

# ESTIMATIVA DE VOLUME PARA MICRO-RESERVATÓRIO DOMICILIAR NO CONTROLE DE CHEIAS URBANAS

*Flávio Augusto de Oliveira Alves<sup>1</sup> ; Frederico Carlos Martins de Menezes Filho<sup>2</sup> & Alfredo  
Ribeiro da Costa<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- A realidade brasileira vem demonstrando que o desenvolvimento urbano descontrolado acarreta profundos impactos no meio ambiente, particularmente, relacionados com a intensa impermeabilização do solo, provocando incremento considerável no escoamento superficial, inclusive ocasionando inundações urbanas. Para tentar minorar esses problemas, surgiu a partir da década de 1970 o conceito de técnicas compensatórias, que buscam diminuir os picos de cheia. A título de exemplo de técnica compensatória possível de ser utilizada em uma cidade, foi dimensionado um micro-reservatório domiciliar em nível de lote, drenando 424,3 m<sup>2</sup> de área impermeável. Todo o volume armazenado pode ter um uso posterior, sem contribuir para a rede municipal de drenagem. A fim de comportar o volume precipitado exclusivamente sobre a área impermeável, foi dimensionado um reservatório de 4,88 m<sup>3</sup> com 2 anos de período de retorno. Este volume poderá ser utilizado para irrigação dos jardins e lavagem de áreas. Apresenta-se uma comparação de custos de implantação do micro-reservatório com o custo da galeria pluvial que seria necessário para transportar a vazão de saída calculada.

**ABSTRACT** --- The Brazilian reality comes demonstrating that the uncontrolled urban development cart deep impacts in the environment, particularly, related with the intense waterproofing of the soil, provoking considerable increment in the runoff, besides causing urban floods. Trying to lessen those problems, it appeared starting from the decade of 1970 the concept of compensatory techniques, that look for to decrease the picks of full. As an example of possible compensatory technique of being used in a city, was dimensioned a small storage reservoir in an urban lot, draining 424,3 m<sup>2</sup> of impermeable area. The stored volume can has a posterior use, without contributing for the municipal net of drainage. In order to behave the whole precipitate volume exclusively on the impermeable area, a reservoir was dimensioned of 4,88 m<sup>3</sup> with 5 years of return period. This volume can be used for irrigation of the gardens and for washing the areas. It comes a comparison of costs of installation for a small reservoir with the cost of the stormwater drainage system that would be necessary to transport the calculated exit flow.

**PALAVRAS-CHAVE:** Técnicas compensatórias, Armazenamento, Micro-reservatório

---

(1) Mestrando do Programa de Pós-Graduação de Engenharia do Meio Ambiente da UFG. Rua J-2 Qd-18 Lt-23 Setor Jaó. Goiânia-GO. CEP: 74673-140. e-mail: [oliveiralves.flavio@hotmail.com](mailto:oliveiralves.flavio@hotmail.com)

(2) Mestrando do Programa de Pós-Graduação de Engenharia do Meio Ambiente da UFG. e-mail: [fredericocarlos@pop.com.br](mailto:fredericocarlos@pop.com.br)

(3) Professor da Escola de Engenharia Civil da UFG. e-mail: [alfredo@eec.ufg.br](mailto:alfredo@eec.ufg.br)

## **1 – INTRODUÇÃO**

A falta de planejamento, associada à rápida expansão das áreas urbanas, à utilização ineficiente de medidas estruturais, ao baixo nível de conscientização da população acerca dos problemas relacionados às inundações urbanas, e a falta de leis mais severas proporcionam um efeito ainda maior nas enchentes, causando não apenas prejuízos materiais, como poluição e até mesmo contaminação das águas pluviais.

À medida que a cidade vai crescendo, ocorrem proliferações de loteamentos sem planejamento adequado, aumentam as ocupações de áreas de risco impróprias para construções como beira de córrego, várzea e área com declividade acentuada. Com isso, o adensamento populacional se torna excessivo, dificultando a construção de uma rede de drenagem adequada e eliminando possíveis áreas de armazenamento para conter cheias urbanas. Sendo assim, o impacto da urbanização cria uma necessidade de ampliar a capacidade dos condutos pré-existentes e construir outros mais. Na maioria das cidades brasileiras, os recursos para obras de infra-estrutura são escassos, principalmente voltadas à drenagem urbana. Gera-se, então, uma sobrecarga dos condutos pluviais existentes com aumento dos picos de cheia, ocorrendo transbordamentos e inundações em diversos pontos das cidades.

O presente trabalho tem por objetivo dimensionar um micro-reservatório domiciliar a ser utilizado como uma medida estrutural fundamental para atenuar os picos de cheia no sistema de drenagem urbano e evitar os freqüentes extravasamentos das bocas de lobo e poços de visita. Apresenta-se, também, uma comparação de custos entre a alternativa de implantação de micro-reservatórios domiciliares e implantação de rede coletora de drenagem urbana.

## **2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Atualmente, podem-se utilizar medidas de controle sustentáveis que buscam o controle do escoamento na fonte através da recuperação da capacidade de infiltração ou da detenção do escoamento adicional gerado pelas superfícies impermeabilizadas urbanas. O princípio fundamental deste controle é o de que qualquer novo empreendimento deve manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um determinado risco (TUCCI; GENZ, 1995).

Na incessante busca da população em se proteger contra as cheias urbanas, evitando o redimensionamento do sistema de drenagem, surgiu na década de 1970 a idéia de se restabelecerem as vazões de pré-desenvolvimento a partir de dispositivos que propiciavam a retenção e infiltração das águas precipitadas antes de atingir a rede de drenagem. Com esses mecanismos, visou-se ao rearranjo no tempo e no espaço das vazões e, com isso, a diminuição dos volumes escoados, o que

reduz a probabilidade de inundações e melhoramento da qualidade das águas pluviais, podendo ainda integrar-se ao meio ambiente e ao tecido urbano, permitindo usos associados, como áreas de estacionamento, de lazer, parques e prática de esportes. Esses mecanismos, denominados estruturas alternativas ou técnicas compensatórias de drenagem, se apresentam como instrumentos de controle do escoamento superficial que podem ser regulamentados dentro das legislações municipais de controle da drenagem urbana visando ao crescimento ordenado das cidades.

Segundo Baptista *et al.* (2005), as técnicas compensatórias podem assumir um caráter estrutural e não-estrutural. Nas técnicas não-estruturais há os procedimentos de favorecimento de retardamento dos volumes escoados. Como exemplo, tem-se a adoção de diferentes revestimentos em canais e pavimentos rugosos, seguro contra enchentes, leis de uso e ocupação do solo urbano de forma racional, com a exigência regulamentar de procedimentos de controle na fonte como a não conexão direta de áreas impermeáveis ao sistema de drenagem. Podem ser também incluídos nas técnicas não-estruturais, os princípios de prevenção como programas de educação ambiental e campanhas publicitárias voltadas à participação da população no controle de cheias.

Dentro das técnicas de caráter estrutural, temos os micro-reservatórios domiciliares, que são pequenos tanques construídos dentro dos lotes (controle na fonte), concebidos com a função de amortecimento dos piques de cheia a jusante, minimizando o impacto hidrológico causado pela redução das áreas permeáveis. Geralmente possuem estrutura de alvenaria de tijolo ou concreto, instalados ao ar livre ou, ainda, dentro de uma edificação, conectados ou não ao sistema de drenagem. Os micro-reservatórios domiciliares permitem ainda aproveitar as águas pluviais para usos domésticos não potáveis, respeitados a concepção e critérios adequados de projeto, exercendo assim a dupla função de amortecimento de cheias e reserva de águas de abastecimento. A evacuação do reservatório faz-se por infiltração no solo ou por descarga na rede pluvial.

Na utilização dos micro-reservatórios domiciliares, a água da chuva pode ser coletada de toda a área do lote ou apenas de suas partes impermeáveis, tais como telhados e pisos impermeáveis e encaminhada diretamente para o reservatório. Uma vez dentro do reservatório, essa água vai se acumulando e, aos poucos, encaminhada para a rede de drenagem a uma vazão que não exceda a capacidade máxima de escoamento das tubulações pluviais existentes ou da vazão de pré-urbanização.

Um outro tipo de micro-reservatório domiciliar existente é aquele que coleta a água da chuva e a encaminha para um reservatório não conectado à rede de drenagem. Como neste reservatório não existe uma tubulação de saída, todo o volume de água armazenado servirá para usos diversos dentro do próprio lote, tais como irrigação da vegetação existente e lavagem de áreas e veículos. Já existem construções que possuem um sistema de encanamento duplo de água, em que uma tubulação conduz água para fins potáveis e outra, oriunda de micro-reservatório, para usos diversos,

incluindo aí descarga de sanitários. A Figura 01 mostra um micro-reservatório domiciliar não conectado à rede de drenagem:

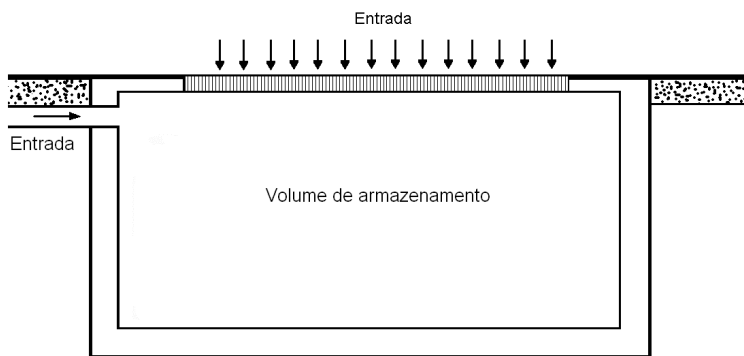


Figura 01– Detalhe da entrada de um micro-reservatório domiciliar

Quando não for possível a utilização de nenhum dos dispositivos citados anteriormente, pode-se partir para a ampliação da capacidade de um canal ou rio em conduzir maiores vazões. Esse aumento na capacidade se dá pelo aumento da seção transversal, diminuição da rugosidade ou aumento na declividade da linha d'água. Quando um canal é aprofundado, a linha d'água é rebaixada, evitando a inundação. A ampliação da seção produz redução da declividade da linha d'água e redução dos níveis a montante (TUCCI ; GENZ, 1995).

A legislação municipal de Belo Horizonte, no tocante à lei municipal 7166/1996, possui em seu escopo, medidas obrigatórias de controle de inundações, em função do rápido avanço do índice de áreas impermeáveis. Na referida lei, são obrigatórias a construção e utilização de caixas de captação e drenagem, cujo objetivo principal é retardar o lançamento de águas precipitadas na rede de drenagem municipal. Essas caixas devem possibilitar a retenção de até 30L (trinta litros) de água pluvial por  $m^2$  de área impermeabilizada no lote que exceda o limite previsto por lei.

Em simulações sobre o uso de micro-reservatório em lotes de  $300 m^2$  a  $600 m^2$ , com períodos de retorno (T) de 2 a 5 anos, onde os volumes escoados eram de 39% a 109% superiores aos de condições de pré-urbanização, Cruz *et al.* (1998), com a utilização de micro-reservatório de  $2,5 m^3$  e com ocupação de 1% da área total do lote, obtiveram resultados em volumes iguais aos de pré-urbanização. Onde, por exemplo, em condições de impermeabilização de 100% e T de 5 anos, com lotes de  $300 m^2$ , obtiveram um volume de detenção de  $1,25 m^3$  e para lote com  $600 m^2$ , o volume foi de  $2,20 m^3$ .

Em simulações sobre a redução de vazões com o uso desse dispositivo, em lotes de  $300 m^2$  e  $600 m^2$  e seus impactos em bacias urbanas, Tassi e Villanueva (2004) obtiveram, para precipitações com T de 5 anos, reduções de 50% nas vazões de pico de saída da bacia em relação às vazões de pico sem controle, e para chuvas com T de 10 anos, a redução foi de 45%.

Tucci (1998) analisou o comportamento da utilização de um micro-reservatório de retenção no lote como controle da micro-drenagem. Para o estudo, foram utilizados lotes de 300, 400, 500 e 600m<sup>2</sup> com desnível de 1% em diversas cidades brasileiras. Os coeficientes de escoamento superficial adotados foram de 0,1 (matas, parques e campos de esportes) para as condições naturais e 0,5 para o desenvolvimento lotes (edificações com poucas áreas livres). Os tempos de retorno utilizados foram de 2 e 5 anos e a estimativa da vazão máxima do lote foi realizada pelo método racional. Com base nestes elementos, o autor concluiu que o uso de um reservatório num lote, com tamanho de 1,3 a 1,9 m<sup>3</sup> na saída do mesmo, reduz o pico do hidrograma para as condições anteriores à ocupação do lote. Esse volume representa aproximadamente o mesmo volume utilizado para regularizar o abastecimento de uma residência.

Ferreira *et al.* (1997) utilizaram um reservatório de retenção, com o intuito de reproduzir as condições antecedentes à urbanização e mitigar os impactos da impermeabilização sobre o escoamento a jusante do Jardim Petrópolis, região densamente ocupada da cidade de São José dos Campos – SP. O desenvolvimento do estudo levou em consideração a situação anterior e posterior à urbanização. Em seguida, foi dimensionado o volume do reservatório de retenção, tendo por base as vazões máximas calculadas antes e depois da urbanização. O reservatório subterrâneo foi localizado numa praça existente a jusante do loteamento e ficou com as seguintes dimensões: 28 x 28 x 1,7m. A simulação numérica mostrou que nessas condições, o reservatório amortece o hidrograma resultante de chuva intensa com o tempo de retorno de 5 anos, de modo a reduzir a vazão máxima em 70% e aumentar o tempo de concentração em 82%.

Sendo assim, os estudos vêm demonstrando que os micro-reservatórios possuem uma alta eficiência na redução de vazões máximas e na melhoria da qualidade do efluente pluvial, sendo recomendado para o controle das enchentes urbanas juntamente com outras medidas estruturais e não estruturais.

### 3 – METODOLOGIA

De forma a ilustrar uma das técnicas compensatórias possíveis de ser adotada em uma cidade, visou-se ao dimensionamento de um micro-reservatório domiciliar em nível de lote. O terreno, no qual foi proposta a metodologia, situa-se no setor Jaó, na cidade de Goiânia-GO. Nele, consta a presença de uma residência e uma área verde destinada ao lazer. O terreno possui uma área total de 789,1 m<sup>2</sup>, sendo 424,3 m<sup>2</sup> de área impermeável.

O reservatório foi dimensionado para captar as águas pluviais oriundas apenas da parte impermeável do lote. Tratando-se de um micro-reservatório de armazenamento, esse não foi

conectado à rede coletora urbana de águas pluviais, tendo seu volume armazenado destinado ao uso da irrigação de jardim e da lavagem das áreas.

Para estimar o volume do micro-reservatório domiciliar, sem considerar a rede de drenagem existente, é necessário primeiramente determinar a vazão máxima de entrada do reservatório, utilizando para isso o método racional:

$$Q_{\max} = C \cdot i \cdot A \quad (01)$$

onde,  $Q_{\max}$  = vazão máxima de entrada ( $m^3/s$ )

$C$  = coeficiente de *runoff*

$i$  = intensidade pluviométrica ( $m/s$ )

$A$  = área impermeabilizada ( $m^2$ )

Para chegar à vazão máxima, necessita-se estimar a intensidade de projeto, a qual pode ser obtida, para as cidades de Goiás e sul do Tocantins, por meio da Equação 02, de acordo com Costa e Prado (2003):

$$i = \frac{B_1 \cdot \left( T^{a + \frac{\beta}{T^\gamma}} \right)^d}{(t + c)^b} \quad \text{válida para 1 ano} = T = 8 \text{ anos} \quad (02)$$

onde,  $a$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $d$  são parâmetros regionais que dependem apenas do período de retorno

$B_1$ ,  $b$  e  $c$  são parâmetros que descrevem características locais

$i$  é a intensidade pluviométrica, em  $mm/min$

$t$  é a duração da chuva, em  $min$

$T$  é o período de retorno, em ano

De posse da vazão máxima de entrada no reservatório, constrói-se o hidrograma de entrada, conforme Figura 02, notando-se, aqui, tratar-se de um lote. Neste caso, simplificam-se as estimativas de tempo de pico  $t_p$  e de tempo de base  $t_b$ , ambos dados em função do tempo de concentração “ $t_c$ ”, conforme Tucci (1998):

$$t_p = t_c \quad (03)$$

$$t_b = 2 t_c$$

Outra simplificação diz respeito à adoção de  $t_c=5min$ , conforme Azevedo Netto *et al.* (1998).

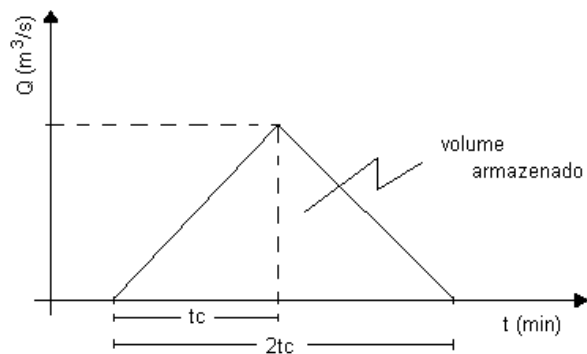


Figura 02– Hidrograma triangular de entrada no reservatório

Como o reservatório não possui uma vazão de saída, todo o seu volume de entrada será armazenado:

$$\text{vol} = Q_{e_{\text{máx}}} \cdot 2t_c / 2 = Q_{e_{\text{máx}}} \cdot t_c \quad (04)$$

onde, vol = volume de armazenamento ( $\text{m}^3$ )

$Q_{e_{\text{máx}}}$  = vazão máxima de entrada ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$t_c$  = tempo de concentração = tempo de duração da chuva t (s)

#### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado obtido, e de forma a ilustrar o uso de um micro-reservatório domiciliar, foi dimensionado seu volume para o armazenamento das águas pluviais oriundas apenas da parte impermeável de um lote com base no Método Racional.

No cálculo da vazão máxima de projeto, adotou-se o coeficiente de *runoff* para as condições de áreas impermeáveis, que é de 0,95 (ASCE, 1969).

Tomando para efeito de cálculo uma duração de chuva de projeto de 5 minutos e períodos de retorno “T” de 2 e de 5 anos, chegaram-se às seguintes intensidades de precipitação, conforme Equação 02.

Quadro 01 – Intensidade pluviométrica em Goiânia

| Cidade  | Intensidade Pluviométrica (mm/h) |            |
|---------|----------------------------------|------------|
|         | T = 2 anos                       | T = 5 anos |
| Goiânia | 145,32                           | 175,18     |

De posse dos dados de intensidade de precipitação de projeto, calculou-se a vazão máxima de entrada no reservatório pelo método racional, utilizando a Equação 01.

Quadro 02 – Vazão máxima de entrada no reservatório

| Cidade  | Vazão máxima de entrada (L/s) |            |
|---------|-------------------------------|------------|
|         | T = 2 anos                    | T = 5 anos |
| Goiânia | 16,27                         | 19,61      |

Para os período de retorno de 2 e de 5 anos, construíram-se seus respectivos hidrogramas, Figura 03 e Figura 04, onde se notam os volumes de  $4,88\text{m}^3$  e  $5,88\text{m}^3$  respectivamente, obtidos pela Equação 04.

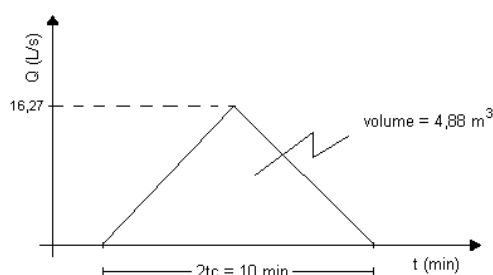


Figura 03 – Hidrograma do reservatório domiciliar para T = 2 anos

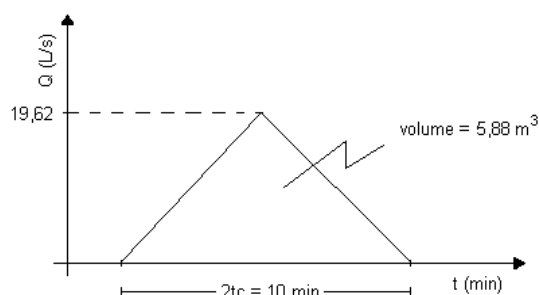


Figura 04 – Hidrograma do reservatório domiciliar para T = 5 anos

Quadro 03 – Volume a ser armazenado no reservatório

| Cidade  | Volume a ser armazenado ( $\text{m}^3$ ) |            |
|---------|------------------------------------------|------------|
|         | T = 2 anos                               | T = 5 anos |
| Goiânia | 4,88                                     | 5,88       |

A partir da obtenção dos volumes a serem armazenados para os dois períodos de retorno em questão, a alternativa de armazenar  $4,88\text{m}^3$  seria o suficiente para o uso a que se destina, cobrindo um período de retorno “T” de 2 anos.

Um enfoque da maior relevância diz respeito à comparação entre os custos para implantação de micro-reservatório versus os custos da rede de drenagem urbana necessária para transportar a água efluente dos lotes sem a construção dos micro-reservatórios.

Neste sentido, estimou-se um valor médio de R\$ 1.800,00 para o micro reservatório projetado com o período de retorno de 2 anos, e um valor médio de R\$ 40.000,00 (MENEZES FILHO, 2007) para uma galeria de águas pluviais de diâmetro de 800 mm, com 100 metros de extensão e vazão transportada “Q” de  $1\text{m}^3/\text{s}$ .

Considerando que na região estudada cada quadra possui 10 lotes de mesma área, seria necessária a construção de 10 micro-reservatórios domiciliares a um custo total de R\$ 18.000,00. Neste caso, chegou-se a uma vazão total de saída para cada quadra de  $Q = 0,1627 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Uma vazão de saída dos micro-reservatórios semelhante ao  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  transportado pela galeria de águas pluviais equivaleria à vazão efluente de aproximadamente 6 quadras ( $0,976 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a um custo de R\$ 108.000,00 em instalação de micro-reservatórios. Esses dados significam que em apenas 300m de rede para transporte de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , atinge-se um valor (R\$ 120.000,00) superior à implantação dos micro-reservatórios

## **5 – CONCLUSÃO**

A partir da obtenção dos volumes a serem armazenados para os dois períodos de retorno em questão, e levando-se em conta a finalidade da obra, conclui-se que um reservatório com capacidade total de armazenamento de  $4,88 \text{ m}^3$  é o necessário para o uso a que se destina, cobrindo um período de retorno de 2 anos e com um custo de implantação menor para o proprietário do imóvel.

O uso de micro-reservatórios domiciliares em nível de lote apresenta-se, então, como uma das possibilidades para a redução dos picos de cheia e conseqüentemente inundações, mostrando também que pode servir como um acumulador de águas pluviais para posteriores reúsos.

A comparação entre os custos de implantação de micro-reservatórios contra aos custos de uma rede de águas pluviais mostrou-se favorável aos micro-reservatórios domiciliares.

## **6 – AGRADECIMENTOS**

Ficam registrados os agradecimentos à FUNAPE pela ajuda financeira na apresentação deste trabalho no XVII Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos.

## BIBLIOGRAFIA

ASCE. **Design and construction of sanitary and storm sewers**. New York, 1969.

AZEVEDO NETTO, R.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. 8º Edição Atualizada. São Paulo, 1998. Editora Edgard Blucher.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 1º Edição. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

COSTA, A. R.; PRADO, L. A. Espacialização de chuvas intensas para o Estado de Goiás e o sul do Tocantins. **Revista de Engenharia Agrícola**. Jabotical. v.23, n.2, p. 268-276, mai/ago. 2003,

CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p.19-31, out/dez. 1998.

MENEZES FILHO, F. C. M. **Sistematização para elaboração de projetos de drenagem urbana**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) a ser apresentada para obtenção do Título de Mestre. Programa de Pós Graduação em Engenharia do Meio Ambiente – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

FERREIRA, M. E.; COSTA, V. C. S.; CAMPOS, A. R.; OLIVEIRA, R. A. F. Cálculo de um reservatório de retenção destinado a mitigar o impacto da urbanização em um bairro de São José dos Campos – SP. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos: ABRH, 1997. v.3, p.655-660.

TASSI, R; VILLANUEVA, A. O. N. Análise do impacto dos microrreservatórios de lote nos custos de uma rede de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p.89-98, jul/set. 2004.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do impacto da urbanização. In: TUCCI, C.E.M; TOZZI, M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. Capítulo 7.

TUCCI, C. E. M. Estimativa do volume para controle da drenagem no lote. In: **Drenagem Urbana: Gerenciamento Simulação e Controle**. Benedito Braga, Carlos Tucci e Marcos Tozzi. 1º ed. Porto Alegre. Editora da UFRGS/ABRH, 1998. Cap. 12. p. 155-163.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.