



Um estudo sobre a drenagem urbana em uma região no município de Campo Mourão

A study on urban drainage in a region in the municipality of Campo Mourão

Andre da Silva Rodrigues

andrerodrigues.2018@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Eudes José Arantes

eudesarantes@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

RESUMO

Com o grande avanço tecnológico e populacional o ser humano vem alterando de forma significativa o meio ambiente, junto a estes avanços surgiram ferramentas de simulação, como o SWMM. Estas ferramentas auxiliam na tomada de decisão referente aos dimensionamentos das galerias pluviais. O objetivo deste trabalho é estudar o sistema de drenagem urbana do município de Campo Mourão utilizando da ferramenta SWMM para estimar através de chuvas projetadas a qualidade das galerias e a sobrecarga gerada na bacia do Rio do Campo. Este estudo limitou-se à margem direita da bacia do rio do campo e a montante do parque municipal Joaquim Teodoro de Oliveira. Através dos dados referentes às galerias fornecidos pela prefeitura foi delimitado o local de estudo e organizado o sistema de classificação e implementado os dados no software SWMM. Entre os tempos de retorno de 2 e 10 anos foi observado um aumento na vazão de pico de 3,5 mm, incremento de 25% entre os períodos de retorno. As vazões de pico encontradas foram de $12\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ para 2 anos e $18\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ para 10 anos. Observou-se que no caso deste estudo apenas é necessário manter o cuidado referente as infraestruturas das sarjetas e das galerias estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: SWMM. Hidrologia. Galerias Pluviais.

ABSTRACT

With the great technological and population advances, human beings have significantly changed the environment, along with these advances, simulation tools such as SWMM emerged. These tools help in decision making regarding the dimensions of storm sewers. The objective of this work is to study the urban drainage system in the municipality of Campo Mourão using the SWMM tool to estimate through projected rainfall the quality of the galleries and the overload generated in the Rio do Campo basin. This study was limited to the right bank of the Campo River basin and upstream of the Joaquim Teodoro de Oliveira municipal park. Through the data referring to the galleries provided by the city hall, the study site was delimited and the classification system was organized and the data implemented in the SWMM software. Between the return times of 2 and 10 years an increase in peak flow of 3.5 mm was observed, an increase of 25% between the return periods. The peak flow rates found were $12\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ for 2 years and $18\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ for 10 years. It was observed that in the case of this study, it is only necessary to maintain care regarding the infrastructure of the studied gutters and galleries.

KEYWORDS: SWMM. Hydrology. Rain Galleries.



INTRODUÇÃO

Estudos mostram que a hidrologia passou a ser analisada na Grécia antiga por volta de 500 a.c, porém só começou a ser estudado a relação entre precipitação e vazão apenas no século 17 e com o avanço da tecnologia este estudo passou a ser refinado com métodos estatísticos e numéricos para criação de modelos de chuva-vazão (PAZ, 2004). Com o aumento populacional e a formação de grandes cidades os recursos hídricos do Brasil e do mundo vem sofrendo grandes impactos nos últimos anos, entre esses impactos está a impermeabilização do solo consequente da formação das grandes metrópoles, onde o homem transforma um meio natural em um meio adequado aos seus interesses, assim, criando barreiras que dificultam a infiltração das águas. No nosso País a preocupação com a análise de bacias hidrográficas teve início junto com o grande avanço da urbanização em meados da década de 1950, grandes catástrofes como enchentes fizeram com que esta análise acontecesse-se com maior efetividade.

Com os avanços da computação as simulações passaram a buscar diferentes formas para avaliação das bacias hidrográficas, com isso vários sistemas foram desenvolvidos. Bastos (2007) realizou um estudo com os principais sistemas os comparando e apresentando as maiores qualidades e aplicações de cada um, dentre os sistemas estudados estavam, o InfoWorks (Wallinford software), o Sobek-Urban (WL, Defelt hydraulics), o Mouse (DHI) e o SWMM (Environmental Protection agency).

O SWMM é um modelo de gestão de drenagem urbana que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, principalmente em áreas urbanas, onde podem ser realizadas simulações de eventos únicos de precipitação e simulações contínuas de longo prazo, o software funciona com um conjunto de sub-bacias delimitadas que recebem precipitação e com isso geram escoamento (Environmental Protection agency, 2020). O Software é livre e por conta disso acaba sendo muito utilizado para análise de complexidade elevada da drenagem urbana (GARCIA, 2005). O sistema teve o seu desenvolvimento no início da década de 70, assim auxiliando no aprofundamento dos estudos da influência dos eventos de chuva em bacias hidrográficas (HUUBER, DICKINSON, 1992).

Para Souza e Arantes (2020) os sistemas de drenagem estão vulneráveis a eventos naturais, isso acaba por dificultar sua análise, com isso avaliá-los de maneira diária é um grande desafio para administração pública, onde qualquer erro no processo poderá resultar em grandes prejuízos aos cofres públicos, e, como maneira de prevenção, o estudo deles é indispensável para buscarmos melhorias e compreender os possíveis cenários, para assim resolvermos qualquer problema.

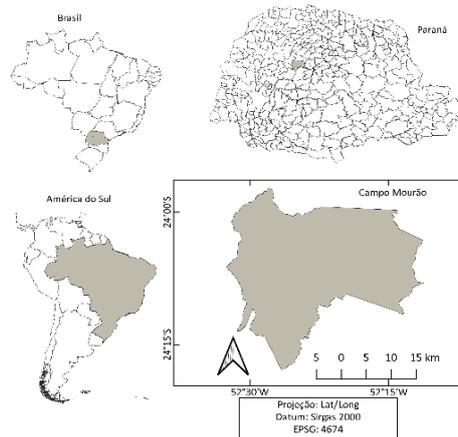
O objetivo deste trabalho é estudar o sistema de drenagem urbana do município de Campo Mourão utilizando da ferramenta SWMM para estimar através de chuvas projetadas a qualidade das galerias e a sobrecarga gerada na bacia do Rio do Campo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo limitou-se à margem direita da bacia do Rio do Campo, área concentrada na parte urbana do município de Campo Mourão. Localizada na região central do Paraná, este município segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021) possui 96.102 habitantes (Figura 1).



Figura 1 – Mapa de localização



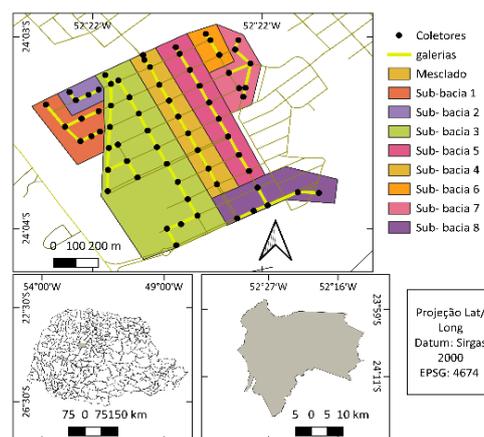
Fonte: Autoria própria.

De acordo com a classificação de Köppen adaptada por Alvares et al (2013), o clima presente no município de Campo Mourão é o Clima subtropical, com verão quente (Cfa). Este clima tem como sua característica temperaturas superiores a 22°C na estação do verão e com o mês mais seco tendo precipitações superiores a 30 mm (ALVARES et al, 2013).

Com a contribuição de dados disponibilizados pela prefeitura de Campo Mourão referente ao sistema de drenagem urbana e galerias pluviais foi possível demarcar o local de estudo e com isso organizar o sistema de classificação para implementar os dados no SWMM. Foram selecionados 8 sistemas de galerias pluviais na margem direita do rio do campo e que escoam no rio, todos sistemas estão inseridos em uma região bem urbanizada com pavimentação urbana e com vários loteamentos construídos, existe uma pequena área de mata ciliar próxima ao rio.

Os valores de relevo e da malha rodoviária foram obtidos através do OpenStreetMaps-OSM (@CONTRIBUIDORES DO OPENSTREETMAP, 2021), os dados do limite do município foram adquiridos através da Divisão Política Administrativa do Estado do Paraná (IBGE,2021) e posteriormente foram implementados no software SWMM (Environmental Protection Agency, 2021), com isso gerando os dados de escoamento da bacia de estudo (Figura 2). Os dados referentes aos diâmetros de cada tubulação foram obtidos junto à prefeitura do município. As áreas das bacias variam entre 0,28 Km² da sub-bacia 3 e 0,02 Km² da sub-bacia 2.

Figura 2 - Sistema de galerias estudados



Fonte: autoria própria.



Para determinação do tempo de concentração da bacia utilizou-se duas equações, a de Corps Enginers e George Ribeiro (1) e a de Kirpich, essas duas equações permitem estimar o tempo de concentração para bacias urbanizadas.

$$t_c = \frac{16*L}{(1,05-0,2*p)*(100*L)^{0,04}} \quad (1)$$

Onde: t_c é o tempo de concentração, L é o comprimento do talvegue, l é a declividade média da bacia e p é a porcentagem decimal aproximada da bacia com cobertura vegetal.

$$t_c = 57\left(\frac{L^3}{\Delta h}\right)^{0,385} \quad (2)$$

Onde: t_c é o tempo de concentração, L é o comprimento do talvegue e Δh é o percentual de declividade.

Com os tempos de concentração obtidos é possível fazer o cálculo da intensidade através da fórmula (3) elaborada por Arantes et al (2009) com as variáveis aplicadas ao município de Campo Mourão.

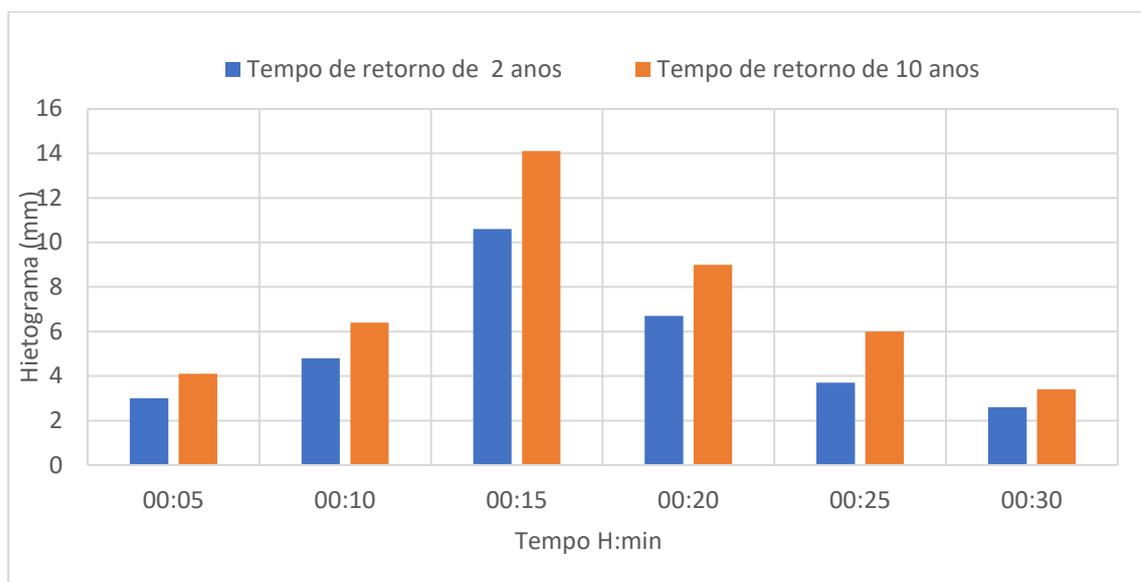
$$i = \frac{901,51*Tr^{0,1802}}{(D+11)^{0,7508}} \quad (3)$$

Onde: i é a intensidade da precipitação máxima (mm/h), D é a duração do nosso evento de precipitação e Tr é o tempo de retorno desejado. No caso deste estudo escolhemos os tempos de retorno de 2 e 10 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os resultados da equação (1) e (2), é possível por meio de uma média aritmética obter o tempo de concentração da bacia, sendo aproximadamente 30 minutos, e posteriormente aplicando na equação IDF (3) com os intervalos de 5 minutos em dois cenários, 2 e 10 anos, obtemos o seguinte Hietograma (Figura 3).

Figura 3 - Hietograma para os períodos de retorno



Fonte: autoria própria.

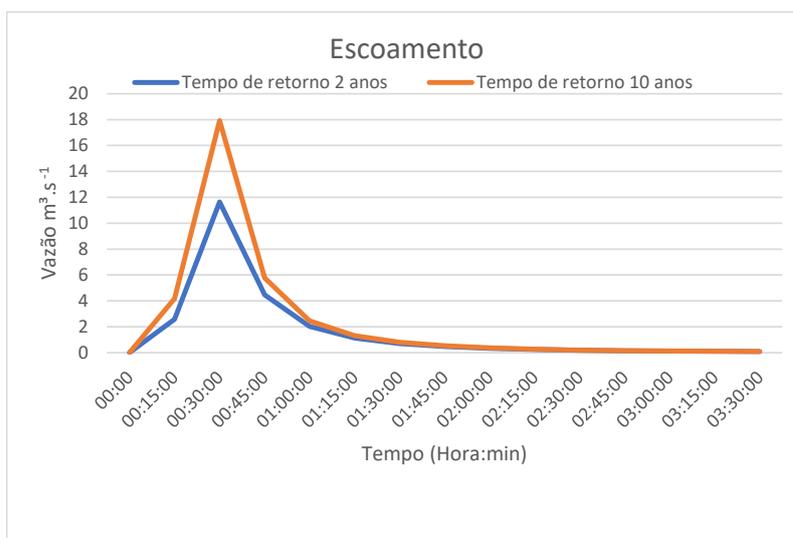
Comparando as alturas de precipitações observa-se um aumento de cerca de 3,5 mm de 2 para 10 anos, uma variação de quase 25%, algo muito próximo ao que Santos; e Arantes (2020) encontraram na margem esquerda do Rio do Campo com os mesmos tempos de retorno, porém com tempos de concentração



maiores. Em Mococa no estado de São Paulo, foi constatado uma variação de 20% em intervalos de tempo iguais aos nossos (VIEIRA et al, 1998).

A bacia estudada é muito antropizada e o tempo de concentração é pequeno também, fatos esses que colaboram para não se obter um pico de vazão muito discrepante do restante, o sistema pluvial da área coletam as precipitações quase que imediatamente, com isso os picos de vazão ocorrem muito próximos as precipitações. A vazão de pico máxima observada para o período de retorno de 2 anos foi de cerca de $12\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, representando uma vazão específica de $15\text{m}^3.\text{s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, para o período de retorno de 10 anos observando-se a curva percebe-se certa similaridade, mas o escoamento máximo analisado é de cerca de $18\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, com uma vazão específica de $22,5\text{m}^3.\text{s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, valores estes de vazão de pico similares aos encontrados em uma microbacias em Lavras MG por Menezes et al (2014), evidenciando a ajuda do solo impermeável (Figura 4).

Figura 4 - gráfico 2 e 10 anos



Fonte: autoria própria.

Através da simulação não foi constatado alongamentos, existe a chance que um tempo maior de retorno possa evidenciar tal problema, mas como se trata de uma região urbanizada e com os relevos que tem provavelmente a localidade não terá este problema, com isso se o controle de resíduos for respeitado e a manutenção preventiva das galerias forem feitas dentro dos prazos o projeto provavelmente não apresentará nenhum problema, algo também encontrado por Santos; e Arantes (2020) na margem esquerda do Rio do Campo. Já Bezerra et al. (2016) teve resultados diferentes no município de Assú/RN, onde o relevo acentuado favoreceu um aumento no escoamento superficial. A não manutenção das bocas de lobo e de sarjetas danificadas provocam vários problemas para os sistemas de drenagem urbana e com isso vários prejuízos aos municípios (FRAGOSO et. al, 2016), por isso é de extrema importância essa manutenção do sistema.

Com o auxílio do SWMM foi estudado cada ponto das galerias e quanto cada uma das 8 enviam para o corpo hídrico.

O valor que cada bacia escoada está diretamente ligado ao tamanho da bacia e o seu número de coletores, com isso o maior valor obtido foi o da galeria 3 com quase $6\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, no SWMM os diâmetros de cada tubulação foram colocados conforme disponibilizado pela prefeitura. Não foram constatadas galerias que chegaram ao limite de captação, mesmo os cálculos tendo sido feitos para chuvas críticas, ou seja, é notável que este sistema hidráulico não sofre grande riscos com enchentes para precipitações de pelo menos 10



anos, salienta-se a importância do cuidado e da manutenção das galerias a fim de evitar entupimentos que possam gerar maiores transtornos.

CONCLUSÃO

Por se tratar de uma bacia de pequeno porte, o uso do SWMM foi eficiente para o estudo do escoamento da bacia, através de simulações de cenários críticos, assim contribuindo para dimensionamento de diversas áreas das construções da área civil e também auxiliando no estudo dos meios mais eficientes de prevenir e proteger ao máximo os corpos hídricos.

Entende-se que neste caso as galerias pluviais estudadas estão pautadas em manutenção e prevenção de obras de infraestrutura como sarjetas, ruas, limpeza e vários outros fatores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo fomento à pesquisa e a bolsa de pesquisa, pela oportunidade de estudo, ao meu orientador pela paciência e o conhecimento passado e aos meus amigos e familiares por toda contribuição.

REFERÊNCIAS

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, p. 711-728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil.

ARANTES, Eudes José et al. Análise das chuvas intensas da região noroeste do Paraná. **OLAM-Ciência & Tecnologia**, 2009.

BASTOS, Gustavo Antônio Pereira et al. Análise dos parâmetros do modelo SWMM para avaliação do escoamento em duas bacias periurbanas em Santa Maria-RS. 2007.

BEZERRA, A. M.; QUEIROZ NETO, M. L.; FLORÊNCIO, F. D. C.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA JUNIOR, P. L.. Drenagem urbana de água pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Assú/RN. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL CAMPINA GRANDE/PB**, 7. Anais. 2016.

FRAGOSO, G. A.; SILVA, F. P.; SILVA, J. C. C.; ALVES, A. F.; CARVALHO, B. G. P..Planejamento, ordenamento e gestão integrada. Diagnóstico do sistema de drenagem urbana da cidade de Belém, Pará: uma análise dos principais bairros da cidade. In: **ENEAMB**, 4; FÓRUM LATINO, 2; SBEA –CENTRO-OESTE, 1. Anais. Brasília, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.5151/engpro-eneeamb2016-pogi-003-5067>. acesso: 06/09/2021.

GARCIA, J. I. B. (2005). **Monitoramento hidrológico e modelagem de drenagem urbana da bacia hidrográfica do Arroio Cancela**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 169 f.

HUBBER, W.C.; DICKINSON, R.E. **Storm Water Management Model: Version 4: User's Manual**. Athens: **U. S. Environmental Protection Agency**. Georgia, 1992.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). Divisão Política Administrativa do estado do Paraná. Disponível em:



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2020/UFs/PR/PR_Municipios_2020.zip. Acesso em: 05 set. 2021.

MENEZES, J. P. C. Morfometria e evolução do uso e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.15, n. 4. P. 659-672, 2014.

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia aplicada**. 2004.

QGIS.ORG. QGIS Geographic Information System. 2021. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acesso em: 06 set. 2021.

SANTOS, Julio Cezar Vasconcelos; ARANTES, Eudes José. Drenagem Urbana do município de Campo Mourão – Dados essenciais para um projeto seguro. **X Seminário de Extensão e Inovação**, Toledo –PR, 2020.

VIEIRA, Dirceu Brasil; NETO, Francisco Lombardi; DOS SANTOS, Ronaldo P. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Mococa, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1215-1220, 1998.