

Received:
September 30, 2022

Accepted:
October 30, 2022

Published:
October 31, 2022

Influence of soil use and occupation on the surface flow slide in the São Benedito river hydrographic microbasin

Rodrigo Esteves Ribeiro¹, Luan Brioschi Giovanelli¹, Francisco César Dalmo¹
Rafael Alvarenga Almeida¹

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, ICET, Teófilo Otoni, Brasil.

rodrigo.ribeiro@ufvjm.edu.br (Rodrigo Ribeiro) – Corresponding author

luan.giovanelli@ufvjm.edu.br (Luan Giovanelli)

francisco.dalmo@ufvjm.edu.br (Francisco Dalmo)

rafael.almeida@ufvjm.edu.br (Rafael Almeida)

Abstract

Knowing about the surface runoff is an important information in the context of planning and integrated management of hydrographic basins. The objective of this research is to analyze the influence of land use and occupation on the surface runoff in the Ribeirão São Benedito watershed, located in Teófilo Otoni/MG, in the years 2013 and 2021. To estimate the surface runoff in the watershed, the CN method (USDA, 1954) of the National Service for the Conservation of Natural Resources (NRCS) of the United States Department of Agriculture (USDA) was used. It was found, between the years 2013 and 2021, that there was an increase of 2% in the surface runoff; This was mainly due to the increase in exposed soil in the watershed.

Keywords: Curve Number. Geographic Information System (GIS). Classes.

1. Introdução

Em decorrência da expansão urbana, da expansão da agricultura e do aumento do consumo de matéria prima, as áreas de vegetação nativa passaram a sofrer grande pressão para serem exploradas. Segundo Garotti (2008), o desenvolvimento urbano acontece de forma descontrolada e sem planejamento, e a ocupação de um território ocorre devido as seguintes etapas, em ordem cronológica: desmatamento, cultivo de terras, implantação de estradas e o processo de urbanização. Tais ações trazem como consequência a alteração nas características físicas e naturais da região, como o aumento do escoamento superficial.

O aumento de áreas impermeáveis e de solo exposto colaboram de forma efetiva para o aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, de problemas associados a esse aumento. Oliveira, Ferreira e Estevam (2021), ao analisarem os fatores atuantes para ocorrência dos alagamentos e enchentes urbanas na cidade de Salvador, verificaram que a substituição de áreas arborizadas

e permeáveis por coberturas de concreto e asfalto introduziram na cidade um complexo conjunto de fatores favoráveis à ocorrência dos alagamentos e enchentes urbanas.

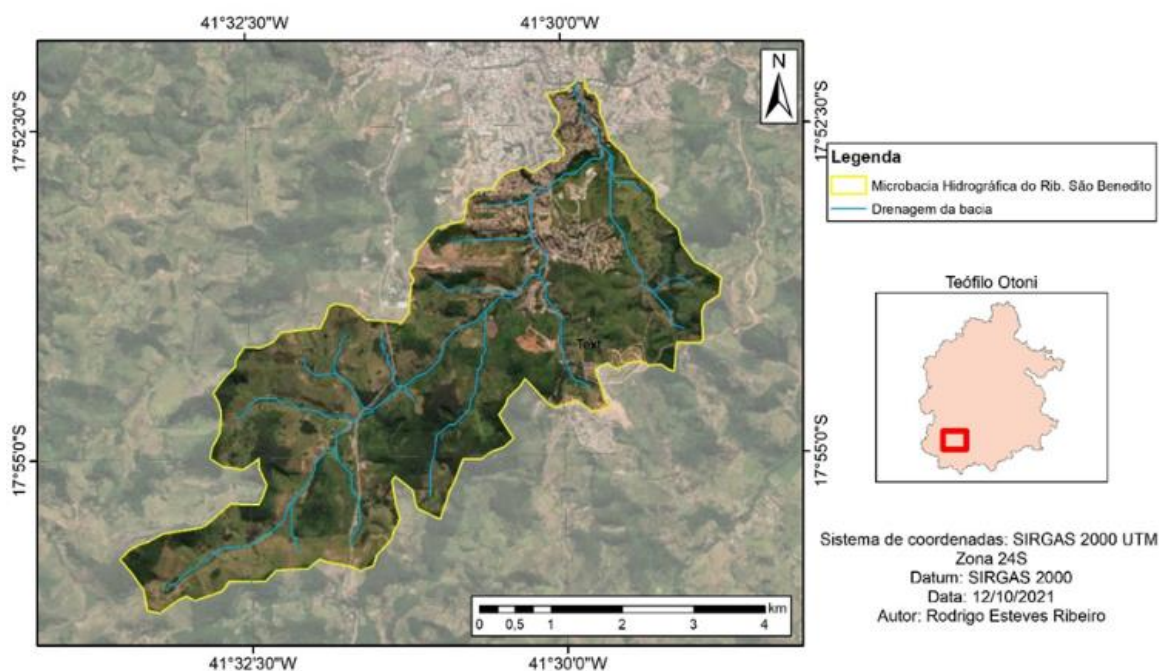
A fim de compreender o comportamento hidrológico de uma região, faz-se necessário conhecer a área de contribuição da drenagem natural, ou seja, a bacia hidrográfica. Silveira (2009) define a bacia hidrográfica como um sistema físico no qual a entrada de água é representada pelo volume precipitado, e a saída pelo volume escoado até o exutório, sendo os volumes evaporados, transpirados e infiltrados considerados como perdas intermediárias. De acordo com Almeida et al. (2017), as características fisiográficas de uma bacia hidrográfica influenciam nos processos de infiltração de água no solo, na quantidade de água produzida como deflúvio, na evapotranspiração, nos escoamentos superficial e subsuperficial, dentre outros. Nesse ínterim, o presente trabalho busca analisar a influência do uso e ocupação do solo no escoamento superficial da microbacia hidrográfica do Ribeirão São Benedito, nos anos de 2013 e 2021.

2. Metodologia

O processo metodológico aplicado a este estudo compreendeu as fases de identificação, delimitação e caracterização da área de interesse, no que tange à identificação das altitudes, declividades e o uso e ocupação do solo; consulta dos valores totais médios mensais de precipitação da região; e a determinação do escoamento superficial. Por fim, comparou-se os resultados obtidos de lâmina de escoamento com a variação de uso e ocupação do solo entre os anos de 2013 e 2021. A comparação teve como base estudos científicos que comprovam a relação entre as classes de uso e ocupação do solo e o escoamento superficial.

2.1. Identificação, delimitação e análise da área de estudo

A microbacia do Ribeirão São Benedito (Figura 1), situa-se no município de Teófilo Otoni – MG, localizado no Vale do Mucuri, sendo pertencente à sub-bacia do Rio Todos os Santos, um dos principais afluentes do Rio Mucuri que, por sua vez, pertence à Região Hidrográfica do Atlântico Leste. A microbacia é composta majoritariamente por área rural, e possui uma área total de, aproximadamente, 23 km², ocupando, dessa forma, 1,32% da área da sub-bacia do Rio Todos os Santos.



De acordo com informações presentes no portal de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA), a região está inserida no bioma mata atlântica, possuindo um clima tropical semiúmido e temperatura média de 18 °C em todos os meses do ano. O relevo predominante é composto por planaltos, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e geologia constituída principalmente de rochas metamórficas do tipo Metatonalito, Gnaiss, Mármore, Rocha Calcissilicática e Xisto.

Para delimitar a microbacia do Ribeirão São Benedito, realizou-se o download do Modelo Digital de Elevação (MDE) no banco de dados geomorfométricos do Brasil, fornecido pelo

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O MDE é um arquivo de imagem em formato matricial utilizado como base para a delimitação de bacias hidrográficas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o MDE é o modelo digital que representa as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações. Em seguida, o arquivo foi exportado para o software ArcGIS 10.5/ArcMap®, utilizado para a delimitação da bacia hidrográfica e confecção dos mapas de altitude, declividade, e uso e ocupação do solo.

Antes de sua aplicação, o MDE passou por um processo de correção de erros sistemáticos. Inicialmente, fez-se necessário reprojeta-lo para o

sistema de coordenadas métricas SIRGAS 2000 UTM Zona 24S e redefinir sua resolução para 30 metros. Em seguida, empregou-se a ferramenta Raster Calculator para eliminar os pixels negativos. Por fim, aplicou-se a ferramenta Fill para eliminar os valores espúrios, de maneira que a drenagem a ser gerada siga a direção correta do escoamento, gerando, assim, o Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC).

De posse do MDEHC, realizou-se a delimitação da bacia de contribuição e geração da drenagem numérica, por meio dos seguintes passos: determinação da direção de escoamento por meio da ferramenta Flow Direction e identificação do fluxo acumulado da microbacia utilizando a ferramenta Flow Accumulation. Objetivando-se obter uma drenagem que se aproximasse das condições reais, foram utilizadas 100 células (pixels) de contribuição, tendo como base de comparação o shapefile da hidrografia do Brasil fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala 1:250.000.

Segundo a Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE, 2011), um shapefile é um arquivo constituído de feições em formato de ponto, linha ou polígono que possuem referência espacial (coordenadas geográficas) do elemento mapeado. Após geração da drenagem, a bacia de contribuição foi delimitada a partir de seu exutório, por meio da função Watershed.

O mapa de declividade foi elaborado por meio das ferramentas Slope e Reclassify, tendo como base o MDEHC.

A fim de classificar os usos e ocupações do solo na microbacia nos anos de 2013 e 2021, foram obtidas imagens do USGS (Serviço Geológico Americano) do satélite LandSat8, com resolução espacial de 30 metros, datadas de 01/07/2013 e 20/05/2021. A combinação das bandas 6, 5 e 2 associadas as cores vermelho, verde e azul, respectivamente, possibilitou classificar os tipos de uso e ocupação do solo presentes na microbacia, nos dois anos, utilizando-se, a classificação supervisionada. O método em questão utiliza amostras de cada classe identificada para realizar a classificação de maneira automática. Para este estudo foram utilizadas 20 amostras para cada classe de uso e ocupação do solo. Para verificar se as classificações realizadas condizem com a realidade, os mapas gerados foram comparados com

imagens do Google Earth obtidas na mesma data das imagens utilizadas para a classificação.

2.2 Estimativa da lâmina de escoamento

Para realizar a estimativa da lâmina de escoamento superficial na microbacia utilizou-se o método da Curva Número (CN) (USDA, 1954) do Serviço Nacional de Conservação de Recursos Naturais (NRCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). O método foi escolhido em razão de Rallison e Miller (1982) terem aprimorado sua aplicação para uso em pequenas bacias agrícolas, característica semelhante à bacia em estudo.

No método CN a estimativa de escoamento superficial é realizada como descrita pela Equação (1):

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} \quad (1)$$

Onde: Q é a lâmina de escoamento superficial (mm);

P é a precipitação média (mm); e

S é a capacidade máxima de armazenamento de água (saturação) da camada superior do solo na bacia hidrográfica (mm).

A Eq. (1) somente é válida para $P > 0,2S$ (20% da capacidade de armazenamento de água), haja vista que, quando $P < 0,2S$, $Q = 0$.

O método em questão utiliza o percentual de 20%, ou 0,2, como constante de proporcionalidade entre a perda inicial e a capacidade máxima de armazenamento de água no solo (S). Todavia, a constante utilizada não se adequa a solos brasileiros. Alves (2016), ao aplicar o método CN em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos no Sul de Minas Gerais, utilizou diferentes métodos para determinação da Curva Número e da constante de proporcionalidade. Ao confrontar diferentes valores para a estimativa da constante, constatou-se no estudo que as melhores estimativas resultaram dos métodos baseados nos valores de 0,05 e 0,02, para a bacia estudada. Tendo em vista que a microbacia do Ribeirão São Benedito é constituída de Latossolo Vermelho Amarelo, utilizou-se o valor de 0,05 como constante de proporcionalidade (Eq. 2). Logo, tem-se que:

$$Q = \frac{(P-0,05S)^2}{P+0,8S} \quad (2)$$

O parâmetro S é relacionado ao CN como apresentado na Eq. (3):

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (3)$$

Onde CN é um índice para escoamento adimensional, baseado no grupo hidrológico de solos (GHS), uso e cobertura, condições hidrológicas e condições antecedentes de umidade, cujos valores variam entre 1 e 100. Valores altos de CN indicam alto escoamento (MELESSE; SHIH, 2002).

Caso existam várias classes de uso e ocupação do solo na mesma bacia, o valor de CN deve ser ponderado em função da área de cada classe (Eq. 4):

$$CN_p = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4)$$

Onde:

CN_p é o valor de curva número ponderado (adimensional);

CN_i é o valor de curva número de cada classe de uso e ocupação do solo na microbacia (adimensional); e A_i é a área de cada classe (km²).

O CN_i foi obtido a partir da Nota Técnica nº 46/2018/SPR elaborada pela ANA (2018) e do estudo desenvolvido por Almeida (2016b), nos quais baseiam-se em valores estabelecidos por Tucci (2001) adaptados para as condições de clima brasileiro. A identificação do grupo hidrológico foi realizada de acordo com a classificação dos solos brasileiros para cada um dos grupos hidrológicos do método CN proposta por Sartori et al. (2005). O Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, solo que abrange toda a região em estudo, se enquadra no grupo hidrológico B. Desta maneira, os valores de CN utilizados neste estudo, para cada classe, foram: Floresta (60); Pastagem (35); Zona Urbana (93); e Solo exposto (84).

A área de cada classe de uso e ocupação do solo foi obtida a partir da classificação supervisionada realizada por meio do software ArcGIS 10.5/ ArcMap®.

O método foi aplicado para todos os meses do ano, sendo os totais médios mensais de precipitação extraídos da série histórica (1968 a 2020) da estação pluviométrica 01741001 (Fazenda Mucuri), localizada no município de Teófilo Otoni – MG, nas coordenadas 17°35'42.0"S e 41°29'34.1"W.

4. Resultados

Nas Figuras (2) e (3) são apresentados os mapas referentes ao MDEHC e à declividade da microbacia do Ribeirão São Benedito.

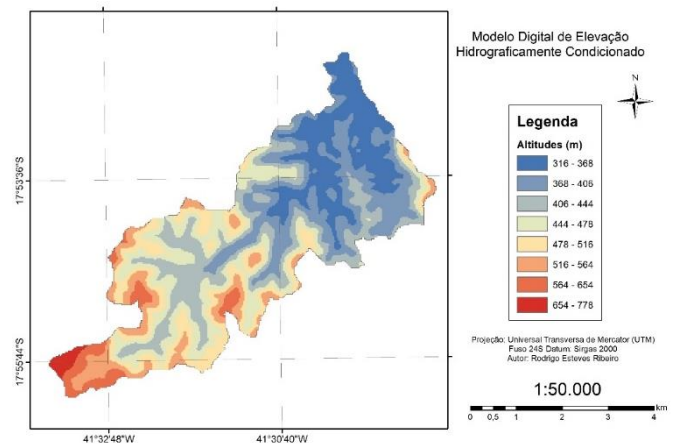


Figura 2 – Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado.

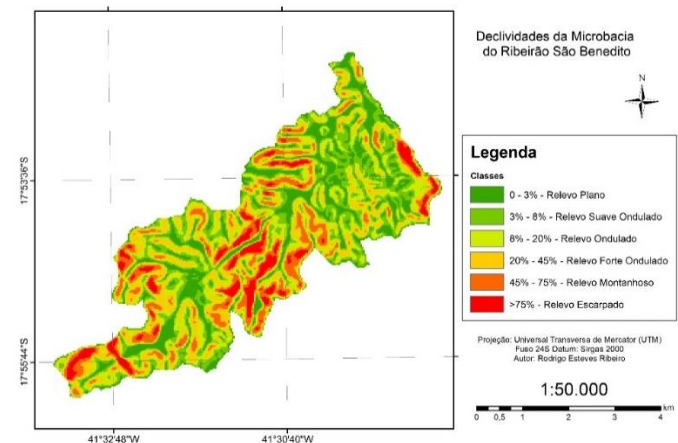


Figura 3 – Declividades da microbacia do Ribeirão São Benedito.

A altitude da microbacia em estudo varia de 316 a 778 metros. Por meio de visita in loco foi possível observar que as regiões de menores altitudes, próximas ao exutório do curso d'água, são as que possuem maior interferência antrópica, associada à presença de residências. Esta realidade é consequência do crescimento da cidade de Teófilo Otoni no entorno do Rio Todos os Santos. Já as regiões de maior altitude, que abrigam as nascentes do curso d'água, são marcadas pela pecuária, com a presença de vastas áreas para pastagem dos animais.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2008) divide o relevo em 6 classes, considerando-se sua declividade, a saber: relevo plano, relevo suave ondulado, relevo ondulado, relevo forte ondulado, relevo

montanhoso e relevo escarpado. Verifica-se, na Tabela (1), que a região de estudo é composta predominantemente por relevo suave ondulado, relevo ondulado e relevo forte ondulado.

De acordo com Feitosa et al. (2010), o escoamento superficial é mais intenso em regiões de maior declividade. Áreas declivosas possuem um escoamento superficial mais atuante, favorecendo a erosão dos solos e reduzindo sua capacidade de recarga; enquanto as áreas mais rebaixadas e planas possuem um escoamento lento, grande recarga e solos mais desenvolvidos e profundos.

Nas Figuras (4) e (5) são apresentados os mapas de uso e ocupação do solo referentes aos anos

de 2013 e 2021, respectivamente, elaborados após classificação supervisionada.

Tabela 1 – Percentual de área das declividades da microbacia.

Declividade		
Tipo de Relevo	Percentual	Área
Relevo Ondulado	21,90%	5,0 km ²
Relevo Suave Ondulado	21,44%	4,9 km ²
Relevo Forte Ondulado	20,34%	4,6 km ²
Relevo Plano	15,37%	3,5 km ²
Relevo Montanhoso	14,45%	3,3 km ²
Relevo Escarpado	6,50%	1,5 km ²
Total	100%	22,6 km²

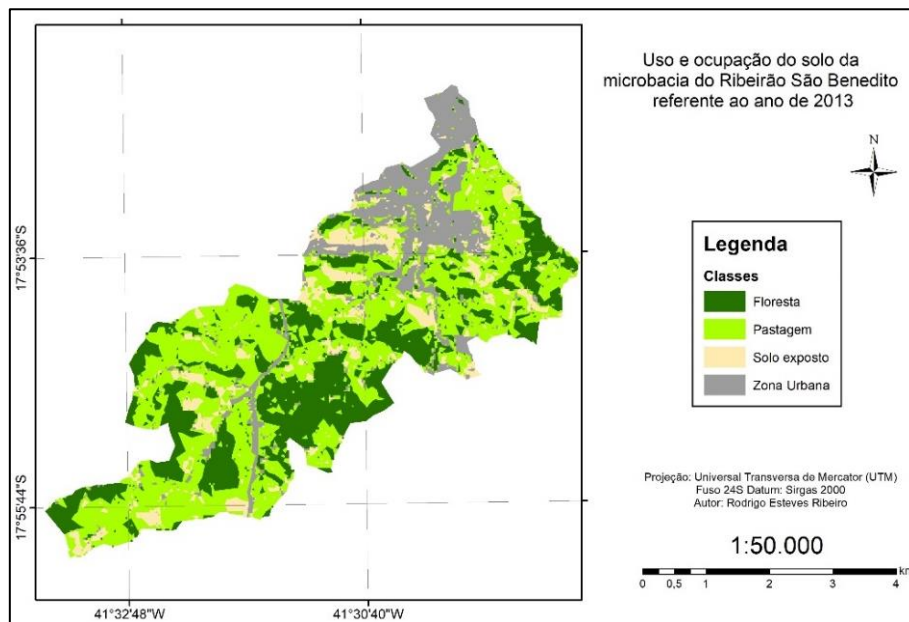


Figura 4 – Uso e ocupação do solo referente ao ano de 2013.

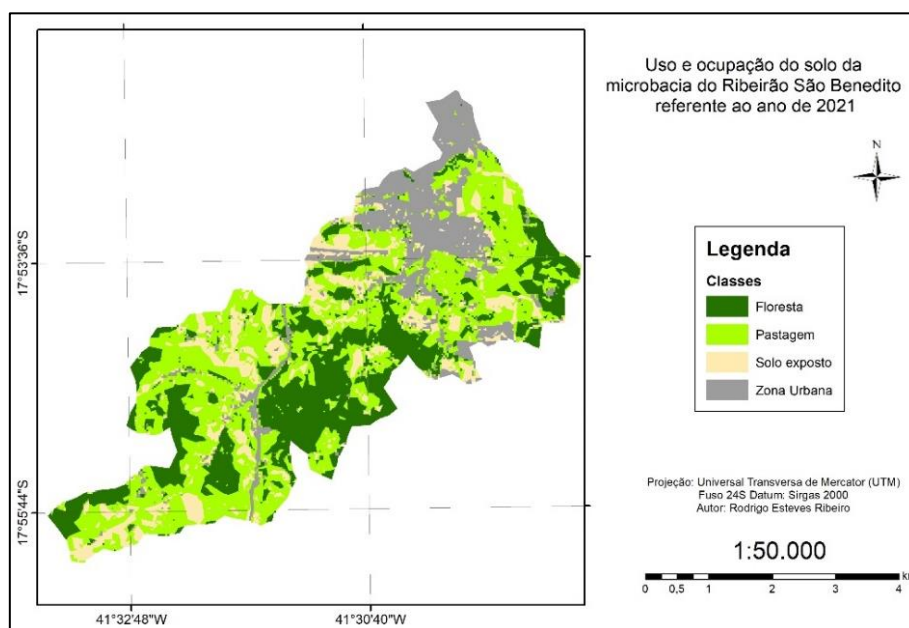


Figura 5 – Uso e ocupação do solo referente ao ano de 2021.

Na Tabela (1) são apresentados a área e o percentual relativos à cada classe, bem como a variação entre os anos analisados.

Tabela 2 – Áreas das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2013 e 2021.

Classes	2013		2021		Δ 2013 - 2021 (%)
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Florestas	6,28	27,48	6,16	26,97	-1,8
Pastagem	10,57	46,26	9,51	41,63	-10,0
Solo exposto	2,31	10,11	3,37	14,76	45,9
Zona Urbana	3,69	16,15	3,80	16,64	3,0
Total	22,86	100	22,86	100	

De posse das Figuras (4) e (5) e da Tabela (1), verifica-se que a pecuária é a principal classe presente na microbacia, ocupando uma porção superior a 40% da área total, em ambos os anos. Destaca-se, ainda, o aumento superior a 45% do solo exposto de 2013 a 2021. Por meio de visita in loco foi possível verificar que as regiões de solo exposto na microbacia estão associadas, entre outros aspectos, às estradas de terra, às pastagens degradadas e ao desmatamento da vegetação nativa.

Na Figura (6) são apresentadas as lâminas médias de precipitação total mensal, bem como as lâminas de escoamento superficial obtidas para os 2 anos analisados.

Pode-se verificar, na Figura (6), que houve um aumento da lâmina de escoamento superficial entre os anos – 523,90 mm em 2013 e 533,67 mm em 2021, evidenciando um aumento de 2% no período analisado.

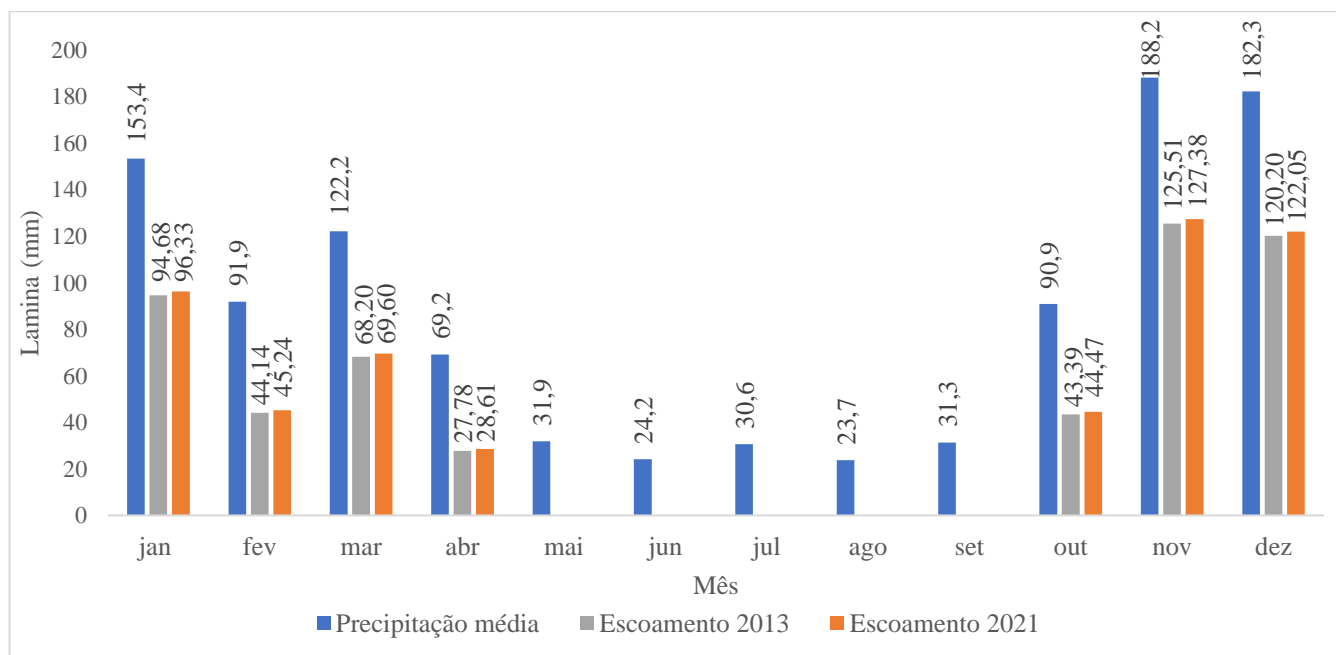


Figura 6 – Lâminas médias de precipitação total mensal (mm), e lâminas de escoamento superficial (mm) obtidas para os 2 anos analisados.

Observa-se, ainda, que a lâmina de escoamento superficial entre os meses de maio a setembro foi considerada inexistente pelo método utilizado, haja vista que a precipitação nestes meses foi inferior a 0,05S (5% da capacidade de armazenamento de água).

Segundo Menezes (2010) o processo de impermeabilização do solo compromete a infiltração das águas das chuvas. O solo exposto, de acordo com Lacerda et al. (2018), favorece o

escoamento superficial da água, prejudicando a recarga hídrica e facilitando a erosão do solo.

Um estudo realizado por Almeida (2016a), visando analisar as modificações do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica urbana da Universidade Federal de Juíz de Fora (UFJF) e suas interferências no escoamento superficial da região, estimado por meio do método CN, comprovou que a expansão do campus, associada a

impermeabilização do solo, compromete a infiltração da água no solo.

Nunes et al. (2011) ao aplicarem o método CN, juntamente com a utilização de técnicas de tratamento de dados em ambiente SIG, na bacia hidrográfica do Rio Atuba, em Curitiba – PR, verificaram que o método permitiu a identificação da dependência entre o escoamento superficial e os tipos e variações, ao longo do tempo e do espaço, da cobertura vegetal da região; além de outros elementos como capacidade de armazenamento, infiltração e condições de umidade antecedentes aos eventos de precipitação.

Comparando os resultados de variação do uso e ocupação do solo nos anos de 2013 e 2021 com as lâminas de escoamento encontradas, é possível perceber que o aumento do solo exposto, seguido de ocupações urbanas, bem como a redução das áreas de Floresta e Pastagem, contribuiu para o aumento do escoamento superficial ao longo dos 8 anos.

6. Conclusão

Tendo em vista a aptidão da microbacia para a pecuária, com a presença de pastagens em áreas com maior declividade, associadas à expansão das áreas de solo exposto, faz-se necessário atentar para a adoção de medidas de conservação de solo e água, a fim de diminuir os possíveis impactos oriundos do escoamento superficial.

A utilização do SIG possibilitou o levantamento de aspectos físicos e hidrológicos referentes a região, que podem servir como subsídio para futuros estudos e planejamentos ambientais.

7. Agradecimento

Os autores agradecem à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha do Mucuri - Campus do Mucuri e ao Núcleo Estratégico e Interdisciplinar de Engenharia do Mucuri (NEIEMUC) pelo incentivo.

Referências

Almeida, T.A., 2016a. *Impactos decorrentes das mudanças ocasionais pelo uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica urbana da UFJF – Campus JF sobre o escoamento superficial*. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia ambiental e sanitária) – Curso de engenharia

ambiental e sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

Almeida, R. A., 2016b. *Modelagem hidrológica na bacia do rio Mucuri com a utilização do modelo SWAT*. 2016. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

Almeida, R.A.; Rosa, D.R.Q.; Ferreira, R.G.; Delazari, F.T.; Almeida, I.A., 2017. *Análise morfométrica de uma Sub-bacia do Rio Piracicaba (MG) utilizando Sistemas de Informação Geográfica*. Revista Engenharia na Agricultura, 25(4), pp.372-380.

<https://doi.org/10.13083/reveng.v25i4.815>

ANA – Agência Nacional das Águas, 2018. *Nota Técnica nº 46/2018/SPR*. Documento no 00000.040424/2018-44. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/NOTA_TECNICA_46_2018_SPR.pdf> [Acessado em 01 agosto 2022].

Feitosa, A., Fechine, J.A.L., Ferreira, C.W.S., Araújo, M. do S. B. de., 2010. *Modelagem dinâmica de escoamento superficial influenciando a susceptibilidade à erosão dos solos num município do semiárido de Pernambuco*. Revista Brasileira de Geomorfologia, 11(2), pp.75-82.

<https://doi.org/10.20502/rbg.v11i2.154>

Garotti, L.M., 2008. *Caracterização urbanística e hidrológica do uso e ocupação do solo urbano da cidade de Ribeirão Preto*. Dissertação (Mestrado em engenharia urbana) – Programa de pós-graduação em engenharia urbana da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *MDE – Modelo Digital de Elevação*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=o-que-e>> [Acessado em 05 março 2022].

IDE SISEMA. *Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos*. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>> [Acessado em 05 março 2022].

- Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F., 2006. *World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated*, Meteorologische Zeitschrift, Germany, pp. 259-263.
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Lacerda, H.C.; Fonseca, H.P.; Soares, W.O.; Silva, L.A.; Miranda, D.M.Q.; Faria, A.L.L., 2018. *Classificação supervisionada da Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó: utilizando imagens Landsat - 5 e Landsat - 8*. In: *Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*. p. 362-371.
- Melesse, A.M.; Shih, S.F., 2002. *Spatially distributed storm runoff depth estimation using Landsat images and GIS*. Computers and Electronics in Agriculture, 37(1-3), pp. 173-183.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00111-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00111-4)
- Menezes, P.H.B.J., 2010. *Processo de Escoamento Superficial e Assoreamento na Bacia do Lago Paranoá*. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas). Instituto de Geociências – IG, UnB. Brasília.
- Nunes, F.G.; Fiori, A.P.; Firpo, G., 2011. *Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/ Brasil*. Boletim Paranaense de Geociências, 64-65, pp. 27-39.
<http://dx.doi.org/10.5380/geo.v65i0.6647>
- Oliveira, L.S.; Ferreira, B.C.; Estevam, A.L.D., 2021. *Enchentes na cidade de Salvador, Bahia (Brasil): estudos geográficos nos rios urbanos Lucaia e Camarajipe*. Brazilian Journal of Development, 7(1), pp. 10551-10571.
<https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-721>
- Rallison, R.E.; Miller, N. Past, present and future SCS runoff procedure., 1982. In: *Rainfall-Runoff Relationships*, V.P. Singh, ed., Water Resources Publ., Littleton, CO, p. 353–364.
- Sartori, A.; Neto, F.L.; Genovez, A.M., 2005. *Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 10(4), pp. 05-18.
<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v10n4.p5-18>
- SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará., 2011. *Shape – Definições e Conversão*. Disponível em: <<https://www.semace.ce.gov.br/2011/06/27/shape-definicoes-e-conversao/>> [Acessado em 05 março 2022].
- Silveira, A.L.L., 2009. *Ciclo hidrológico e Bacia Hidrográfica*, In: *Tucci, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação*, 4 ed. ABRH, Porto Alegre.
- Tucci, C.E.M., 2001. *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH.
- USDA – United States Department of Agriculture, 1954. *National Engineering Handbook. sect. 4, Hydrology*, U.S. Govt. Print. Office, Washington, D. C.