

ANÁLISE MORFOMÉTRICA E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A ENCHENTES DA MICROBACIA DO CÓRREGO DA ONÇA, TRÊS LAGOAS - MS

*João Miguel Mercês Bega¹; Natasha Ulhiana Ferreira Ribeiro²; César Gustavo da Rocha Lima³;
Eduarda Noriko Tokuda⁴; Jefferson Nascimento de Oliveira⁵*

RESUMO – A urbanização conduz mudanças no uso e ocupação do solo, modificando a dinâmica hidrológica nas bacias de drenagem, aumentando o volume escoado superficialmente e reduzindo a infiltração, fato este que contribui para a ocorrência de enchentes. Este trabalho objetivou estudar a suscetibilidade da microbacia do Córrego da Onça (área urbana de Três Lagoas - MS) a esse fenômeno. Para tanto, índices morfométricos foram calculados, e dados dos cursos d'água e histórico do uso e ocupação do solo foram levantados. As imagens utilizadas foram do Landsat-5 sensor TM (*Thematic Mapper*), para o ano de 1990 e do Landsat-8 sensor OLI (*Operational Land Imager*), para o ano de 2018, sendo tratadas no *software* SPRING 5.4.3. Constatou-se que somente os índices morfométricos não foram suficientes para inferir a suscetibilidade da microbacia a enchentes. Todavia, o estudo morfométrico serviu como base descritiva das características físico-naturais da área de estudo, pois possibilitou um melhor entendimento da dinâmica hídrica natural que a forma. Com os perfis do canal, longitudinal e transversal, e com os dados de uso e ocupação do solo, foi possível diagnosticar que a microbacia estudada tem tendência a enchentes, devido ao fato da mesma ser muito plana e ter passado por um intenso processo de urbanização.

Palavras-Chave – Urbanização, Georreferenciamento, Impermeabilização.

ABSTRACT - Urbanization leads to changes in land use and occupation, modifying the hydrological dynamics in drainage basins, increasing the volume drained superficially and reducing infiltration, a fact that contributes to the occurrence of floods. This work aimed to study the susceptibility of the Córrego da Onça microbasin (urban area of Três Lagoas - MS) to this phenomenon. For this purpose, morphometric indices were calculated, and data on watercourses and history of land use and occupation were collected. The images used were the Landsat-5 TM sensor (*Thematic Mapper*) for the year 1990 and the Landsat-8 OLI sensor (*Operational Land Imager*) for the year 2018, being treated in the software SPRING 5.4.3. It was verified that only the morphometric indices were not sufficient to infer the susceptibility of the microbasin to floods. However, the morphometric study served as a descriptive basis for the physical-natural characteristics of the study area, since it enabled a better understanding of the natural water dynamics than the shape. With the profiles of the canal, longitudinal and transverse, and the data of land use and occupation, it was possible to diagnose that the microbasin studied tends to flood, due to the fact that it is very flat and has undergone an intense urbanization process.

Keywords - Urbanization, Georeferencing, Impermeabilization.

1) LH² - FEIS UNESP. joaomiguelbega@gmail.com

2) FEIS UNESP. natasha_ul@yahoo.com.br

3) FEIS UNESP. cesar.lima@unesp.br

4) LH² - FEIS UNESP. eduardatokuda@gmail.com

5) LH² - FEIS UNESP. jefferson.nascimento@unesp.br

INTRODUÇÃO

Desde a segunda metade do último século, tem-se verificado um aumento exponencial na parcela populacional residente em centros urbanos (UNITED NATIONS, 2014). Como consequência desse processo, provoca-se no ambiente uma alteração no uso e ocupação do solo, caracterizada pela substituição de superfícies permeáveis naturais, por coberturas praticamente impermeáveis, como asfalto, pavimento rígido, telhados e solo compactado. Ademais, além dos impactos negativos gerados nos ecossistemas aquáticos em relação a sua qualidade (SOARES *et al.*, 2017), existe também um aumento e um adiantamento da vazão de pico nos sistemas de drenagem, resultando em possíveis enchentes, inundações e alagamentos das galerias pluviais (FOX *et al.*, 2012; DAMS *et al.*, 2013; GUO, 2013).

No que tange ao ciclo hidrológico, a mudança antrópica na cobertura vegetal gera uma diminuição do processo de infiltração, o que reduz a recarga dos aquíferos, com reflexo na falta de disponibilidade desse recurso hídrico em épocas de estiagem. O volume escoado superficialmente aumenta, visto que o coeficiente de deflúvio tem seu valor elevado em virtude de uma impermeabilização parcial da superfície (VILLELA e MATTOS, 1975; SILVA, 2016). Tem-se verificado, também, uma mudança no regime de chuvas, decorrente principalmente de uma intensa radiação solar que incide sobre a superfície durante o dia e conduz à ocorrência de chuvas convectivas no final das tardes, caracterizadas por terem curta duração e alta intensidade.

O município de Três Lagoas (MS) se encontra em plena expansão, sendo alvo de um crescimento acelerado e dinâmico, com implantação de novos loteamentos e indústrias todos os anos (BRASIL, 2017). As características de declividade plana do município, associadas à falta de um planejamento mais adequado, corroboram para a existência de sérios problemas na drenagem de águas pluviais da cidade, que se encontra inserida na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça.

Diante do quadro apresentado, este trabalho objetivou estudar a suscetibilidade a enchentes de uma microbacia de drenagem altamente urbanizada, por meio da análise de índices morfométricos, obtidos com recursos do Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG). Além disso, buscou-se averiguar as influências antropogênicas no meio, de forma a elucidar questões relevantes ao estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A microbacia do Córrego da Onça (Figura 1) está localizada no município de Três Lagoas (MS), uma cidade de médio porte da Mesorregião Leste do Estado do Mato Grosso do Sul, situada entre as coordenadas geográficas: 51°30'12" W e 52°30'00" W; 19°30'00" S e 21°05'27" S. Esta microbacia ganha destaque devido à sua grande relevância para a região e pelo intenso processo de degradação que vem sofrendo por ação de interferências da urbanização (AMÉRICO, 2010). Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático de maior abrangência na área é o Aw, clima tropical úmido

com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES *et al.*, 2013). A região apresenta condições de superfície com vegetação tradicional do Cerrado pouco preservada e solo arenoso sensível (CARVALHO, 2010).

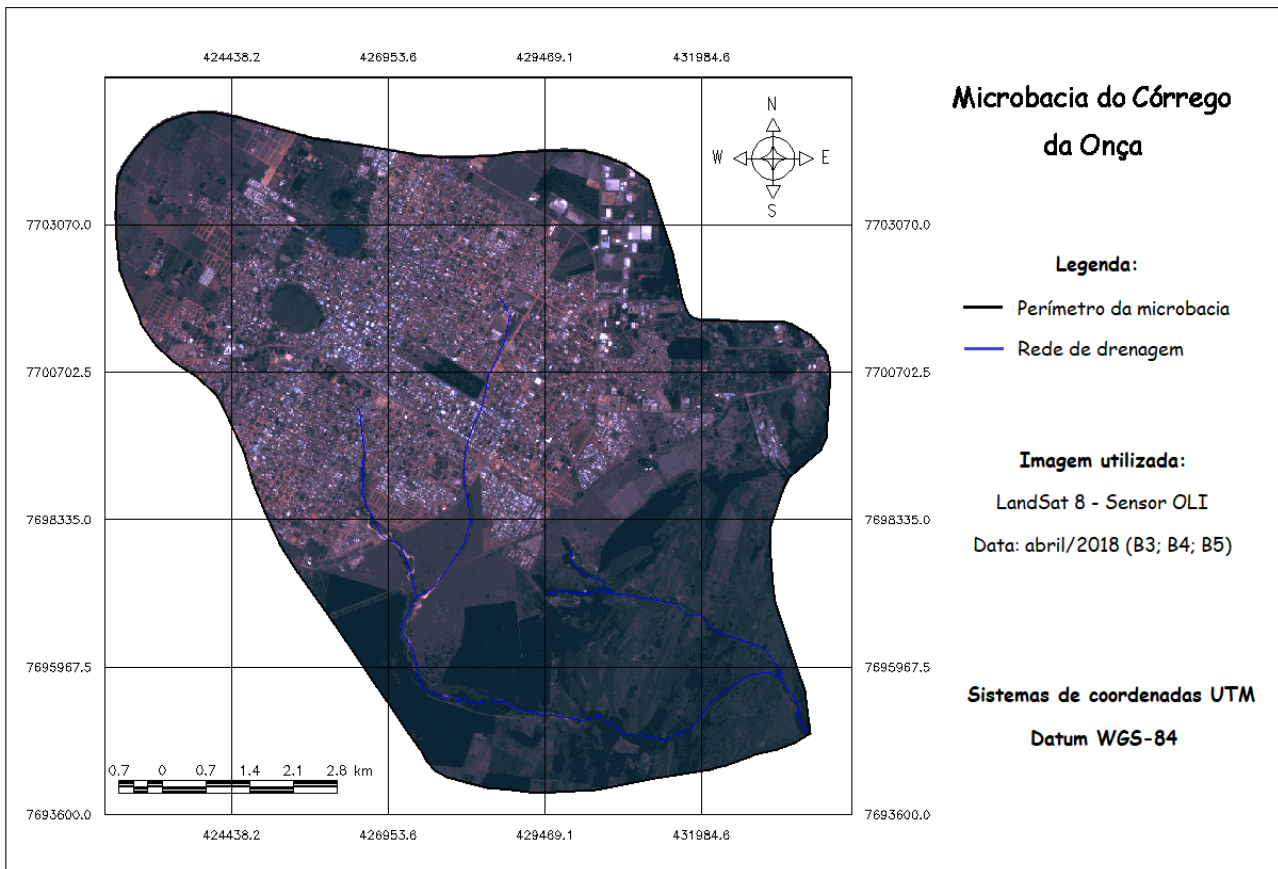


Figura 1- Microbacia do Córrego da Onça

À priori, executaram-se os cálculos do coeficiente de compacidade, do fator de forma e da densidade de drenagem. Tais índices morfométricos servem como ferramenta para verificar a suscetibilidade da bacia hidrográfica quanto a enchentes.

O coeficiente de compacidade (K_c), adimensional, descrito na Equação 1, relaciona o perímetro da bacia (P_{BH}) com a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (P_c).

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

O seu valor é sempre maior ou igual a 1, onde resultados entre 1,00 e 1,25 indicam que a bacia de drenagem possui alta propensão a enchentes. Já K_c entre 1,25 e 1,50 sugere que a bacia possui tendência mediana a enchentes e, quando maior que 1,50, a mesma não é sujeita a esse fenômeno (Lima *et al.*, 2013).

O fator de forma (K_f) caracteriza-se pela razão entre a largura média (L_m) e o comprimento do eixo (L) (Equação 2).

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

De acordo com Lima *et al.* (2013), em relação a esse parâmetro, no que tange à sua tendência a enchentes, tem-se: K_f entre 0,75 e 1,00, a bacia é sujeita; K_f entre 0,75 e 0,50, a mesma tem tendência mediana; e K_f menor que 0,5, a bacia não é sujeita.

A densidade de drenagem (D) é calculada pela razão do comprimento total dos cursos d'água (L_t) e a área da bacia (A), como apresentado na Equação 3.

$$D = \frac{L_t}{A} \quad (3)$$

Índices em torno de 0,5 sugerem drenagem pobre e valores maiores que 3,5 indicam bacias excepcionalmente bem drenadas (Villela e Mattos, 1975).

Para a análise da evolução do uso e ocupação do solo na microbacia, realizou-se a classificação supervisionada por pixel (método MaxVer). Para tanto, utilizaram-se imagens do Satélite LandSat 5 – Sensor TM (Data: maio/1990) (B2-B; B3-R; B4-G) e LandSat 8 – Sensor OLI (Data: abril/2018) (B3-B; B4-R; B5-G), com a classificação processada no SPRING 5.4.3. As classes quantificadas foram: corpos d'água, solo exposto, urbano, vegetação arbórea, vegetação rala (intermediária entre vegetação rasteira e solo exposto) e vegetação rasteira (gramíneas e pequenos arbustos). A classificação de ambas as imagens resultou em um desempenho médio acima de 93%, sendo que por fim, cada imagem passou por uma pós-classificação manual para ajustes de pequenas inconsistências visuais. A partir dos mapas gerados foi possível extrair dados das áreas ocupadas pelas diferentes classes e relacionar com as informações dos parâmetros morfométricos da área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma abordagem inicial, foram obtidos o perfil longitudinal do canal principal (Figura 2) e os perfis transversais na cabeceira, no médio curso, e no baixo curso do mesmo (Figura 3). Observa-se no perfil longitudinal que se tem extensos trechos consideravelmente planos, com baixa declividade. Ademais, nos perfis transversais, percebe-se que o canal é raso e o seu leito de inundação é plano. Assim sendo, esses fatores contribuem para que a microbacia seja suscetível a enchentes.

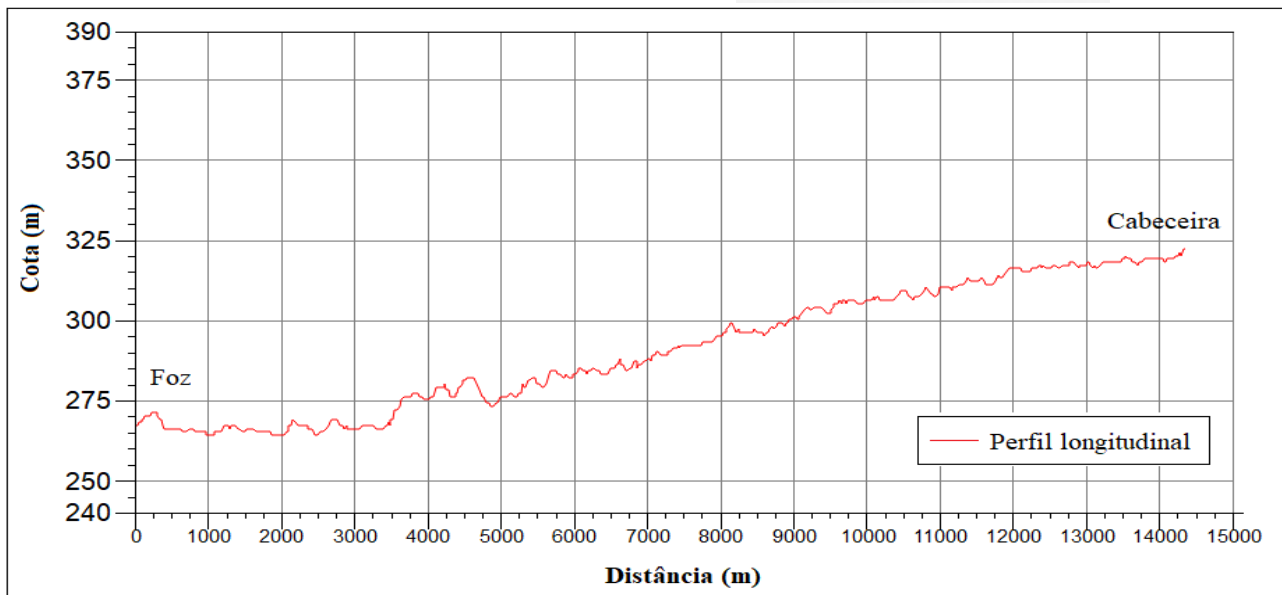


Figura 2- Perfil longitudinal do canal principal

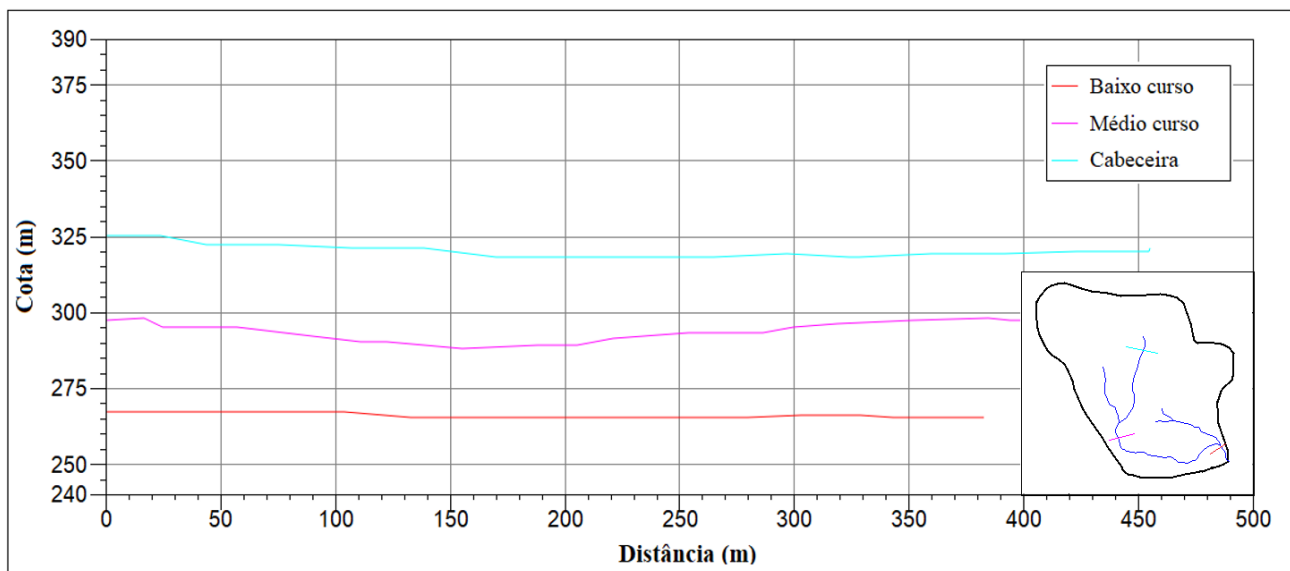


Figura 3- Perfis transversais ao longo do canal principal

Com o intuito de calcular os parâmetros morfométricos, algumas informações foram coletadas utilizando ferramentas do SPRING. Encontraram-se os seguintes valores: área da bacia (84,37 km²); perímetro da bacia (37,70 km); perímetro de circunferência de mesma área (32,56 km); canal principal (12,40 km). O comprimento total dos canais foi o único parâmetro que variou, pois, o curso d'água diminuiu ao longo dos anos em virtude da urbanização. Assim sendo, obteve-se que o comprimento total dos canais passou de 27,16 km em 1990 para 23,37 km em 2018.

Conforme apontam Silva, Schulz e Camargo (2003) e Brubacher, Oliveira e Guasselli (2011), a área da bacia é a variável mais importante do estudo, visto que quanto maior a sua dimensão, maior

a área de recepção da água precipitada, o que resulta em efeitos de enchentes intensos no interior da bacia e a jusante da mesma.

Na sequência, foram calculados o coeficiente de compacidade (K_c), o fator de forma (K_f) e a densidade de drenagem (D), com os valores encontrados expostos na Tabela 1:

Tabela 1 - Coeficientes para aferição de suscetibilidade a enchentes

Coeficiente	Valor encontrado
K_c	1,15
K_f	0,55
D_{1990}	$0,32 \text{ km}^{-1}$
D_{2018}	$0,28 \text{ km}^{-1}$

D_{1990} : densidade de drenagem em 1990; D_{2018} : densidade de drenagem em 2018

De posse dos intervalos de classificação apresentados por Lima *et al.* (2013), obteve-se para o K_f um resultado entre 0,50 e 0,75, enquadrando-o na categoria de área com probabilidade mediana de ocorrência de enchentes, o que confere a bacia do Córrego da Onça um formato medianamente alongado, largo e próximo a de um retângulo (Santos *et al.*, 2018). Tem-se que quanto mais próximo de zero for o seu valor, mais a bacia é alongada, o que resulta em uma melhor distribuição espacial do escoamento superficial direto que atinge o curso d'água, diminuindo assim as chances de enchentes em comparação à uma bacia circular, a qual tem uma concentração do deflúvio superficial em direção a um único ponto, seu centro (Villela e Mattos, 1975; Cardoso *et al.*, 2006).

Posteriormente, encontrou-se para o K_c um valor de 1,15, que classifica a bacia como tendo uma alta propensão a grandes enchentes, de acordo com a classificação apresentada por Lima *et al.* (2013). Coeficiente de compacidade próximo do valor unitário indica que a forma da bacia se aproxima de um círculo, que eleva a probabilidade de ocorrência de enchentes.

Por fim, apresenta-se a densidade de drenagem. Obteve-se como resultado para o ano de 1990, o valor de $0,32 \text{ km}^{-1}$, e para 2018, $0,28 \text{ km}^{-1}$. Em ambos os casos, segundo a classificação proposta por Villela e Mattos (1975), a bacia caracteriza-se por uma drenagem pobre, que indica a existência de um elevado tempo de percurso da água no solo e um baixo tempo no canal. Como a velocidade do fluido no solo é menor que no canal, uma drenagem pobre favorece uma distribuição homogênea do escoamento superficial a ser recebido pelos corpos hídricos. Além do mais, da comparação com uma bacia excepcionalmente bem drenada, esse tipo de drenagem proporciona uma diminuição da vazão de pico e um aumento do tempo de base em um hidrograma de cheia. Portanto, quanto a este parâmetro, a microbacia do Córrego da Onça não demonstrou tendência a enchentes. Para Granell-Pérez (2001), uma baixa densidade de drenagem, dentre outros fatores, indica um relevo suave e relativamente plano.

Santos *et al.* (2018) afirmam que a densidade de drenagem figura apenas um indicador das características naturais e físicas da bacia em análise, com a veracidade do seu resultado comprometida, já que a mesma não considera a área impermeabilizada sobre o ciclo hidrológico.

Diante do exposto, em suma, não se constatou uma prevalência em relação à suscetibilidade da bacia quanto ao fenômeno analisado, somente por meio da utilização dos índices morfométricos. Desta forma, não se pode afirmar ao certo, neste caso, a resposta a enchentes dessa área de estudo unicamente pelos três coeficientes abordados, visto que se verificou um parâmetro sujeito, K_c , outro parcialmente sujeito, K_f , e um terceiro não sujeito, D . Ademais, relatórios municipais da zona de estudo mostram que o córrego tem problemas frequentes com enchentes, o que vem de encontro com o resultado obtido da análise dos perfis longitudinal e transversais aqui apresentados (Figuras 2 e 3). Além do mais, a densidade de drenagem não representa as mudanças antrópicas no meio, visto que pela mudança no uso e ocupação do solo, a velocidade na superfície sofre alteração. Portanto, além dos estudos morfométricos, se faz necessária a análise de outros aspectos naturais e antropogênicos que possibilitem averiguar os elementos deflagradores e as situações de risco.

De forma a obter informações sobre as mudanças no uso e ocupação do solo na microbacia de drenagem, com reflexo na modificação da relação infiltração e escoamento superficial, obtiveram-se as Figuras 4 e 5.

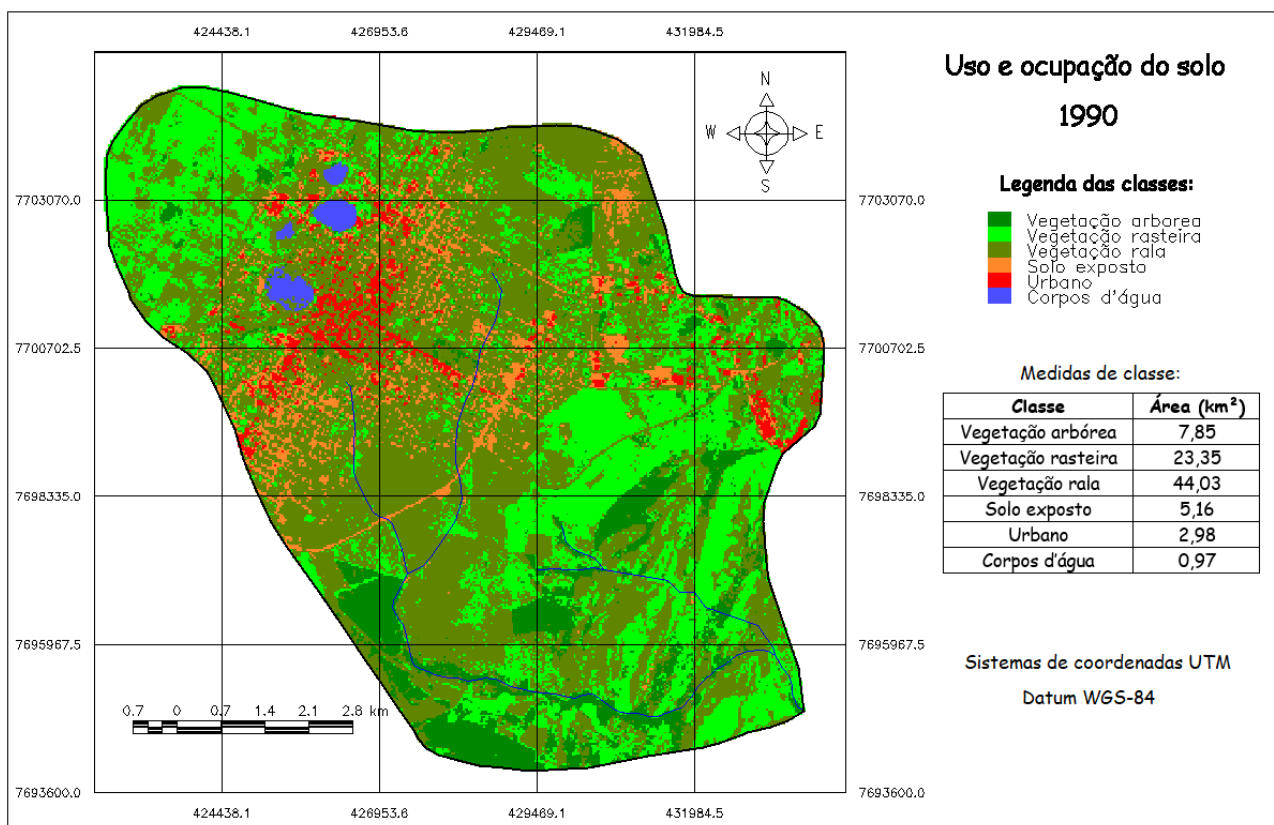


Figura 4 - Uso e ocupação da cobertura do solo na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça no ano de 1990

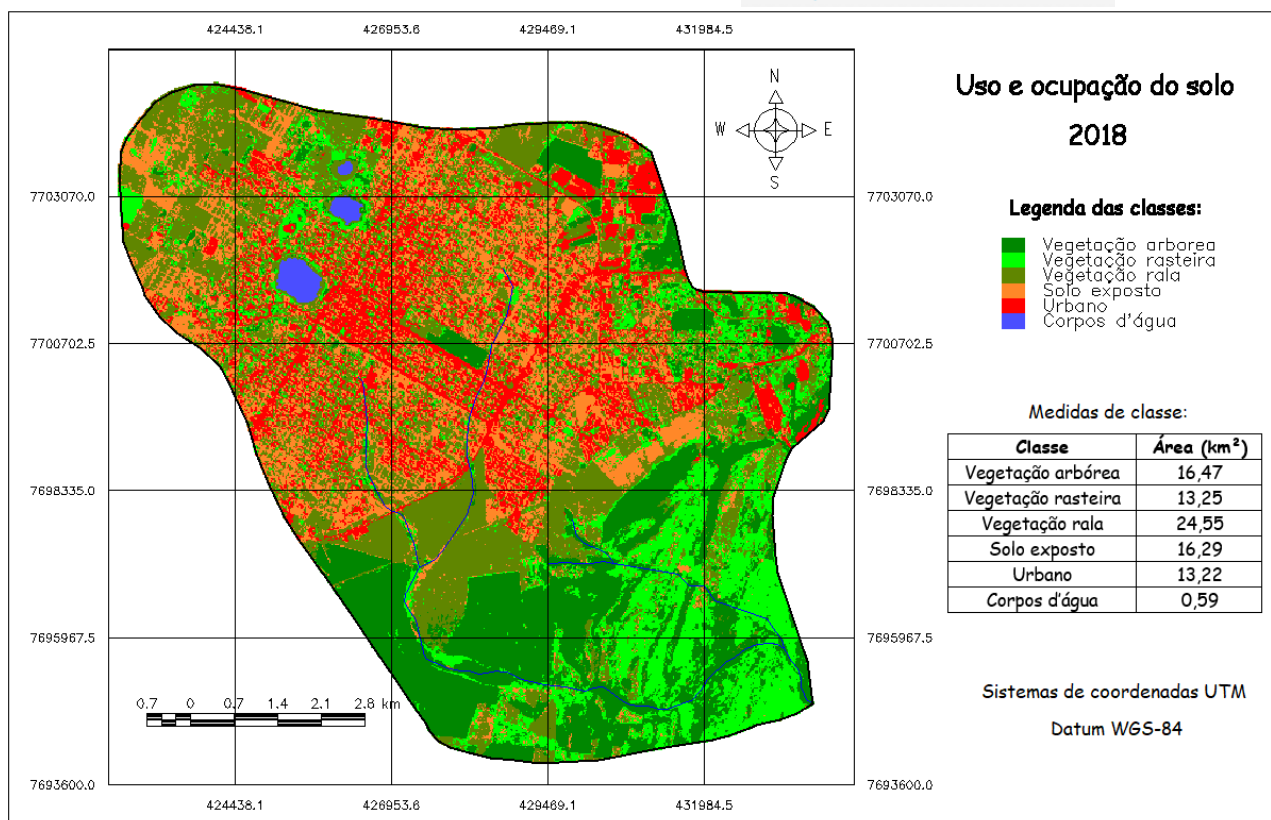


Figura 5 - Uso e ocupação da cobertura do solo na microbacia hidrográfica do Córrego da Onça no ano de 2018

O crescimento das cidades brasileiras, em sua totalidade, foi marcado por uma degradação dos recursos naturais. Em Três Lagoas, com o Córrego da Onça, esse cenário não foi diferente. Souza *et al.* (2018) apresentaram como responsáveis pelo estado atual de deterioração desse curso d'água, na fração exposta a céu aberto, as ligações clandestinas de esgoto doméstico à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), o assoreamento de parte do canal e, por fim, o lançamento de águas pluviais. Verificou-se um aumento de aproximadamente 450% da área urbana entre os anos de 1990 e 2018. A sua elevada expansão ocorreu, em sua maioria, do sentido noroeste para o centro da cidade, decorrente da instalação de indústrias na região, responsável por ofertas de emprego, com consequente crescimento populacional e territorial urbano. Observou-se também um aumento da pavimentação das ruas e avenidas principais. Nesse contexto, a infiltração da água no solo é demasiadamente reduzida, resultando em um aumento do escoamento superficial e, por conseguinte, na elevação de processos erosivos.

Da comparação das Figuras 4 e 5, no que diz respeito à densidade de drenagem, tem-se que o tempo de percurso da água precipitada no solo sofreu alteração, visto que a velocidade do fluido em superfícies impermeabilizadas é maior do que em superfícies vegetadas. Então, embora a densidade de drenagem tenha indicado que a microbacia não é sujeita ao fenômeno de enchente, entende-se que a sua aplicação em áreas urbanas não expressa efetivamente o que realmente ocorre.

Em eventos de precipitação intensa, evidencia-se a ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos no município de Três Lagoas. O risco se relaciona aos processos desencadeados pelo modo de utilização do solo, que levam, em período de maior pluviosidade, ao extravasamento das águas fluviais para além do canal. Desta forma, os fatores condicionantes ao fenômeno de enchentes na cidade estudada estão ligados as atividades humanas de modificação do espaço, como a impermeabilização do solo, a canalização de parte do curso d'água, a ocupação desordenada das residências e empreendimentos e a retirada de vegetação ao longo das margens fluviais.

CONCLUSÕES

Os estudos morfométricos serviram como base descritiva das características físico-naturais da área analisada, visto que possibilitaram um entendimento do comportamento da dinâmica natural que a forma. Entretanto, para discussões sobre fatores de risco abordados nesse trabalho, foi preciso avaliar as ações antrópicas sobre o meio, pois os parâmetros morfométricos estudados não responderam a todas as indagações.

Por fim, concluiu-se que, em virtude de todos os dados analisados, a microbacia do Córrego da Onça é, atualmente, sujeita a enchentes, devido à sua baixa declividade, à acelerada expansão da malha urbana e, em parte, à sua forma.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AMÉRICO, J. H. P. *Ocorrência de Compostos Farmacológicos no Córrego da Onça, Município de Três Lagoas – MS*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil na área de recursos hídricos e tecnologias ambientais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2010, 101 p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, 2013, p. 711-728.
- BRASIL. *PlanMob Três Lagoas*. Plano Diretor de Mobilidade Urbana. Três Lagoas, 2017.
- BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. G.; GUASSELLI, L. A. *Suscetibilidade de enchentes a partir de análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS*. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Anais. Curitiba: INPE, 2011. P. 1279-1286.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ*. Revista árvore, v. 30, 2006, p. 241-248.

CARVALHO, A. G. B. M. *Proposição de geoindicadores para caracterização da degradação do meio físico na bacia hidrográfica do Córrego Onça, Três Lagoas – MS*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil na área de recursos hídricos e tecnologias ambientais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2010. 132 p.

DAMS, J.; BATELAAN, O.; DUJARDIN, J.; REGGERS, J. *Mapping impervious surface change from remote sensing for hydrological modeling*. Journal of Hydrology, v. 485, 2013, p. 84-95.

FOX, D. M.; WITZ, E.; BLANC, V.; SOULIÉ, C.; NAVARRO, N. P.; DERVIEUX, A. 2012. *A case study of land cover change (1950–2003) and runoff in a Mediterranean catchment*. Applied Geography, v. 32, n. 2, 2012, p. 810–821.

GRANELL-PÉREZ, M. C. (2001). *Trabalhando Geografia com as cartas topográficas*. 1º Edição, Editoria Unijuí, Ijuí.

GUO, J. C. Y. *Green concept in storm water management*. Irrigation & Drainage Systems Engineering, v. 2, n. 3, 2013, p. 1-8.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; FREITAS, D. A. F. *Estimativa do potencial de recarga na Sub-bacia das Posses, Extrema (MG), em função dos atributos fisiográficos, pedológicos e topográficos*. Geociências, v. 32, n. 1, 2013, p. 51-62.

SANTOS, C. L.; SILVA, O. G.; VITAL, S. R. O.; WANDERLEY, L. S. A. *Análise de suscetibilidade à ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe – João Pessoa/PB*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 5, 2018, p. 1876-1888.

SILVA, A. M. D.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. D. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMa. 2003. 138p.

SILVA, L. P. (2016). *Hidrologia: engenharia e meio ambiente*. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 330 p.

SOUZA, B. L.; FRASSON, F. S.; VIEIRA, M. F.; JESUS, S. C. S.; PINHO, R. G.; SILVA, R. W. S. *Estudo sobre o Córrego da Onça em Três Lagoas – MS e sua atual situação*. Conexão Eletrônica, v. 15, n.1, 2018, p. 570-581.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; SILVA, E. V.; ARAUJO, G. C.; MOREIRA, M. S.; FRANÇA, V. L.; MENDES, K. C. *Analysis of spatiotemporal changes in land use and land cover in sub-watersheds of the Lower Itapecuru River in the State of Maranhão, Brazil*. Revista do Departamento de Geografia, v. 34, 2017, p. 55-67.

UNITED NATIONS. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. Department of Economic and Social Affairs. Population Division (Org.). Nova York: 2015. 517 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia Aplicada*. McGraw-Hill, São Paulo - SP. 245p.