

IX-030 - VOLUME DE DETENÇÃO DE MICRO-RESERVATÓRIOS EM FEIRA DE SANTANA – BA

Jean de Oliveira Pinheiro Lima⁽¹⁾

Graduando do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

Eduardo Cohim⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista; Especialização em Engenharia de Irrigação; Mestre em Gerenciamento do Processo Produtivo, Ênfase em Tecnologias Limpas; Doutor em Energia e Meio Ambiente. Professor Adjunto do Curso de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Oscar Freitas, 95 – Santa Mônica II – Feira de Santana - BA - CEP: 44092-070 - Brasil - Tel: (75) 9162-0534 - e-mail: jean_opinheiro@hotmail.com

RESUMO

Novos conceitos de drenagem urbana, com abordagens ambientais e com enfoque na drenagem sustentável, têm sido discutidos e pesquisados em todo o Brasil, a exemplo do uso de técnicas compensatórias para o controle na fonte de drenagem urbana, que visa restabelecer as condições de escoamento e infiltração naturais do terreno. Micro-reservatórios, poços e planos de infiltração são algumas dessas técnicas. Destacam-se os micro-reservatórios pelos baixos custos de implantação e manutenção e pela facilidade de acompanhamento. Neste trabalho foi desenvolvida uma equação que determina o volume de detenção de micro-reservatórios para a cidade de Feira de Santana – BA. Definida como $v=387 \cdot t_{imp}$ com coeficiente de determinação R^2 de 0,9952, onde v é o volume de detenção em m^3/Ha e t_{imp} é a razão entre a área impermeabilizada e a área total.

PALAVRAS-CHAVE: Micro-reservatórios, volume de detenção, método racional, vazão de pré-desenvolvimento, coeficiente de escoamento.

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas nos centros urbanos do Brasil são os desastres naturais em detrimento dos impactos da urbanização. As inundações são um desses desastres em que a intensa construção e densificação populacional interferem no hidrograma das bacias urbanas com amplificação e antecipação dos picos de vazões; o principal impacto da urbanização. A impermeabilização de solos, onde antes as águas precipitadas infiltravam, evaporavam e/ou transpiravam em taxas maiores que a do escoamento superficial, passam a escoar mais superficialmente. Como consequência, as águas pluviais se acumulam rapidamente no sistema de drenagem, que por sua vez escoam para jusante, acumulando nas cotas mais baixas, provocando inundações.

Técnicas alternativas as da drenagem tradicional tem sido estudadas e aplicadas em diferentes partes do mundo. Tais técnicas recebem o nome de Técnicas Compensatórias de Drenagem, que tem como foco a drenagem sustentável através do restabelecimento das condições naturais do terreno através da infiltração e/ou detenção das águas pluviais.

Os micro-reservatórios de detenção são um tipo de técnica compensatória aplicada em lotes ou loteamentos como controle na fonte. São reservatórios de acúmulo temporário das águas coletadas em telhados ou áreas abertas e pavimentadas (dentre outras áreas impermeabilizadas de uma edificação), em que sua evacuação é controlada por um conduto forçado de diâmetro e vazão conhecidos. A vazão de saída é determinada pela vazão de pré-desenvolvimento, ou vazão do escoamento superficial do terreno antes da urbanização.

O Controle na Fonte da drenagem urbana dispõe de outros equipamentos de aplicação das Técnicas Compensatórias como poços de infiltração, planos de infiltração e telhados de detenção, dentre outros. Os micro-reservatório, porém, destacam-se pelos baixos custos de implantação/manutenção e pela facilidade de acompanhamento.

Neste trabalho, foi estudada a aplicação de micro-reservatórios no controle de inundações com o objetivo de desenvolver uma equação que determine o volume de detenção para a cidade de Feira de Santana – BA.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para definir uma equação que determine o volume de detenção, neste trabalho é utilizado o Método Racional com a seguinte sequência metodológica:

- adoção da intensidade pluviométrica para Feira de Santana – BA;
- estimativa do coeficiente de escoamento de área permeável pelo método SCS;
- determinação da equação do coeficiente de escoamento;
- determinação da vazão de pré-desenvolvimento;
- e definição da equação do volume de detenção.

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

A intensidade da precipitação é obtida através da equação de intensidade, duração e frequência do local de estudo. Para a cidade de Feira de Santana a equação IDF adotada é (NOVAES, 2005):

$$I = \frac{716 \cdot T_R^{0,241}}{(t_c + 11)^{0,761}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde I é a intensidade da precipitação em mm/h, T_R é o período de retorno (adotado igual a 10 anos, período comum em projetos de macrodrenagem) e t_c é o tempo de concentração em minutos (adotado igual a 60min, tempo médio para as bacias da cidade estudada), em que a intensidade calculada é 48,65mm/h.

COEFICIENTE DE ESCOAMENTO DE ÁREA PERMEÁVEL (C_p)

O valor de C_p pode ser estimado com base na seguinte equação do SCS (Tucci, 2000):

$$C_p = \left[\frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \right] \cdot \frac{1}{P} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde P é a precipitação total do evento em mm, S é o armazenamento e está relacionado com o parâmetro CN que caracteriza a superfície pelo tipo de solo e de sua cobertura (Tucci, 2000):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Equação (3)}$$

Através de perfis do solo em sondagens com SPT realizadas em Feira de Santana, os solos são caracterizados por uma areia siltosa ou um silte arenoso não muito profundo, havendo regiões a oeste da cidade com afloramento de rochas e locais onde houve remoção da porção sedimentar, sendo solos pouco permeáveis. Segundo a classificação hidrológica dos solos pelo método do SCS (Tucci, 2007), esses solos seriam enquadrados nos grupos hidrológicos de solo B, C e D, e sua cobertura anterior à ocupação pode ser distribuída entre: florestas normais, esparsas ou muito esparsas.

Os valores do parâmetro CN para bacias rurais (Tucci, 2007), são apresentados na Tabela 1 e são referentes às condições médias de umidade antecedente.

Tabela 1: Valores de CN para bacias rurais

USO DO SOLO	SUPERFÍCIE	B	C	D
Florestas	Normais	60	70	76
	Esparsas	68	78	84
	Muito esparsas, baixa transpiração	75	86	91

Foi adotada a média ponderada para os tipos de solo B (40%), C (30%) e D (30%) e para as diferentes coberturas, florestas normais (30%), esparsas (40%) e muito esparsas (30%). A aplicação desse critério resultou no valor de CN igual a 75,59 e pela Equação 3 o valor de 82,02 para o armazenamento, S.

A altura de precipitação total do evento para o Método Racional é (Tucci, 2000):

$$P=I \cdot t_c \quad \text{Equação (4)}$$

Onde P é a precipitação total em mm, I é a intensidade pluviométrica em mm/h e t_c é o tempo de concentração em horas.

Substituindo a intensidade pluviométrica calculada de 48,65mm/h e t_c igual a 1 hora (60 minutos) na Equação 4, a altura de precipitação total obtida é de 48,65mm. E substituindo esse valor e o obtido para S (82,02) na Equação 2, o coeficiente de escoamento de área permeável, C_p , resulta igual a 0,19.

EQUAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C)

O coeficiente de escoamento de uma bacia urbana, onde podem existir superfícies permeáveis e impermeabilizadas, pode ser estimado por (Tucci, 2000):

$$C = \frac{C_p \cdot A_p + C_i \cdot A_i}{A_t} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde C é o coeficiente de escoamento, C_p é o coeficiente de escoamento de área permeável da bacia, A_p é a área da bacia com superfície permeável, C_i é o coeficiente de escoamento de uma área impermeabilizada, A_i é a parcela da bacia com área impermeabilizada e A_t é a área total da bacia.

Definindo uma taxa de área impermeabilizada como a razão entre a área impermeabilizada e a área total ($t_{imp} = A_i/A_t$), a Equação 5 pode ser escrita da seguinte forma:

$$C = C_p + (C_i - C_p) \cdot t_{imp} \quad \text{Equação (6)}$$

Adotado o valor de C_i igual 0,95 e conhecido o valor de C_p de 0,19, substituindo nesta equação, tem-se:

$$C = 0,19 + 0,76 \cdot t_{imp} \quad \text{Equação (7)}$$

VAZÃO DE PRÉ-DESENVOLVIMENTO (q_n)

O Método Racional pode ser escrito como vazão específica da seguinte forma:

$$q = \frac{Q}{A} = 2,78 \cdot C \cdot I \quad \text{Equação (8)}$$

Onde q é a vazão específica obtida em L/(s.Ha), 2,78 é fator de conversão entre unidades, C é o coeficiente de escoamento (adimensional), I é a intensidade de chuva em mm/h, e A é a área da bacia em Ha.

A vazão de pré-desenvolvimento será a vazão específica da bacia em seu estado natural, em que o coeficiente de escoamento C é tomado como sendo igual ao coeficiente de escoamento de área permeável (C_p). Substituindo os valores calculados para a intensidade pluviométrica e o valor do C_p na Equação 8, a vazão de pré-desenvolvimento é $q_n = 25,30 \text{ L/(s.Ha)}$.

VOLUME DE DETENÇÃO

O volume de detenção pode ser calculado, utilizando o método das chuvas (Baptista et al., 2011), que admite que a estrutura de drenagem (neste caso o micro-reservatório) tem vazão de saída constante, e pode ser traduzido pela seguinte equação:

$$v = (q_u - q_n) \cdot t \cdot k \quad \text{Equação (9)}$$

Onde v é o volume específico de detenção em m^3/Ha , q_u é chamado de vazão de pós-urbanização em $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{Ha})$, q_n é chamado de vazão de pré-desenvolvimento em $\text{L}/(\text{s} \cdot \text{Ha})$, t é a duração da chuva em minutos para o qual deseja-se calcular o volume e k é um fator de conversão de unidades igual a $6,0 \times 10^4$ (de minutos para segundos e de litros para m^3).

Conhecidas as Equações 8, 1 e 7, substituindo-as na Equação 9, o volume de detenção para um evento específico de chuva em Feira de Santana pode ser definida como:

$$v = 2,78 \cdot \frac{716 \cdot T_R^{0,241}}{(t_c + 11)^{0,761}} \cdot 0,76 \cdot t_{\text{imp}} \cdot t \cdot 6,0 \cdot 10^4 \quad \text{Equação (10)}$$

Onde v é o volume de detenção em m^3/Ha , T_R é o período de retorno em anos, t_c é o tempo de concentração em minutos, t_{imp} é a taxa de área impermeabilizada (adimensional) e t é a duração de chuva.

Na Equação 10, o volume de detenção definido está em função de quatro variáveis: T_R , t_c , t_{imp} e t . Ao fixar o período de retorno igual a 10 anos, adotar o tempo de concentração igual à duração de chuva num intervalo de 5 min a 1440min (divisão de 5min) e t_{imp} num intervalo de 0,05 a 1,00 (divisão de 0,05), foi implementada uma planilha.

Dessa planilha foram extraídos os volumes máximos para cada taxa de área impermeabilizada que definiu os pontos do gráfico na Figura 1. Aplicado a regressão linear, foi definida uma linha de tendência e obtida a equação que define o volume de detenção de micro-reservatórios para aplicação em Feira de Santana – BA com um coeficiente de determinação R^2 de 0,9952, como sendo:

$$v = 387 \cdot t_{\text{imp}} \quad \text{Equação (11)}$$

Onde v é o volume de detenção em m^3/Ha (volume específico) e t_{imp} é a taxa de área impermeabilizada (adimensional).

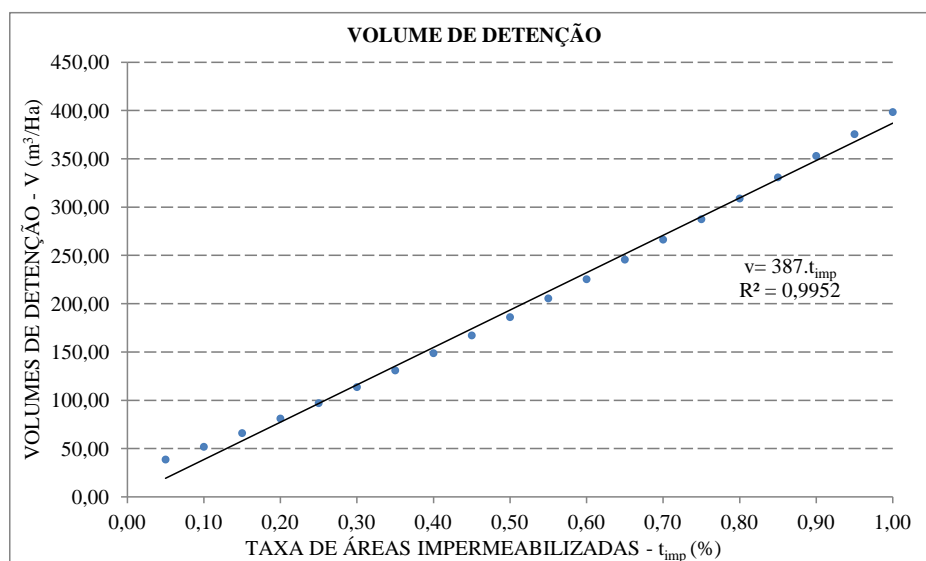


Figura 1: Volume de detenção em função da taxa de área impermeabilizada.

Nos extremos da linha de tendência (Figura 1) o volume de detenção determinado pela equação diverge para valores menores aos dos pontos no gráfico, sendo mais acentuada para impermeabilizações abaixo de 0,25. Já para impermeabilizações entre 0,25 e 0,85, os volumes de detenção são maiores.

Impermeabilização entre 0,25 e 0,85 reflete a realidade de locais onde há a maior possibilidade de implantação de micro-reservatórios e, logo, o volume de detenção acima não implicaria em insuficiência na reservação. Já impermeabilização abaixo de 0,25, podem ser terrenos grandes pouco impermeabilizados em que um volume de detenção menor não implicaria tanta responsabilidade ao proprietário, uma vez que seja mantido o terreno no seu estado natural. E para taxas acima de 0,85, volumes menores não inviabilizaria a implantação de micro-reservatórios.

A Equação 11 é uma formulação simples e de fácil aplicação, como por exemplo: se for considerado um terreno com área de 300m² (0,03 Ha) com impermeabilização de 75%, tem-se:

$$v=387 \cdot 0,75 \quad \text{Equação (12)}$$

$$v=290,25 \text{m}^3/\text{Ha} \quad \text{Equação (13)}$$

$$V=v \cdot A=290,25 \cdot 0,03 \approx 8,70 \text{m}^3 \quad \text{Equação (14)}$$

O micro-reservatório necessitaria de uma capacidade de reservação mínima de 8,70m³ com uma vazão de saída controlada e igual a vazão de pré-desenvolvimento, igual a 25,30L/(s.Ha), que multiplicado pela área equivale a 0,760L/s. É importante que haja a manutenção de todo sistema, para evitar o acúmulo de resíduos que levem ao entupimento das tubulações e ineficácia do sistema. As soluções para a implantação dos micro-reservatórios são inúmeras e podem ser pensadas durante o projeto de arquitetura como um ambiente incorporado ao empreendimento.

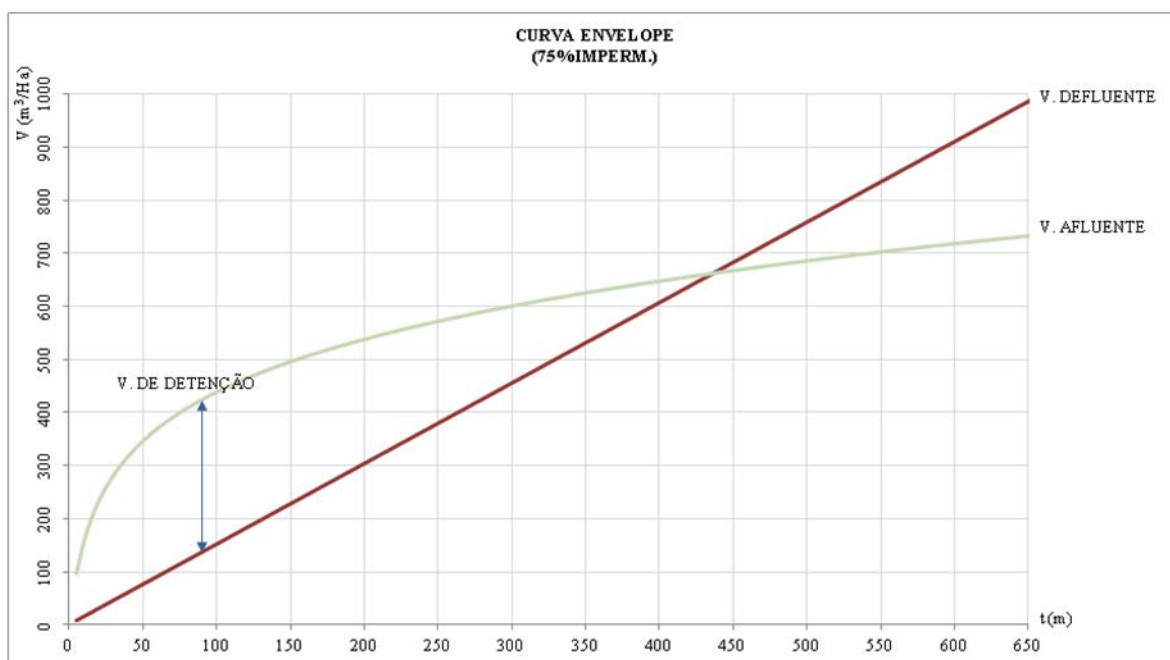


Figura 2: Curva envelope para o exemplo desenvolvido.

Na Figura 2 pode ser observada a curva envelope para esse mesmo exemplo, com impermeabilização de 75% do terreno. A curva envelope é a relação entre o volume de água pluvial afluyente (entrada) e defluyente (saída) no decorrer do tempo. A volume de entrada é em função do evento chuvoso e das condições de ocupação do solo, ou seja, do escoamento superficial após a urbanização. Já o volume de saída é em função da vazão de pré-desenvolvimento. A diferença entre os volumes é o volume de água detido no micro-reservatório. Durante cerca de 90min. ou uma hora e meia, este reservatório estará enchendo, alcançará sua capacidade máxima e

passará a esvaziar por mais cinco ou seis horas, quando passará a trabalhar sem deter a água, ou a uma vazão abaixo da de saída.

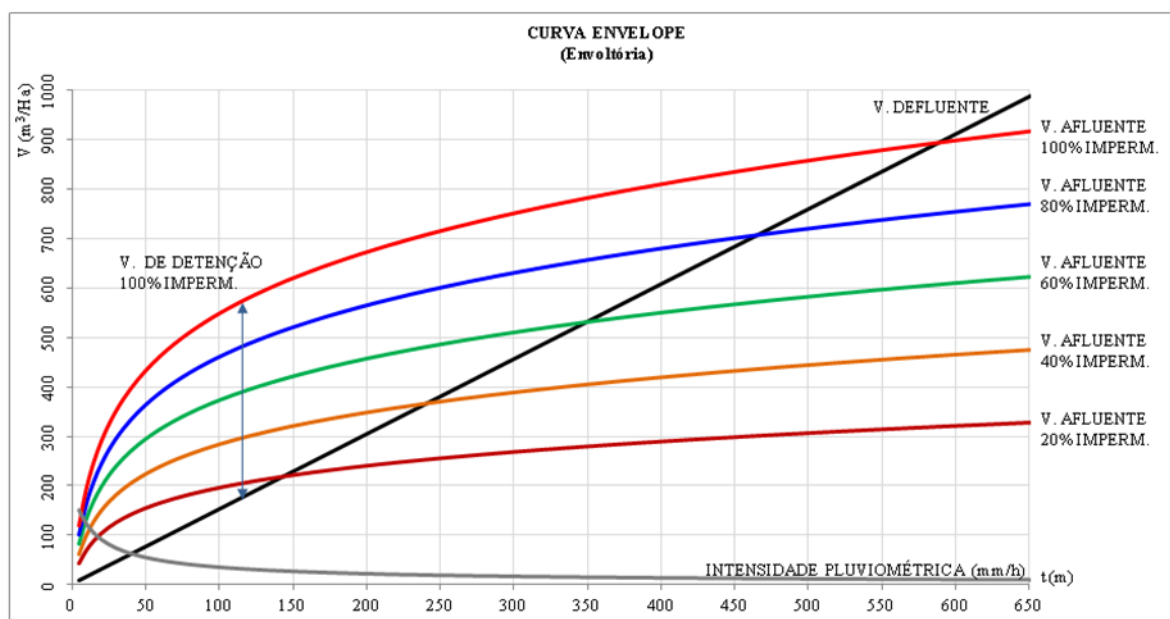


Figura 3: Curva envelope (envoltória).

Já na Figura 3, pode ser observado uma envoltória dos volumes afluentes para diferentes condições de impermeabilização. Nesta figura, os volumes afluentes foram obtidos segundo as considerações de solo, coeficientes de escoamento superficial e intensidade de chuva estudados, assim como o volume defluente, segundo a vazão de pré-desenvolvimento definida. Observa-se que no máximo até 120min ou duas horas de chuva, os reservatórios estariam enchendo e alcançando sua capacidade máxima. Após esse tempo passaria a esvaziar até cerca de 580min, nove ou dez horas de chuva, passando a não deter mais a água pluvial. Isso, pois, como pode ser observada mais abaixo no gráfico a intensidade pluviométrica decresce com o tempo.

CONCLUSÃO

Utilizando o Método Racional, a equação definida para determinação do volume de detenção de micro-reservatórios com vista à aplicação na cidade de Feira de Santana – BA, obtida com R^2 igual a 0,9952, é:

$$v = 387 \cdot t_{imp} \quad \text{Equação (15)}$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. 2ª Ed. Porto Alegre: ABRH, 2011. 318 p.
2. NOVAES, Carlos Pereira de. Hidrologia para o curso de graduação em Engenharia Civil. Feira de Santana: UEFS, 2004.
3. TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007.
4. TUCCI, Carlos E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. Revista Brasileira De Recursos Hídricos. Volume 5 n. 1, 61-68, Jan/Mar 2000.