



## ÁGUAS PLUVIAIS E DRENAGEM URBANA: INFLUÊNCIA DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO NO CONTROLE DE VAZÕES

*Giuliano Crauss Daronco<sup>1</sup>; Luiz Carlos Mittelstadt Júnior<sup>2</sup>,*

**Resumo** – A falta de planos municipais de drenagem urbana em conjunto com a elevada taxa de impermeabilização devido ao aumento desenfreado da urbanização vem causando um grande número de inundações e enchentes nas cidades e conseqüentemente grandes prejuízos a várias famílias. Com intenção de melhorar a qualidade de drenagem urbana trazer novas soluções para os problemas, este artigo tem como objetivo dissertar sobre reservatórios de detenção e a sua influência no controle da vazão produzida. Foi feito esse estudo através de análise de vazões e volume produzido por chuvas será avaliado os benefícios produzidos por esses reservatórios e a sua influência como controle de escoamento superficial sobre a vazão de enchentes. Para tal, foi escolhida uma bacia hidrográfica da cidade de Santa Rosa que apresenta um grau elevado de impermeabilização e através de imagens de satélite e dos dados hidrológicos existentes da cidade foi realizadas os cálculos necessários para transformar a chuva em escoamento superficial e calcular os volumes dos reservatórios e sua eficiência e benefício.

**Palavras-Chave** – drenagem urbana; reservatório de contenção; inundações;

## RAINWATER AND URBAN DRAINAGE SYSTEMS: DETENTION RESERVOIRS AND HIS INFLUENCES ON RAINWATER FLOW CONTROL

**Abstract** – Lack of municipal plans for urban drainage in conjunction with the high sealing rate due to rampant urbanization has caused a large number of floods in cities and consequently great damage to several families. Intended to improve the quality of urban drainage and bring new solutions to problems, this article aims to speak about detention basins and their influence in controlling the produced flow. This study was done using analysis of flow and volume produced by rainfall and the benefits and influences of reservoirs when they are used as a measure to control rainfall runoff on floods. For such, has been chosen one area of the city of Santa Rosa that has a high degree of waterproofing and through satellite imagery and existing hydrological data of the city was made the calculations necessary to transform the rain into runoff and calculate the volumes of reservoirs and find their efficiency and benefits.

**Palavras-Chave** – Urban Drainage; Detention Reservoirs; floods;

<sup>1</sup> Engenheiro, Dr., Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul (UNIJUI), 55 9976 8080, giulianodaronco@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Civil., Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul (UNIJUI), ju.mittelstadt@gmail.com



## **INTRODUÇÃO**

Devido ao crescimento das cidades, o nível de impermeabilização das áreas urbanas acaba se tornando muito alto. Esse fato em conjunto com a falta de planos urbanos de drenagem, gerencia inadequada e filosofia errônea dos projetos de engenharia, vem causando ao longo dos anos uma elevada série de inundações e conseqüentemente prejuízos muito elevados para sociedade como um todo que poderiam ser evitados (TUCCI, 1995).

Essas inundações são um problema crônico no Brasil (Tucci, 1995). A Pesquisa Nacional do saneamento básico de 2008 feita pelo IBGE, mostra que apenas 48,8% dos municípios brasileiros declararam não apresentar algum tipo de problema com inundação ou estrangulamento no sistema de drenagem. Dos municípios que sofreram esses problemas, grande parte são causados pelo dimensionamento inadequado de projeto, obstrução de bueiros e bocas de lobo, obras inadequadas, lençol freático alto, interferências físicas no sistema de drenagem, desmatamento entre outros.

O uso de novas técnicas de drenagem urbana, baseadas em sustentabilidade, chamados de SuDS (Sustainable urban Drainage Systems) começaram a surgir nos outros países e apresentam uma série de relatos de experiências na execução dessas iniciativas a partir de década de 1980, como mostra Argue (2002) nos grandes progressos feitos na Austrália e Japão, e Inglaterra e outros países.

Como se baseiam em sustentabilidade, esses SuDS buscam utilizar um novo pensamento na atividade gerencial do ciclo da água no meio urbano (Argue, 2002). Os SuDS buscam realizar o que Tucci (1995) chama de melhor drenagem que é a que drenagem o escoamento sem produzir impactos nem no local e nem a jusante.

## **METODOLOGIA**

Para a realização deste artigo, foram selecionados materiais bibliográficos que abordam o assunto em pauta. Após o término dessa etapa exploratória, foi iniciado o desenvolvimento da pesquisa, que consistiu em primeiramente realizar um pré-cálculo dos escoamentos superficial e o volume de água produzido utilizando o método racional:

- Antes da urbanização, partindo da premissa da bacia escolhida estar coberta de vegetação;
- Após a urbanização, onde irá ser considerado que o aumento do escoamento devido as áreas impermeáveis;

Para a realização desses cálculos foi realizado a caracterização de várias variáveis. Primeiramente foi escolhida uma parte de uma bacia da cidade de Santa Rosa na qual foi realizado o estudo. A partir da área escolhida foi feito o processo de cálculo das áreas impermeáveis através da utilização de imagens de satélite, obtidas do software Google Earth, na qual foi possível identificar áreas impermeabilizadas e áreas verdes.

Com as áreas impermeáveis da bacia prontas foi iniciado o processo de cálculo das outras variáveis, como a intensidade média da chuva obtida pelos dados pluviométricos da cidade de Santa Rosa através da curva IDF ajustada para cidade e o coeficiente de escoamento superficial, que considera áreas impermeáveis e áreas permeáveis, tempos de concentração.

Com todas as variáveis encontradas foi aplicado o modelo de cálculo das vazões de pico para as duas diferentes situações. Com as duas vazões de pico foi criado os Hidrogramas para representar



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília - DF

as duas situações a forma triangular utilizado para realizar comparações e dimensionar os reservatórios de armazenamento.

Por fim, na etapa de reflexão, a partir dos dados obtidos foi realizado comparativos e assim identificar os possíveis benefícios da execução desses SuDs e a sua influência nas enchentes que acontecem na cidade de Santa Rosa e será feita considerações finais sobre os resultados obtidos com a realização deste trabalho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Área de Estudo

A área urbana da cidade de Santa Rosa é banhada por três rios, mais precisamente dois arroios e uma sanga chamados respectivamente de Arroio Pessegueiro, Arroio Pessegueirinho e Sanga do Inácio, dessa maneira pode se dividir a cidade em três Bacias Hidrográficas.

Foi escolhida para receber o estudo a parte inicial da Bacia do Rio Pessegueirinho, que apresenta várias características. Sua área total é bem dividida entre áreas rurais e áreas urbanas, diferentemente do resto da cidade, sendo que as áreas rurais ocupam mais que 50% de sua área total, sendo ocupada por vegetação nativa e por campos agrícolas.



Figura 1. Área da Bacia para Realizar o Estudo

Através de imagens de satélite e os mapas da cidade é possível identificar que as áreas ao sul do arroio pessegueiro apresentam um desenvolvimento de urbano alto, com uma uniforme ocupação das quadras. No lado oposto, ao norte do arroio Pessegueirinho é possível perceber uma grande quantidade de áreas verdes, divididas em áreas com floresta nativa, principalmente as margens do arroio devido a área ser de preservação ambiental e áreas de plantações.

### Dados Pluviométricos

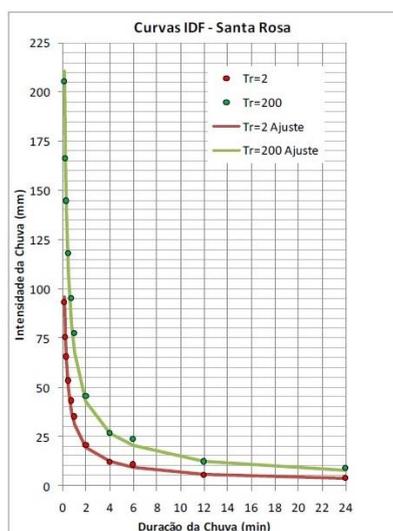
O Plano Municipal de Saneamento Básico (2010) do município de Santa Rosa, apresenta um estudo de dados históricos de chuvas de todos postos existentes. Através desses dados foi criado uma curva IDF específica para a cidade e através dela foi obtido os valores necessários para o cálculo dos escoamentos.



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília - DF



Parâmetro	Valor
<i>a</i>	28
<i>b</i>	0.17
<i>c</i>	0.025
<i>d</i>	0.676

Figura 2. Curva IDF e Parametros para a cidade de Santa Rosa  
Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Santa Rosa (2010)

### Áreas impermeáveis

Como existem áreas impermeabilizadas na bacia a ser estudada e esse ser o problema criado devido a urbanização foi necessário medir essa quantidade de área existente para poder ser utilizado no cálculo do escoamento e assim saber o quanto de volume será produzido.

Através de imagens de satélites obtidas pelo software Google Earth, foi possível realizar uma composição de áreas impermeáveis e áreas permeáveis da bacia escolhida para obter sua metragem, através da utilização do Software AutoCad.

Como a área escolhida para realizar o estudo é grande, a utilização de uma única imagem de satélite total da bacia se tornou inviável devido a qualidade dela ser ruim e impossibilitar uma definição mais precisa das áreas de telhados e calçadas. A partir disso foi optado por dividir toda a bacia em várias imagens aproximadas, onde cada uma englobando algumas quadras, sendo possível definir de maneira mais precisa as áreas de telhado e calçadas.

Tabela 1. Relação entre as áreas da bacia

Bacia do Arroio Pessegueirinho		
Ocupação	Área (Ha)	Percentual
Coberturas e Calçadas	50,98	8,85
Ruas	32,63	5,66
Áreas Verdes e Vegetação	492,78	85,49
Total:	576,39	100,00

### Cálculo das vazões

O cálculo das vazões pré-impermeabilização e pós-impermeabilização foram feitas através do método racional, método amplamente utilizado para pequenas bacias hidrográficas e é dado pela seguinte fórmula:



$$Q_{max} = 0,278 . C . I . A \quad (1)$$

Onde:

$Q_{max}$  = Vazão máxima;

C = Coeficiente de perdas;

I = Intensidade da precipitação (mm/h);

A intensidade da chuva foi calculada através da curva IDF utilizando a fórmula da intensidade e os parâmetros apresentados na figura 2. Para o seu cálculo foi considerado como o tempo de duração da chuva o tempo de concentração da bacia, cálculo do através do método SCS e a escolha do tempo de retorno como 100 anos. Os resultados obtidos foram os seguintes:

$$i = \frac{28 \times T_r^{0,17}}{(t+0,025)^{0,676}} \quad i = \frac{28 \times 100^{0,17}}{(0,156+0,025)^{0,676}} \quad i = 194,52 \text{ mm/h}$$

Vazão Pré-Impermeabilização:

Utilizando a intensidade da chuva, a área total, considerando tudo com vegetação nativa e o coeficiente C sendo todos como áreas verdes foi obtido o seguinte valor.

$$Q_{max} = 62,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vazão Pós-Impermeabilização:

Utilizando a intensidades da chuva, a área e o coeficiente C sendo dividida entre as áreas impermeáveis (Telhados e Ruas = 0,85) e verdes (Vegetação = 0,20) foi obtido o seguinte valor.

$$Q_{max} = 91,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

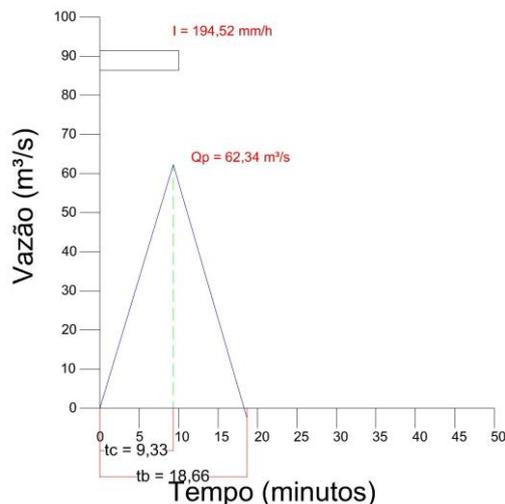


Figura 3. Hidrograma pré-urbanização

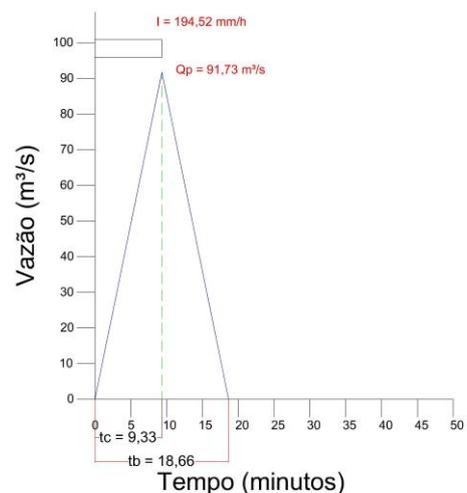


Figura 4. Hidrograma pós-urbanização



## Cálculo do Reservatório

Para o cálculo do volume de reservatório foi utilizada a fórmula criada por McCuen (1989), que utiliza hidrogramas triangulares para seu cálculo, e apresentou a seguinte expressão para o cálculo do  $V_s$  (volume entre o hidrograma de entrada e o hidrograma de saída):

$$\frac{V_s}{V_d} = 1 - \alpha \quad \text{onde} \quad \alpha = \frac{Q_a}{Q_d} \quad (2)$$

No caso da bacia estudada são obtidos os seguintes volumes:

$$\alpha = \frac{Q_a}{Q_d} = \frac{62,34}{91,73} = 0,6796 = 0,68$$

$$V_d = Q_d \times t_d = 91,73 \times 9,33 \times 60 = 51350,45 \text{ m}^3$$

$$\frac{V_s}{V_d} = 1 - \alpha = V_s = (1 - 0,68) \times 51350,45$$

$$V_s = 16432,14 \text{ m}^3$$

## CONCLUSÕES

O cálculo das vazões e volumes produzidos por uma chuva nessa bacia hidrográfica estudada permitiu algumas considerações essenciais para o estudo e para futuros estudos sobre esse assunto.

Para o cálculo das vazões e volumes de água produzidos nessa bacia foi necessário o cálculo da intensidade da chuva e esta apresentou um valor elevado de 194,72 mm/h. Esse alto valor é devido a escolha de um tempo de retorno de 100 anos, tempo normalmente escolhido para obras de macrodrenagem, significando que uma chuva desse tipo só aconteceria uma vez a cada 100 anos.

A partir dessa chuva e do mapeamento das áreas da bacia foi utilizado o método racional para obter as vazões para depois da urbanização e para antes da urbanização e obtido os seguintes valores.

Tabela 2. Relação entre as vazões pré e pós urbanização

Relação Vazão Pré-Pós	
Pré (m <sup>3</sup> /s)	Pós (m <sup>3</sup> /s)
62,33837684	91,72709452

Através de uma análise dessas vazões percebe-se que ocorreu um aumento de 47,14%, isso é um aumento de 29,39 m<sup>3</sup>/s de vazão, em relação ao inicial produzido quando não havia áreas impermeáveis, apenas vegetação.

Esse aumento de 47,14% de vazão que ocorre, quando comparado ao mapeamento das áreas urbanas, mostra que apenas um pequeno crescimento de áreas impermeáveis, no caso 14,51%,



divididos entre telhados, calçadas e ruas pavimentadas, altera consideravelmente o volume de água produzido e os riscos de enchentes e alagamentos nessas áreas.

Mesmo com a bacia apresentando grandes áreas verdes, essa parte do arroio pessegueirinho está em áreas propícias a enchentes segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de 2010 devido as suas características topográficas e urbanas. Isso pode ser percebido no mapeamento das áreas feitas observando as construções ribeirinhas que desequilibram o perfil natural dos rios e ao aumento de vazão produzido devido ao crescimento de áreas impermeáveis.

Através das fórmulas de McCuen (1989), utilizando dos hidrogramas pré e pós urbanização foi calculado o volume de detenção necessário que foi igual a 16.432,14 m<sup>3</sup>.

Esse é o volume necessário de detenção, que deve ser localizado na parte mais a jusante da bacia, para impedir que esse volume adicional não causar problemas futuros a jusante da cidade, onde as áreas são mais urbanizadas e que produzem mais volume de escoamento.

No cálculo do reservatório foi apenas considerado o seu volume total necessário, não limitando os possíveis tipos de reservatórios que poderiam ser utilizados, desde os mais comuns como também SUDs, como lagoas, bacias de infiltração e etc.

No ponto a jusante da bacia estuda, próximo ao arroio pessegueirinho, existem várias áreas verdes de grandes extensões, onde a construção desses SUDs poderiam ter um grande impacto benéfico nas áreas mais afetadas por enchentes devido a retenção de grande parte do volume produzido durante a duração da chuva para posterior liberação diminuindo assim o volume escoado.

Como existem grandes áreas verdes não ocupadas, a execução de bacias de filtração ou lagoas de detenção são possíveis e deveriam ser até projetadas, devido as futuras expansões da cidade na qual o volume de água produzido pelas chuvas será consideravelmente aumentado e assim os problemas futuros a jusante de enchentes e alagamentos.

Fazendo um simples dimensionamento considerando um reservatório enterrado com as dimensões de 50 metros de comprimento por 50 metros de largura e uma altura de 7 metros apresenta um volume de 17500 m<sup>3</sup>, mais do que o necessário para realizar a detenção dos 16432,14 m<sup>3</sup>. Essa base de 50 metros por 50 metros ocupa uma área de 2500 m<sup>2</sup> que se equivale a 0,0433% da área total da bacia estudada.

Por fim esse trabalho teve como intuito final realizar uma comparação entre volumes de água produzidos por uma chuva na cidade de Santa Rosa pré e pós desenvolvimento urbano e assim descobrir qual a influência que a crescente urbanização, ocorrência comum nas cidades brasileiras, teriam na relação direta na produção da vazão total de uma bacia e assim encontrar os benefícios e a influência que reservatórios de detenção, ou SUDs, teriam na diminuição total vazão da bacia hidrográfica.

Com a utilização do método racional para o cálculo da vazão produzida pela bacia a partir dos dados hidrológicos da cidade foi possível encontrar os volumes de água produzidos por precipitações antes e pós urbanização e assim comparar os volumes produzidos e notar o aumento exponencial da vazão em relação com o crescimento das áreas impermeáveis e assim encontrar a influência e benefícios com a execução dos reservatórios de detenção, ou SUDs.

Por fim o uso de reservatórios de detenção para o caso iriam reter essa vazão excedente produzida pelos telhados, calçadas e ruas, deixando apenas a parcela da vazão pré-desenvolvimento escoar ao longo da duração da chuva e após seu término liberar o volume retido aos poucos,



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília - DF

diminuindo assim a quantidade de enchentes e sua agressividade nas áreas de risco a população sendo assim uma das melhoras alternativas possíveis de serem executadas.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, Marcus A S.; SOUZA, Christopher Freire e TUCCI, Carlos E M. (2007). *Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade*. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo/SP. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2008. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro*. 219p. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acessado em 16 abril 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Santa Rosa: Infográficos: dados Gerais do município*. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=431720>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

MARTINS, Francisco José Paulos; PINHEIRO, António do Nascimento; CARMO, José Simão Antunes. *Passagens Hidráulicas: Dimensionamento hidrológico e hidráulico e estimativa de custo assistidos por computador*. Recursos Hídricos, Lisboa, v. 24, n. 3, p.37-50, nov. 2003.

SANTA ROSA. Prefeitura Municipal de Santa Rosa. *Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo*. Santa Rosa, 2010. v. 1.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. (Org.). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), Edusp, ABRH, 2009. v. 1. 943p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos . *Urbanización*. In: Carlos E. M. Tucci e Juan Carlos Bertoni. (Org.). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: ABRH GWP, 2003, v. 1, p. 1-10.

TUCCI, Carlos e M; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T de (Org.). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH/editora da Universidade/UFRGS, 1995.