



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO PARA CONTROLE DE ÁGUAS PLUVIAIS NA CIDADE DE FORTALEZA/CE.

Larissa Zaira Rafael Rolim¹; Anísio Sousa Meneses Filho²

Resumo – O aumento da impermeabilização das bacias hidrográficas dos centros urbanos, devido ao seu crescimento, gera impactos diretos como alagamentos e inundações. É proposta a implantação de uma técnica compensatória na cidade de Fortaleza como alternativa à técnica higienista comumente implantada na cidade, diferenciando-se do modelo higienista por tratar do manejo pluvial junto ao planejamento urbano. Para isso, é aplicada uma metodologia com parâmetros específicos para Fortaleza, que consiste no pré-dimensionamento da bacia de retenção com o auxílio da curva IDF, na formulação de Talbot, como chuva de entrada. As vazões afluentes ao dispositivo de controle são fornecidas pelo método racional e os volumes de saída obedecem a taxas constantes de lançamento na rede de águas pluviais. Com o auxílio das plantas planialtimétricas da Cidade, foram determinados os parâmetros hidrológicos para o pré-dimensionamento da bacia de retenção, aferindo sua viabilidade técnica e econômica. Nas simulações descritas no trabalho, o dispositivo proposto apresentou contribuições razoáveis para o abatimento de vazão na área, ensejando conclusões favoráveis a respeito de seu funcionamento e viabilidade.

Palavras-Chave - Drenagem urbana, bacia de retenção.

Abstract – The increased waterproofing of urban river basins, due to the growth of the city, generates direct impacts such as floods. It is proposed the implementation of a compensatory technique in the city of Fortaleza as an alternative to the hygienist technique commonly used in the city, differing from the hygienist model because it manages pluvial management and urban planning at the same time. Thus, a methodology with specific parameters is applied in Fortaleza, which consists in the pre-dimensioning of the detention basin with the aid of the IDF curve, in the Talbot formulation, as input rainfall. Inflows to the control device are provided by the rational method and the output volumes follows a constant launch rates in the rainwater network. With the aid of the city's planialtimetric plants, the hydrological parameters were determined for the pre-dimensioning of the detention basin, assessing its technical and economic viability. In the simulations described in the work, the proposed control device presented reasonable contributions for the reduction of flow in the area, providing favorable conclusions regarding its operation and feasibility.

Keywords – Urban drainage, detention basin.

¹ Mestrando em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará (UFC), larissazairarr@gmail.com.

² Professor na Universidade de Fortaleza (UNIFOR), anisiomeneses@unifor.br.

INTRODUÇÃO

A utilização da técnica higienista, prática ainda comum nos sistemas de saneamento e drenagem brasileira, tem-se mostrado problemática e ineficaz, pois as transferências para jusante por meio de condutos hidráulicos apenas transferem e agudizam o problema a jusante, potencializando os riscos de alagamentos em outros pontos. Devido à necessidade de sanar estas dificuldades, surgiram diversas abordagens – contempla a adoção de medidas estruturais e são reconhecidas como técnicas compensatórias.

Com o propósito de atenuar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, essas técnicas tiveram sua sistematização inicial sobretudo nas décadas de 1970 e 1980. Elas estão orientadas a mitigar os efeitos negativos da urbanização sobre o ciclo hidrológico utilizando-se de práticas que tentem resgatar e reproduzir, tanto quando possível, as condições de pré-desenvolvimento por meio de técnicas que favoreçam a infiltração e o armazenamento (POMPÊO, 2000; BAPTISTA *et al.*, 2011).

Uma prática compensatória de implementação incipiente em algumas cidades brasileiras são as bacias de retenção, que constituem estruturas de acumulação temporária e/ou infiltração, cuja função principal é o amortecimento das cheias, desta forma, atenuando o pico do hidrograma (BAPTISTA *et al.*, 2011). Dentre as vantagens que este dispositivo apresenta estão o caráter multifuncional agregando áreas verde e de lazer e a redução dos custos de canalização a jusante (VIRGILIIS, 2009).

Como todos grandes centros urbanos, a cidade de Fortaleza teve um crescimento acelerado conforme sua população se densificava, e como consequência as superfícies impermeabilizadas da cidade dificultam a infiltração e aumentam a vazão de cheia, sendo necessário obras de infraestrutura para combater a impermeabilização do solo (BENTO, 2011). Entretanto, na Cidade percebe-se a necessidade de novas soluções para atuarem junto aos sistemas de micro e macrodrenagem.

Nesse contexto, este trabalho visa contribuir para o pré-dimensionamento de uma bacia de retenção para a cidade de Fortaleza, estimando a adoção de uma metodologia específica para a Cidade, a partir das propostas genéricas compiladas por Silveira e Goldenfum (2007), na redução dos problemas decorrentes do acúmulo de águas nas superfícies das cidades.

DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

A área proposta para a aplicação do dispositivo de retenção está inserida na Bacia do Rio Cocó, que abrange a maior parte do município de Fortaleza. Nessa região são recorrentes os problemas de obstrução das redes de drenagem, ligações clandestinas nas redes de abastecimento e drenagem, problemas estes que afetam significativamente a drenagem da Cidade (BENTO, 2011).

A área foi retratada pela Prefeitura de Fortaleza em seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMF, 2015) como ponto de alagamento frequente na cidade de Fortaleza. A avenida Alberto Craveiro (Figura 1) está situada em cotas baixas e próximas as margens do Rio Cocó, possuindo áreas de acúmulo superficial de águas.



Figura 1. Área de aplicação do pré-dimensionamento da bacia de detenção.

Método da curva envelope

O pré-dimensionamento do dispositivo foi feito pelo método da curva envelope que é baseado na derivação da equação da continuidade concentrada e permite a estimativa do armazenamento máximo por meio da maximização da diferença entre a lâmina de entrada (H_E) e a lâmina de saída (H_S) da estrutura de controle (Figura 2). A lâmina de entrada é desenvolvida por meio do produto da curva IDF (intensidade-duração-frequência), por fatores de escoamento, tempo e relações de áreas. A lâmina de saída é o produto da vazão de saída constante pelo tempo.

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial(H_E - H_S)}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

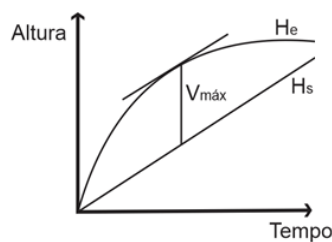


Figura 2. Determinação do volume de armazenamento através da máxima diferença entre a curva de entrada e a de saída da estrutura de controle.

A curva IDF da cidade de Fortaleza desenvolvida por Silva *et al.* (2013) (Eq. 2) foi transformada em uma IDF de Talbot através de simulações matemáticas.

$$i = \frac{3770,41 \cdot T^{0,173}}{(t + 32,56)} \quad (2)$$

Desse modo, é possível especificar a equação do volume máximo para a cidade de Fortaleza (Eq. 3), desenvolvida pela maximização da diferença entre a lâmina de entrada e a lâmina de saída.

$$V_{m\acute{a}x} = (7,92\sqrt{\beta}T^{0,087} - 0,74\sqrt{\gamma\sqrt{H}}\sqrt{q_s})^2 \quad (3)$$

Na bacia de deten\c7\~ao tem-se que β , produto do coeficiente de escoamento pela raz\~ao entre a \c3\~area contribuinte e a \c3\~area do dispositivo, equivale a C, assim, o volume m\c3\~aximo \c3\~e o volume a ser reservado correspondente a toda \c3\~area contribuinte, tem-se a Equa\c7\~ao 4.

$$V_{m\acute{a}x} = (7,92\sqrt{C}T^{0,087} - 0,74\sqrt{q_s})^2 \quad (4)$$

Par\c3\~ametros para o c\c3\~alculo do volume m\c3\~aximo

A bacia de deten\c7\~ao proposta no trabalho \c3\~e de leito imperme\c3\~avel, isto \c3\~e, requer a defini\c7\~ao de uma vaz\~ao de sa\c3\~ida que pode ser adotada como a vaz\~ao de pr\c3\~e-desenvolvimento da regi\~ao.

A \c3\~area pr\c3\~oxima ao ponto de alagamento tomada como ponto de refer\c3\~encia a avenida Alberto Craveiro pertence a sub-bacia B3.6 – nomenclatura definida pela Prefeitura de Fortaleza – da Bacia do Rio Coc\c3\~o. A sub-bacia apresenta uma \c3\~area de 7,68km². Para a implementa\c7\~ao do m\c3\~etodo racional, para o c\c3\~alculo da vaz\~ao, foram delimitadas duas sub-bacias (Figura 3). A sub-bacia 1 tem 0,6km² e a sub-bacia 2 tem 0,35km².



Figura 3. \c3\~Areas delimitadas para a bacia de deten\c7\~ao.

O tempo de concentra\c7\~ao de pr\c3\~e-desenvolvimento foi estimado pelo m\c3\~etodo cinem\c3\~atico, devido \c3\~a falta de dados da ocupa\c7\~ao do local no pr\c3\~e-desenvolvimento e a simplicidade de ado\c7\~ao de par\c3\~ametros hidr\c3\~aulico do local. A vaz\~ao foi determinada pelo m\c3\~etodo racional devido ao tamanho da \c3\~area contribuinte da bacia e este informar a vaz\~ao m\c3\~axima para o evento de chuva com dura\c7\~ao igual ao tempo de concentra\c7\~ao. Assim, obtidas as vaz\~oes de pr\c3\~e-desenvolvimento \c3\~e de 7,33mm/h para a \c3\~area 1 e 10,22mm/h para a \c3\~area 2. A l\c3\~amina de \c3\~agua para a \c3\~area da sub-bacia 2 aumentou, pois com a redu\c7\~ao da \c3\~area de bacia contribuinte houve a diminui\c7\~ao do tempo de concentra\c7\~ao e, conseq\c3\~entemente, o aumento da intensidade obtida pela rela\c7\~ao IDF.

O tempo de concentra\c7\~ao atual das sub-bacias foi calculado pela formula de Carter (Eq. 5) e a intensidade por meio da equa\c7\~ao IDF de Fortaleza (Eq. 2) desenvolvida por Silva, Pal\c3\~acio Junior e Campos (2013), utilizando diferentes tempos de retorno e comparando-os.

$$T_C = 0,0977.L^{0,6}.S^{-0,3} \quad (5)$$

O coeficiente de escoamento foi delimitado através de análises de ocupação e uso do solo utilizando o *software* Google Earth Pro®. E por fim, foi aplicada a equação 4 para o pré-dimensionamento da bacia de detenção específica para a cidade de Fortaleza.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cálculo do volume máximo pelo método da curva envelope

Foram obtidos os dados para o cálculo do volume máximo por meio da equação 4 e resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros para o cálculo do volume máximo para as sub-bacias 1 e 2.

		Sub-bacia 1	Sub-bacia 2
Área (km ²)		0,6	0,35
Coeficiente de escoamento (C)		0,59	0,61
Comprimento da vertente da sub-bacia (m)		1131,4	738,8
Declividade (m/m)		0,013	0,0105
Tempo de concentração (min)		23,23	17,36
Intensidade (mm/h)	Tempo de retorno		
	2 anos	74,90	83,55
	5 anos	87,77	97,90
	10 anos	98,95	110,38
	25 anos	115,95	129,34

Para os diversos tempos de retorno foram calculados o volume máximo para as sub-bacias 1 e 2 (Figura 4).

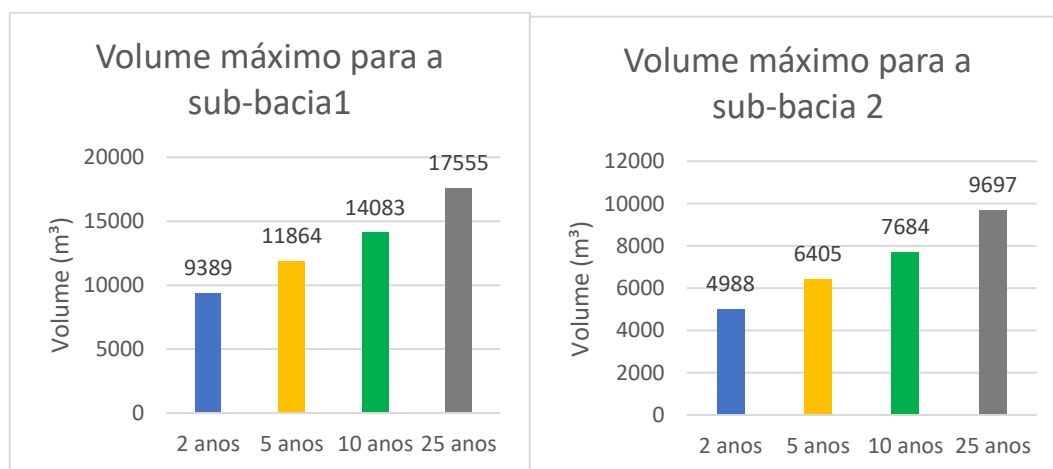


Figura 4. Volume máximo para os diferentes tempos de retorno

Em projetos de microdrenagem o tempo de retorno mais usual é o de 5 anos. Assim, o dispositivo foi pré-dimensionado para atender a esse requisito, e foi escolhida a área da sub-bacia 2 por demandar uma menor área para a implantação do dispositivo de controle pluvial. Assim, para o volume máximo de 6.404,85m³, o dispositivo pode, por exemplo, ter dimensões de 65x65m e uma profundidade de 1,5m que seria capaz de suportar o volume estimado para o pré-dimensionamento (Figura 5).

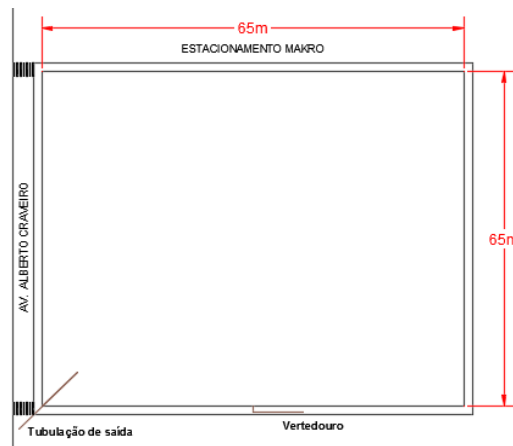


Figura 5. Representação gráfica da bacia de retenção.

Cálculo do volume máximo pelo hidrograma triangular modificado

A vazão máxima a ser reduzida na área pode ser estimada preliminarmente também pelo método do hidrograma triangular modificado, sendo esse volume a diferença entre a vazão atual e a de pré-desenvolvimento (Eq. 6).

$$V = \int Q_{pós} - \int Q_{pré} \tag{6}$$

A partir dos parâmetros da Tabela 1 foram construídas as relações entre a vazão e diversos abatimentos, no intuito de reduzir a área em planta do dispositivo. As figuras 6 e 7 propõem determinar a vazão que deve ser abatida em função do espaço disponível para a aplicação do dispositivo.

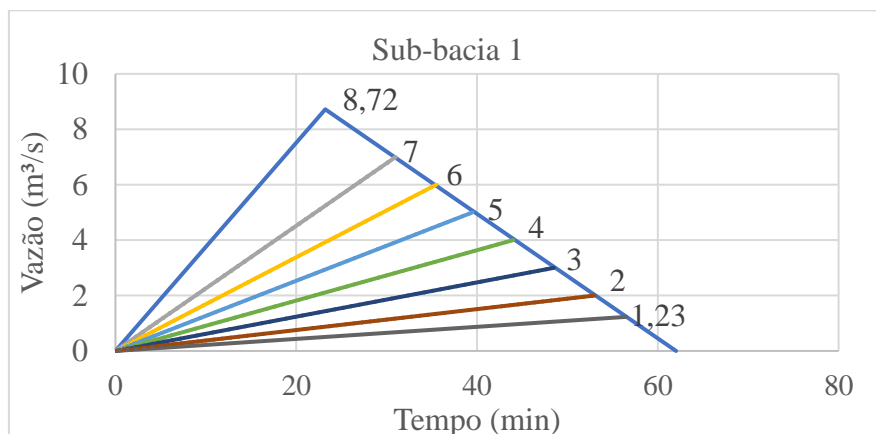


Figura 6. Hidrograma triangular para a sub-bacia 1.

Calculando o volume de armazenamento pelo hidrograma triangular, com tempo de retorno de 5 anos, obteve-se um volume de 11.864,11 m³. A variação de volume estimado pelos dois métodos é cerca de 18%, que foi considerada aceitável na fase de pré-dimensionamento.

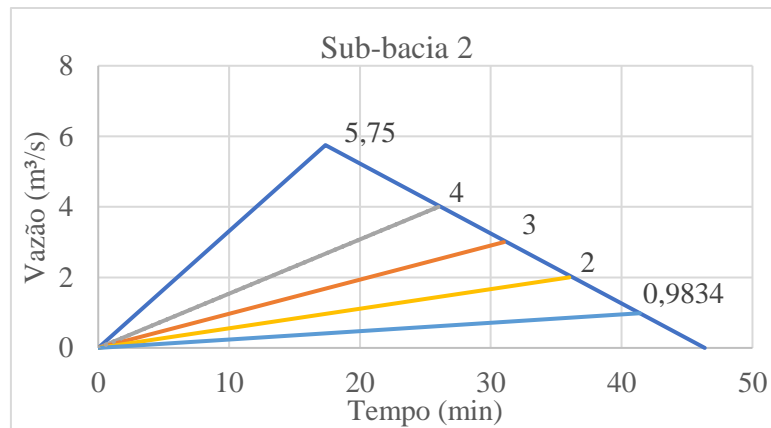


Figura 7. Hidrograma triangular para a sub-bacia 2.

Na sub-bacia 2, para um tempo de retorno de 5 anos, tem-se um volume de 6.628,13m³ pelo método do hidrograma triangular. Quando comparado o volume dos dois métodos a variação é de aproximadamente 4%.

A Figura 8 apresenta uma análise de sensibilidade do abatimento relativo da vazão $\Delta Q/Q$ com a capacidade de armazenamento do dispositivo. Dessa forma, apresenta-se de uma forma simples e prática uma estratégia para tomada de decisão pelo gestor na fase preliminar de concepção do projeto.

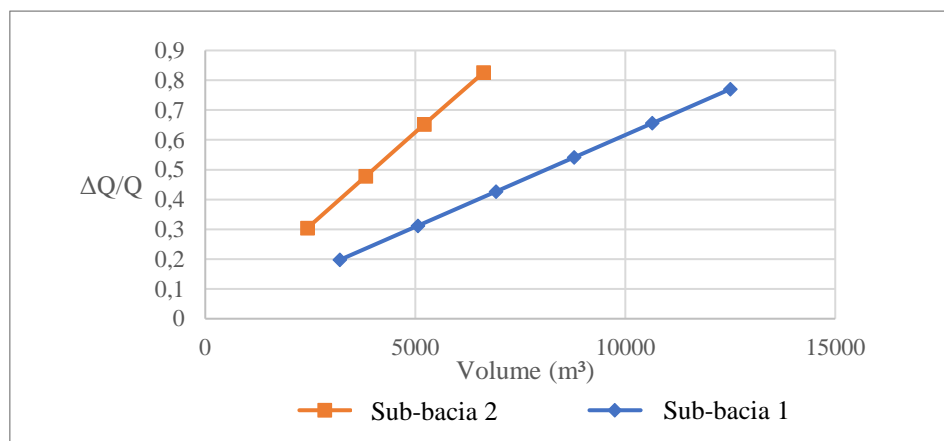


Figura 8. Relação Vazão-Volume.

CONCLUSÕES

Foram feitas simulações para duas áreas de contribuição e os resultados sinalizaram que a área requerida para a implantação da bacia de retenção para a sub-bacia 1 foi bastante elevada, enquanto para a sub-bacia 2 a área foi considerada aceitável, acarretando, assim, menores custos de execução.

No artigo é apresentado também uma análise de sensibilidade entre o abatimento da vazão e o volume que pode ser armazenado pela bacia, refletindo assim em um meio para tomadas de decisão

para gestores e pessoas interessadas no projeto como forma de tomada de decisão na fase de pré-dimensionamento. O método da curva envelope constitui um procedimento simples para a obtenção do volume máximo de armazenamento no controle das águas pluviais, necessitando apenas de parâmetros hidrológicos de fácil estimativa.

Na comparação entre o método da curva envelope e do hidrograma triangular modificado, foi sinalizado que quanto maior a área contribuinte maior também a diferença do volume máximo a ser armazenado pelos dois métodos. Entretanto, como a diferença entre os dois métodos para as duas sub-bacias foi menor que 20%, pode-se considerar a sua adoção uma estratégia útil na fase de pré-dimensionamento, para orientar a tomada de decisão pelos gestores públicos.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em drenagem urbana. ABRH. 2011. 2ª Edição. 318 p.

BENTO, V. R. S. Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico. 2011. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade do Estado do Ceará. Disponível em: <http://www.uece.br/mag/dmdocuments/victor_regio_dissertacao.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

FORTALEZA. Prefeitura de Fortaleza. Canal Urbanismo e Meio Ambiente (Org.). Arquivos KMLs e KMZs. 2016. Disponível em: <<http://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/infocidade/11-arquivos-kml-s-e-kmz-s>>. Acesso em: 06 out. 2016.

FORTALEZA. Prefeitura de Fortaleza. Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (Org.). Plano municipal de saneamento básico: Drenagem e Manejo das águas pluviais urbanas do município de Fortaleza. Fortaleza. Disponível em: <http://urbanismo.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_drenagem.pdf>. Acesso em: 11 out. 2016.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000. Disponível em: <ftp://ftp-acd.puc-campinas.edu.br/pub/professores/ceatec/subettine/Recursos_Hidricos/Drenagem_Urbana_Sustentavel.pdf>. Acesso em: 01 set. 2016.

SILVA, F. O. E.; PALÁCIO JÚNIOR, F. F. R.; CAMPOS, J. N. B. Equação de chuvas para Fortaleza - CE com dados do pluviógrafo da UFC. 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/9790>>. Acesso em: 06 out. 2016.

SILVEIRA, A.D.; GOLDENFUM, J. A. Metodologia generalizada para pré-dimensionamento de dispositivos de controle pluvial na fonte. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, n. 2, p. 157-168, 2007. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2013/05/Silveira-e-Goldengum-2007-RBRH-v.12-n.2-2007.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

VIRGILIIS, A. L. C. Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-08092010-122549/en.php>>. Acesso em: 30 set. 2016