



ESTUDO DA DRENAGEM URBANA E COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO CLÁSSICO E A TÉCNICA COMPENSATÓRIA NO BAIRRO FÊNIX, ITABIRA (MG)

Letícia Caroline dos Santos¹, Fernando Neves Lima¹ & Tiago de Souza Alves¹

RESUMO – Com a urbanização, o concreto e asfalto tomaram o lugar da vegetação, diminuiu a taxa de permeabilidade do solo e aumentou o escoamento superficial. A construção de obras hidráulicas no sistema de drenagem, quando calculada de maneira correta, permite o escoamento eficiente do ambiente já urbanizado. Esse trabalho apresenta uma metodologia de dimensionamento de um sistema de drenagem levando em conta a técnica tradicional e a técnica compensatória aplicadas ao bairro Fênix, Itabira (MG). O método utilizado para obter a vazão de projeto foi o método racional, a técnica compensatória utilizada foi o uso de reservatórios individuais. Após os cálculos, foi realizada uma comparação entre a drenagem calculada com a executada. A técnica compensatória mostrou ser 5,88% mais econômica monetariamente quando comparada com a técnica tradicional, além disso, o uso de reservatório de lote nesse estudo diminuiu a vazão de projeto em 64,70% em relação a vazão de projeto do sistema de drenagem tradicional. O sistema de drenagem executado no bairro Fênix não atende a vazão de projeto e não faz uso da técnica compensatória.

ABSTRACT– Asphalt concrete used for paving roadways are replacing vegetation, due to the increase of urbanization. The act of reducing vegetation implemented problems such as decreased soil permeability and increased surface runoff. The construction of a drainage system, when correctly calculated, allows the efficient drainage of the urbanized environment. This paper presents a methodology for dimensioning a drainage system considering the traditional technique and the compensatory technique applied to the Fênix district, Itabira (MG). The method used to obtain the design flow was the rational method, the compensatory technique was the use of individual reservoirs. After the calculations, a comparison was made between the calculated and executed drainage. The compensatory technique proved to be 5.88% more economical when compared to the traditional technique, in addition, the use of a batch reservoir in this study reduced the design flow by 64.70% in relation to the design flow of the traditional drainage system. The executed drainage system in the Fênix district does not meet the project flow and does not use the compensatory technique.

Palavras-Chave – Urbanização, Drenagem Urbana, Técnica Compensatória

1) Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira, Rua Irmã Ivone Drumond, 200 – Distrito Industrial II, Itabira – MG, tel: (31) 3839-0893, e-mail: lima.fernando@unifei.edu.br

INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil aumentou significativamente nas últimas décadas. Em 1940 a taxa de urbanização era de 31,24% passando para 84,36% em 2010 (IBGE, 2010). No processo tradicional de urbanização, as áreas de cobertura vegetal são substituídas por materiais impermeáveis, como o



asfalto, por exemplo, reduzindo as taxas de infiltração de água da chuva no solo (OTTONI; ROSIN; FOLONI, 2018).

Com intuito de solucionar os impactos da urbanização muitas discussões são realizadas em relação ao sistema de drenagem urbana. Durante muito tempo os projetos de drenagem urbana tiveram como ideia apenas escoar a água precipitada o mais rápido possível para jusante, fase conhecida como período higienista da drenagem urbana (LOPES, 2016). Essa abordagem resulta do próprio conceito de sistema de drenagem urbana adotado no Brasil, presente na maioria dos manuais de drenagem urbana, como o conjunto de elementos destinados a recolher as águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região e que escorrem sobre sua superfície, conduzindo-as a um destino (SOUZA et al., 2013).

Atualmente, buscam-se soluções para amenizar os problemas das inundações de forma que não se transfira o problema de um ponto a montante para jusante (VERGUTZ et al., 2019). Nesse sentido, a utilização de técnicas compensatórias, também conhecida como sistema de drenagem sustentável, é muito utilizada, por restaurar o estado do escoamento superficial próximo ao escoamento da bacia natural, aplicada junto com planejamento de água pluviais e projeto de urbanização apresenta resultados positivo. Enquanto os componentes da drenagem tradicional podem causar impermeabilização da superfície, como a construção de canais trapezoidais, HOANG *et al.* (2016) defendem que o sistema de drenagem sustentável foca para que seus componentes tenham ligação com a ecologia urbana e as atividades humanas.

Apesar de amplamente utilizadas em alguns países, no Brasil, os conceitos e as metodologias de implantação e operação das técnicas compensatórias ainda são pouco conhecidos e difundidos. O presente trabalho tem como objetivo principal comparar o sistema de drenagem tradicional higienista com um sistema de drenagem urbana que utiliza técnica compensatória, tanto no quesito orçamentário como no impacto da vazão de projeto.

METODOLOGIA

Delimitação da Bacia Hidrográfica

O bairro Fênix está localizado no município de Itabira no estado de Minas Gerais, sob as coordenadas geográficas Latitude 19°39'34''S e Longitude 43°14'22''W. A cidade de Itabira (MG) tem um território de 1.253,704 km², população é estimada de 120.060 pessoas, a taxa de urbanização é de 93,2 %, onde apenas 62,4 % dos domicílios urbanos estão em vias públicas que possuem boca de lobo, calçadas, pavimentação e meio-fio (IBGE, 2010).

O atual sistema de drenagem do bairro Fênix não utiliza de nenhuma técnica compensatória, na Figura 1A é perceptível que a rua não possui sarjeta que conduza a água até o dispositivo de engolimento. As bocas de lobo utilizadas no bairro são com grelhas, muitas estão obstruídas por vegetação, lixo e nos piores casos, o concreto impede passagem de água, como mostra Figura 1B, 1C e 1D.



Figura 1 – Dispositivos de Drenagem Bairro Fênix

Para delimitar a bacia hidrográfica foi utilizado o Sistemas de Informações Geográficas (SIG) QGIS (versão 2.18.7) que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Integrado ao QGIS o TauDEM foi uma ferramenta que permitiu a construção de análises hidrológicas com base no Modelo Digital de Elevação (MDE).

Dimensionamento do sistema de drenagem tradicional

Para determinar a IDF, baseou-se no estudo do GUIMARÃES et al. (2016) que determinou os parâmetros m , n , t_0 , k para a região do Médio Piracicaba onde se encontra a cidade de Itabira. O tempo de retorno pode ser definido como intervalo médio de anos em que pode ocorrer ou ser superado um dado evento. (PINTO *et al*, 1976). O tempo de concentração, aqui igualado ao tempo



de percurso, é o tempo necessário para que água chegue ao poço de visita, para tanto, a Equação Kirpich será utilizada. Aplicou-se método racional para o cálculo da vazão de projeto.

Para o coeficiente de escoamento ponderado foi utilizado C igual a 0,85 em áreas pavimentadas e 0,30 nas áreas de gramado.

A vazão escoada pela sarjeta foi obtida pela equação de *Manning* modificada por Izzard (1944), enquanto a capacidade de engolimento das bocas de lobo foi determinada aplicando-se a equação da *Bureau of Public Roads* para bocas de lobo em pontos de rebaixo. O dimensionamento das galerias foi realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme conforme sugere TUCCI et al. (2001).

Técnica Compensatória

A técnica compensatória escolhida para esse projeto foi o reservatório domiciliar. Sua função é reservar temporariamente as precipitações, retardar a velocidade do escoamento superficial e proporcionar o amortecimento de picos de cheias, de maneira que a vazão máxima de saída após a impermeabilização seja próxima a das condições naturais (REZENDE, 2018).

Devido ao número impressionante de combinações potenciais de tipologias de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) e configurações espaciais que podem ser usadas, identificar uma estratégia que seleciona e aloca SUDS de forma otimizada para maximizar os benefícios de coleta de água da chuva é um empreendimento complexo (TORRES *et al.*, 2020). A escolha do sistema de reservatório de lote para Bairro Fênix tem como base os registros de falta de abastecimento de água nesse bairro em determinadas épocas do ano, a instalação de uma caixa que capta e reserva água da chuva, possibilita o uso da água para fins não potáveis. Acredita-se que o uso dessa técnica além de contribuir para amortecimento da vazão de projeto permite que a população tenha água para atividades domésticas não potáveis, quando faltar o abastecimento.

A caixa de captação deve garantir que a vazão do terreno será equivalente à vazão primitiva (BELO HORIZONTE, 2020). Nesse caso, o cálculo da vazão de projeto foi feito utilizando o método racional com coeficiente para solo permeável igual a 0,30, como aplicado na vazão natural da bacia. Para quantificar o número de reservatório foi subtraído o valor da vazão de projeto natural do valor de vazão de projeto urbanizado e dividido pela capacidade de armazenamento do reservatório. É importante salientar que o bairro em estudo é pavimentado, mas o uso dos reservatórios permite que

os dispositivos tenham que captar apenas a vazão de projeto da bacia natural e não a vazão excedente do solo impermeável.

Vale ressaltar que para a instalação, uso e manutenção dos reservatórios sejam realizados de maneira correta é fundamental que a prefeitura de Itabira (MG) eduque e conscientize a população que habita o bairro Fênix, pois considerando que o bairro pode ser classificado como classe média, não pode se esperar que a população tenha conhecimento da importância de aderir a técnica compensatória e de manter o seu funcionamento.

Planilha Orçamentária

Após realizar os cálculos do sistema de drenagem urbana foi quantificado os dispositivos para o sistema tradicional e para o sistema com uso de técnica compensatória.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bacia Hidrográfica

A partir do mapa de delimitação da bacia hidrográfica (Figura 2), gerado para esse estudo de caso, foi possível localizar o bairro Fênix dentro da bacia e identificar as características físicas da bacia hidrográfica.

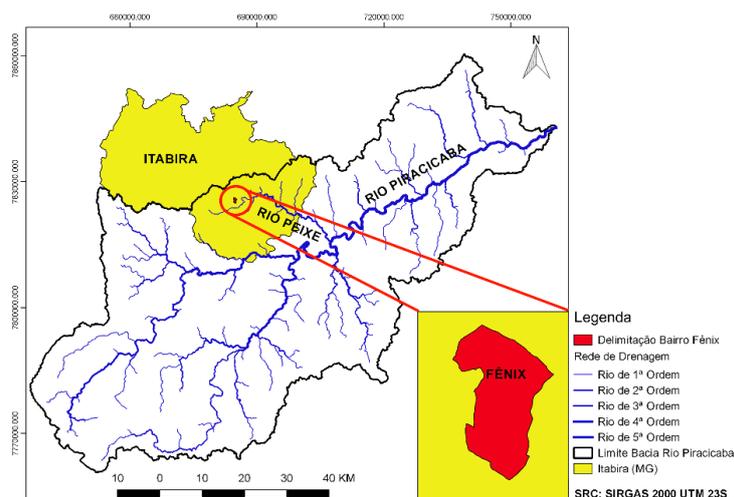


Figura 2 – Delimitação da Bacia Hidrográfica Rio Piracicaba

Sistema de Drenagem Urbana



Após identificar a bacia hidrográfica foi preciso estudar as características do bairro Fênix, a partir do projeto planialtimétrico disponibilizado pela Prefeitura de Itabira (MG) foi identificado o comprimento principal em 1,52 Km, a cota montante e 852m, cota jusante em 722m, desnível de 130 m e declividade em 0,08 m/m, esses dados quando aplicados na Equação de Kirpich (2) retorna o tempo de concentração. Com auxílio das curvas de nível foi determinado a cota de nível mais alta onde o primeiro poço de visita foi colocado no projeto, os demais poços de visita foram sendo alocados com espaçamento máximo de 80 metros até a menor cota. Ao todo, a rede de drenagem tem 101 poços de visita e 115 trechos, para ambas as técnicas.

Conhecido os trechos, também foi levantado suas características físicas, com esses dados foi calculado o tempo de percurso, tempo de concentração, o coeficiente de escoamento, a intensidade-duração-frequência e a vazão de projeto. Ao obter a vazão de projeto de ambas as técnicas, observou-se que a vazão de projeto utilizando a técnica compensatória chega a ser cerca de 64,70% menor que a vazão de projeto da técnica tradicional. Essa diferença de vazão se dá pelo uso do coeficiente de escoamento (C) aplicado nas diferentes técnicas, na técnica compensatória utilizou $C=0,30$ (coberturas de grama), pois a bacia deve funcionar em sua forma natural já que possui auxílio dos reservatórios. Na técnica tradicional foi utilizado o coeficiente de escoamento ponderado, onde a maior parte dos trechos, as superfícies são totalmente cobertas por pavimento, nesses casos $C=0,85$.

Analisando os resultados referentes a vazão de projeto pode-se reafirmar que o uso da técnica compensatória reduz o impacto da urbanização no hidrograma e ao reservar a água dos lotes reduz os problemas de impermeabilização a jusante. A figura 3 ilustra o resultado do dimensionamento do sistema de drenagem comparando as técnicas tradicional e compensatória.

Após obter a vazão de projeto foi realizado os cálculos para quantificar os dispositivos do sistema de drenagem. Em ambas as técnicas a quantidade e os valores gasto com poço de visita e sarjetas é o mesmo, isso ocorre, pois, o traçado e a distribuição dos trechos foram iguais para as técnicas. A técnica tradicional utiliza 227 bocas de lobo simples e 7 bocas de lobo dupla, enquanto a técnica compensatória utiliza 233 bocas de lobo simples, apesar da diferença em unidades ser pequena, a instalação dos reservatórios tem como resultado uma economia de R\$ 5.402,66 apenas no que se refere a boca de lobo.



Figura 3 – Comparação do sistema de drenagem.

Outro fator importante é a diferença no diâmetro das galerias, a técnica tradicional utiliza ao longo do sistema tubos com diâmetros diferentes (0,40 m, 0,50 m e 0,60 m) dependendo da necessidade do trecho, enquanto na técnica compensatória usa apenas tubos com diâmetro e 0,40m, como resultado, o uso de reservatórios apresentou apenas no insumo uma economia de 23,79% quando comparado com valor total de tubos da técnica tradicional, essa percentagem não considera a implantação e mão de obra.

A técnica compensatória para o sistema de drenagem no bairro Fênix foi 5,88% mais econômica do que a técnica tradicional, no entanto, é importante ressaltar que o impacto dela não deve ser analisado apenas financeiramente, mas principalmente na diminuição da vazão de projeto que traz consequências positivas a bacia sem repassar os problemas do local em estudo para a jusante. O valor da instalação do reservatório não foi considerado nessa planilha pois cada proprietário do lote deve custear o próprio sistema, cabe a prefeitura criar incentivos para baratear esse serviço.

Quando comparado o sistema de drenagem tradicional existente com o sistema tradicional de projeto, percebe-se que o sistema de drenagem existente não suporta a vazão de projeto. Tendo em



vista os benefícios do uso de técnicas compensatórias, o ideal para o bairro Fênix seria não apenas alteração do sistema, mas a implantação de um método compensatório.

CONCLUSÃO

Conclui-se, para esse estudo de caso, que o sistema de drenagem com uso de técnica compensatória – reservatório de lote - é o mais econômico e o mais eficaz para diminuição do escoamento superficial da água. Comparado ao sistema de drenagem urbana tradicional, a técnica compensatória mostrou-se mais econômica nos dispositivos de drenagem e causou menos impacto ao meio ambiente, pois a vazão de projeto é menor, logo o escoamento superficial da água tem comportamento compatível com a bacia hidrográfica natural.

O bairro Fênix, Itabira (MG) faz parte da bacia hidrográfica do rio Piracicaba, faz uso do sistema de drenagem tradicional que não suporta a vazão solicitada. Tendo em vista os problemas citados acima, são propostas para cidade de Itabira a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana que auxilia a gestão pública, analisa todos os problemas de drenagem urbana atual da cidade e propõe projetos futuros com foco sustentável, junto a isso, deve ser mantido as revisões do Plano Diretor Participativo e Plano Municipal de Saneamento e criado incentivos compensatórios e mitigadores a fim de que a população tenha interesse em adotar. Para os dispositivos de drenagem existente, propõe-se a prefeitura de Itabira fazer um levantamento das redes de drenagem e manter o arquivo digitalizado a fim de não os perder, analisar as condições de funcionamento, realizar obras de adequação das redes que não atendem as necessidades de projeto e realizar manutenção periódicas para que a capacidade desses dispositivos não seja reduzida.

Por fim, ressalta-se a necessidade de aprofundamentos de estudo da bacia hidrográfica e dos impactos da urbanização antes de executar o projeto de drenagem e de expandir os conhecimentos para técnicas compensatórias que são mais eficazes que o sistema de drenagem tradicional, afim de que essas informações sejam utilizadas pelo técnico responsável pelo projeto de drenagem como base para o cálculo de um sistema de drenagem adequado a região que será implantado.

REFERÊNCIAS

a) Capítulo de livro

OTTONI, A. B.; ROSIN, J. A. R. D. G.; FOLONI, M. (2018). *“Drenagem Urbana: Soluções Alternativas Sustentáveis.” O uso de técnicas compensatórias de drenagem para controle dos impactos da urbanização*, ANAP, ed.1, Tupã, São Paulo -SP, pp.118, 2018.



PINTO, N. L. S; HOLTZ, A.C.T; MARTINS, J.A; GOMIDE, F.L.S. (1976). “*Hidrologia Básica*” Edgard Bucher, São Paulo - SP, p. 3.

TUCCI, C. E. M; PORTO, R.L; FILHO, K.Z; BIDONE, F. (2001) “*Hidrologia: ciência e aplicação*” *Drenagem Urbana*. Org. Tucci, C.E.M, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ed.2 Porto Alegre -RS, p. 836.

b) Artigo em revista

HOANG, L.;FENNER, R.(2016) “*System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure*”, Urban Water Journal, Vol 13, nº7 pp. 739-758.

SOUZA, V. C., MORAES, L. R., & BORJA, P. (2013). “*Déficit na Drenagem Urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição*”. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v.1, n 2162-175.

TORRES, M.N; FONTECHA, J.E.; ZHU, Z.; WALTEROS, J.L; RODRIGUEZ, J.P. (2020). “*A participatory approach based on stochastic optimization for the spatial allocation of Sustainable Urban Drainage Systems for rainwater harvesting*”. Environmental Modelling and Software, v. 123.

VERGUTZ, L., PEREIRA, C., & SCHMIDT, M. (2019). “*Análise da implantação de reservatórios de detença de forma que sejam minimizados os impactos causados por inundações*”. Eng Sanit Ambient, v. 24, 1267-1277

c) Artigo em anais de congresso ou simpósio

GUIMARÃES, R. D. S. et al.(2016). “*Determinação da Equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) das Chuvas na Região do Médio Piracicaba/MG*” I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2016. v8.

d) Monografia

LOPES, P. G. (2016) “*Análise Comparativa entre um Sistema de Drenagem Tradicional (higienista) e um Sistema de Drenagem com um Reservatório de Detenção On-line*”. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS

REZENDE , R. (2018). “*Dimensionamento do Sistema de Drenagem Tradicional e Sistema com Utilização de Microrreservatórios: Estudo de Caso no Município de Itabirito -MG*”. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG.

e) Sites

BELO HORIZONTE. (2020). “*Ocupação do Solo - Secretaria Municipal de Política Urbana - Prefeitura de Belo Horizonte*.” Belo Horizonte, 2020, disponível em



https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2020/e-book_ocupacao_modulo01.pdf> Acesso em 09 de julho de 2022.

IBGE. (2010). "*Cidades*". Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itabira/panorama.2010>> Acesso em 09 de julho de 2022