

Avaliação da área impermeável da bacia do ribeirão Anicuns

Hugo José Ribeiro¹
Hostílio Maia de Paula Neto¹
Wellington Nunes Oliveira¹
Rubens Villar Siqueira¹
Alcides Wesley Nunes de Oliveira²
Victor Tomaz de Oliveira³

1Universidade Federal de Goiás- EECA- UFG
Praça Universitária s/n – Setor Universitário - CEP 74605-220 - Goiânia-GO, Brasil
{ hgribeirogeo, hostilioifgoias, wellington.wno, alcides.awno, rubens.villar }@gmail.com

2Faculdade Araguaia – FARA
Av. T-10, nº 1047, Setor Bueno - CEP 74223-060 - Goiânia-GO, Brasil
alcides.awno@gmail.com

3Instituto Federal Goiano - Câmpus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento Km 2,5 - CEP 75790-000 – Urutaí-GO, Brasil
{vto.professor}@gmail.com

Resumo. Alto percentual de urbanização, ou densidade populacional, traduz também o quanto uma região é impermeabilizada, e este fator está diretamente correlacionado com diversos problemas ambientais, desde inundações até a degradação da qualidade da água em áreas urbanas. Alguns modelos como o Soil Conservation Service - SCS utilizam a informação de impermeabilidade do solo para calcular o parâmetro número da curva – CN (curve number) para um determinado tipo de solo. Este, por sua vez, é utilizado no cálculo da capacidade do potencial de infiltração do solo, que é utilizado para determinar a precipitação excedente acumulada. Neste sentido, o artigo visa analisar a viabilidade de reclassificar uma Ortofoto por meio de limiares numéricos para obtenção da área impermeável e realizar a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns. Os resultados revelam que 57% da bacia hidrográfica encontram-se impermeabilizada, sendo que deste total 32% refere-se à impermeabilização intraquadra. As características fisiográficas da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite retratam uma baixa tendência à inundação com um valor de coeficiente de forma igual a 0,04, porém com possibilidade de haver regiões de rocha impermeável com uma densidade de drenagem de 66 km/km².

Palavras-chaves: Impermeabilidade, Caracterização Fisiográfica, MUBDG.

Abstract. High percentage of urbanization, or population density, shows how much a region is impervious, and this factor is directly correlated with several environmental problems, from floods to the degradation of water quality in urban areas. Some models such as Soil Conservation Service - SCS use impermeability soil information to calculate the parameter - CN (curve number) for a given soil type. This, in turn, is used to calculate the capacity of the soil infiltration potential, which is used to determine accumulated excess precipitation. In this sense, the article aims to analyze the feasibility of reclassifying an Ortofoto by means of numerical thresholds to obtain the impermeable area and to perform the physiographic characterization of the watershed of Ribeirão Anicuns. The results show that 57% of the river basin is impervious, of which 32% refers to in-frame impervious. The physiographic features of the Ribeirão Joao Leite river basin show a low tendency to flood with a coefficient value equal to 0.04, but with the possibility of having impermeable rock regions with a drainage density of 66 km / km².

Keywords: Impervious, Physiographic Characterization, MUBDG.

1. Introdução

Ambientes altamente urbanizados são cenários que impactam sobre o meio ambiente em que estão inseridos. Um alto percentual de urbanização, ou densidade populacional, traduz também o quanto uma região é impermeabilizada, e este fator está diretamente correlacionado com diversos problemas ambientais, desde inundações até a degradação da qualidade da água em áreas urbanas (Sunde et al., 2018; Fitria et al., 2018; Irwin et al., 2018).

Uma parte do escoamento superficial está relacionada à superfície impermeável, o aumento desta, pode provocar picos de enchente em situações de precipitação extrema, reduzir o reabastecimento do lençol freático pela diminuição da infiltração no solo, aumentar o transporte de resíduos para o leito dos rios degradando a qualidade das águas, e indiretamente colaborar para o aumento da erosão na bacia, devido ao fluxo mais intenso provocado pelo aumento da impermeabilização, que é uma variável utilizada de forma indireta na modelagem hidrológica (Prosdocimi et al., 2018; Chen et al., 2018).

Alguns modelos como o *Soil Conservation Service - SCS* utilizam a informação de impermeabilidade do solo para calcular o parâmetro número da curva – CN (*curve number*) para um determinado tipo de solo. Este, por sua vez, é utilizado no cálculo da capacidade potencial de infiltração do solo, que é utilizado para determinar a precipitação excedente acumulada.

Deste modo, Babaei et al. (2018) afirmam que o parâmetro CN é o mais sensível na calibração do modelo. Em complemento a esta afirmação, Ribeiro (2015) encontra diferenças estatisticamente significativas na vazão máxima de projeto, a partir de valores de variáveis extraídas de diferentes modelos digitais de terreno. Com isso, pressupõe-se que a acurácia dos valores das variáveis são fundamentais para a correta estimativa dos valores de vazão obtidos por modelos hidrológicos.

2. Objetivo

Analisar a viabilidade de reclassificar uma Ortofoto por meio de limiares numéricos e realizar a caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns.

3. Material e Métodos

Vale destacar que as técnicas apresentadas aqui podem ser aplicadas tanto em bacias urbanas, como rurais em regiões úmidas, como no pantanal, por exemplo. Tendo em vista, a possibilidade de obtenção de uma ortofoto e imagem de radar SRTM.

3.1. Caracterização da Área de Estudo

O Ribeirão Anicuns é afluente do Rio Meia Ponte e este pertence à bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. A bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns, com dimensão de 221,4 km², está localizada em sua totalidade na região metropolitana do município de Goiânia com aproximadamente 80% de área urbanizada. Esta bacia abrange um total de 688 bairros que variam de baixa a alta densidade urbana. (**Figura 1**)

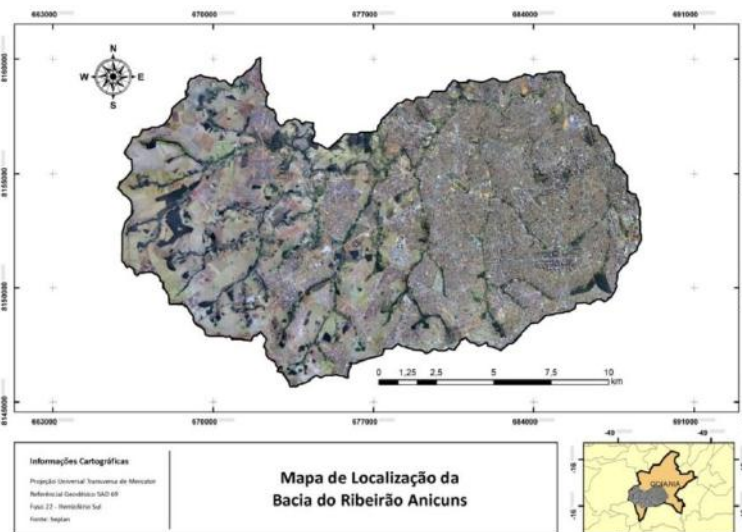


Figura 1 – Limites da área de interesse

O município de Goiânia surgiu a partir do “movimento criado pelo governo de Getúlio Vargas para acelerar o progresso e a ocupação do Centro-Oeste incentivando as pessoas a migrarem para o centro do país”. No início havia apenas o povoado de campinas, a partir daí alguns bairros foram surgindo como o parcelamento do setor oeste e sul, mais a leste da bacia hidrográfica, que atualmente é a região com maior adensamento populacional (IBGE, 2010).

Essa região, conhecida como centro cívico da cidade, concentrou a maior parte do comércio e atraiu imigrantes em busca de emprego ao longo das décadas, e de forma paralela, subsidiou a expansão e densificação urbana (Nascimento e Oliveira, 2015). A bacia do ribeirão Anicuns foi escolhida pelo fato de concentrar uma grande quantidade de cursos d’água e elevada densidade populacional.

3.2. Base de dados

A **Figura 2** descreve as etapas para a realização deste estudo.

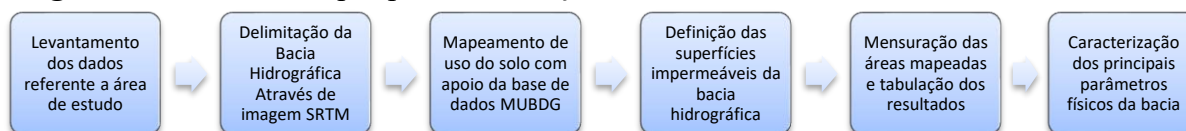


Figura 2 – Fluxo do estudo

- Imagem de Radar

Foi utilizada nesta pesquisa, uma imagem de radar melhorada, elaborada a partir dos dados *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* disponibilizada pelo *United States*

Geological Survey (USGS), e distribuída pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com resolução espacial de 30m, disponível no site <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

- Ortofoto da Bacia do Ribeirão Anicuns

No ano de 2006 a prefeitura de Goiânia contratou uma empresa de geotecnologia para realizar a aquisição de uma ortofoto digital na escala de 1:5000 com resolução espacial de 60 cm, nos limites do município mais um buffer de 1000m a partir da borda (Nazareno et al., 2009).

- Mapa Urbano Digital de Goiânia (MUBDG)

O MUBDG é uma base de dados digitais, elaborada pela antiga Telegoiás, Celg, Saneago e o Município de Goiânia, a fim de fornecer informações no formato vetorial de vias, drenagem, quadras, lotes, escolas, unidades de saúde, dentre outros. O dado foi obtido via DVD ROM de forma direta na prefeitura de Goiânia.

3.3. Processos

3.3.1. Delimitação do Contorno da Bacia Hidrográfica

O procedimento de extração de bacias hidrográficas através de imagem SRTM é muito comum no âmbito das geotecnologias, e bem representado na literatura técnica. Nesta pesquisa foi utilizada como base a metodologia aplicada por Sobrinho et al (2010) para extrair a bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns. A **Figura 3** mostra as etapas para realização desta técnica.

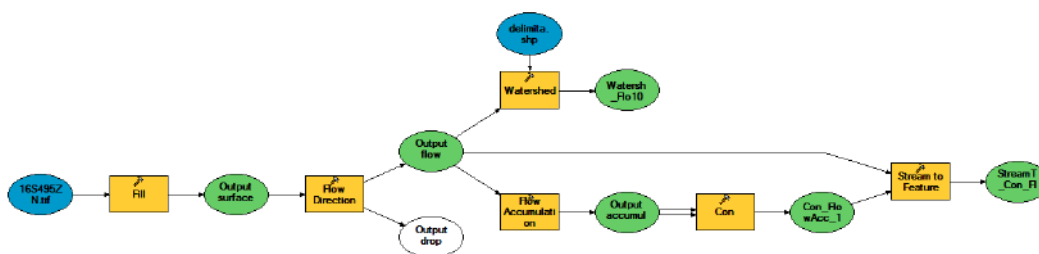


Figura 3 – Etapas para extração da Bacia Hidrográfica

Como ilustra a **Figura 3** o procedimento de extração foi automatizado através de um software SIG, utilizando o conceito de programação orientada a objetos a partir da linguagem Python.

3.3.2. Reclassificação da Ortofoto

Através do procedimento de reclassificação podem-se estabelecer limiares correspondentes a determinadas feições de uma imagem. A priori, foram definidas 5 classes, sendo: sombra, vegetação, vias, superfície impermeável intraquadra e drenagem. Destas, apenas as classes de sombra, vegetação e superfície impermeável intraquadra foram classificadas, as demais classes foram obtidas a partir do MUBDG.

Em seguida, para cada classe foi coletado um conjunto de amostras a partir da Ortofoto, e destas foram extraídos os valores de nível de cinza. Os valores foram tabelados em planilha Excel para o cálculo das estatísticas de valores mínimos, máximos, médios e mediana. Em posse destes valores, foi gerado um limiar para cada classe, e este foi utilizado como entrada no processo de reclassificação em ambiente SIG.

O resultado desta reclassificação foi convertido para o formato vetorial, posteriormente, as camadas de vias e drenagem foram utilizadas para realizar um recorte nos locais que foram classificados erroneamente pela ferramenta. Em seguida, realizou-se um procedimento de “merge” entre as camadas, obtendo assim, um produto misto (Ortofoto e MUBDG).

3.3.3. Extração das Vias e Drenagem

A informação da via contabiliza um percentual significativo de impermeabilidade da bacia. Esta informação não é fornecida de forma imediata, porém, os eixos das vias são fornecidos. No entanto, dentro da bacia hidrográfica existem diferentes tipos de vias com suas respectivas larguras. No primeiro momento os segmentos de vias foram mesclados em segmentos únicos conforme seu tipo (rua, avenida, marginal). Após a junção dos segmentos a ferramenta clip foi utilizada para delimitar a informação apenas na área da bacia hidrográfica.

A largura de cada uma foi definida com base na medida direta entre o shape de meio fio e eixo das vias disponibilizado na base de dados. Os polígonos gerados formaram a malha viária da bacia hidrográfica. A informação referente à drenagem nos limites da bacia hidrográfica foi adquirida através da ferramenta Clip, aplicada à camada de hidrografia, o resultado desta operação foi convertido em raster para posterior uso.

3.3.4. Cruzamento da Base de Dados com o Resultado da Reclassificação

O shape de quadras da base de dados do MUBDG foi utilizado para extrair da imagem reclassificada a informação contida somente nos limites desta camada. Para chegar neste resultado o primeiro passo foi converter de vetor para raster o shape quadras mantendo a mesma resolução espacial da imagem reclassificada (60 cm), posteriormente realizou-se uma operação de “diferença” entre a imagem reclassificada e o raster de quadras.

Após realizar este procedimento obteve-se como resultado preliminar a imagem reclassificada somente nos limites do raster de quadras. Realizando esta ação eliminaram-se todas as ambiguidades existentes nas vias e drenagem. A impermeabilidade intraquadra foi obtida retirando a informação de vegetação e sombra da imagem reclassificada, produto da operação citada no parágrafo anterior através da ferramenta Conditional em ambiente SIG.

Como descrito anteriormente, a imagem foi reclassificada de 1 a 5 onde cada dígito representa uma classe. A informação referente à vegetação foi representada pelos dígitos de 1 a 3. Logo, esta informação foi extraída através da ferramenta Conditional com a expressão em SQL “Value > 3”, o resultado foi um raster somente com a informação de impermeabilidade intraquadra.

Para extrair a informação referente à vegetação da bacia, foi utilizado o mesmo princípio na extração da impermeabilidade, excluindo os valores acima de 3 o resultado obtido foi a separação da vegetação e sombra representada pelo dígito 1. A partir deste resultado repetiu-se o processo para separar as regiões de sombra da vegetação. No final deste processo com apoio da base de dados obtivemos a discriminação dos elementos de vegetação, impermeabilidade intraquadra, drenagem, vias e sombra.

4. Resultados e Discussão

A partir dos resultados obtidos com o desenvolvimento desta metodologia foi possível discriminar os elementos sombra, água, vegetação, superfície impermeável, malha viária, desta bacia hidrográfica. A **Figura 4** mostra o percentual destas classes e as **Figuras de 5 a 7** fornecem uma visão geral da área de estudo reclassificada.

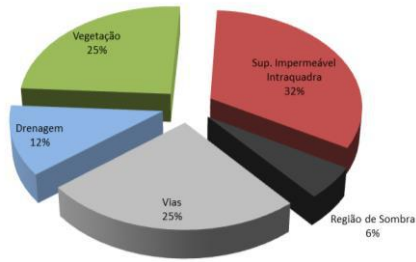


Figura 4 – Percentual das áreas mapeadas

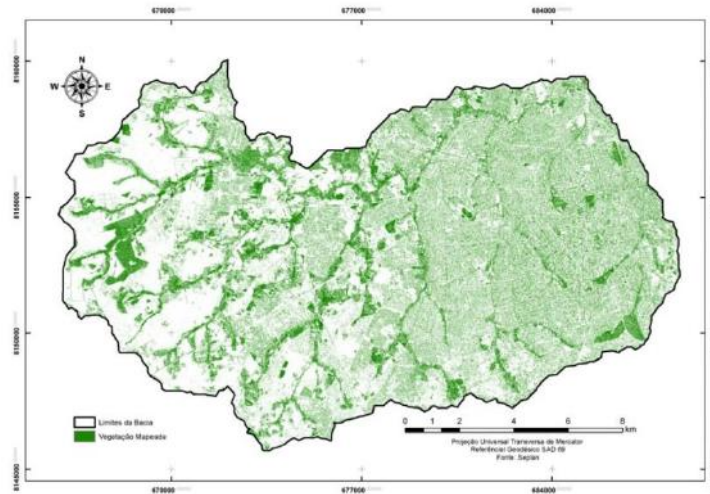


Figura 5 – Camada de vegetação extraída da Ortofoto

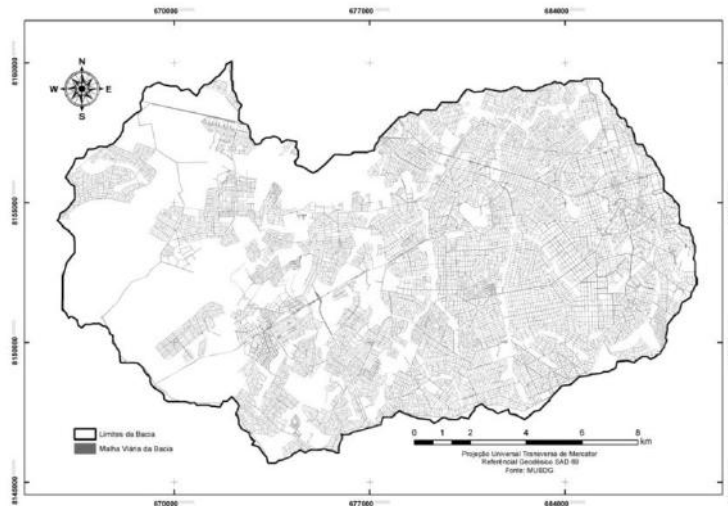


Figura 6 – Malha viária da bacia do Ribeirão Anicuns

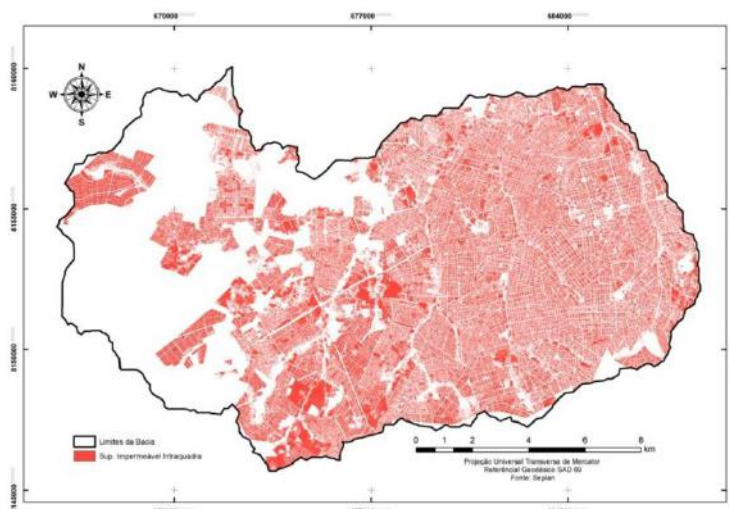


Figura 7 – Impermeabilidade intraquadra do Ribeirão Anicuns

A classe Superfície Impermeável Intraquadra totalizada em 32% da área da bacia foi composta pela área construída e solo intraquadra. Segundo trabalho realizado pelos autores Sebusiani e Bettine (2011) sobre ocupação do solo em micro bacia urbana, o grau de impermeabilidade dos solos em áreas residenciais urbanas é alto.

Em concordância com esta afirmação, neste trabalho foi considerado como impermeável os solos encontrados nas regiões intraquadra devido ao seu alto grau de compactação, que diminui a porcentagem de infiltração contribuindo para o aumento do escoamento superficial. A drenagem representando 12% e as vias com 25% são as classes com melhor nível de discriminação. Como foram extraídas da base de dados no formato shape e transformadas em raster posteriormente, não houve ambiguidades para estas informações.

Sobre a região de sombra com 6% nada se pode dizer, portanto estas áreas foram consideradas nulas. No primeiro momento a vegetação foi reclassificada em vegetação rasteira e vegetação alta. No entanto, a separação destas classes não foi satisfatória em alguns pontos da bacia como ilustra a **Figura 8**. Portanto, optou-se em mesclar estas classes no intuito de obter esta informação de uma forma geral, porém fidedigna.

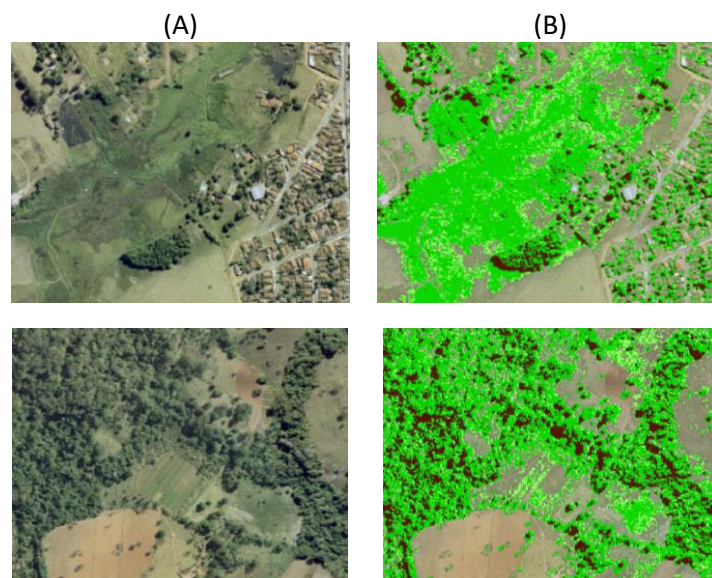


Figura 8 – (A) Recorte Ortofoto; (B) Reclassificação da Vegetação.

Como o foco deste trabalho é avaliar as áreas impermeáveis da bacia do Anicuns, o resultado generalizado para vegetação foi considerado satisfatório, pois, ao unir as classes idealizadas a priori, extinguiu-se a ambiguidade entre elas, tornando a informação mais confiável. A informação de vegetação bem definida foi de extrema importância para extrair a impermeabilidade intraquadra (**Figura 9**), subtraindo esta das regiões internas das quadras, o que resta é solo compactado e área construída, superfícies com alto grau de impermeabilidade.



Figura 9 – Resultado da reclassificação da Ortofoto

4.1. Características Físicas da Bacia do Ribeirão Anicuns

As características físicas de uma bacia hidrográfica são essenciais para que se conheça o comportamento hidrológico envolvido naquela área. Estes dados aliados à informação de impermeabilidade de uma bacia hidrográfica servem como subsídio na análise da susceptibilidade a inundações da mesma, a **Tabela 1** mostra as principais características físicas para a bacia do ribeirão Anicuns.

Tabela 1 – Principais características físicas da bacia do ribeirão Anicuns. L= Comprimento total dos cursos d'água; A= Área da bacia hidrográfica; P= Perímetro; K_c = Coeficiente de Compacidade; K_f = Coeficiente de Forma; D_d = Densidade de Drenagem; l = Extensão média do escoamento superficial; Sin= Sinuosidade do curso d'água.

L (km)	A (km ²)	P (km)	K _c	K _f	D _d (km/km ²)	l (km)	Sin
14.540	221,4	73,9	1,39	0,04	66	2,6	1,3

A bacia do ribeirão possui uma extensão total dos cursos d'água de 14.540 km com área de 221,4 km², e perímetro de 73,9 km. O valor encontrado para o coeficiente de compacidade (K_c) de 1,39 é um valor considerado médio, isso mostra que a bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns tem uma tendência mediana a grandes inundações.

O fator de forma encontrado foi de 0,04. Mattos e Villela (1995, p. 14) afirmam ainda que quanto menor for o valor deste coeficiente, mais alongada é a bacia e menor será a tendência às inundações. O valor de K_f encontrado para a bacia deste estudo sugere que sua forma seja mais alongada, o que torna menor a possibilidade de inundações na bacia como um todo.

O valor encontrado para densidade de drenagem de 66 km/km² é considerado por STHRALER (1957) citado por Lima (2008) um valor alto, ótimo desenvolvimento de drenagem, pois se encontra nesta classe determinada pelos valores de 13,5 – 155,5 km/km². Lima (2008) afirma em seu trabalho que existe uma correlação entre valores baixos de densidade de drenagem, regiões de rocha permeável e regime pluviométrico de baixa intensidade.

Em relação ao resultado encontrado é possível deduzir que a bacia do Ribeirão Anicuns pode ter regiões de rocha impermeável e um regime pluviométrico de média a alta intensidade, o que aumentaria substancialmente o escoamento superficial nesta área. Segundo Mattos e Vilella (1995, p. 17) diversos fatores podem influenciar no índice de extensão média do escoamento superficial, no entanto, ele serve como um indicador desta distância. O valor observado para a bacia do Ribeirão Anicuns é de 2,6 km.

A sinuosidade do curso d'água é um índice que indica a velocidade com que a água escoou pela bacia, o valor de 1,3 obtido para a bacia em questão, indica que praticamente não há sinuosidade para o curso d'água do Ribeirão Anicuns.

5. Conclusões e Sugestões

As técnicas de geoprocessamento se mostraram viáveis tanto na extração de informação da ortofoto, quanto na caracterização dos principais parâmetros físicos da bacia hidrográfica em questão. Os limiares estabelecidos para cada classe representaram de forma coerente às feições definidas a priori.

As principais características físicas da bacia do Ribeirão Anicuns são importantes no contexto do trabalho por que validam o resultado encontrado de impermeabilidade, que pode ser comprovado pela reclassificação, e por sua densidade de drenagem, que indica a presença de rochas impermeáveis na região de estudo.

Em consequência disto, apesar do fator de forma indicar uma menor possibilidade de inundações para esta bacia, o coeficiente de compacidade reflete uma situação tendenciosa a estes eventos.

6. Referências

Babaei, S.; Ghazavi, R.; Erfanian, M. **Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and Promethee ii approach**. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2018.

Chen, J. et al. Urbanization impacts on surface runoff of the contiguous United States. **Journal of environmental management**, n. 187, p. 470-481, 2017.

Nazareno, N. R. X.; Ferreira, N. C.; Macedo, F. C. **Avaliação da exatidão cartográfica da ortomagem quickbird e da ortofoto digital do Município de Goiânia.** In: Proc. XIV Brazilian Remote Sensing Symp., Goiânia, Goiás, Brazil. 2009. p. 1771-1778.

Esri, ArcGIS Desktop. 9.3 Help. Last Modified April, v. 25, 2009.

Fitria; Sutjiningsih, D.; Siswantining, T. **The modelling study of well water quality in urban area (A literature study).** In: **AIP Conference Proceedings.** AIP Publishing, 2018. p. 050004.

IBGE. **População goiana cresce acima da média nacional.** 2010. Disponível em: < <http://www.goianiabr.com.br/2010/12/populacao-goiana-cresce-acima-da-media.html>>. Acesso em: 08 março 2018.

Irwin, N. B. et al. Constructed wetlands for water quality improvements: Benefit transfer analysis from Ohio. **Journal of Environmental Management**, v. 206, p. 1063-1071, 2018.

Jensen, J. R.; Epiphanyo, J. C. N. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Parêntese, 2011.

Júnior, J. B. T.; Uberti, M. S.; Antunes, M. A. H. **Avaliação de Imagens Ikonos II e Quickbird para Obtenção de Bases Cartográficas para o Cadastro Técnico Municipal.** 2006.

Lima, P. W. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas.** São Paulo, 2008, 245 p. Apostila do Departamento de Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Disponível em: < <http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf> >

Nascimento, D. T. F.; De Oliveira, I. J. Mapeamento do processo histórico de expansão urbana do município de Goiânia-GO. **GEOgraphia**, v. 17, n. 34, p. 141-167, 2015.

Oliveira, R. M.; Formiga, K. T. M. **O uso de Sistemas de Informações Geográficas na operação de sistemas de distribuição de água.** 2009.

Prosdocimi, M. et al. **The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards.** *Science of the Total Environment*, v. 547, p. 323-330, 2016.

Ribeiro, H. J. **Análise da consistência de dados hidrológicos a partir de diferentes modelos digitais de terreno.** 2015.

Sebusiani, H. R. V.; Do Carmo Bettine, S. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 1, 2011.

Sobrinho, A. T.; Oliveira, S. T. P.; Rodrigues, B. B. D.; Ayres, M. F. **Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados SRTM.** Jaboticabal, v.30, n.1, 2010.

Sunde, M. G. et al. **An integrated modeling approach for estimating hydrologic responses to future urbanization and climate changes in a mixed-use midwestern watershed.** *Journal of environmental management*, v. 220, p. 149-162, 2018.

Villela, S.M. & Mattos, A. **Hidrologia Aplicada.** Ed. McGraw-Hill. 1975. 245 p.