

Estudo hidrológico das bacias hidrográficas em Santa Helena De Goiás**Hydrological study of hydrographic basins in Santa Helena De Goiás**

DOI:10.34117/bjdv6n6-196

Recebimento dos originais:08/05/2020

Aceitação para publicação:08/06/2020

Jaqueline Aparecida Batista Soares

Engenheira Agrícola UEG- Mestranda em Agronomia, ciências Agrárias - IFGoiano –
Rodovia Sul Goiana Km 01, Zona Rural, Rio Verde - GO - Brasil, CEP 75.901-970
E-mail: jaquelineab.soares@gmail.com

Gabriela de Camargo

Engenheira Agrícola UEG- Universidade Estadual de Goiás, Campus Santa Helena.
Endereço: Av. Protestato Joaquim Bueno, 945, setor central, Santa Helena de Goiás – GO,
Brasil
E-mail: gabrieladecamargo_@outlook.com

Pedro Rogerio Giongo

Doutor em Ciências - Irrigação e Drenagem pela ESALQ/USP. Docente da UEG. Via
Protestato Joaquim Bueno, 945, 75920-000, Santa Helena de Goiás– GO, Brasil.
E-mail: pedro.giongo@ueg.br

Luiz Fernando Gomes

Engenheiro Agrícola UEG- Mestrando em Agronomia, ciências Agrárias - IFGoiano –
Rodovia Sul Goiana Km 01, Zona Rural, Rio Verde - GO - Brasil, CEP 75.901-970
E-mail: luizfernandoz4@hotmail.com

Adriana Rodolfo da Costa

Doutora em Agronomia UNB. Docente da UEG. Via Protestato Joaquim Bueno, 945,
Perímetro Urbano, 75920-000, Santa Helena de Goiás– GO, Brasil
E-mail: adriana.costa@ueg.br

Patricia Costa Silva

Doutora em irrigação pela Universidade Estadual Paulista / UNESP Botucatu.
Instituição: Universidade Estadual de Goiás Endereço: Via Protestato Joaquim Bueno, 945,
Perímetro Urbano, 75920-000, Santa Helena de Goiás– GO, Brasil
E-mail: patricia.costa@ueg.br

RESUMO

Estudos sobre o monitoramento dos componentes hidrológicos e a oferta dos recursos hídricos são importantes para garantir o uso consciente e sustentável da água. Este estudo teve o objetivo de monitorar a oferta de água nos principais ribeirões de cinco bacias hidrográficas, realizar a caracterização morfométrica, e as relações da vazão com o uso e cobertura do solo nas nascentes e na área de contribuição dos ribeirões em Santa Helena de Goiás, GO. A delimitação das bacias e mapas temáticos foi realizada nos softwares GRASS e QGIS, a caracterização morfométrica foi realizada por meio dos cálculos dos parâmetros de coeficiente de compacidade, fator forma, índice de circularidade, densidade hidrográfica, índice de sinuosidade e densidade de drenagem, e os dados das vazões foram medidos em pontos próximo a foz de cada ribeirão durante o ano de 2017. Houve redução da vazão dos ribeirões em função da redução da precipitação pluviométrica nas bacias. Aproximadamente 10% das áreas de APP das nascentes encontram-se antropizadas. Há um alto grau por uso agrícola nas bacias e baixo percentual de áreas de vegetação natural. As bacias hidrográficas possuem formato alongado com baixa propensão para ocorrência de enchentes. Os Ribeirões São Tomás, Laje e Lagoa apresentam maiores vazões por unidade de área de contribuição dos canais, indicando que outros elementos podem influenciar na vazão final do ribeirão além da área da bacia.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica, Hidrologia, Vazão.

ABSTRACT

Studies on the monitoring of hydrological components and the supply of water resources are important to ensure the conscious and sustainable use of water. This study aimed to monitor the supply of water in the main rivers of five hydrographic basins, to carry out a morphometric characterization and the leakage relationships with the use and cover of the soil in springs and in the contribution area of the ribeirões in Santa Helena de Goiás, GO. The delimitation of basins and thematic maps was performed using the GRASS and QGIS software, a morphometric characterization performed by means of calibration calculations of the compaction coefficient, form factor, circularity index, hydrographic density, sinuosity and drainage index, and the data leaks were measured at the following points from each stream during 2017. Reduction of stream flow due to reduced rainfall in basins. Approximately 10% of the APP areas of the springs were anthropized. There is a high degree of agricultural use in the basins and a low percentage of areas of natural vegetation. The hydrographic basins have an elongated shape with low propensity for the occurrence of floods. The Ribeirões São Tomás, Laje and Lagoa show greater leaks per unit of contribution area of the channels, they report that other elements may influence the final leak of the stream beyond the basin area.

Keywords: Water availability. Hydrology. Flow rate.

1 INTRODUÇÃO

A água é o principal recurso natural do planeta, primordial à sobrevivência de todos seres vivos e desenvolvimento de diversos setores econômicos da humanidade. Com o rápido crescimento populacional e a intensificação pelo uso da água para fins produtivos, tem-se

verificado mudanças no ciclo natural e na disponibilidade dos recursos hídricos mundialmente (DUQUE-SARANGO et al., 2019). Com esse cenário global de escassez hídrica, nos últimos anos as instituições públicas e privadas criaram programas de monitoramento com medidas para garantir o consumo sustentável da água, evitando a exploração excessiva de grandes canais de água superficiais e seus afluentes (BRITO, LOPES e ANJOS NETA et al., 2019).

A disponibilidade hídrica é avaliada a partir das descargas líquidas médias observadas nos cursos de água da bacia hidrográfica, esse tipo de monitoramento é fundamental para definir se os recursos hídricos disponíveis suportam as demandas desejadas (BRANCO, 2006). No Brasil a gestão dos recursos hídricos foi efetiva a partir da promulgação da Lei 9.433/97, implementando a Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). A principal abordagem dessa lei foi à outorga pelo uso da água, sendo esta necessária para captação ou derivação da parcela da água de corpos hídricos superficiais ou aquíferos destinadas para diversos usos, inclusive para irrigação (BRASIL, 1997).

No Brasil, as regiões de Cerrado são localizadas as nascentes das principais bacias hidrográficas, sendo assim, o monitoramento e preservação é fundamental para aumento da oferta de água para as regiões com maiores índices populacionais, principalmente nos períodos mais secos do ano. Devido à sazonalidade de um rio nessa região, as vazões nos períodos secos e chuvosos podem ser alteradas, o mesmo pode acontecer para as vazões outorgáveis (ROSSI et al., 2017), esse fato merece atenção principalmente em regiões com alta ocupação agrícola e com uso de irrigação.

O Cerrado brasileiro foi uma das principais fronteiras agrícolas, principalmente a partir da década de 30 (BEZERRA; CLEPS JÚNIOR 2004), atualmente a agricultura ocupa extensas áreas de uso intensivo do solo para agricultura e pecuária (ROCHA et al., 2014). Essa tendência de ocupação é preocupante devido aos conflitos pelo uso do solo e água e agravamento de problemas climáticos, que segundo Adam et al. (2015) é o principal fator que afeta a distribuição da precipitação influenciando na dinâmica das variáveis hidrológicas, podendo comprometer a disponibilidade de água para usos múltiplos em várias bacias hidrográficas brasileiras.

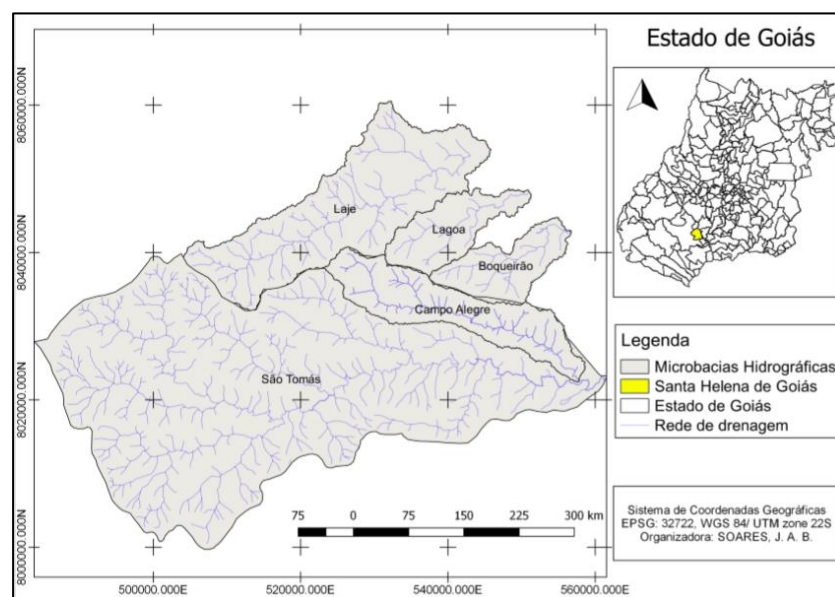
Elementos intrínsecos as bacias hidrográficas estão intimamente ligadas aos processos de escoamento, infiltração, armazenamento da água e da precipitação pluviométrica (SAMPAIO; GUIDI; SANTOS, 2016). Portanto, o estudo das variáveis morfométricas associados à estudos de vazão é uma metodologia importante para a gestão hídrica, como forma de entender os processos dentro da bacia hidrográfica, bem como o planejamento e

tomada de decisão de métodos e modelos de conservação (NARDIDI et al., 2013). O presente estudo teve como objetivo monitorar e verificar a oferta de água nos principais ribeirões de cinco bacias hidrográficas, realizar a caracterização morfométrica, e identificar as principais relações com a redução da vazão e com o uso e cobertura do solo nas nascentes e na área de contribuição dos ribeirões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Cerrado brasileiro, no Sudoeste do Estado de Goiás. Foram analisadas 5 bacias hidrográficas sobre a extensão dos municípios de Santa Helena de Goiás, Rio Verde e Santo Antônio da Barra. A área territorial das bacias abrange 2.616,82 km². As microbacias selecionadas para estudo foram: Campo Alegre, Boqueirão, Lagoa, Laje e São Tomás, (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização das bacias hidrográficas de estudo em relação ao Estado de Goiás.



Fonte: Limites municípios - SIEG; Bacias Hidrográficas – Delimitação realizada a partir de dados SRTM.

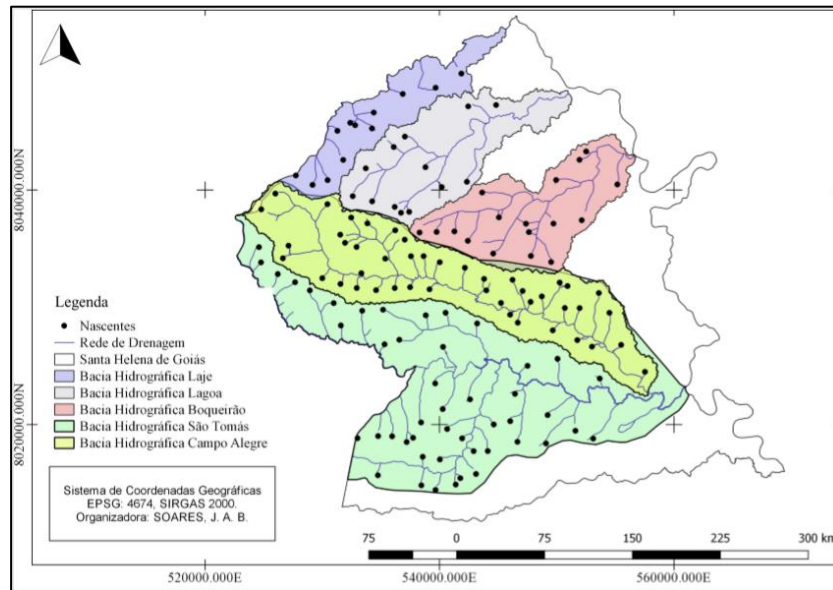
A base cartográfica consistiu de dados de modelo digital de elevação (MDE), para a delimitação das bacias hidrográficas; imagens de satélites para a delimitação do uso e cobertura do solo e identificação das nascentes dos rios. Após a obtenção da base cartográfica foram extraídas as informações morfométricas das bacias hidrográficas e por fim foram coletados dados de vazão dos rios durante de 2017.

Para as delimitações das microbacias foi utilizado o produto matricial 18S51 da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) realizada pela NASA, os dados foram adquiridos junto ao Banco de Dados Geomorfométrico do Brasil (INPE, 2017). A delimitação foi realizada no *software* GRASS GIS 7.2.1 (OSGeo Project, 2017) com o uso do MDE, foi utilizado o caminho e as ferramentas (*modelos > Raster > Modelo Hidrológico > Watershed analysis*). Após a delimitação das microbacias os dados foram exportados para o *software* QGIS versão 2.18.9 (QGIS Development Team, 2017) no formato matricial e, convertido para o formato vetorial, a conversão para esse formato permitiu calcular o perímetro e área das microbacias.

Para caracterização do uso e cobertura do solo foi utilizada imagem do satélite CBERS 4, sensor MUX, órbita/ponto 160/120 referente ao dia 17/07/2017 com resolução espacial de 20 metros e faixas espectrais do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo. As imagens foram obtidas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017) e para classificação foi utilizado o SIG SPRING versão 5.3 (INPE, 2014). Os procedimentos para classificação foram recorte da área de estudo, segmentação e classificação pelo método supervisionado utilizando o algoritmo *Bhattacharya*. Após a classificação a imagem foi exportada para o SIG QGIS e transformado em arquivo vetorial para cálculos das áreas de cada e classe e elaboração do mapa temático.

Além do mapa de uso e cobertura do solo para a área das microbacias, foram realizadas as delimitações das áreas antropizadas dentro do raio de 50 metros de cada nascente sobre o município de Santa Helena de Goiás. As delimitações das áreas antropizadas foram utilizadas as imagens do CBERS e imagens de alta resolução do Google Earth. (GOOGLE, 2017). A Figura 3 representa a áreas de contribuições das microbacias sobre a extensão de município de Santa Helena de Goiás, bem como as nascentes mapeadas.

Figura 2. Área de contribuição das microbacias sobre Santa Helena de Goiás, bem como localização das nascentes mapeadas.



Fonte: Autores (2019).

O levantamento das variáveis morfométricas das bacias hidrográficas realizada a partir das bases de dados do MDE. As variáveis morfométricas selecionadas foram o coeficiente de compacidade, fator forma, índice de circularidade, densidade hidrográfica, índice de sinuosidade e densidade de drenagem.

O Coeficiente de compacidade (K_c) é definido pela relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e um círculo de área igual à da bacia (VILLELA; MATOS, 1975). O coeficiente K_c é determinado por meio da Equação 1.

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

Sendo que: k_c - coeficiente de compacidade adimensional; p - perímetro da bacia (km); a – área da bacia em (km²).

O fator forma (f) corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (equação 2). Segundo villela; mattos (1975), uma bacia com fator de forma baixo é menos suscetível a enchentes.

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

Sendo que: F - Fator de forma; A - Área de drenagem (m²); L - Comprimento do eixo da bacia (m).

O Índice de circularidade (Ic) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia (TONELLO et al., 2006; MÜLLER, 1953; SCHUMM, 1956) (Equação 3).

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

Sendo que: Ic - Índice de circularidade; A - Área da bacia (km²); P - Perímetro da bacia (km).

A densidade hidrográfica (Dh), correlaciona a área da bacia com o número total de canais fluviais mapeados (ALVES; CASTRO, 2003). Para se determinar a densidade hidrográfica, utiliza-se a Equação 4:

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Sendo que: Dh - Densidade hidrográfica; N - Número de rios ou canais; A - Área da bacia (km²).

O índice de sinuosidade é razão encontrada do comprimento real do canal principal da bacia e a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal, conforme Equação 5 (ALVES; CASTRO, 2003).

$$Is = \frac{Lc}{Lv} \quad (5)$$

Sendo que: Is - índice de sinuosidade adimensional; Lc - comprimento do canal principal (km); Lv - comprimento vetorial do canal principal (km)

A densidade de drenagem (Dd) considera toda a rede de drenagem vetorizada, correlacionando-a com a área da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). A densidade de drenagem (Dd) foi obtida por meio da Equação 6.

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (6)$$

Sendo que: Dd - Densidade de drenagem; Lt - Comprimento total dos canais (km); A - Área da bacia (km²).

As vazões foram determinadas a partir de dados coletados em pontos próximos a foz dos ribeirões principais de cada microbacia, as coletas de dados foram realizadas de janeiro a dezembro de 2017.

Os cálculos das vazões dos Ribeirões Lage e Lagoa e São Tomás foi realizada pelo método do flutuador proposto pelo boletim da Embrapa nº 455 (EMBRAPA, 2007). No Ribeirão Boqueirão o local apresenta seção regular circular composta por 3 canais de escoamento. Nas seções circulares foi medido o diâmetro de seção, altura da lâmina de água e superfície com água. No Ribeirão Campo Alegre foi selecionado a saída de represamento próximo a foz constituído de 7 saídas de seção retangular, as dimensões dos canais e a altura das lâminas de água foram medidas para efeito de cálculos. Para cálculo da vazão foi considerado a fórmula de Francis para vertedores retangulares sem contração. Na Tabela 1 são apresentadas as equações utilizadas para cálculo das vazões.

Tabela 1. Equações utilizadas para cálculo das vazões nos ribeirões analisados.

Bacia	Área média	Vazão (m ³ .s ⁻¹)
Lagoa, Lage e São Tomás	$A = P * Larg.$	$Q = \frac{A * L * C}{T}$
Boqueirão	$A = \frac{1}{8} * (\theta - sen\theta) * D^2$	$Q = \frac{A * L * C}{T}$
Campo Alegre	-	$Q = 1,838 * L * H^{\frac{3}{2}}$

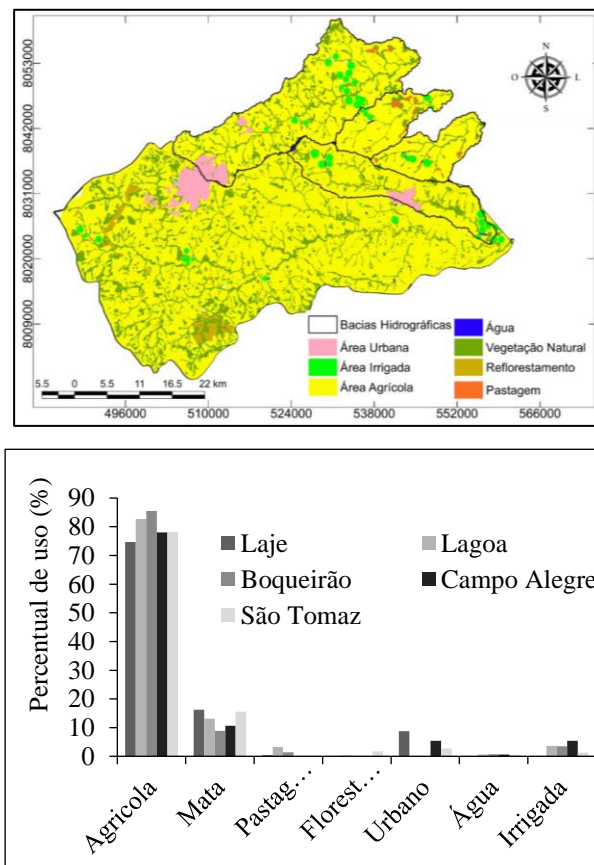
A – Área média (m²), P – Profundidade média (m), Larg. – Largura do rio (m), $\theta = 2 * \arccos(1 - 2 * h/D)$, Q – Vazão (m³.s⁻¹), L – Percurso na seção longitudinal (m), T – Tempo médio (s), C - coeficiente ou fator de correção (0,8 para rios com fundo pedregoso ou 0,9 para rios com fundo barrento).

Os dados obtidos em campo foram tabulados em planilha do Excel (MICROSOFT, 2016) e realizados cálculos das vazões. Os resultados foram analisados quanto ao comportamento mensal da vazão, produção de água por km² da microbacia e a relação da vazão com a vegetação natural de cada micro bacias hidrográficas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar que as microbacias estudadas possuem uma maior área voltada para a produção agrícola (Figura 3). Estudos realizado por Gomes et al. (2016) e Oliveira et al. (2016) também observaram uma predominância de áreas agrícolas no município de Santa Helena de Goiás e na bacia hidrográfica do São Tomás. A região de sul do estado de Goiás é caracterizada por possuir grandes áreas direcionadas a produção principalmente de soja e milho e a rápida expansão da cultura da cana de açúcar (SILVA et al., 2019). Na Figura 3 são apresentados o mapa de uso e cobertura do solo (3A) o percentual das classes de uso e cobertura do solo nas bacias hidrográficas (3B).

Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo (A) e percentual de cobertura do solo para as bacias hidrográficas dos ribeirões Laje, Lagoa, Boqueirão, Campo Alegre e São Tomás (B).



Fonte: O autor (2019).

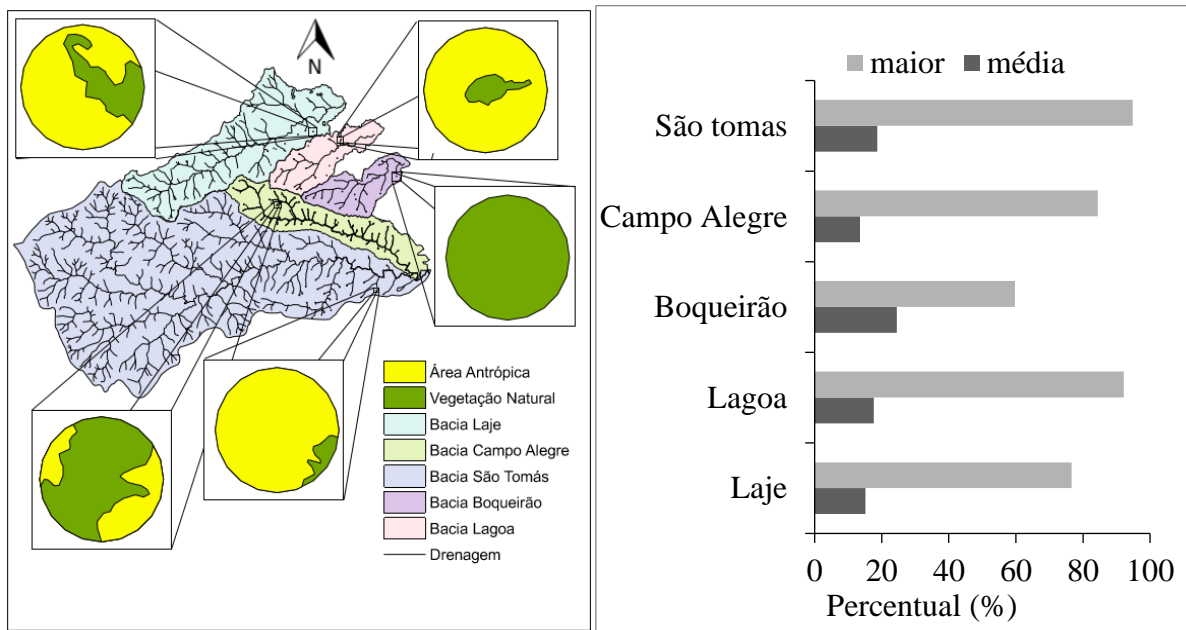
As áreas de vegetação natural apresentaram fragmentos em meio as áreas agrícolas e no percurso dos ribeirões, nas áreas analisadas foram observadas de 15 a 20% de vegetação natural em situação fragmentadas. As áreas de pastagens localizam-se próximo as margens

dos rios e nascentes, também verificado em trabalho de Oliveira et al. (2016) e Gomes et al (2016).

Conforme é possível observar na Figura 3 a área urbana do município de Rio verde ocupa parcialmente na microbacia São Tomás e Laje, o que pode influenciar na redução da vegetação, degradação das nascentes e redução da permeabilidade do solo, impactando na vazão final do ribeirão. A área urbana de Santa Helena de Goiás está localizada ao centro da Bacia do Campo Alegre, também expandindo sobre algumas nascentes. Estudos realizado na Bacia do Rio Meia Ponte, na região metropolitana de Goiânia – GO, observaram que a vazão e qualidade da água são influenciadas principalmente pela ação antrópica e a falta de planejamento pela expansão urbana (SILVA NETO et al., 2015; CUNHA et al., 2015).

As nascentes sobre o município de Santa Helena de Goiás foram mapeadas conforme ilustrado na Figura 4A. As 167 nascentes do município apresentam média de 10% de ação antrópica ocasionadas por atividades agrícolas e pecuária.

Figura 4. Uso do solo no raio de 50 metros das nascentes (A) e percentual de área antropizada das nascentes dos Ribeirões (B).



Fonte: O autor (2019).

Observa-se também nessa região uma área significativa irrigada em todas as bacias, as áreas irrigadas são observadas pelo percentual de área agrícola, disponibilidade de água e pela aptidão dos solos, conforme observado também por Gomes et al. (2016) Oliveira et al. (2016).

Um levantamento da Agricultura Irrigada por pivôs centrais no Brasil, observaram que o município de Rio Verde possui cerca de 100 pivôs centrais instalados no ano de 2017, ocupando uma área de 7.984 ha (ANA, 2019). Alguns estudos destacam que o segmento da irrigação é o principal demandante de água em ribeirões comprometendo disponibilidade de água nos canais superficiais (FURQUIM E ABDALA, 2019; MARTINS et al., 2016).

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros morfométricos obtidos através do diagnóstico das microbacias dos ribeirões São Tomás, Campo Alegre, Laje, Lagoa e Boqueirão. As cinco microbacias examinada possuem uma hierarquia fluvial de 6º ordem de grandeza, sendo caracterizadas como bacias pequenas ou médias, a microbacia do ribeirão São Tomás se destaca sendo a microbacia com maior extensão territorial dentre as microbacias estudadas, possuindo como sub bacia a microbacia do ribeirão Campo Alegre que ocupa cerca de 12% da sua área.

Tabela 1. Características morfométricas das microbacias dos Ribeirões São Tomás, Campo Alegre, Laje, Lagoa e Boqueirão.

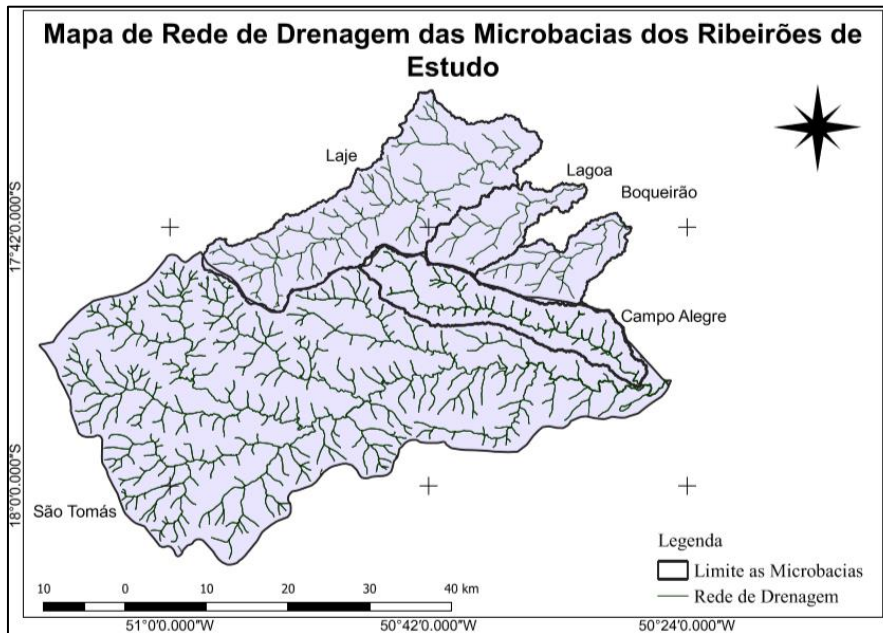
PARÂMETROS DIMENSIONAIS DAS MICROBACIAS						
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	UNIDADES	SÃO TOMÁS	CAMPO ALEGRE	LAJE	LAG OA	BOQUE IRÃO
PERÍMETRO	KM	217,05	132,68	179,84	85,58	80,32
ÁREA	KM ²	1842,15	210,38	433,19	114,03	113,30
NÚMERO DOS RIOS	-	1855,00	213,00	491,00	137,00	121,00
COMPRIMENTO DO EIXO DA BACIA	KM	81,71	39,49	46,65	22,70	21,28
COMPRIMENTO DO CANAL PRINCIPAL	KM	113,59	45,21	53,27	25,27	23,81
COMPRIMENTO VETORIAL DO CANAL PRINCIPAL	KM	71,25	37,00	40,74	21,00	19,79
COMPRIMENTO TOTAL DOS CANAIS	KM	1174,30	168,00	416,00	104,39	97,46
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS						
ORDEM DA BACIA	-	6	6	6	6	6
COEFICIENTE DE COMPACIDADE (KC)	-	1,42	2,56	2,42	2,24	2,11
FATOR DE FORMA (F)	-	0,28	0,13	0,20	0,22	0,25
ÍNDICE DE CIRCULARIDADE (IC)	-	0,49	0,15	0,17	0,20	0,22
ÍNDICE DE SINUOSIDADE (IS)	-	1,59	1,22	1,31	1,20	1,20

DENSIDADE HIDROGRÁFICA (DH)	CANAIS /KM	1,01	1,01	1,13	1,20	1,07
DENSIDADE DE DRENAGEM (DD)	KM/KM ²	0,69	0,80	0,96	0,92	0,86

Fonte: O autor (2019).

A densidades hidrográfica (Dh) é a relação da frequência de canais de drenagem para cada km², a densidade hidrográfica das microbacias resultaram em valores próximos variando de 1,01 a 1,20 canais/km², conforme a Tabela 6, sendo consideradas como microbacias com baixa capacidade de gerar novos canais de drenagem (LIMA; PEREZ FILHO; CUNHA, 2013). Em relação a densidade de drenagem Dd) as microbacias São Tomás, Campo Alegre, Laje, Lagoa e Boqueirão apresentaram valores entre 0,69 km/km² a 0,96 km/km², segundo a classificação realizada por Christofolletti (1996) para a interpretação de valores de densidade de drenagem, densidades menores que 7,5 km/km², são classificados como baixa, indicando que o grau de dissecação geral do relevo é baixo. O mesmo autor afirma que a densidade de drenagem está entre as variáveis mais importantes para estudos morfométricos de bacias hidrográficas. Na Figura 5 pode observar a densidade hidrográfica e a densidade de drenagem das microbacias.

Figura 5. Mapa de drenagem das Microbacias São Tomás, Campo Alegre, Laje e Lagoa



Fonte: SIEG, 2018.

Analisando as características morfométricas, fator forma e coeficiente de compacidade, observa-se que o fator forma (F) das cinco microbacias de estudo ficaram abaixo de 0,5 de acordo com a classificação de Villela e Mattos (1975) isso indica que as microbacias dos ribeirões São Tomás, Laje, Lagoa e Boqueirão possuem baixa probabilidade de ocorrência de cheias. Para caracterização do formato das microbacias, nota-se que a microbacia do ribeirão São Tomás é a que mais se assemelha a um círculo, com um coeficiente de compacidade de 1,42. Villela e Mattos (1975) afirmam que bacias hidrográficas com o coeficiente de compacidade igual a 1 refere-se a bacias de formato circular e, quanto mais irregular for a forma da bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Bacias hidrográficas com o formato irregular, ou seja, com o coeficiente de compacidade superior a 1, são mais propensas a ocorrência de cheias. Estudos morfométricos realizados por Santos et al. (2012) em sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo localizadas no estado de São Paulo, encontraram valores de coeficiente de compacidade de respectivamente 1,56 e 1,41, segundo os autores essas sub-bacias em condições normais de precipitação possuem tendência mediana a grandes enchentes.

Já as microbacias do ribeirão Campo Alegre, Laje, Lagoa e Boqueirão foram caracterizadas como de formato alongado e não possuem tendência a grandes enchentes, devido o coeficiente de compacidade ter resultado em valores maiores. Segundo Trajano et al. (2012) bacias hidrográficas de formato alongado possuem baixa probabilidade de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda sua extensão. Lorenzon et al. (2015) ressalta que

não se pode indicar a possibilidade de enchentes de uma bacia apenas em relação a sua forma. Estudos realizados por Santos et al. (2018) nas bacias do ribeirão Laje e São Tomás, encontraram o valor de 1,4 referente ao coeficiente de compacidade para as duas bacias, as classificando como bacias com tendência média a grandes enchentes. Na Figura 5 é possível analisar e relacionar o valor do coeficiente de compacidade com a forma de cada microbacia, devido a sua representação vetorial a partir do geoprocessamento de imagens SRTM.

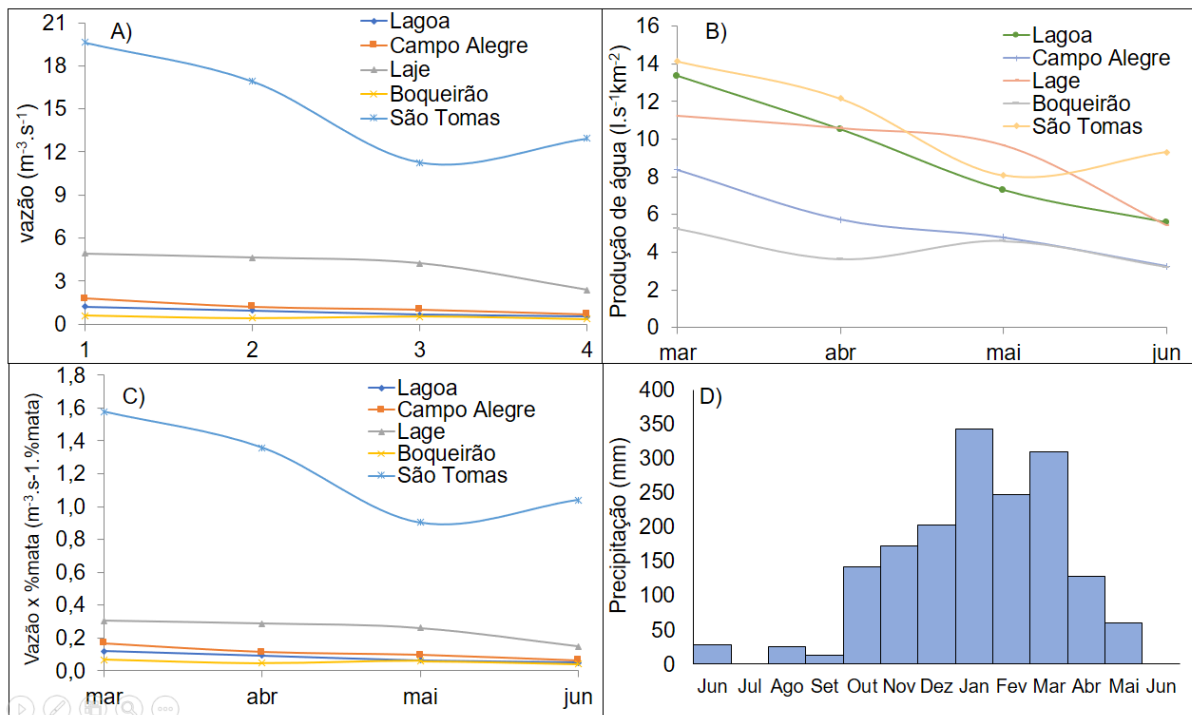
Em relação ao índice de circularidade a microbacia do ribeirão do São Tomás resultou no valor de 0,49, Campo Alegre de 0,15, Laje de 0,17, Lagoa de 0,20 e Boqueirão de 0,22. De acordo com Trajano et al. (2012), quanto mais próximo de 1 for o valor, mais próxima da forma circular será a bacia hidrográfica, índices de circularidade menor que 0,51 refere-se a bacias de forma mais alongada, contribuindo para o escoamento e a diminuição da probabilidade de inundação. Resultados semelhantes foram encontrados nas bacias hidrográficas Rio Verdinho, Ribeirão Monte Alegre e Rio São Francisco localizadas no município de Rio Verde, Goiás, o índice de circularidade apresentou valores abaixo de 0,51 e foram caracterizadas como sendo bacias alongadas, e com excelente escoamento do canal principal e com pouca tendência a cheias e inundações, propiciando o potencial agrícola nessas áreas (SANTOS et al., 2018).

O índice de sinuosidade (Is) está relacionado com a quantidade de curvaturas do canal principal de uma bacia hidrográfica, quanto mais próximo de 1, mais retilíneo será o canal principal da bacia, caso seja maior que 2, significa que o canal é bastante tortuoso. A sinuosidade dos canais de uma bacia hidrográfica é influenciada pela carga de sedimentos, compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais (ALVES; CASTRO, 2003). O índice de sinuosidade das microbacias analisadas variou entre 1,59 a 1,20. Conforme um estudo realizado por Alves et al. 2016 obteve o valor de 1,57 para o índice de sinuosidade da bacia do Ribeirão das Abóboras, concluindo que os canais que compõem a bacia têm formato transicional regulares ou irregulares.

As vazões dos canais (Figura 6) superficiais apresentaram comportamento decrescente em função dos períodos de redução da precipitação. O Ribeirão São Tomás apresentou a maior vazão, seguido pelo Ribeirão da Laje, Campo Alegre, Lagoa e Boqueirão. Considerando a redução de água foi possível observar que a vazão dos Ribeirões Lagoa e Campo Alegre reduziram em 58,27 e 59,13% no Ribeirão Laje a redução foi de 49,9% e a menor redução foi no Ribeirão Boqueirão de 29,84% da vazão.

Nos dados coletados no mês de maio no Ribeirão Boqueirão observou-se que a vazão aumentou em relação ao mês anterior, como a precipitação pluviométrica reduziu entre os períodos de coleta, considerando que pode haver a retirada de água do canal para irrigação. Na Figura 6A foram apresentados os dados de vazão para o Ribeirão São Tomás, Laje, Boqueirão, Lagoa, e Campo Alegre respectivamente, e na Figura 6D foram apresentados os dados de precipitação acumulada mensais entre junho de 2016 e junho de 2017. Foi observado maiores volumes precipitados entre outubro/16 e maio/2017, com tendência de redução a partir de maio e consequentemente da vazão escoada nos ribeirões.

Figura 6. Dados de vazão entre março e junho para os ribeirões analisados (A), produção de litros de água por km^2 (B), produto da vazão pela porcentagem de mata (C) Precipitação acumulada mensal entre junho/2016 a junho/2017 (D).



Fonte: Precipitação - INMET.

Na Figura 6B pode ser observada a produção de água pela relação entre vazão e unidade de área, nos Ribeirões Laje, Lagoa e São Tomás foi observado os maiores valores de produção de água e nos Ribeirões Campo Alegre e Boqueirão apresentam os menores valores.

Na Figura 6C foram apresentados os dados de vazão por área de vegetação natural, o Rio São Tomás foi observado os maiores valores de vazão por área de mata, seguido pelo Ribeirão Laje e os menores valores para os Ribeirões Lagoa, Boqueirão e Campo Alegre.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de SIG permitiu identificar que todas bacias hidrográficas apresentam intensificação pelo uso agrícola.

A produção de água por unidade de área da bacia, pode ser maior com o aumento das áreas de vegetação natural na bacia.

A caracterização morfométrica possibilitou identificar que a microbacia hidrográfica que possui maior propensão a ocorrência de enchentes é a microbacia do São Tomás, e a com menor propensão é a bacia do Campo Alegre.

A diminuição da precipitação e retirada de água para irrigação, podem favorecer para diminuição da vazão dos ribeirões.

Há a supressão da vegetação natural nas áreas marginais as nascentes e APP em todas as bacias no município de Santa Helena de Goiás.

AGRADECIMENTOS

Agradeço PBIC/UEG – Programa de Bolsas de Iniciação Científica da UEG, pela concessão da bolsa a primeira e segunda autora.

REFERÊNCIAS

ADAM, K. N.; FAN, F. M.; PONTES, P. R.; BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W. Mudanças climáticas e vazões extremas na Bacia do Rio Paraná. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 999-1007, 2015.

ADÔRNO, E.; SANTOS, E. S.; JESUS, T. B. SIG e regressão linear para avaliação ambiental das nascentes do Rio Subaé em Feira De Santana (BA). **Boletim Goiano de Geografia**. v. 33, n. 2, p. Goiânia, 2013.

Agência Nacional das Águas. Levantamento da Agricultura Irrigada por pivôs centrais no Brasil. **Agência Nacional das Águas, Embrapa Sorgo e Milho**, Brasília, 2º edição, 2019.

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões lineamentos. **Revista Brasileira de Geociência**, São Paulo – SP, v. 33, n. 2, p. 117-124, 2003.

BEZERRA, L. M. C.; CLEPS JÚNIOR, J. O desenvolvimento agrícola da região centro-oeste e as transformações no espaço agrário do Estado de Goiás. **Caminhos De Geografia**, v. 2, n.12, p. 29-49, Jun/2004.

BRANCO, O. E. A. Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade. (Tese de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) Universidade Federal de Juiz de Fora, p. 20, 2006.

BRASIL, Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm >. Acessado em: 29 de junho de 2017.

BRITO, A. D.; LOPES, J. C.; ANJOS NETA, M. M. S. Tripé da governança: Poder público, setor privado e a sociedade civil em busca de uma gestão integrada dos recursos hídricos. **Revista Gestão e Sustentabilidade e Ambiental**, v. 8, n. 4 p. 506-522, 2019.

CHIRSTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícias geomorfológicas**, Campinas, v. 9, n. 18 p. 35-64, 1969.

CUNHA, D. F.; BORGES, E. M. Urbanização acelerada: risco para o abastecimento de água na Região Metropolitana de Goiânia. **Revista Geo UERJ**, n. 26, p. 226-244, 2015.

DUQUE-SARANGO, P.; CAJAMARCA-RIVADENEIRA, R.; WEMPLE, B. C. Y DELGADO-FERNÁNDEZ, M. Estimación del balance hídrico de una cuenca andina tropical. La Granja. **Revista de Ciencias de la Vida**, v. 29 n. 1 p.56-69, 2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. Comunicado técnico. n. 455, Concórdia – SC, 2007. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_c8p81m4j.pdf >. Acessado em: 29 de junho de 2017.

FURQUIM, M. G. D.; ABDALA, K. O.. Sustentabilidade e expansão da agricultura irrigada: um olhar para o setor no estado de Goiás. **Natural Resources**, v.9, n.1, p.47-56, 2019.

GOMES, L. F.; GIONGO, P. R.; SOARES, J. A. B.; OLIVEIRA, E. G.; LUNAS. D. A. L. Geotecnologias na análise do uso do solo no município de Santa Helena de Goiás/GO (1995-2015). In: SANTOS, F. R.; MACÊDO, M. P. (Orgs.) **Desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade do cerrado brasileiro na transposição do século XX para XXI**, Jundiaí – SP, Paco Editorial, p. 205-220, 2016.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.8. 2017. Disponível em: < <https://www.google.com.br/earth/download/ge/agree.html> >. Acesso em: 29 de junho de 2017.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA. Carta topográfica 18S51. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/> >. Acessado em: 26 de julho de 2017.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING) versão 5.3. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014. [on line] <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>.

INPE/DGI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de Imagens CBERS 4. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/> >. Acessado em: 20 de julho de 2017.

LIMA, K. C.; PEREZ FILHO, A.; CUNHA, C. M. L. da. Características morfológicas e morfométricas dos canais de drenagem da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso - Semiárido da Bahia/Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.14, n.4, p.309-317, 2013.

LORENZON, A. S.; FRAGA, M. de S.; MOREIRA, A. R.; ULIANA, E. M.; SILVA, D. D. da; RIBEIRO, C. A. A. S.; BORGES, A. C. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, vol. 10 n. 1, p. 195-206, 2015.

MARTINS JUNIOR, P. P.; VASCONCELOS, V. V.. Geociências agrárias e ambientais e o déficit hídrico. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 285, p.109-118, 2015.

MARTINS, R. A.; LARANJA, R. E. P.; FERREIRA, I. M.; SANTOS, E. V.. Evolução da prática de irrigação por pivô central no município de Morrinhos (GO) e a pressão sobre os recursos hídricos. **Revista Ambiência**. v.12 Ed. Especial p. 881 – 890, 2016.

MICROSOFT OFFICE 365. EXCEL 2016. Disponível em: < <https://products.office.com/pt-br/excel> >. Acessado em: 30 de junho de 2016.

MÜLLER, V.C. A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area. New York: Virginia and Tennessee. **Department of Geology**. n. 3, p. 30, 1953.

NARDIDI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X. de; CARDOSO, L.G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma bacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu – SP, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

OLIVEIRA, E. G.; GIONGO, P. R.; GOMES, L. F.; GERONUTTI, J. A. Uso de Geotecnologias no estudo da área da bacia do Ribeirão São Tomás. In: Flávio Reis dos Santos; Marta de Paiva Macêdo (Orgs.). (Org.). **Desenvolvimento Socioeconômico e Sustentabilidade do Cerrado Brasileiro na Transposição do Século XX para o XXI**. 1ed.Jundiá - SP: Paco Editorial, v. 1, p. 223-247, 2016.

OSGeo, Your Open Source Compass. GRASS GIS versão 7.2.1. Bringing advanced geospatial technologies to the world. Disponível em: < <https://grass.osgeo.org/> >. Acessado em: 29 de junho de 2017.

QGIS Development Team, <2017>. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>.

ROCHA, M. D.; MARCIEL, D. P.; LUNAS, D. A.. II PND, o Polocentro e o desenvolvimento do estado de Goiás. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n.1, p. 682-692, 2014.

ROSSI, M. S.; THEBALDI, M. S. Vazões de referência do Rio São Miguel em Arcos (MG). **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 1, 2017.

SAMPAIO, M. F. O.; GUIDI, M. E.; SANTOS, C. A. Análise morfométrica e revitalização da bacia hidrográfica do Ribeirão das Vargens de Caldas, Poços de Caldas- MG: Uma

contribuição ao planejamento urbano. **Revista Interface**, Guarapuava – PR, v.11 n. 11, p. 232-255, 2016.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, G. O. S.; SILVA, A. A.; BRAZ, A. R. C.; CARNEIRO, F. M. Caracterização Morfométrica das Bacias Hidrográficas Inseridas no Município de Rio Verde, Goiás, Como Ferramenta ao Planejamento Urbano e Agrícola. **Geografia, Ensino e Pesquisa**, Santa Maria – MS, v. 22, n.17, p. 01-13, 2018.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. **Bulletin of the geological Society of América**, New Jersey, v. 67, n.5, p. 597-646, 1956.

SIEG, Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás. Download de arquivo shapefile. Disponível em:< <http://www.sieg.go.gov.br/rgg/apps/siegdownloads/index.html> >. Acessado em: 29 de junho de 2017.

SILVA NETO, J. B.; SILVA JÚNIOR, M. G.; UCKER, F. E.; ALONSO, R. R. P; LIMA, M. L. Diagnósticos dos recursos hídricos: disponibilidade e demanda para a Região Metropolitana de Goiânia. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 8, p. 149-167, 2015.

SILVA, K. R.; GIONGO, P. R.; SOARES, J. A. B.; GIONGO, A. M. M.; LUNAS, D. A. L.; GOMES, L. F. Evolução da área de cana-de-açúcar e indicadores selecionados socioeconômicos em Quirinópolis-GO (2005 a 2015). **Brazilian Applied Science Review**, v. 3 n. 2 p. 1206-1222, 2019.

TONELLO, K.C. et al. Morfometria da bacia hidrografica da Cachoeira das Pombas, Guanhanes - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p. 849-857, 2006.

TRAJANO, S. R. R. S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W.; DALTIO, J. P.; MARTINHO, R. R.; FOIS, N.; SANTOS, B. B. O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, F. S. 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. 8-33, 2012.

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