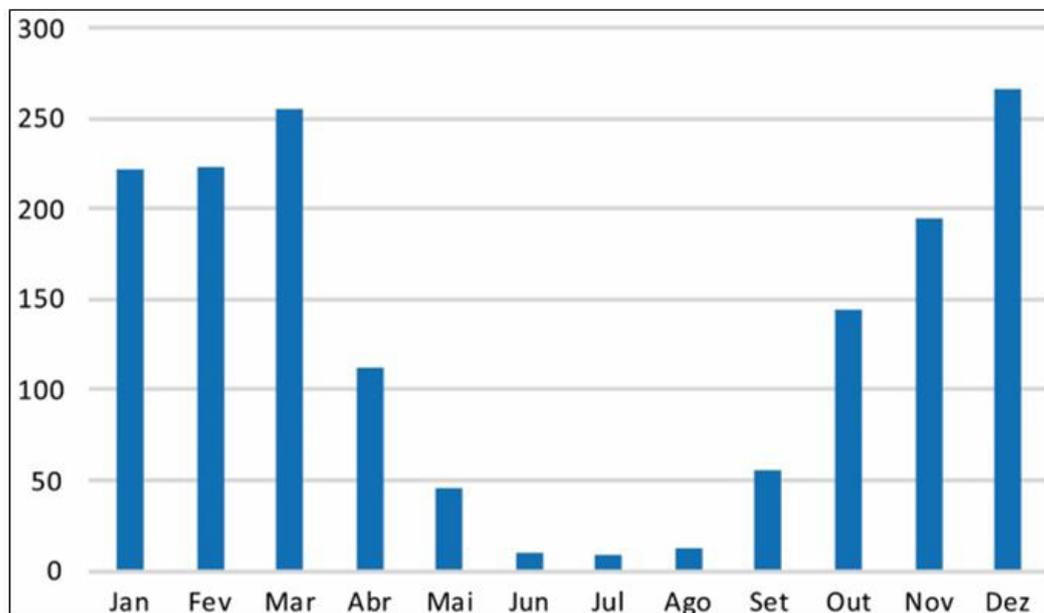
Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima da área de estudo se enquadra no tipo AW, caracterizado por climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca no inverno, de maio a outubro, e úmida no verão, de novembro a abril (PEEL et al., 2007). A média dos totais mensais de precipitação em Rio Verde (GO) é de 129,12 mm, e a média dos totais anuais, de 1.619,32 mm, observados de um período de 22 anos (1996 a 2017), sendo que os maiores níveis pluviométricos ocorrem nos meses de outubro a abril, e os menores, de maio a setembro (Figura 5).

Figura 4 - Uso da terra e cobertura vegetal na bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 5 - Gráfico da média mensal de precipitação (mm) de janeiro de 1996 a dezembro de 2017, na área de estudo.



Fonte: Dados disponibilizados pelo BDMEP (2018); elaborado pelos autores (2018).

Conforme Oliveira et al. (2008): a altura pluviométrica de chuva intensa no município de Rio Verde (GO), padrão de 60 minutos de duração, dois anos de período de retorno, é de 40 a 60 mm; e precipitação plu-

vial de um dia de duração para um período de retorno de dois anos, de 70 a 90 mm.

3.2 Geometria

Na Tabela 5 são apresentados os dados da geometria da bacia do ribeirão da Laje.

A área da bacia hidrográfica em questão corresponde a 431,55 km², com perímetro de 141,1 km. Conforme Vilella e Mattos (1975), a área de drenagem de uma bacia hidrográfica é a área plana (projeção horizontal), inclusa entre seus divisores topográficos, sendo o elemento básico para o cálculo das outras características físicas.

Considerando o comprimento da foz até o ponto mais distante do espigão, ou seja, o comprimento axial da bacia (La) hidrográfica, o valor obtido é de 45,97 km. Apresenta valor de 1,92 para o coeficiente de compactidade (Kc), 0,20 para o fator de forma (Kf) e 0,27 para o índice de circularidade (Ic), sendo considerada alongada e pouco propensa a ocorrência de grandes enchentes. Essa forma alongada também pode ser observada nas figuras que ilustram a área de estudo.

Tabela 5 - Caracterização Geométrica da bacia do ribeirão da Laje (GO)

Variável	Resultado
Área (A)	431,55 km ²
Perímetro (P)	141,1 km
Comprimento axial (La)	45,97 km
Coeficiente de compactidade (Kc)	1,92
Fator de forma (Kf)	0,20
Índice de circularidade (Ic)	0,27
Densidade hidrográfica (Dh)	0,17 canais.km ⁻²

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Spanghero et al. (2015) ressaltam que bacia hidrográfica com a forma alongada apresenta baixa probabilidade de ocorrência de chuvas intensas ao mesmo tempo em toda a superfície da mesma; entretanto, em situações de chuva intensa em sua cabeceira, pode apresentar um tempo bastante reduzido de concentração das águas precipitadas e, assim, estar sujeita a torrentes eventuais, ou seja, a episódios de rápido crescimento do deflúvio nas áreas a jusante.

Menezes et al. (2014) relatam que em uma bacia hidrográfica estreita e longa, com fator de forma baixo, há menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, simultaneamente, toda sua extensão.

Conforme Spanghero et al. (2015), o valor mínimo a ser obtido no cálculo do Kc é 1 (caso a bacia hidrográfica tenha a forma de um círculo perfeito), sendo, portanto, quanto mais próximo de 1 mais circular é a bacia hidrográfica e, ao contrário, quanto maior o Kc, mais próximo da forma alongada tende a ser essa unidade territorial.

Soares et al. (2016) destacam que quanto mais próximo de 1 for o valor obtido para o Kf no estudo de bacia hidrográfica, maior probabilidade de ocorrência de enchentes.

O valor de Ic próximo à unidade indica que a região estudada tenderá à forma circular (ALMEIDA et al., 2013; MENEZES et al., 2014). O Ic tende para 1 à medida que a bacia hidrográfica se aproxima da forma circular e diminui conforme a mesma se torna mais alongada (CARDOSO et al., 2006). Conforme Schumm (1956), Ic com valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento; e valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas).

É importante analisar as variáveis Kc, Kf e Ic em conjunto para a indicação precisa da probabilidade de ocorrência de enchentes em bacias hidrográficas, além da tipologia de solos, dos padrões de uso da terra e cobertura vegetal, do regime das precipitações pluviométricas e do gradiente topográfico (SOARES et al., 2016).

Alves et al. (2016), na análise morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão das Abóboras, também localizada no Sudoeste de Goiás, mais precisamente em Rio Verde (GO), obtiveram valores de 1,553, 0,23 e 0,41, para o Kc, Kf e Ic, respectivamente, sendo esta bacia considerada por estes autores como mais alongada que circular e, conseqüentemente, pouco suscetível a grandes enchentes (assim como observado para o ribeirão da Laje), com exceção de precipitação de intensidades anormais.

Guerra et al. (2015) também observaram resultados semelhantes na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica de Bitá, em Ipojuca (PE), onde obtiveram Kc de 1,46, Kf de 0,18 e Ic de 0,46, indicando a forma alongada e evidenciando menor risco de cheias em condições normais de pluviometria anual.

A Dh é de 0,17 canais.km⁻², ou seja, para cada 5,88 km² existe 1 canal. Assim, a bacia hidrográfica em questão é caracterizada como de baixa densidade hídrica, baixa capacidade de gerar novos canais, dificultando a água que precipita na superfície do solo encontrar rapidamente um canal para por ele escoar, o que favorece a infiltração, mas pode expor o solo aos processos ero-

sivos, se descoberto, uma vez que a água percorre uma superfície maior.

Alves et al. (2016), no estudo da densidade hidrográfica da bacia do ribeirão das Abóboras, obtiveram valor equivalente a 0,28 canais por km², ou seja, em cada porção de 3,57 km² da bacia há um canal. Tratando-se, portanto, ressaltam os autores, de uma unidade territorial com baixa densidade de canais, o que causa dificuldade da água que precipita na superfície do solo encontrar rapidamente um canal e por ele escoar.

Christofoletti (1980) destaca que a Dh expressa o comportamento da rede hidrográfica em sua capacidade de gerar novos cursos d'água em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área, o que pode prestar-se a inferências qualitativas quanto à permeabilidade da área de estudo, ao nível do lençol freático e à distribuição da precipitação sobre a bacia hidrográfica.

3.3 Relevo

Os resultados da caracterização do relevo da área de estudo são apresentados na Tabela 6, sendo que a hipsometria e a declividade são espacializadas na Figura 6 e Figura 7, na ordem em que aparecem.

Tabela 6 - Caracterização do relevo da bacia do ribeirão da Laje (GO)

Variável	Resultado
Ponto mais alto da bacia (PI)	870 m
Ponto mais baixo da bacia (PII)	525 m
Altitude média	656,23 m
Amplitude altimétrica máxima (Hm)	345 m
Índice de rugosidade (Ir)	189,75
Declividade do canal principal (S1)	0,59%
Índice de sinuosidade do curso de água principal (Is)	1,39 km.km ⁻¹
Razão de relevo (Rr)	7,50 m.km ⁻¹
Declividade mínima da bacia	0
Declividade máxima da bacia	44,18
Declividade média da bacia	4,43
Desvio padrão do cálculo da declividade	3,14

Fontes: Elaborado pelos autores (2017).

Notam-se os valores de 870 m e 525 m para o ponto mais alto (PI) e ponto mais baixo (PII), respectivamente, com altitude média de 656,23 m. A variação de altitude resulta em uma amplitude altimétrica máxima (Hm) de 345 m, sendo que esta tem relação direta

com a rugosidade da bacia hidrográfica, a qual apresenta índice de rugosidade (Ir) de 189,75. A Hm obtida é considerada alta, o que é desfavorável a conservação da bacia hidrográfica.

Alves et al. (2016), no estudo da morfometria da bacia do ribeirão das Abóboras, obtiveram altitude média de 777,88 m e Hm de 235 m, sendo esta, ao contrário do resultado obtido para a bacia do ribeirão da Laje, considerada baixa, conferindo à essa unidade de planejamento e gestão um relevo favorável à sua conservação.

Menezes et al. (2014), no estudo da morfometria do ribeirão Vermelho, em Lavras (MG), obtiveram o valor da Hm de 312 m (menor que o obtido para a bacia do ribeirão da Laje), sendo o menor valor altimétrico encontrado de 772 m, e o maior, de 1084 m. Estes autores destacam que o alto valor altimétrico encontrado implica em grande diferencial entre a altitude nas partes altas da bacia e no exutório, aumentando a velocidade média do escoamento na calha do rio, associada à baixa sinuosidade do mesmo, implicando em menor tempo de concentração.

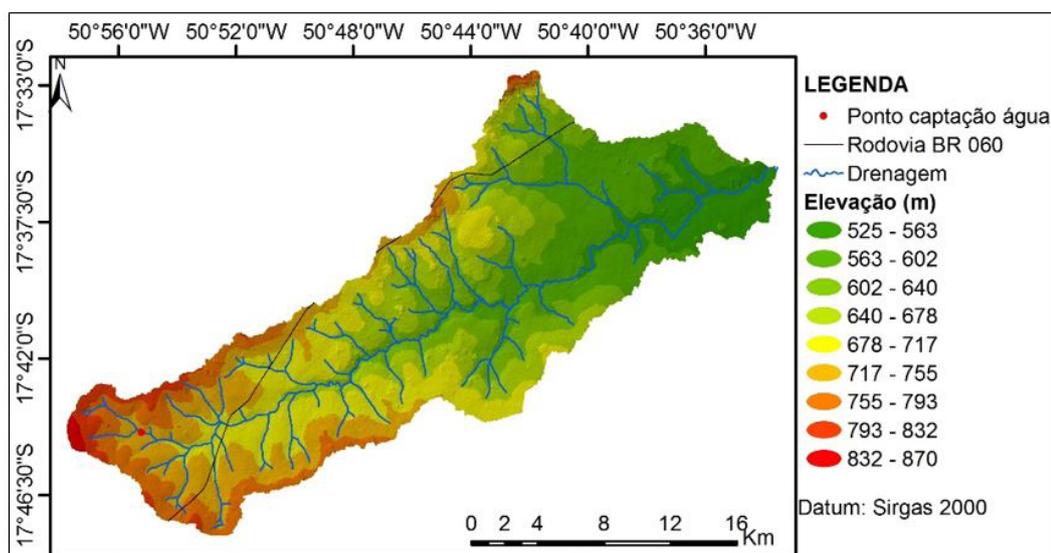
O Ir encontrado classifica a bacia hidrográfica como de rugosidade média, ou seja, com média suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos. Conforme Alves et al. (2016), quanto maior for o Ir, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Santos e Sousa (2013) afirmam que o Ir é importante para avaliar a rugosidade do relevo da bacia hidrográfica, pois quanto mais rugoso for o relevo, maior será a capacidade do escoamento superficial, gerando maior possibilidade de enchentes.

Sousa e Rodrigues (2012), com base em estudos em diferentes bacias hidrográficas, propuseram uma qualificação para o Ir associada à declividade: considerando fraca, de 0 a 150; média, de 151 a 550; forte, de 551 a 950; e muito forte, quando maior que 950. Estes autores destacam, ainda, que elevados valores de rugosidade indicam acentuado escoamento superficial e também ocorrências erosivas.

A declividade do canal principal (S1) é de 0,59%, considerada baixa, o que é favorável a proteção da rede de drenagem da bacia hidrográfica quanto ao processo de assoreamento. Um valor maior que este foi obtido por Alves et al. (2016) para a declividade do ribeirão das Abóboras, de 0,81%, favorável a proteção deste curso hídrico quanto ao assoreamento.

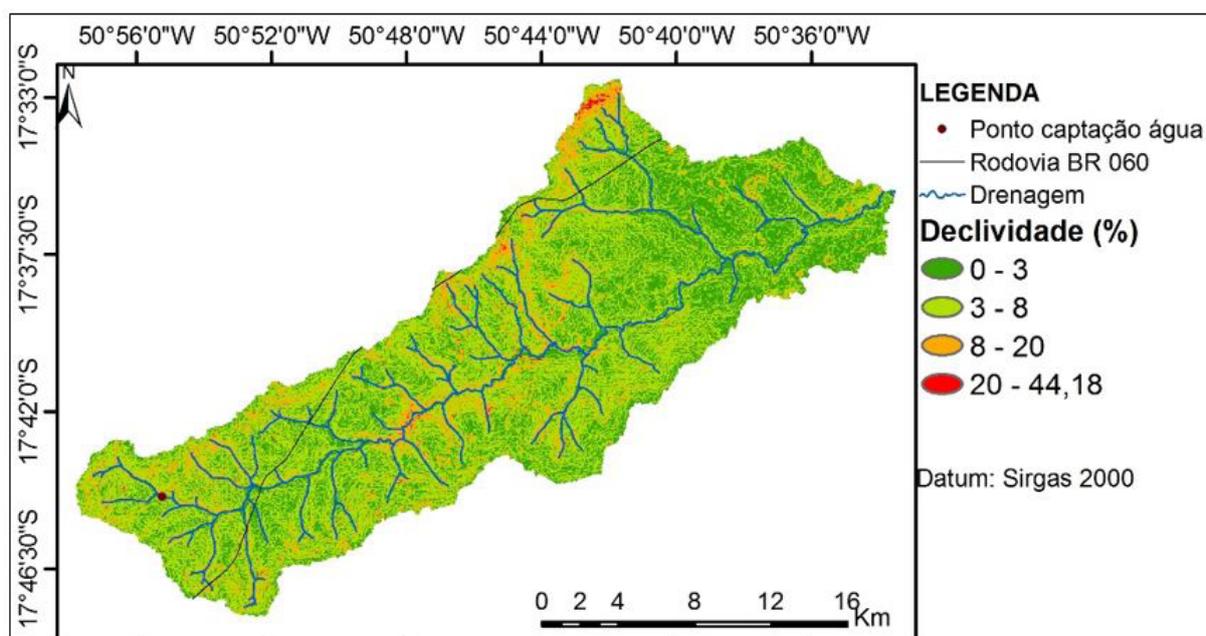
Lorenzon et al. (2014) afirmam que uma das características morfométricas muito importante para fins de análise da propensão à ocorrência de enchentes é a S1.

Figura 6 - Hipsometria da bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 7 - Declividade da bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

O índice de sinuosidade do curso de água principal (I_s) obtido é de $1,39 \text{ km.km}^{-1}$, caracterizando o ribeirão da Laje como de forma transicional, regular e irregular. Conforme Stipp et al. (2010), um índice acima de 2,0 de sinuosidade, caracteriza-se por redes de drenagem sinuosas, podendo haver acúmulos de sedimentos, o que pode ser agravado pela ação antrópica. Conforme destaca Lana et al. (2001): valores próximos a 1 indicam que o canal tende a ser retilíneo; valores superiores a 2 sugerem canais tortuosos; valores intermediários in-

dicam formas transicionais, regulares e irregulares; e a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais. Conforme Spanghero et al. (2015), a sinuosidade de um canal fluvial é um dos fatores controladores da velocidade do escoamento, pois quanto mais retilíneo for um canal, mais rapidamente a água poderá escoar por ele.

Alves et al. (2016) verificaram que o ribeirão das Abóboras apresenta I_s de $1,57 \text{ km.km}^{-1}$, inferindo que

os canais são transitórios, regulares e irregulares, semelhante ao ribeirão da Laje.

Conforme destaca Schumm (1956), quanto maior o valor de razão de relevo (Rr), maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, como consequência, maior será a declividade média da bacia. A Rr obtida é de $7,50 \text{ m.km}^{-1}$ ($0,0075 \text{ m.m}^{-1}$), indicando que a velocidade de escoamento do ribeirão da Laje é baixa (Tabela 6). Valor próximo a este foi obtido por Alves et al. (2016) na bacia do ribeirão das Abóboras ($0,01 \text{ m.m}^{-1}$), reforçando, ressalta os autores, que a bacia hidrográfica apresenta velocidade baixa de escoamento, contribuindo para maior infiltração da água, baixa susceptibilidade a erosão e redução de risco de assoreamento.

Conforme Menezes et al. (2014), como forma complementar, a Rr determina a maior ou menor velocidade de água a escoar na bacia, sendo que a menor velocidade de escoamento superficial possibilita uma melhor infiltração de água no solo.

Foi obtida declividade mínima da bacia hidrográfica de 0%, máxima de 44,18%, média de 4,43% e desvio padrão de 3,14%.

Conforme a proposta da Embrapa (2013) para a classificação da declividade, a bacia hidrográfica em questão apresenta: $236,09 \text{ km}^2$ (54,71% da área total) com declividade entre 3 a 8% (suave ondulado), sendo esta predominante; seguida de $147,55 \text{ km}^2$ (34,19% da área total) com declividade entre 0 a 3% (plano); $46,87 \text{ km}^2$ (10,86% da área total) com declividade entre 8 a 20% (ondulado); $1,04 \text{ km}^2$ (0,24% da área total) com declividade entre 20 a 44,18% (forte ondulado); e não apresenta áreas com as categorias de relevo montanhoso e forte montanhoso (Tabela 7 e Figura 7).

Tabela 7 - Classes de declividade (S) em %, área correspondente em km^2 e em % da bacia do ribeirão da Laje (GO)

S (%)	Relevo	km^2	%
0 – 3	Plano	147,55	34,19
3 – 8	Suave ondulado	236,09	54,71
8 – 20	Ondulado	46,87	10,86
20 – 45	Forte ondulado	1,04	0,24
45 – 75	Montanhoso	-	-
> 75	Forte-montanhoso	-	-
Total	-	431,55	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2017) conforme a classificação da Embrapa (2013).

Ou seja, predominam áreas com declividade baixa, favorecendo a infiltração da água, e, consequentemente, a pedogênese e a preservação dessa unidade territorial. Segundo Soares et al. (2016), declividade inferior a 3% é fator preponderante para o baixo escoamento fluvial e pouco entalhamento de novas drenagens. Essa baixa declividade predominante reflete na média densidade de drenagem (Dd), que será tratada mais à frente.

Mesmo que as áreas com maiores declividades (com relevo ondulado e forte ondulado) correspondam a um percentual de 11,10% da área total da bacia hidrográfica, é importante considerar o manejo conservacionista nessas áreas. As áreas com declividade maiores que 20% são condicionadas teoricamente como vulneráveis a processos geomorfológicos de encosta, intensificando os processos de movimentos de massa e erosivos, conforme afirmam Oliveira et al. (2013). Calderano Filho et al. (2014) destacam que o grau de declive do terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade.

Conforme Guadagnin et al. (2015), a declividade corresponde a um dos mais importantes parâmetros na análise das vertentes, pois representa sua inclinação. Oliveira et al. (2013) destacam que a declividade juntamente com a densidade da cobertura vegetal, tipo de solo, intensidade das chuvas e os processos antrópicos podem influenciar nos processos erosivos e deposicionais. Soares et al. (2016) relatam que a compreensão dos gradientes de declividade em determinada bacia hidrográfica é fundamental no processo de planejamento ambiental, pois subsidia o entendimento da interação entre os eventos de precipitação e o deflúvio (precisão de enchentes), a delimitação das áreas de preservação permanente, do potencial erosivo e de aptidão do solo.

Alves et al. (2016) destacam que o mapa de altimetria e declividade das vertentes contribuem para o entendimento da modelagem e prevenção de movimentos de massa, uma vez que esse processo é influenciado fortemente pela gravidade.

As classes de declividade da bacia do ribeirão da Laje foram classificadas conforme a potencialidade à mecanização proposta por Lima et al. (2002): excelente (com declividade $\leq 6\%$), que têm condições favoráveis ao uso de máquinas agrícolas durante o ano todo, são bem drenadas ou acentuadamente drenadas; boa (com declividade 6 -12%), que permitem o uso de máquinas agrícolas durante o ano todo, podendo ser bem drenadas ou fortemente drenadas; regular (com declividade 12 -20%), permitem o uso de máquinas agrícolas quase o

ano todo e são moderadamente drenadas; restrita (com declividade 20 - 30%), que apresentam restrições fortes ao uso de máquinas agrícolas; inapta (com declividade > 40%), solos que na sua maior parte permitem apenas mecanização com o uso de animal. Logo, a área de estudo, com predominância de declividades entre 0 a 20%, é classificada como propícia à mecanização agrícola.

Mas é preciso ressaltar, quanto a declividade, que mesmo nas áreas favoráveis à mecanização agrícola, bem como nas áreas com declividade de 20 a 44,18%, se o uso e o manejo do solo não forem com base em um planejamento e gestão tendo em vista a sustentabilidade ambiental do agroecossistema, podem ocorrer prejuízos: ao meio ambiente, como, por exemplo, perda de solos e assoreamento de cursos hídricos devido a processos erosivos; e econômicos, como, por exemplo, baixa produtividade dos solos (devido a perda da fertilidade e impedimentos físicos) e desvalorização da propriedade (propriedades com áreas degradadas, baixa produtividade e em desconformidade com a legislação ambiental vigente são desvalorizadas).

A declividade da bacia do ribeirão das Abóboras, conforme a classificação da declividade das formas de relevo proposta pela Embrapa (2013), varia de plano (0 - 3%), em área de 62,35 km², suave ondulado (3 - 8%), em área de 116,96 km², ondulado (8 - 20%), em área de 15,16 km² a fortemente ondulado (20 - 26%), em área de 0,05 km² (ALVES et al., 2016), semelhante à declividade observada na bacia do ribeirão da Laje.

3.4 Rede de drenagem

Os resultados referentes à rede de drenagem são apresentados na Tabela 8 e espacializados nas Figuras 8 e 9.

Conforme verificado na base hidrográfica do estado de Goiás, disponibilizada pelo SIEG (2017), a bacia hidrográfica em questão apresenta 73 canais, sendo os principais: ribeirão da Laje, córrego Capivara, córrego da Divisa, córrego Arrozal, córrego da Furna, córrego do Monjolinho, córrego da Lajinha, córrego das Pedras, córrego da Laje, córrego do Gordura, córrego Taperão, córrego do Pontal, córrego da Estiva, córrego do Trabalho e córrego Veredinha.

De acordo com seu escoamento global, a área de estudo é classificada como de drenagem dendrítica, seu desenvolvimento assemelha a configuração de uma árvore, padrão tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estrutura sedimentar horizontal (CHRISTOFOLETTI, 1980), sendo esta configuração podendo ser observada nas figuras que ilustram

essa rede de drenagem.

Tabela 8 - Caracterização da rede de drenagem da bacia do ribeirão da Laje (GO)

Variável	Resultado
Número de canais (N)	73
Ordem do curso hídrico principal	4 ^a
Comprimento do canal principal (Lp)	58,85 km
Comprimento total dos canais (Lt)	235,6 km
Equivalente vetorial médio em linha reta (Ev)	42,49 km
Densidade de drenagem (Dd)	0,55 km.km ⁻²
Coefficiente de manutenção (Cm)	1.818,18 m ² .m ⁻¹
Extensão do percurso superficial (Eps)	0,28 km

Fontes: Elaborado pelos autores (2017).

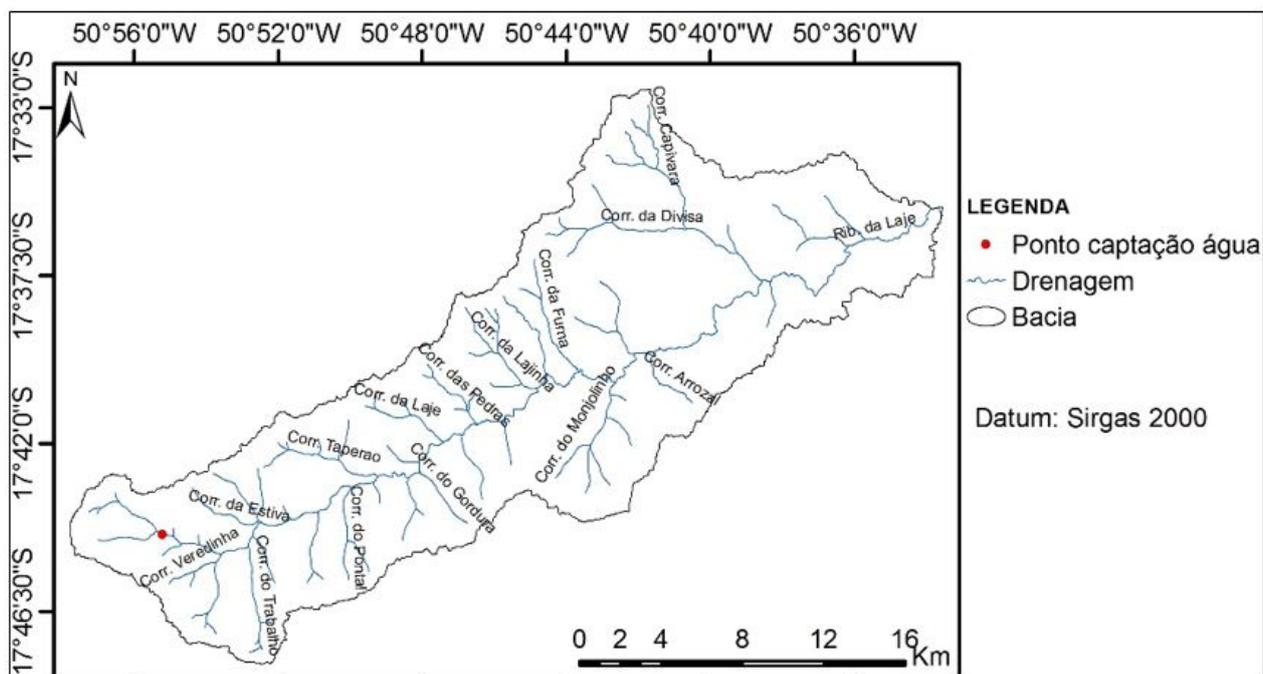
Conforme a classificação de Strahler (1952), o número de rios corresponde à quantidade de canais de primeira ordem, haja vista que todo rio possui o seu segmento de primeira ordem nesta classificação.

A bacia do ribeirão da Laje apresenta 73 canais de 1^a ordem, 20 de 2^a ordem, 3 de 3^a ordem e 1 de 4^a ordem, sendo esta a ordem do curso hídrico principal. Apresenta, ainda, baixa extensão da ramificação da área de contribuição do ponto de captação de água para o abastecimento público da população urbana do município de Rio Verde (GO), o que pode resultar em baixo volume de água nos meses mais secos do ano (Figura 5), podendo prejudicar o abastecimento público. Conforme Santiago et al. (2015), a ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação da bacia.

A bacia do ribeirão da Laje apresenta 58,85 km de comprimento do canal principal (Lp), 235,6 km de comprimento total dos canais (Lt) e 42,49 km de equivalente vetorial médio em linha reta (Ev). Os resultados para densidade de drenagem (Dd), coeficiente de manutenção (Cm) e extensão do percurso superficial (Eps) são, respectivamente, 0,55 km.km⁻², 1.818,18 m².m⁻¹ (no mínimo 1.818,18 m² para a manutenção de 1 m de canal de escoamento perene) e 0,28 km.

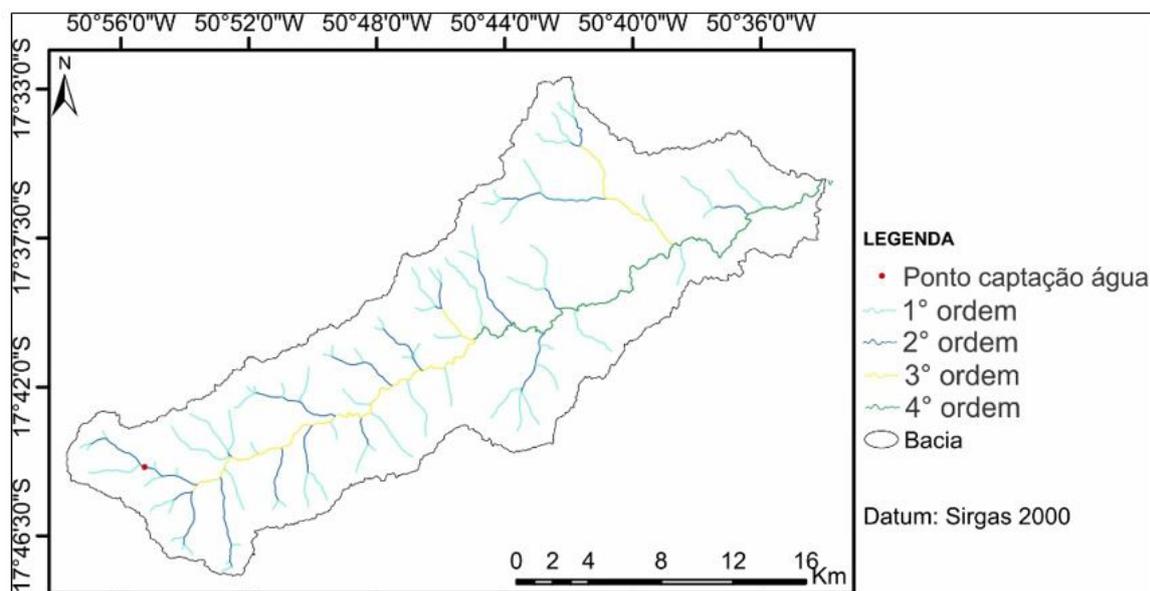
Christofolletti (1980) afirma que a Dd é reconhecivelmente uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica das bacias de drenagem, representando o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressando a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas.

Figura 8 - Hidrografia da bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Bases disponibilizadas pelo SIEG (2017); organizado pelos autores (2017).

Figura 9 - Ordem da bacia do ribeirão da Laje (GO).



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Beltrame (1994) considera a classificação da Dd de uma bacia hidrográfica da seguinte forma: $Dd < 0,50 \text{ km.km}^{-2}$, considerada baixa; entre $0,50 - 2,00 \text{ km.km}^{-2}$, considerada média; entre $2,01 - 3,50 \text{ km.km}^{-2}$, considerada alta; e $> 3,50 \text{ km.km}^{-2}$, considerada muito alta. A Dd varia de $0,5 \text{ km.km}^{-2}$, para bacias com drenagem pobre, a $3,5 \text{ km.km}^{-2}$ ou mais, para bacias excepcional-

mente bem drenadas (VILLELA e MATTOS, 1975). Assim, a bacia do ribeirão da Laje é considerada como de média densidade de drenagem, indicando que o substrato geológico e o material pedológico são mediantemente porosos (ALVES et al., 2016).

Conforme Fonseca e Augustin (2014), valores elevados da Dd são indicativos indiretos do grau também

mais elevado de dissecação do relevo, decorrentes de fatores tais como declividade, a presença de material subsuperficial pouco permeável, baixa densidade da cobertura vegetal, além de fatores climáticos, entre outros.

Em um sistema fluvial, se aumentada a taxa de escoamento superficial, a Dd se ampliará proporcionalmente. Portanto, a Dd relaciona-se com o clima e outros fatores físicos da bacia hidrográfica, quais sejam: cobertura vegetal, morfologia, solos e litologia (SAMPAIO et al., 2016). Dessa forma, ressaltam os autores, permite avaliar as condições de estabilidade morfogenética do sistema.

Na análise morfométrica da bacia do ribeirão das Abóboras, Alves et al. (2016) obtiveram Dd de 0,661 km.km⁻² (pouco maior que o valor obtido para a Dd da bacia do ribeirão da Laje), sendo caracterizada pelos autores como de média drenagem. Bacias sob as mesmas condições climáticas sofrem variações de Dd pelas diferenças de condutividade hidráulica do seu substrato (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Alves et al. (2016) destacam que, na análise morfométrica da bacia do ribeirão das Abóboras, o Cm obtido foi de 1.513,72 m².m⁻¹, ou seja, há necessidade de uma área de drenagem de, no mínimo, 1.513,72 m² para a manutenção de 1 m de canal de escoamento perene. Assim, a bacia do ribeirão da Laje, quando comparada com a bacia do ribeirão das Abóboras, demanda maior área para manutenção de 1 m de canal de escoamento perene.

Fonseca e Augustin (2014) destacam que o Cm corresponde à área necessária para a formação de um canal com fluxo perene. Machado et al. (2011) afirmam que o Cm evidencia áreas de recarga, podendo ser associado a impermeabilização do solo e do substrato rochoso, permitindo avaliar o potencial hidrológico da bacia. Quando associados a declividade, o Cm e a Eps definem o caminho da água no solo, tendo em vista que grandes extensões com pequenos ângulos de declividade favorecem a infiltração enquanto pequenas extensões com ângulos de declividade acentuados proporcionam maior escoamento superficial (SAMPAIO et al., 2016).

Conforme Sampaio et al. (2016), a Eps representa o caminho percorrido pela enxurrada do interflúvio até o canal fluvial, sendo que o valor para essa variável pode refletir na maior ou menor infiltração da água no solo em vista da textura topográfica, uma vez que, quanto maior o percurso entre os canais de escoamento, maior o contato direto da água com o solo, ficando sujeita a infiltração. Assim, o valor de Eps obtido indica que a bacia do ribeirão da Laje possui distância longa

para o escoamento da enxurrada, o que propicia maior tempo de concentração da água, favorável à infiltração e recarga na bacia hidrográfica em questão.

O valor da Eps obtido por Alves et al. (2016) corresponde a 0,33 km, próximo ao valor obtido para a bacia do ribeirão da Laje. Os autores ressaltam que esse resultado mostra que a bacia do ribeirão das Abóboras possui longa distância de escoamento da enxurrada, proporcionando maior tempo de concentração da água.

4. CONCLUSÃO

Considerando os aspectos geométricos, os valores das variáveis Kc, Kf e Ic em conjunto com o substrato geológico e o material pedológico (Tabela 2 e Figura 3) mediantemente porosos, o baixo percentual de vegetação natural de Cerrado, a mecanização agrícola intensiva, a bacia do ribeirão da Laje está sujeita a torrentes eventuais, caso ocorram chuvas intensas na sua cabeceira. A Dh é favorável à infiltração, mas a longa distância de escoamento d'água precipitada e a predominância de áreas agrícolas com prática de produção intensiva expõem os solos aos processos erosivos.

Como o ponto de captação de água para o abastecimento da população urbana de Rio Verde (GO) fica localizado na parte alta da bacia hidrográfica, as possíveis torrentes não comprometeriam a estrutura do sistema de captação de água, já que ocorreriam nas áreas a jusante. Mas podem causar grandes perdas de solos, desbarrancamentos e outros prejuízos ambientais e econômicos na parte média e, principalmente, na parte baixa da bacia hidrográfica.

Tratando-se dos aspectos de relevo, a área de estudo apresenta declividade do canal principal, índice de sinuosidade e declividade baixa predominante favoráveis à sua conservação, minimizando o risco de assoreamento dos canais hídricos. A razão de relevo é propícia a infiltração d'água, sendo importante para a recarga d'água na bacia hidrográfica e manter a vazão para atender o abastecimento público de Rio Verde (GO) e os demais usos múltiplos. Entretanto, ao considerar as variáveis amplitude altimétrica máxima e as maiores declividades, em conjunto com os solos Nitossolo Vermelho Eutrófico e Neossolo Litólico Distrófico e agricultura intensiva predominante, a bacia hidrográfica é suscetível a perda considerável de solos, principalmente no caso de ocorrência de chuvas intensas.

Mesmo que ocorram a predominância de declividades baixas associadas aos solos menos suscetíveis aos processos erosivos (Latosolos) na área de contribuição do ponto de captação de água para o abastecimento pú-

blico da população urbana de Rio Verde (GO), o uso intensivo da terra e as possíveis precipitações pluviométricas intensas podem comprometer a qualidade da água para o consumo humano, por exemplo: elevação da turbidez, cor, matéria orgânica, carreamento para o sistema de captação de outros resíduos importantes, como os pesticidas).

Quanto a rede de drenagem, a média densidade de drenagem indica substrato geológico e material pedológico mediamente porosos, e associada aos valores obtidos para o coeficiente de manutenção e a extensão do percurso superficial e, ainda, à declividade predominantemente de relevo plano a suave ondulado, são favoráveis à infiltração de água na bacia hidrográfica, contribuindo na recarga de água na unidade geográfica, aspectos importantes para o abastecimento público e outros usos múltiplos. Entretanto, assim como observado para a densidade hídrica, favorecem a perda de solos em decorrência do uso intensivo das terras.

Estes resultados indicam a necessidade de planejamento e gestão ambiental adequados da bacia do ribeirão da Laje.

Este estudo irá subsidiar o planejamento e a gestão ambiental dessa bacia hidrográfica, além de servir de base para outros estudos locais e de outras regiões, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e, por conseguinte, para o abastecimento público e outros usos múltiplos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F. B.; BAYER, M.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Compartimentação morfométrica da bacia do Rio Coco como subsídio a análise de fragilidade ambiental. *Mercator*, Fortaleza, v.15, n.4, p. 83-94, out./dez. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4215/rm2016.1504.0006>. Acesso em: 10 jun.2018.
- ALMEIDA, W et al. Análise morfométrica em bacias hidrográficas fluviais como indicadores de processos erosivos e aporte de sedimentos no entorno do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) Corumbá IV. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Uberlândia, v.14, n. 2, p.135-149, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v14i2.251>. Acesso em: 15 mar.2018.
- ALVES, W. S. Aspectos físicos e qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão das Abóboras, no município de Rio Verde, Sudoeste de Goiás. 2016. 171f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Universidade Federal de Goiás/Regional de Jataí, Jataí, Goiás, 2016.
- ALVES, W. S et al. Análise morfométrica da bacia do ribeirão das Abóboras – Rio Verde (GO). *Geociências*, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 652-667, 2016. Disponível em: <http://papego.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9978>. Acesso em: 26 mar.2018.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.
- BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSINO E PESQUISA – BDMEP. **Dados de precipitação de janeiro de 1996 a dezembro de 2017**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso 30 jan. 2018.
- BRASIL. Lei nº 9.433. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=4&data=09/01/1997>. Acesso em: 12 de novembro de 2017.
- CALDERANO, B. FILHO et al. Suscetibilidade dos solos à erosão na microbacia do córrego Fonseca, região Serrana do estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, Aracaju. **Anais...** Aracaju: GEONORDESTE, 2014, p. 571-576.
- CARDOSO, C. A et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo (RJ). *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>. Acesso em: 03 maio.2018.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980.
- COCHEV, J. S et al. Análise fisiográfica e do uso da terra em microbacias com produção olerícola no município de Alta Floresta (MT). *ACTA Geográfica*, Boa Vista, v.9, n. 20, p.55-71, mai./ago. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v9i20.2002>. Acesso em: 06 mar.2018.
- DEODORO S. C.; FONSECA, B. M. Análise morfométrica e multicriterial da bacia hidrográfica do Rio Santa Bárbara, Nordeste do Quadrilátero Ferrífero (MG). *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, n. 68/9, p. 1837-1852, out. 2016. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1785>. Acesso em: 19 maio.2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa produção de informação, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Latossolos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 20 mar. 2017a.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Nitossolos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_17_2212200611543.html. Acesso em: 20 mar. 2017b.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Neossolos Litólicos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html. Acesso em: 20 mar. 2017c.
- FONSECA, B. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Análise morfométrica de bacias de drenagem e sua relação com a estrutura geológica, Serra do Espinhaço Meridional (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 15, n. 2, p. 153-172, abr./jun. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v15i2.296>. Acesso em: 04 maio.2018.
- FRAGA, M. S et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 4, p. 214-218, out./dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n04a05>. Acesso em: 15 mar.2018.
- GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R.; ALVES, F. S. Relação entre as variáveis geomorfológicas e a vegetação florestal na bacia hidrográfica do Arroio Caverá- Oeste do RS. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, v. 29, p. 246-261, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v29i0.102131>. Acesso em: 10 de jun.2018.
- GUERRA, S. M. S et al. Caracterização morfométrica e avaliação da qualidade da água da bacia Hidrográfica de Bitá, Ipojuca (PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 3, p. 759-775, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233496>. Acesso em: 15 jul.2018.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, Washington (Estados Unidos da América), v. 56, n. 3, p. 275, mar. 1945. Disponível em: [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). Acesso em: 19 jul.2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2010 e 2017**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/rio-verde/panorama>. Acesso em: 29 jan. 2018.
- Instituto Mauro Borges – IMB. Goiás: visão geral. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/visaogeral/index.html>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- LANA, C. E.; ALVES, G. M. P. CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque (MG), Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, apr./jun. 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672001000200008>. Acesso em: 26 Jun.2018.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Arlington, v.33, n.1, p.159-174, mar. 1977. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2529310>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- LATRUBESSE, E. M. E.; CARVALHO, T. M. **Mapa da geomorfologia do estado de Goiás e Distrito Federal**. Downloads/SIG - Shapefiles. Disponível em: www.sieg.gov.br. Acesso em: 30 Jun. 2017.
- LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Classificação e aptidão agrícola dos solos do campo experimental de Pacajus, Ceará, para a Agricultura**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.
- LORENZON, A. S et al. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10 n. 1, p. 195-2006, jan./mar. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1475>. Acesso em: 28 mar.2018.
- MACHADO, A. C. P.; CUNHA, C. M. L. A influência das características morfométricas do relevo na morfodinâmica: um estudo da alta bacia do Rio Itanhaém (SP). **Geociências**, São Paulo, v. 32, n.2, p. 298-316, 2013. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7307>. Acesso em: 20 mar.2018.
- MACHADO, R. A. S et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte à definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011, p.1441-1448.
- MARTINI, L. C. P. Características morfométricas de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 13, n. 1, p. 65-72, jan./mar. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v13i1.343>. Acesso em: 17 mar.2018.
- MELTON, M. A. **An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology**. New York (Estados Unidos da América): Columbia University, 1957.
- MÜLLER, V. C. **A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee**. New York (Estados Unidos da América): Columbia University; 1953.

- MENEZES, J. P. C et al. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 15, n. 4, p. 659-672, out./dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v15i4.597>. Acesso em: 16 jun.2018.
- NARDINI, R. C et al. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma micobacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, out./dez. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p687>. Acesso em: 17 jul.2018.
- OLIVEIRA, E. D et al. Uso das terras e aspectos fisiográficos da bacia de drenagem do Arroio do Butka, Guarapuava (PR). **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 7, n. 1, p.215-236, abr. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/ag.v7i1.15779>. Acesso em: 25 jul.2018.
- OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C. A.; GRIEBELER, N. P. Estimativas de chuvas intensas para o estado de Goiás. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.22-33, jan./mar. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000100003>. Acesso em: 06 mar.2018.
- PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L., MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Melbourne (Austrália), v. 11, p. 1633–1644, out. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>. Acesso em: 19 mar.2018.
- PIRES, E. V. R et al. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra para Fins de Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, Manaus, v.2, n.4, p.1528 – 1538, 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2321>. Acesso em: 14 jun.2018.
- ROCHA, R. M et al. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 2, p. 276-287, apr./jun. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1289>. Acesso em: 23 ju.2018.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>. Acesso em: 09 jun.2018.
- SAMPAIO, A. C. P.; CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F. H. Susceptibilidade à erosão relacionada ao escoamento superficial na sub-bacia do Alto Mundaú, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 1, p. 125-143, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233612>. Acesso em: 05 jul.2018.
- SANTOS, E. F; SOUSA, F. A. Aspectos morfométricos da bacia do córrego Tamanduá em Iporá – GO. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.7, n.15, p.191-199, mai./ago. 2013. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/968>. Acesso em: 13 mar.2018.
- SANTOS, A. M et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>. Acesso em: 26 jun.2018.
- SANTIAGO, C. M. C et al. A. Arranjo espacial da bacia hidrográfica do Rio São Nicolau-Piauí a partir da análise morfométrica e dos aspectos ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 2, p. 402-421, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233250>. Acesso em: 20 mar.2018.
- SCHUMM, S. A. A tentative classification of alluvial river channels. **United States Geological Survey**, Washington (Estados Unidos da América), circular n. 477, 1963.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, Washington (Estados Unidos da América), v. 67, n. 5, p. 597- 646, may 1956. Disponível em: [10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EOD-SAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EOD-SAS]2.0.CO;2). Acesso em: 18 jun.2018.
- SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4215/rm.v11i25.699>. Acesso em: 15 mar.2018.
- SOARES, L. S et al. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 31, p. 82-100, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v31i0.107715>. Acesso em: 17 mar.2018.
- SPANGHERO, P. E. S. F.; MELIANI, P. F.; MENDES, J. S. Mapeamento hidrográfico de detalhe e análise morfométrica comparativa das bacias dos rios Tijuípe e Tijuipinho, Litoral Sul da Bahia. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 53, p. 101-117, mar. 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/27861>. Acesso em: 14 mar.2018.
- Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás – SIEG. **Downloads/SIG – Shapefiles**. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 19 out. 2017.
- STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. **Portal da Cartografia**, Londrina, v. 3 n. 1, p. 105-124, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/view/8929>. Acesso em: 06 jun.2018.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, Washington (Estados Unidos da América), v. 63, n. 11, p.1117-1142, nov. 1952. Disponível em: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2). Acesso em: 17 jun.2018.

United States Geological Survey – *USGS*. **Multimedia Gallery**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/products/multimedia-gallery/overview>. Acesso em: 19 out. 2017.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.

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

Correspondência dos autores:

Wellmo dos Santos Alves *

e-mail: wellmoagro@hotmail.com

Alécio Perini Martins *

e-mail: alecioperini@yahoo.com.br

Iraci Scopel *

e-mail: iraciscopel@gmail.com

Maria Antonia Balbino Pereira *

e-mail: mariaantonia099@live.com

Artigo recebido em: 09/02/2018

Revisado pelos autores em: 22/08/2018

Aceito para publicação em: 06/10/2018