

## AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL E PROPOSTAS DE MELHORIAS NA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM URBANA

### EVALUATION OF CURRENT SITUATION AND PROPOSED IMPROVEMENTS IN URBAN DRAINAGE INFRASTRUCTURE

<sup>1</sup>BRITO, P. V. P. B.; <sup>2</sup>NAGATA, L. E. P., <sup>3</sup>CORRÊA, A. A. P. S., <sup>4</sup>CHRISTONI, L. F.

<sup>1e2e3e4</sup>Departamento de Ciências Exatas –Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-UNIFIO/FEMM

#### RESUMO

Com o acelerado desenvolvimento urbano no Brasil, vêm sendo cada vez mais frequentes casos de inundações e alagamentos em áreas urbanas, onde o crescimento desenfreado associado à falta de planejamento das áreas de ocupação se torna um agravante preocupante dos problemas de drenagem. Em virtude da importância de um projeto e planejamento urbano de drenagem o estudo realizado e em torno da região na Av. Santino Brianezi próximo ao pontilhão da Rodovia Transbrasiliana (BR-153), localizada no município de Ourinhos (SP). São evidenciados neste projeto científico, pelo desenvolvimento da rede de drenagem pluvial, para solucionar os problemas de inundações evidenciadas pela falta da drenagem adequada. O Trabalho foi realizado em parceria com o Órgão público responsável Superintendência de Água e Esgoto de Ourinhos (SAE), que forneceu uma parte da base de dados de cálculo e as plantas topográficas do local. Possibilitando assim a realização de um levantamento da área de 124,92 hectares e uma intensidade de chuva máxima de 134 mm com uma vazão de 15,08 m<sup>3</sup>/s.

**Palavras-chave:** Drenagem Urbana. Áreas Urbanas. Crescimento. Inundações.

#### ABSTRACT

With the rapid urban development in Brazil, cases of flooding and flooding in urban areas are becoming increasingly frequent, where the unrestrained growth associated with the lack of planning of the occupation areas becomes an aggravating concern of drainage problems. Due to the importance of a project and urban drainage planning the study carried out in and around the region on Av. Santino Brianezi near the bridge of the Transbrasiliana Highway (BR-153), located in the municipality of Ourinhos (SP). They are evidenced in this scientific project, by the development of the rainwater drainage network, to solve the flood problems evidenced by the lack of adequate drainage. The work was carried out in partnership with the responsible Public Authority of Ourinhos Water and Sewer Superintendence (SAE), which provided a portion of the calculation database and the topographic plans of the site. Thus enabling a survey of the area of 124.92 hectares and a maximum rainfall of 134 mm with a flow of 15,08 m<sup>3</sup>/s.

**Keywords:** Urban Drainage. Urban Areas. Growth. Floods.

#### INTRODUÇÃO

O crescimento desenfreado associado à falta de planejamento das áreas de ocupação das cidades brasileiras, ao passar dos anos se tornam um agravante preocupante dos problemas de drenagem. Tal fato ocorre devido à impermeabilização demasiada das bacias hidrográficas e a ocupação inadequada de regiões próximas aos cursos d'água, removendo a mata nativa que protegem os

corpos hídricos e favorecendo a ocorrência de inundações e alagamentos. (PORTO ALEGRE, 2005)

A água precipitada em uma determinada região, nem sempre é totalmente absorvida pelo solo, principalmente quando se tem baixo índice de permeabilidade. Assim, ocorre um acúmulo de água que, com o decorrer do tempo de precipitação, se concentram nas regiões mais baixas. Tal fato associado ao dimensionamento precário dos sistemas de drenagem, tornam o meio urbano propício ao surgimento das inundações e os alagamentos (DORNELLES, 2013)

A presente proposta de pesquisa refere-se à proposição de melhorias na rede de drenagem urbana de uma área do município de Ourinhos (SP), popularmente conhecida pelos recorrentes problemas de alagamento. Esta região foi mapeada por meio de cartas topográficas e por imagens de satélites, fornecendo assim, dados básicos para a delimitação da área de influência da bacia hidrográfica, a qual norteará a execução deste trabalho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O escoamento superficial pode ser assumido como sendo a necessidade de estimar as vazões de projeto da engenharia, sejam eles de galerias pluviais, bueiros rodoviários ou mesmo vertedores de barragens, além de outros objetivos da hidráulica fluvial (AZEVEDO NETTO, 1998).

Sendo assim, há diversos métodos que podem ser empregados para a determinação da vazão de escoamento, para entender este propósito irá ser utilizado o método racional.

### **DETERMINAÇÃO DA VAZÃO (MÉTODO RACIONAL)**

O volume de água precipitada sobre uma área urbana escoar e sucessivamente se acumula nas superfícies promovendo o início do escoamento superficial sobre terrenos, telhados, pisos, superfícies asfaltadas etc. procurando os pontos mais baixos, até chegar às ruas onde há o acúmulo de água nas sarjetas, funcionando como canais. O dimensionamento das galerias pluviais depende das vazões a serem captadas nas ruas, da quantidade de chuva precipitada e das características de superfícies por onde escoar, tais como declividade, capacidade de infiltrações e graus de impermeabilidade.

Para determinar as vazões de enchentes nos sistemas de microdrenagem tem sido utilizado o método racional, representado na Equação.

$$Q = C.i.A \quad (01)$$

Onde:

Q: vazão de enchente na seção de drenagem, em [m<sup>3</sup>/s];

C: coeficiente de escoamento superficial da bacia hidrográfica;

i: intensidade média de precipitação sobre toda área da bacia, com duração igual ao  $t_c$  (tempo de concentração), em [m<sup>3</sup>/s] por hectare;

A: área de contribuição da bacia hidrográfica, em hectares.

Embora a recomendação de aplicação seja restrita a bacias menores que 500 hectares, a sua simplicidade e facilidade de obtenção dos fatores torna o uso do método racional bastante difundido para pequenas bacias, até 3 ou 4 vezes maiores que esse limite, e chuvas com retorno não superior a 50 anos (AZEVEDO NETTO,1998).

### COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O coeficiente de escoamento superficial pode ser classificado por meio de fórmulas práticas, que levam em conta os principais fatores que motivam o escoamento superficial e por meio de dados coletados nas pesquisas. Outro modo para se estabelecer o C e o emprego do quadro, qual são apresentados alguns coeficientes de escoamento superficial em função do uso da área e das características da superfície, descritas abaixo.

**Quadro 1** - Coeficientes de escoamento superficial em função do uso da área.

Valores usuais de C, segundo Kuichling	
Natureza da bacia	C
Telhados	0,70-0,95
Superfícies asfaltadas	0,85-0,90
Superfícies pavimentadas e paralelepípedos	0,75-0,85
Estradas macadamizadas	0,25-0,60
Estradas não pavimentadas	0,15-0,30
Terrenos descampados	0,10-0,30
Parques, jardins, campinas.	0,05-0,20

Fonte: (AZEVEDO NETTO et al.,1998, p. 538)

Como citado acima, no presente projeto de pesquisa a dois modos para determinar o coeficiente do escoamento superficial, neste caso será utilizado a

Quadro 1 (Coeficientes de escoamento superficial em função do uso da área), e na área estudada será empregado o coeficiente relacionado a superfícies asfaltadas (0,85-0,90).

### **BACIA HIDROGRÁFICA - SEÇÃO DE DRENAGEM**

Seção de drenagem e a seção transversal de um curso d'água para o qual interessa determinar a variação da vazão resultante de precipitação ocorrida a montante. Chama-se bacia hidrográfica ou bacia de contribuição de uma seção de drenagem a uma área geográfica constituída pelas vertentes que coletam a água precipitada que, escoando superficialmente, atingirá a seção de drenagem. A correspondência entre a bacia hidrográfica e a seção de drenagem é homogênea (AZEVEDO NETTO, 1998).

### **INTENSIDADE DA CHUVA**

A curva IDF (Intensidade-duração-frequência) de um determinado local é encontrada a partir de registros históricos de precipitação de pluviógrafos do local. A curva IDF de determinado local fornece a intensidade da chuva (mmh-1) para uma dada duração  $t$  (horas) e período de retorno  $T_r$  (anos). Ela pode ser definida graficamente ou como uma equação que segue a baixo;

$$i = \frac{k \cdot t_r^m}{(t_d \cdot t_0)^n} \quad (03)$$

Sendo:

$i$ : Intensidade de precipitação máxima média, em milímetro h<sup>-1</sup>;

$t_r$ : tempo de retorno, em anos;

$t_d$ : tempo de duração da chuva, em minutos;

$k$ ,  $m$ ,  $t_0$  e  $n$ : parâmetros característicos da precipitação (adimensional).

O tempo de retorno utilizado na microdrenagem varia de dois ou cinco anos a dez anos FESTI (2007). Para áreas pouco densas e residenciais utilizam-se dois anos e para áreas comerciais onde as perdas podem ser maiores, pode-se escolher até dez anos, que é o nosso caso.

Como na região de Ourinhos (SP) não foram feitos os estudos sobre a intensidade, então, serão adotados os dados da cidade de Jacarezinho (PR), a cidade mais próxima. E nesta equação gerada permitiu-se o cálculo da intensidade

máxima de chuvas com diferentes durações e períodos de retorno. Para um tempo de retorno de dez anos, através da equação de FESTI (2007) tem-se;

$$i_{max} = \frac{59.820,00}{(t_d+50)^{1,49}} \quad (04)$$

Neste caso, o tempo de duração da chuva para sistemas de drenagem urbana, geralmente, utilizado igual ao tempo de concentração da bacia ou tempo de escoamento superficial.

Adotando-se um  $t_d$  de 10 minutos para o cálculo da galeria pluvial em estudo.

### **DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO**

A delimitação da área de contribuição foi levantada a partir dos dados obtidos e com auxílio de software QGIS (versão 3.4.12), que utiliza como base para os procedimentos dados fornecidas nas cartas topográficas da região de estudo disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e arquivos de base de dados obtidos de mapas de altitude levantados a partir do satélite *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) com resolução de 12,5 metros por pixel e disponibilizados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), possibilitando assim levantar as curvas de níveis da região e também o levantamento das diretrizes básicas de projeto como a área e perímetro da bacia de estudo. Possibilitando assim o levantamento da vazão de escoamento superficial, para se desenvolver as galerias e medidas de controle na fonte que serão efetuadas no local de estudo.

### **DIMENSIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS DE DRENAGEM URBANA**

De acordo com o Manual de Drenagem Urbana (2002) no projeto existem alguns componentes, e dentre eles se destacam os principais sendo: Projeto Urbanístico, Paisagístico e do Sistema Viário da Área, todos envolvendo o plano de ocupação da área em estudo.

Neste estudo foram definidas as alternativas de Drenagem que serão aplicadas, e das medidas tomadas como controle para manutenção das condições de pré-desenvolvimento. E, definidas também, as variáveis de projeto para as alternativas de Drenagem em cada cenário específico, desde o pré-desenvolvimento até após a implantação do projeto.

O projeto foi definido de acordo com a complexidade do cenário estudado, levando em consideração se trata de micro ou macrodrenagem.

### **MICRODRENAGEM**

O sistema de drenagem inicial, ou regularmente chamado como microdrenagem, é compreendido como o conjunto entre os pavimentos das ruas, guias e sarjetas e galerias pluviais de menor porte, sendo dimensionados para chuvas que ocorram em média a cada 10 anos. No caso de chuvas mais intensas esse sistema deve suportar parte do escoamento superficial, de modo que sejam minimizados os riscos de haver prejuízos e fatalidades decorrentes dos alagamentos e inundações. Os alagamentos da pavimentação e das calçadas podem até ser admissíveis, desde que não sejam frequentes, principalmente em vias mais movimentadas, nas residências e estabelecimentos comerciais e industriais (SÃO PAULO, 2012).

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir do local e suas características, foram determinados o coeficiente de escoamento superficial do local e a curva IDF.

Para análise física do processo de intensidade máxima, na área considerada adotou-se o tempo de duração de chuva com cerca de 10 minutos, ilustrado no cálculo abaixo;

Onde;

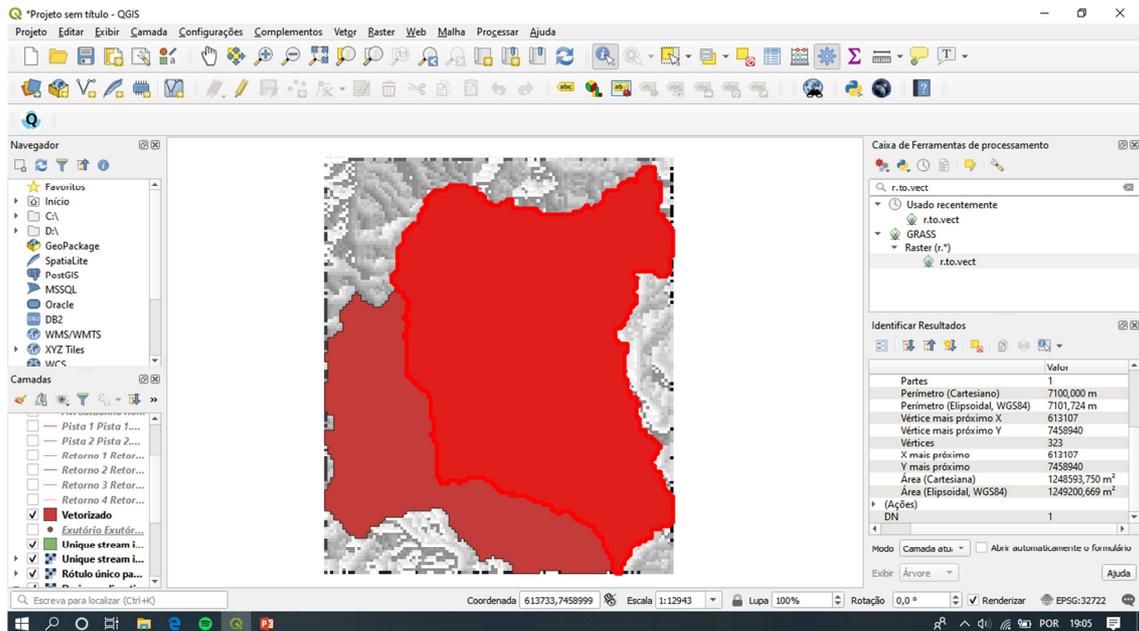
$$i_{max} = \frac{59.820,00}{(10 + 50)^{1,49}} = 134,10 \text{ mm}$$

Os dados de precipitação extraídos da curva IDF de Jacarezinho (PR) serão de grande valia, pois fornecem de forma aproximada a intensidade de chuva da região de Ourinhos (SP), pois, são cidades próximas.

Para estimar as vazões máximas de escoamento superficial, necessita-se analisar as características da região em estudo, através disso fora definido que parte do local contém uma área verde, e outra possui asfalto. Sendo assim, o coeficiente de escoamento empregado foi de superfícies asfaltadas, pois apresenta maior parte da região examinada, que corresponde a 0,85-0,90, apresentado no (Quadro 1).

E posteriormente, a partir da delimitação da área de contribuição obtida com o auxílio do software QGIS, foi possível delimitar a área da bacia hidrográfica de 1249200 m<sup>2</sup> com a elipse de georreferenciamento adotada sendo à World Geodetic System (WGS84), que se transformando se obtém um valor de 124,92 hectares.

**Imagem 1:** Determinação da área da bacia hidrográfica pelo software QGIS



Em seguida, foi definida a vazão de escoamento superficial da bacia de estudo, por meio da equação do método racional que foi de 15,08 m<sup>3</sup>/s.

$$Q = 0,9 \cdot 0,1341 \cdot 124,92 = 15,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão é a principal grandeza utilizada para se projetar e desenvolver a rede de drenagem urbana e, interfere na escolha das medidas de controle na fonte que serão efetuadas no local de estudo.

## CONCLUSÃO

A implantação de um sistema de drenagem urbana adequado é importante e beneficia a população melhorando a saúde e a qualidade de vida. Neste trabalho foi utilizado o método racional, onde foram encontrados os valores de 15,08 m<sup>3</sup>/s de vazão do escoamento superficial da região, que somente foi possível esse resultado a partir da análise as condições do local, mapeando as áreas suscetíveis

ao alagamento, delimitando a área de contribuição e desta forma encontrando a possível solução para o problema de drenagem.

Após essa determinação de vazão, foi determinada a melhor opção a ser executada na área em estudo, sendo essa a medida de controle na fonte, que faz parte da microdrenagem, sendo um elenco básico de obras ou estruturas que pode ser listado como: Pavimento Poroso, Trincheira de infiltração, Vala de infiltração, Poço de Infiltração, Micro reservatório, Telhado reservatório, Bacia de detenção, Bacia de retenção, Bacia subterrânea, Conduitos de armazenamento e Faixas gramadas. São vários os fatores que podem ser entendidos como critérios na escolha das obras de redução e controle do escoamento.

### REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.

AZEVEDO NETTO, J.M.D.A; FERNÁNDEZ, M.F. **Manual de Hidráulica**.Ed.9º, São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2015.

DORNELLES, F. C. W. **Hidrologia para Engenharia**., 2013.

FESTI, A. V. **Coletânea das equações de chuva do brasil**. Xvii Sbrh, p. 1–18, 2007.

PORTO ALEGRE. **Prefeitura Municipal. Departamento de Esgotos Pluviais**. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre, 2005. v.VI.

SÃO PAULO. **Prefeitura Municipal. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica**. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. São Paulo, 2012. v.I

SUDERHSA. **Elementos Conceituais para Projetos de Drenagem Urbana**. Manual de Drenagem Urbana dez 2002. Pg. 14 à 27.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**, Capítulo 3 - Tempo de concentração, 2013.