

## **APLICABILIDADE DE METODOLOGIAS PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO EM SANTA MARIA-RS**

*Raviel Eurico Basso<sup>1</sup> & Lucas Camargo da Silva Tassinari<sup>1</sup> & Jean Ricardo Favaretto<sup>1</sup> & Regina Cadore<sup>2</sup> & Daniel Gustavo Allasia<sup>3</sup> & Rutinéia Tassi<sup>3</sup>*

**Resumo** - A ocupação desordenada e a consequente impermeabilização excessiva dos centros urbanos vêm prejudicando a qualidade de vida e diminuindo drasticamente a qualidade das águas. Para contornar esta situação, diversas cidades têm procurado resolver os problemas derivados da drenagem urbana de uma forma econômica e sustentável através da exigência de medidas compensatórias. Dentre as medidas compensatórias, os reservatórios de retenção (ou vulgarmente conhecidos como “piscinões”) têm sido as mais comumente aplicadas. Na cidade de Santa Maria-RS, apesar dos problemas na drenagem urbana serem cada vez mais frequentes, não existe nenhuma estrutura desse tipo em funcionamento atualmente. Para dar subsídios ao dimensionamento destas estruturas, neste trabalho são avaliadas diversas metodologias de pré-dimensionamento da drenagem pluvial em um loteamento típico da região comparando os resultados com aqueles obtidos por modelagem. Os resultados mostraram que o método apresentado por Silveira e Goldenfum (1997) baseado na curva envelope foi o que forneceu o pré-dimensionamento mais próximo do real em bacias de retenção convencionais, embora este tenha resultado o dobro do valor obtido para bacias com by-pass, nas quais nenhum dos métodos avaliados foi efetivo.

**Palavras-Chave** – Bacia de retenção, pré-dimensionamento, métodos.

## **APPLICABILITY OF PRE-DIMENSIONING METHODS OF DETENTION BASINS IN SANTA MARIA-RS**

**Abstract** – Disordered settlement and the consequent excessive imperviousness of urban centers damages the quality of life and decreases the quality of water. To circumvent this situation, several cities have sought to solve these problems caused by urban drainage in an economical and sustainable way by requiring compensatory methods. Among these methods, detention basins (commonly referred to as "piscinões") have been the most commonly applied. In Santa Maria-RS, despite urban drainage problems being increasingly common, there is no such structure in operation today. To give subsidies to the dimensioning of these structures, this study assessed different methodologies for pre-dimensioning of stormwater drainage in a typical subdivision of the region by comparing results with those obtained by modeling. Results showed that the method presented by Silveira and Goldenfum (1997) based on envelope curve is the one which provided pre-dimensioning closer to the standard detention basins, although it has resulted two times the obtained value for basins with by-pass, in which none of the tested methods was effective.

**Keywords** – Detention basin, pre-dimensioning, methods.

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria: lucascst@hotmail.com; basso.raviel@gmail.com

<sup>2</sup>Profissional formada.

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Maria: dga@ufsm.br ; rutineia@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o quinto país mais populoso do mundo ficando atrás apenas da China, Índia, Estados Unidos e Indonésia. De acordo com dados do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a população brasileira atingiu a marca de 190.755.799 habitantes. Esse crescimento populacional em conjunto com o crescimento econômico do país nos últimos anos gerou um grande crescimento das cidades. Hoje, com base nos dados do IBGE, 84% dos brasileiros vivem em áreas urbanas.

Conforme Tucci (2002), o aumento da população urbana no Brasil ocorreu de forma desorganizada e sem planejamento por parte do poder público. Atualmente, a situação das cidades é um problema social que se observa em, por exemplo, poluição, destruição do meio ambiente e desenvolvimento de sub-habitações. Em função do aumento significativo das inundações, da produção de sedimentos e da deterioração da qualidade da água, observa-se uma desconfiguração dos recursos hídricos em relação ao seu estado de pré-ocupação (antes da interferência antropogênica). Este agravamento ocorre muito em função da crescente impermeabilização do solo, decorrente da urbanização acelerada.

Existem várias soluções técnicas para o controle de cheias urbanas, dentre as quais são citados os métodos estruturais, que incluem soluções tradicionais, tais como ampliação dos condutos, retificação e canalização de cursos d'água, e soluções compensatórias, tais como reservatórios ou bacias de retenção e trincheiras de infiltração. Outra forma de evitar perdas humanas e financeiras a partir de enchentes consiste nas chamadas soluções não estruturais, tais como o zoneamento urbano, a convivência com cheias, sistemas de alerta, construções mais apropriadas e sistemas de seguro contra enchentes (Franco, 2004).

Com o Estatuto da Cidade (Lei 10251/2001) o Governo Federal sinalizou que a drenagem urbana deve receber abordagem compensatória ou não estrutural, estando subordinado o financiamento de obras nas cidades a esta condição. Desta forma, nos últimos anos têm-se popularizado a adoção, dentre estas medidas, de reservatórios de retenção.

As bacias de retenção têm como objetivo manter armazenado um volume de água por um determinado tempo redistribuindo as vazões durante um tempo maior a fim de diminuir-se os efeitos das vazões de pico durante os eventos chuvosos. Assim, as bacias de retenção são construções que requerem manutenção apropriada para seu correto funcionamento, pois pode ocorrer contaminação por resíduos sólidos ou esgotos urbanos, visto que durante um evento de chuva a água transporta tudo o que encontra pelo seu caminho provocando riscos à saúde da população.

Como qualquer obra de engenharia, o primeiro passo para dimensionar uma bacia de retenção é determinar seus objetivos. De acordo com Porto *et al.* (2005), esse dispositivo pode ser utilizado para controle da vazão máxima, controle de volume ou controle de material sólido.

Os reservatórios se dividem em dois tipos básicos: tipo *off-line* que são reservatórios que não entram em funcionamento para todo e qualquer evento, mas para determinados eventos, definidos em projeto; e reservatórios *on-line* que ao contrário do anterior, recebem água de chuvas com intensidades baixas. A diferença fundamental entre eles é a existência de um *by-pass*, que é simplesmente um canal com uma determinada capacidade. A função do *by-pass* é desviar a vazão do reservatório, caso ela não supere a capacidade de projeto do mesmo. Assim, se em um determinado evento a vazão na tubulação é inferior à de projeto do *by-pass* ela simplesmente escoará pelo *by-pass* sem entrar no reservatório. No momento em que a vazão supera a capacidade de projeto do *by-pass*, começa a verter para dentro do reservatório. Desta forma, como não é

armazenado todo o volume do evento e sim o que não pode ser escoado pelo *by-pass*, o reservatório dimensionado tem um volume inferior à situação *on-line*, e isso se traduz em custos (Neves *et al.*, 2005).

Como os primeiros milímetros de chuva promovem uma espécie de “limpeza” das superfícies, o escoamento inicial tem alta concentração de poluentes. A utilização de reservatórios *off-line* apresenta ainda uma vantagem adicional, pois uma vez que esta parte “suja” do escoamento (*first-flush*) tenha passado pelo *by-pass*, a água que entra no reservatório possui menor quantidade de poluição, e, portanto, menos problemas ambientais. Sob o ponto de vista de limpeza, também é preferida a utilização de reservatórios *off-line*, pois, como não são utilizados em todos os eventos, necessitam, portanto, menor manutenção. No entanto, existe locais onde, devido à falta de espaço físico para a ampliação das redes de drenagem, a única alternativa existente é o controle total da vazão com reservatórios do tipo *on-line*.

No Brasil, os primeiros reservatórios de detenção foram implantados em 1953, em Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, sendo os da Pampulha e Santa Lúcia até hoje funcionais (Nascimento e Baptista, 1997). Assim, apesar de no Brasil as bacias de detenção não serem novidade, não existem atualmente este tipo de estrutura em funcionamento em Santa Maria-RS, desconhecendo-se a viabilidade técnica e econômica do seu funcionamento nesta região.

Embora o dimensionamento dessas estruturas seja normalmente realizado a partir de modelagem matemática, um dos problemas desse dimensionamento é a necessidade de contar com algumas estimativas iniciais do seu tamanho para depois ajustá-lo através da simulação. Com esta finalidade, existem, na literatura, diversas metodologias de pré-dimensionamento. Também, quando utilizado em condomínios ou áreas pequenas, diversas fórmulas simplificadas ou de pré-dimensionamento são aceitas para a construção da estrutura. Exemplos disso são os Planos Diretores de Drenagem Urbana de Porto Alegre, Distrito Federal e Teresina, os quais propõem uma fórmula que depende somente da área impermeável para o dimensionamento.

Para pré-dimensionar o volume a ser retido na bacia de detenção se fazem necessários dados a respeito do uso do solo, da bacia de contribuição e características de precipitação do local (no caso, a equação IDF do local). Neste trabalho foram utilizados os seguintes métodos de obtenção de volume necessário a ser armazenado: Baker (*apud* Mccuen, 1989), Silveira e Goldenfum (2007) e Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005).

Baker (*apud* Mccuen, 1989) apresenta um método baseado na premissa de que o volume a armazenar é igual à diferença entre os hidrogramas de pré e de pós-ocupação. Neste método, os hidrogramas são triangulares e as vazões de pico são calculadas pelo Método Racional. Assim as vazões de pico ocorrem em tempo igual ao tempo de concentração para cada hidrograma e a duração total do hidrograma é igual a duas vezes o tempo de concentração. A vazão de pico de pré-urbanização ocorre na recessão do hidrograma de pós-urbanização. O volume pode ser calculado de forma analítica através da Equação 1.

$$V_B = \left(1 - \frac{q_{pre}}{q_{pos}}\right) * q_{pos} * 2 * tc_{pos} \quad (1)$$

Sendo:  $tc_{pos}$  o tempo de concentração de pós-urbanização;  $q_{pre}$  a vazão de pré-ocupação;  $q_{pos}$  a vazão de pós-ocupação e;  $V_B$  o volume da bacia de detenção.

Silveira e Goldenfum (2007) generalizam o método da curva envelope para uma solução explícita de pré-dimensionamento de diversos dispositivos de controle de vazões, entre eles bacias de detenção. O método consiste na comparação, ao longo do tempo, da curva de massa dos volumes

afluentes à bacia de detenção com a curva de massa dos volumes efluentes, e a máxima diferença entre as duas curvas é o volume de dimensionamento. Para a aplicação desta metodologia é necessário que a equação de chuvas (IDF) do local onde estará a estrutura seja do tipo Talbot. A partir das constantes dessa relação IDF, do tempo de retorno, do coeficiente de escoamento e da vazão média de saída da bacia de detenção, obtém-se o volume da bacia de detenção.

O Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005) também possui métodos para estimativas de volumes de bacias de amortecimento em loteamentos. Lembrando que esses métodos somente são válidos para Porto Alegre e aqui são utilizados somente como comparação. Esses métodos permitem que se estime o volume necessário em função da área da bacia de contribuição ou da área impermeável da bacia de contribuição. Assim, utiliza-se o maior dos valores encontrados a partir das equações 2 e 3.

$$V_B = 0,02 * A_c \quad (2)$$

$$V_B = 0,04 * A_i \quad (3)$$

$$V_B = 0,0425 * A_I \quad (4)$$

Sendo:  $V_B$  o volume da bacia de detenção ( $m^3$ );  $A_c$  a área da bacia contribuinte ( $m^2$ ) e;  $A_i$  a área impermeável existente na bacia contribuinte ( $m^2$ );  $A_I$  é a área impermeável existente na bacia contribuinte em  $m^2$ .

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade de diferentes metodologias de pré-dimensionamento de bacias de detenção para as características climáticas e construtivas de Santa Maria. Essas metodologias eventualmente poderiam ser utilizadas para o dimensionamento de estruturas no loteamento de interesse social Zilda Arns II (local de estudo deste artigo).

## METODOLOGIA

A área utilizada para avaliação das metodologias de pré-dimensionamento de bacias de detenção se localiza em Santa Maria-RS, na estrada municipal Eduardo Duarte, onde será construído o loteamento de interesse social Zilda Arns II, que abrigará 582 unidades habitacionais uni familiares. Na Figura 1 visualiza-se o local de implantação da obra. Este local possui solo argiloso e vegetação predominante rasteira, onde há previsão de duas áreas de preservação permanente (APP), sendo uma com área de 4.029,91 $m^2$  e a outra com área de 7.016,24  $m^2$ . Ao fundo do terreno há um curso d'água onde será descarregada a água da chuva através do sistema pluvial.

Com a falta de dados de vazão do local, para o dimensionamento da bacia de detenção, faz-se necessário o uso de métodos sintéticos (por exemplo, o Método Racional e o Hidrograma Unitário do SCS) para a transformação da precipitação em vazão. Por mais simples que sejam, esses métodos precisam da determinação de alguns parâmetros.

No caso de uso do Método Racional, o parâmetro relacionado com a caracterização do uso e ocupação do solo é o Coeficiente de Escoamento (C) e o tempo de concentração (Tc). Para este trabalho, utilizou-se a fórmula do SCS Lag. Para a obtenção da precipitação de projeto, foi utilizada como dado de entrada nos métodos aqui apresentados a relação IDF de Santa Maria apresentada por Belinazo (1991).

A determinação dos volumes afluentes à bacia de detenção foi realizada através da modelagem dos processos de transformação de chuva em vazão na bacia, que determinam a

quantidade de água escoada. A modelagem foi realizada primeiramente para o cenário de pré-ocupação para determinar as vazões antes do empreendimento. Posteriormente, foi modelado o efeito do empreendimento, observando se houve acréscimos nas vazões. Neste trabalho a modelagem foi realizada pelos métodos racional, da Curva Número CN (SCS), e a propagação dos reservatórios pelo método de Puls (Tucci, 2005). Os resultados obtidos por modelagem foram comparados com os obtidos pelas metodologias de simulação discutidas acima.

O eventual efeito causado pela impermeabilização foi então controlado através de reservatórios de detenção, que foram simulados como do tipo convencional (com descarregador e vertedor), como se fosse uma bacia de retenção (a água somente é perdida por evaporação e infiltração) e com um by-pass.



Figura 1. Imagem de satélite da localização do Loteamento Zilda Arns II. Fonte: Adaptada Google Earth.

O primeiro resultado obtido corresponde à modelagem, através da metodologia da Curva Número (CN) das vazões geradas na área em estudo antes e depois da ocupação pelo empreendimento. Para a modelagem com o método CN, o solo foi enquadrado no grupo hidrológico “Solo C”, determinando-se assim um valor de CN de pré-urbanização de 75 (Tucci, 1997). Para o CN de pós-urbanização analisou-se o projeto do loteamento para o levantamento das áreas e através de uma média ponderada pelas áreas de cada uso do solo e determinou-se o CN de pós-urbanização em 89.

Com o mesmo raciocínio, e para estimativa do tempo de concentração através da metodologia do SCS (Tucci, 2005), foi estimado o coeficiente de escoamento de pré-urbanização 0,20, e o coeficiente de pós-urbanização 0,64. O tempo de concentração foi estimado em 76 minutos para a situação de pré-urbanização e de 48 minutos para a pós-urbanização.

A partir da IDF de Santa Maria (BELINAZO, 1991), foram gerados os hidrogramas de aporte aos reservatórios. Para isso, utilizou-se o software IPHS-1, o qual tem em uma base de dados consagrada na literatura e possibilitou a simulação para inúmeras bacias de detenção e retenção. Assim, verificou-se a validade dos métodos aqui utilizados para o empreendimento em estudo.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para o método desenvolvido pelo Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005), levantou-se área da bacia contribuinte de 202.348,02 m<sup>2</sup>, uma área impermeabilizada de 120.367,12 m<sup>2</sup>. O volume foi determinado através da aplicação das equações 2, 3 e 4, de onde utilizou-se o maior resultado, conforme determinado pelo método, sendo este 5.115,16 m<sup>3</sup>.

Para o método de Baker (*apud* Mccuen, 1989), foi necessária a determinação das vazões de pré e pós-ocupação, resultando os valores 0,59 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e 2,55 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, respectivamente, determinando o volume da bacia de 11.304,89 m<sup>3</sup>.

Para método de Silveira e Goldenfum, a IDF de Santa Maria foi transformada para o tipo Talbot. Após esse ajuste, determinou-se a vazão de pré-ocupação de 0,51 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> e o volume determinado foi de 7.042,8 m<sup>3</sup>.

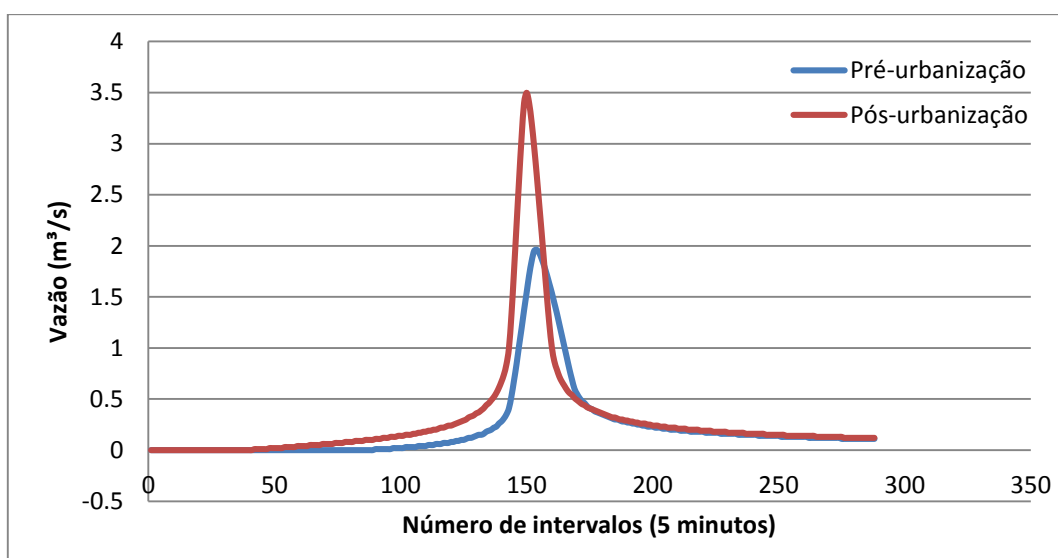


Figura 2. Hidrograma de pré e pós-urbanização

Após gerados os hidrogramas de pré-urbanização e pós-urbanização (Figura 2) verificou-se que a vazão de pico de pré-urbanização é 1,96 m<sup>3</sup>/s e a de pós-urbanização é 3,5 m<sup>3</sup>/s. Com base na Figura 2, determinou-se que a bacia de detenção com *by-pass* deveria ter no máximo uma vazão de 1,96 m<sup>3</sup>/s no *by-pass*, mantendo a vazão máxima de pré-urbanização. Com essas condições, simulou-se o comportamento do hidrograma de pós-urbanização com uma bacia de detenção com *by-pass* gerando o hidrograma apresentado na Figura 3, resultando em um volume de armazenamento de 3.200,00 m<sup>3</sup>.

Utilizando-se um coeficiente de descarga igual a 1, diâmetro do orifício de descarga 0,60 m e a altura da crista do vertedor 2,1 m, produziu-se o hidrograma da Figura 3. Na situação de uma bacia de detenção convencional, o volume necessário para armazenamento é 7.000,0 m<sup>3</sup>.

Com este volume, confirma-se que o pré-dimensionamento determinado por Silveira e Goldenfum é válido para essa situação, pois chegou-se a um volume de pré-dimensionamento igual a 7042,8 m<sup>3</sup>, muito próximo do valor obtido pelo IPHS-1.

Por outro lado, o método de Baker (*apud* Mccuen, 1989), resultou um volume de 11.304,89 m<sup>3</sup> e, com o método desenvolvido pelo Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005), chegou-se a um volume de 5.115,16 m<sup>3</sup>. Ambos os métodos apresentaram

volumes distantes dos obtidos através das simulações, determinando assim a invalidez dos mesmos para a região em estudo.

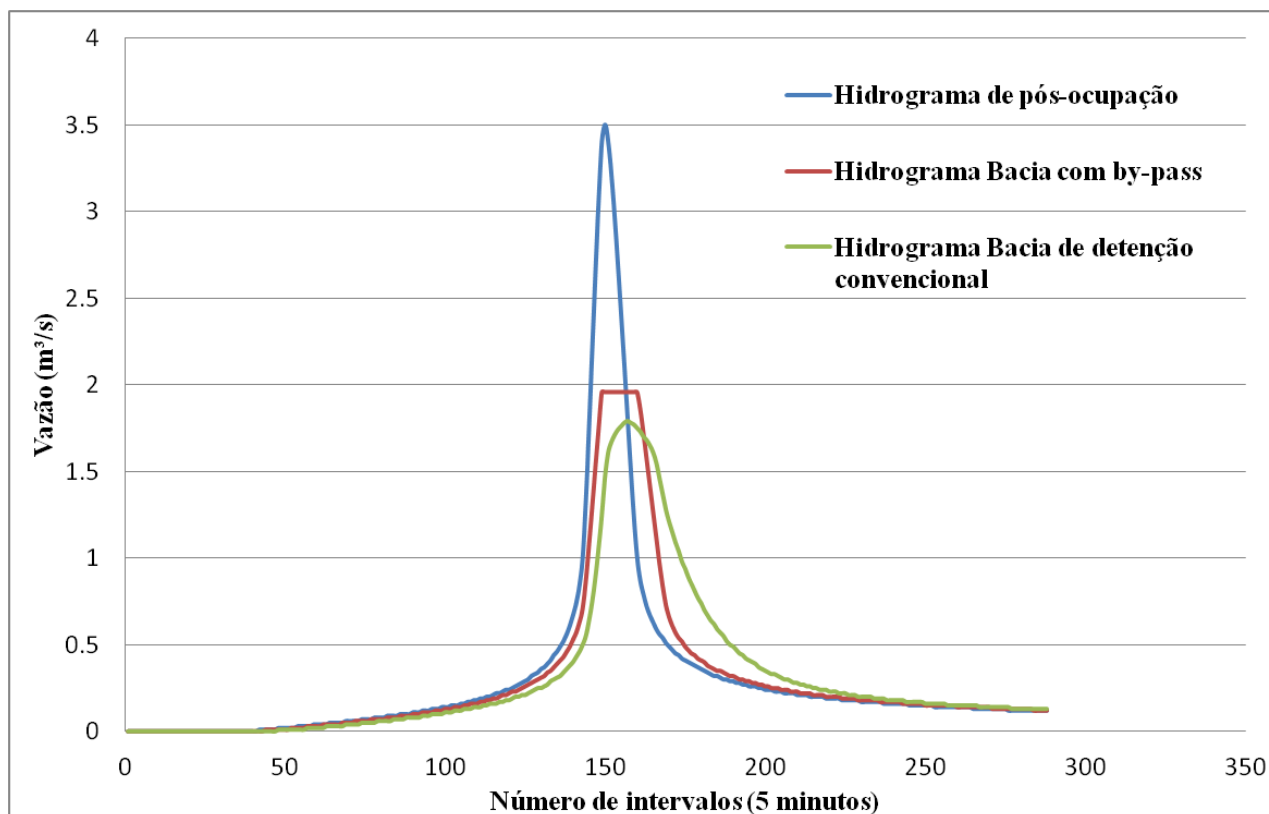


Figura 3. Hidrogramas gerados por simulação

Para a área em estudo, através dessas simulações pode-se determinar que dentre todas as bacias, a bacia de detenção com by-pass é a mais eficiente, pois gera o menor volume necessário, apenas 3200 m<sup>3</sup>. Isso reduz pela metade o volume a ser armazenado em relação à bacia de detenção convencional e é praticamente nove vezes menor do que o volume necessário caso fosse utilizada a bacia de retenção.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que, o pré-dimensionamento determinado por Silveira e Goldenfum (2007) é válido para essa região em estudo, pois chegou-se a um volume de pré-dimensionamento igual a 7042,8 m<sup>3</sup>, muito próximo do valor obtido pelo IPHS-1.

Por outro lado, o método de Baker (*apud* Mccuen, 1989, e o método desenvolvido pelo Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005). Ambos os métodos apresentaram volumes distantes dos obtidos através das simulações, determinando assim a invalidez dos mesmos para a região em estudo.

Vale ressaltar que os resultados obtidos neste trabalho são para um lote específico, que, embora represente bem as condições médias na cidade, não descarta uma análise mais abrangente para outros locais de Santa Maria ou inclusive, sugere cuidados, na extrapolação dos resultados para outros locais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à UFSM pela concessão de bolsas de iniciação científica que possibilitaram a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BELINAZO, H. J. (1991). *Metodologia computacional para análise de chuvas intensas - Desenvolvimento e aplicação aos dados de Santa Maria - RS*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Maria.
- DAEE/CETESB. (1980). *Drenagem Urbana*. Segunda Edição, São Paulo – SP, 452 p.
- FRANCO, E. J. (2004) *Dimensionamento de bacia de retenção das águas pluviais com base no método racional*. Ed. UFPR, Curitiba-PR, 143 p.
- MACCUEN, R. (1989) *Hydrologic Analysis and Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 867 p.
- NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. (1997). Contribuição para um enfoque ampliado do uso de bacias de retenção em meio urbano. In *Drenagem urbana: gerenciamento, simulação e controle*. Org. por Braga, B.; Tucci, C.; Tozzi, M., ABRH, Editora UFRGS, Porto Alegre – RS, p. 155 – 163.
- NEVES, M. G. F. P.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; VILLANUEVA, A. O. N. (2005). *Propostas de melhorias nos reservatórios para o controle de cheias*. XX Congreso Nacional Del Agua y III Simposio de Recursos Hídricos Del Cono Sur, Mendoza, Argentina, 12 p.
- PORTO ALEGRE (RS), Prefeitura Municipal. (2005). *PDDU – Plano Diretor de Drenagem Urbana*. Departamento de Esgotos Pluviais. Ed. UFRGS, 159 p.
- PORTO, R.; ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. (2005) . Drenagem urbana. In *Hidrologia: ciência e aplicação*. Org. por Tucci, C. E. M., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre - RS, pp. 805-847.
- SILVEIRA, A. L. L.; GOLDENFUM, J. A. (2007). Metodologia Generalizada para o Pré Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* v.12, pp. 157-168.
- TUCCI, C. E. M. (2002). *Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos*. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, Maio de 2002, 150 p.
- TUCCI, C. E. M. (2005). *Modelos Hidrológicos*. Ed. UFRGS Porto Alegre-RS, 680 p.