

# ESTUDO DA CANALIZAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE BACIA DE DETENÇÃO NO CÓRREGO DO BARBADO, CUIABÁ-MT

*Anelise Yano<sup>1</sup>, Henrique do Carmo Barros<sup>1</sup>, Karina Marcondes Colet<sup>1</sup>, Maria Zuila Cysneiros de Miranda<sup>1</sup>,  
Vanusa Soares da Silva Ormonde<sup>1</sup>, Alexandre Kepler Soares<sup>2</sup>*

**RESUMO** - A urbanização desordenada causa a impermeabilização do solo e a canalização de córregos muitas vezes a mudança de seu curso d'água. Todos esses processos, juntamente com a má drenagem urbana, acarretam em grandes desastres como enchentes e deslizamentos. Os métodos hidrológicos são utilizados para determinação da vazão de projeto para um possível dimensionamento de medidas mitigadoras contra enchentes, como as bacias de retenção. O presente trabalho teve como objetivo o estudo da vazão de projeto do Córrego do Barbado em Cuiabá-MT, bem como o dimensionamento de uma bacia de retenção a ser recomendada. Os cálculos levaram a um volume a ser detido de aproximadamente 317.000 m<sup>3</sup>, e para isso foi estabelecida uma área de 50.000 m<sup>2</sup>, o que, mais uma vez, demonstrou a problemática de destinação de espaço para tais obras.

**ABSTRACT** - The unplanned urbanization causes soil sealing and channeling often changes the river stream. All of these processes, besides the poor urban drainage, result in major disasters such as floods and landslides. Hydrologic methods have been used to determine the maximum discharge for stormwater management practices such as detention basins. This research work focus on runoff calculation of Barbado River Basin, in Cuiabá-MT, Brazil, as well as the design of a detention basin. Calculations led to a maximum volume of approximately 317,000 m<sup>3</sup> in an established area of 50,000 m<sup>2</sup>, which demonstrated the problem of space allocation for such works.

**Palavras-Chave:** drenagem urbana, bacia de retenção, métodos hidrológicos

---

1) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa, s/n, FAET, Bloco A, Campus Universitário, Coxipó, CEP 78060-900, Cuiabá, Mato Grosso, E-mail: [ppgeea2010@gmail.com](mailto:ppgeea2010@gmail.com)  
2) Professor Adjunto da Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO. E-mail: [aksoares@gmail.com](mailto:aksoares@gmail.com).

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização tem afetado a qualidade de vida da população, devido aos problemas gerados pela ocupação não planejada do espaço urbano e utilização dos recursos naturais. Conforme Baptista e Nascimento (2005), “A urbanização implica, forçosamente, em alterações significativas no meio ambiente de forma geral, e nos processos hidrológicos, em particular, através da ação direta nos cursos d’água e nas bacias hidrográficas, como um todo”.

Para Tucci e Collischonn (1998), à medida que a cidade se urbaniza os impactos que ocorrem são: aumento das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento através dos condutos e canais e impermeabilização de superfícies, aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e produção de resíduos sólidos, deterioração da qualidade da água devido a lavagem de ruas, transporte de material sólido e ligações clandestinas de esgoto.

Segundo Franco (2004) “As cheias têm provocado perdas econômicas significativas, além de doenças e epidemias, em muitos casos resultando na perda de vidas humanas. Deste modo o problema das cheias, e em particular, das cheias urbanas, tem levado inúmeros pesquisadores a buscar uma solução efetiva para o seu controle. O controle de cheias é entendido como o conjunto de medidas que visa reduzir os seus impactos ou a neutralização das conseqüências da interferência antrópica que tende em geral a agravar as cheias”.

Estudam-se novas formas de reestruturar o sistema de drenagem urbana, as tecnologias alternativas ou compensatórias de drenagem que tem por objetivo trazer benefícios para a qualidade de vida e preservação ambiental, minimizando os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos. (BAPTISTA E NASCIMENTO 2005).

Existem vários métodos de controle de enchentes que são chamados de medidas mitigatórias. Podem ser reservatórios, diques, polders, bacias de retenção ou até mesmo de bacias de detenção. Essas soluções dependem da necessidade de cada bacia.

O objetivo desse trabalho é a determinação da vazão de projeto pelo método do hidrograma unitário sintético de Snyder do Córrego Barbado na cidade de Cuiabá, Mato Grosso, e dimensionamento da Bacia de Detenção através do método de Puls.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Barbado é localizada na área urbana da cidade de Cuiabá-MT, na porção centro-leste da cidade, e tem como principal curso d'água o Córrego Barbado. Este é afluente do Rio Cuiabá, constituindo, com outras sub-bacias, a grande bacia hidrográfica do Cuiabá. Na sub-bacia do Córrego do Barbado vivem 51.320 pessoas distribuídas em 22 bairros, onde 11 bairros são regulares e 11 são oriundos de invasões (IPDU, 2002).

A ocupação da sub-bacia do Barbado, Cuiabá – MT, ocorreu principalmente a partir da construção do Centro Político Administrativo (CPA), na porção nordeste da cidade, na região das cabeceiras do córrego em 1970; e a instalação da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) na área central da bacia em 1972 (BORDEST, 2003).

A área de drenagem da bacia corresponde a 10,12km<sup>2</sup> com extensão de aproximadamente 6,781 km que vai da sua nascente (Figura 1) nas proximidades do Parque Massairo Okamura, até sua foz, no Rio Cuiabá.

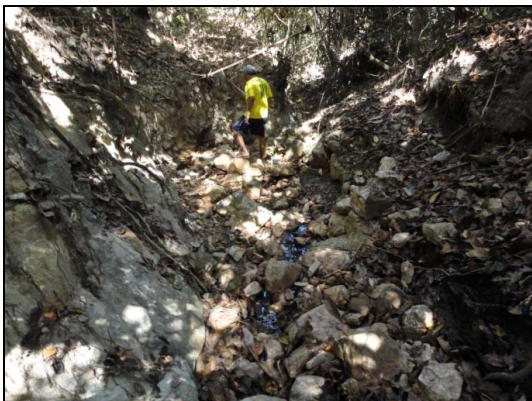


Figura 1 – Nascente do Córrego do Barbado  
(Foto: Henrique Carmo Barros)



Figura 2 – Foz do Córrego Barbado no Rio Cuiabá (Imagem Google Earth)

## 3. MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO SINTÉTICO DE SNYDER

O método de Snyder usa como parâmetro básico o tempo de retardamento da bacia ( $t_p$ ), sendo, este, o intervalo de tempo compreendido entre o instante correspondente ao centro de gravidade do hietograma da precipitação efetiva e o pico do hidrograma (FRENDRICH, 2008):

$$t_p = 0,75 \cdot C_t \cdot (L \cdot La)^{0,3} \quad (1)$$

Onde:  $t_p$  = tempo de retardamento da bacia (h)

$L$  = talvegue (Km)

$L_a$  = comprimento do centro de gravidade até ao seção de projeto sobre o talvegue principal

$C_t$  = coeficiente numérico

O calculo 2 apresenta o tempo de duração da chuva unitária:

$$t_d = \frac{t_p}{5,5} \quad (2)$$

A vazão unitária máxima  $Q_p$  é dada pela expressão 3:

$$Q_p = \frac{2,76 \cdot C_p \cdot A}{t_p} \quad (3)$$

Onde:  $A$  = área da bacia hidrográfica ( $\text{Km}^2$ )

$C_p$  = coeficiente numérico

Snyder utiliza as seguintes equações para determinação para o Cálculo dos coeficientes  $C_t$  e  $C_p$  dadas por 4 e 5, respectivamente.

$$C_t = \frac{7,81}{(Ia\%)^{0,78}} \quad (4)$$

onde:

$Ia$  = grau de impermeabilização da bacia hidrográfica (%)

$$C_p = 0,89 \cdot (C_t)^{0,46} \quad (5)$$

Para determinação mais precisa dos coeficientes  $C_t$  e  $C_p$  utilizam-se correções, indicadas no método do hidrograma unitário do Colorado (EUA) (FRIENDICH, 2008).

Para estimativa de  $C_t$ :

- Para áreas mal drenadas (+10%)
- Para áreas totalmente drenadas (-10%)
- Para  $C_t$  em função da declividade do trecho correspondente a 80% do curso d'água principal

Para  $S_e < 0,01$  m/m:

$$C_t = 0,40 \cdot C_{t0} \cdot S_e^{-0,2} \quad (6)$$

Para  $S_e > 0,025$  m/m:

$$C_t = 0,48 \cdot C_{t0} \cdot S_e^{-0,2} \quad (7)$$

Para  $0,01 \text{ m/m} \leq S_e \leq 0,025 \text{ m/m}$

$$C_t = C_{t0} \quad (8)$$

Onde:  $C_{t0}$  é o valor de  $C_t$  obtido pela equação (4)

Para estimativa de  $C_p$ :

- Usar o valor de  $C_t$  corrigido apenas para a declividade.

O tempo em que se dá o pico  $T$ , é dado pela equação:

$$T = \frac{21 \cdot t_p}{22} + 0,75 \cdot t_p \quad (9)$$

Onde:  $T$  = tempo de pico do hidrograma unitário (h)

$t_p$  = tempo de retardamento da bacia (h)

$t_d$  = tempo de duração da chuva unitária (h)

Traçado do hidrograma unitário sintético para pequenas bacias hidrográficas a 50% e 75% (Figura 3):

$$L_{50\%Q_p} = 1,89 \cdot \frac{A}{Q_p} \quad (10)$$

$$L_{75\%Q_p} = 0,98 \cdot \frac{A}{Q_p} \quad (11)$$

Onde:  $L_{50\%Q_p}$  = largura do hidrograma a 50% do pico (h)

$L_{75\%Q_p}$  = largura do hidrograma a 75% do pico (h)

$A$  = área da bacia hidrográfica ( $Km^2$ )

$Q_p$  = vazão unitária de pico ( $m^3/s$ )

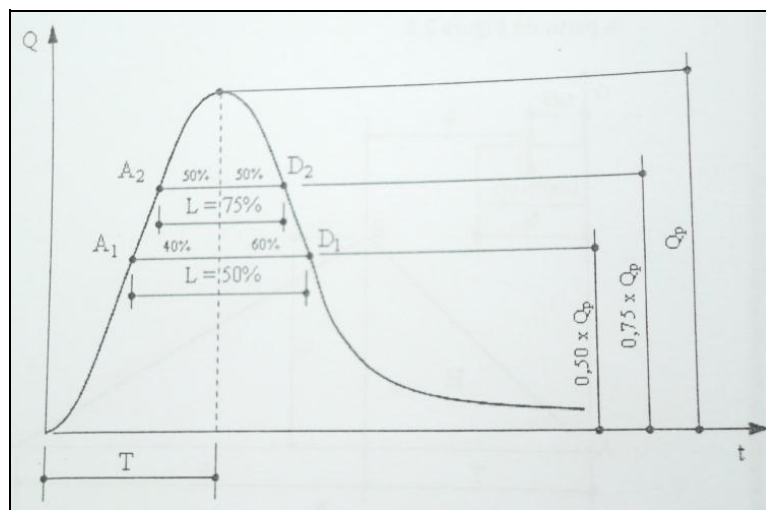


Figura 3 – Ordenadas do Hidrograma Unitário Sintético

#### 4. Dimensionamento da Bacia de Detenção pelo Método de Puls

Os cálculos foram realizados com a ajuda de uma planilha do excel, a partir da vazão de entrada, obtida no hidrograma de projeto, área da bacia e diâmetro dos orifícios de saída, para obtenção do hidrograma de saída e volume armazenado.

O Modelo de Puls caracteriza-se por supor que existe uma relação bi-unívoca entre o volume armazenado e a vazão efluente, sendo esta, portanto, independente da vazão afluyente. Isso equivale a assumir que a superfície do reservatório se mantenha plana e horizontal, o que é em muitos casos apenas uma aproximação dada a existência do remanso.

A equação da continuidade pode ser escrita como:

$$\frac{dS}{dt} = I - Q \quad (12)$$

Onde:  $t$  = tempo;

$I$  = vazão de entrada;

$Q$  = a vazão de saída;

$S$  = o volume armazenado.

Além disso, a vazão efluente é uma função do volume armazenado:

$$Q = f_1(S) \quad (13)$$

O hidrograma de saída pode ser obtido então, através da aplicação de uma expressão discretizada da equação da continuidade:

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2} \quad (14)$$

Onde:  $t$ ,  $t+1$  = são índices de tempo;

$I$  = vazão de entrada;

$Q$  = a vazão de saída;

$S$  = o volume armazenado.

## 5. RESULTADOS

A avaliação da drenagem foi realizada a partir de levantamentos feitos do local (Figuras 4)

- Tempo de Retorno - período de tempo médio em que um determinado evento deve ser igualado ou superado pelo menos uma vez (Pinto et al. apud Frendrich, 2008):  $Tr = 10$  anos
- Área de drenagem:  $A = 10,12 \text{ km}^2$
- Extensão do talvegue principal (L):  $6.781,72 \text{ m} = 6,781 \text{ km}$
- Cota topográfica no ponto mais afastado da bacia =  $212 \text{ m}$
- Cota topográfica na seção do projeto =  $156 \text{ m}$
- Cota topográfica a  $0,8 L = 165 \text{ m}$
- Extensão do centro de gravidade á seção de projeto ( $La$ ) =  $2.889,29 \text{ m}$
- Porcentagem de impermeabilização da bacia atual =  $70\%$

- Porcentagem de impermeabilização da bacia hidrográfica no horizonte de projeto = 80%
- Área da bacia hidrográfica totalmente drenada por galerias de águas pluviais = 8.151.189 m<sup>2</sup> = 8,151 km<sup>2</sup>
- Área mal drenada por galerias de águas pluviais: 1.970.806,12m<sup>2</sup> = 1,97 km<sup>2</sup>
- H: 45 m

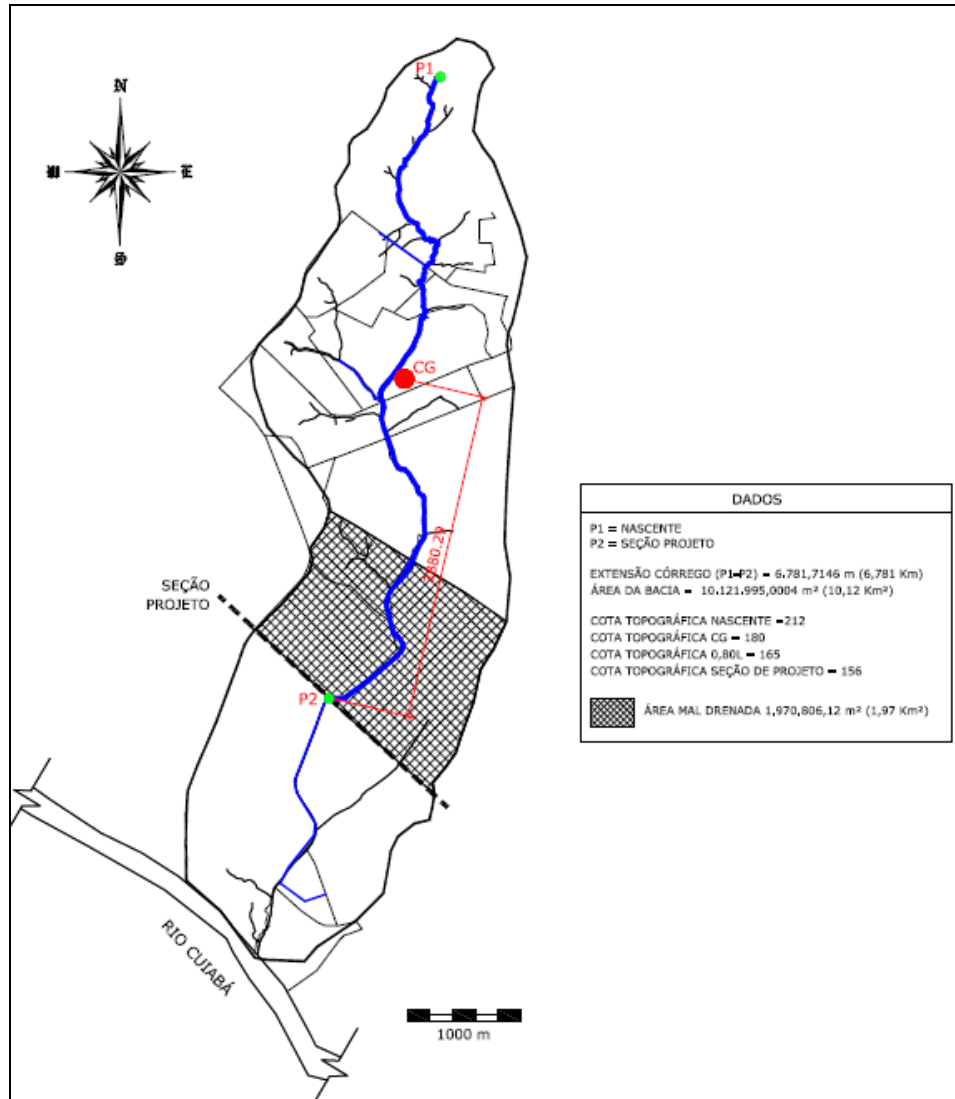


Figura 4 – Planta da Bacia do Córrego do Barbado

## 6. DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO

6.1 Cálculo dos coeficientes  $C_{to}$  e  $C_p$ , pela equação (4)

$$C_{to} = \frac{7,81}{(70)^{0,78}} = 0,28$$

Aplicando a equação (5)

$$C_p = 0,89 \cdot (0,28)^{0,46}$$

6.2 Valor corrigido do coeficiente  $C_{t0}$

- Para áreas mal drenadas (+10%) =  $1,97 \text{ km}^2 + 0,197 = 2,17 \text{ km}^2$
- Para áreas totalmente drenadas (-10%) =  $8,151 \text{ km}^2 - 0,815 = 7,33 \text{ km}^2$
- total =  $9,5 \text{ km}^2$

$$I_a = \frac{A_c}{A_t} = \frac{9,5}{10,12} = 0,94$$

$$C_{t_1} = \frac{7,81}{(94)^{0,78}} = 0,23$$

Como  $C_{t1} < C_{t0}$  corrigir  $C_{t1}$  em função da declividade

$$S_e = \frac{H}{0,8 \cdot L} = \frac{56}{0,8 \cdot 6.781,72} = 0,01032 \text{ m/m}$$

Para  $0,01 \text{ m/m} \leq S_e \leq 0,025$ , cálculo (8)

$$C_{t1} = C_{t0}$$

$$C_{t1} = 0,28 \text{ (corrigido)}$$

6.3 Valor corrigido de  $C_p$ . O valor de  $C_p$  é corrigido apenas para a declividade:

Equação (5)

$$C_p = 0,89 \cdot (0,28)^{0,46} = 0,50 \text{ (corrigido)}$$

6.4 Cálculo do tempo de retardamento da bacia  $t_p$ , equação (1)

$$0,75 \cdot 0,28 \cdot (6,781 \cdot 2,89)^{0,3}$$



6.5 Cálculo da vazão unitária máxima  $Q_p$ , equação (3)

$$Q_p = \frac{2,76 \cdot 0,50 \cdot 10,12}{0,53} = 26,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.6 Tempo de duração da chuva unitária  $t_d$ , equação (2)

$$t_d = \frac{31,00}{5,5} = 5,6 \text{ min}$$

6.6 Traçado do hidrograma unitário sintético de Snyder, equação (9)

$$T = \frac{2 \cdot 31,00}{22} + 0,75 \cdot 5,6 = 33,8 \text{ min}$$

6.7 Tempo das larguras do hidrograma a 50% e a 75% de  $Q_p$ , equações (10) e (11)

$$L_{50\%Q_p} = 1,89 \cdot \frac{10,12}{26,35} = 0,72 \text{ h} = 43,3 \text{ min}$$

$$L_{75\%Q_p} = 0,98 \cdot \frac{10,12}{26,35} = 0,34 \text{ h} = 20,5 \text{ min}$$

6.8 Traçado do hidrograma unitário sintético

Os pontos que definem o hidrograma unitário sintético são os seguintes: {  $Q_p = 26,35 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $T = 33,8 \text{ min}$ }; {  $A1 = 16,4 \text{ min}$ ;  $13,18 \text{ m}^3/\text{s}$  } {  $A2 = 23,55 \text{ min}$ ;  $19,8 \text{ m}^3/\text{s}$  } {  $D1 = 59,8 \text{ min}$ ;  $13,18 \text{ m}^3/\text{s}$  } {  $D2 = 44,05 \text{ min}$ ;  $19,8 \text{ m}^3/\text{s}$  } (Figura 5 e Tabela 1).

6.9 Cálculo da chuva efetiva de projeto

O cálculo da chuva efetiva foi realizada a partir da equação de chuvas intensas ajustada para a cidade de Cuiabá – MT, com intervalos de tempo da chuva efetiva unitária de 5 minutos:

$$i = \frac{1016,453 \cdot T_R^{0,133}}{(t_c + 7,5)^{0,739}}$$

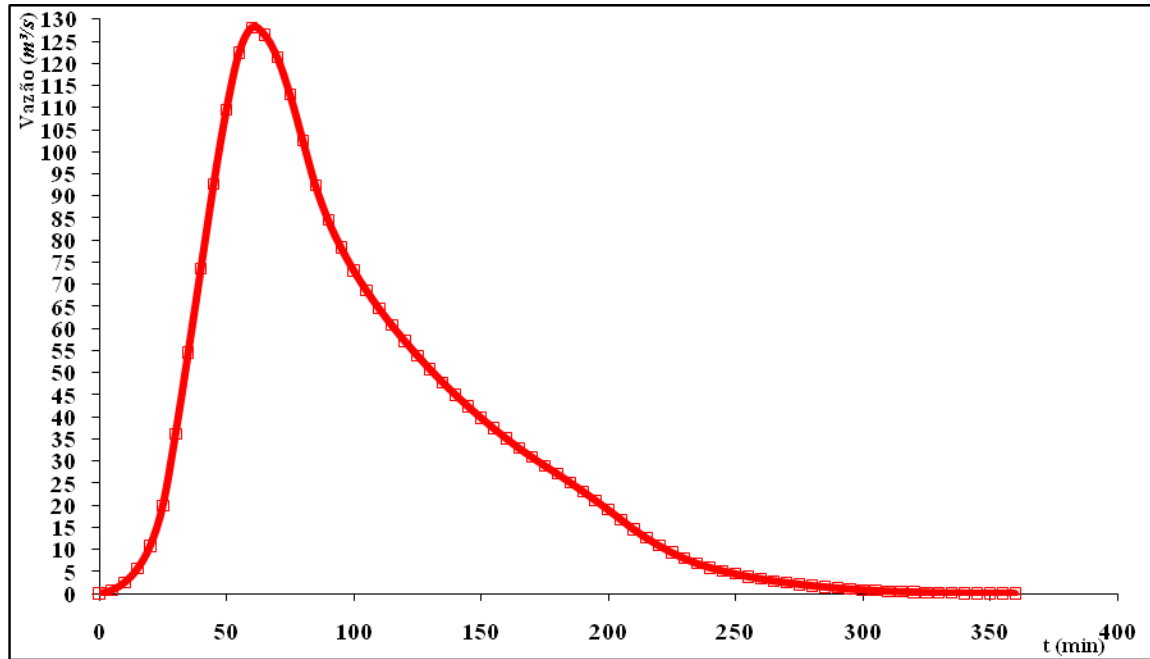


Figura 5 – Hidrograma unitário sintético do Córrego Barbado, Cuiabá - MT

Tabela 1 – Ordenadas do hidrograma unitário sintético de Snyder do Córrego Barbado, Cuiabá - MT

Tempo (min)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Tempo (min)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
0	0,0	95	5,6
5	4,0	100	5,0
10	8,0	105	4,5
15	12,0	110	4,0
20	16,5	115	3,5
25	20,6	120	3,1
30	24,5	125	2,74
35	26,1	130	2,4
40	24,4	135	2,07
45	22,7	140	1,73
50	20,0	145	1,5
55	16,7	150	1,25
60	13,1	155	1,02
65	11,1	160	0,8
70	9,7	165	0,61
75	8,6	170	0,44
80	7,7	175	0,28
85	6,9	180	0,15
90	6,2	185	0

## 7. RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO

Reservatórios de detenção são estruturas de armazenamento temporário, com o intuito de reduzir os picos no hidrograma de cheias e diminuir a taxa de escoamento superficial.

Para o dimensionamento deste reservatório (Figura 6) foi utilizado o Método de Puls para simular a propagação em reservatórios em uma área recomendada (Figura 7).

A Figura 8 mostra o hidrograma afluente  $I = I(t)$  pelo método do hidrograma unitário sintético de Snyder, entrando com uma área de 50.000 m<sup>2</sup> e diâmetro do orifício de saída igual a 1,50 m e coeficiente de contração igual a 0,60.

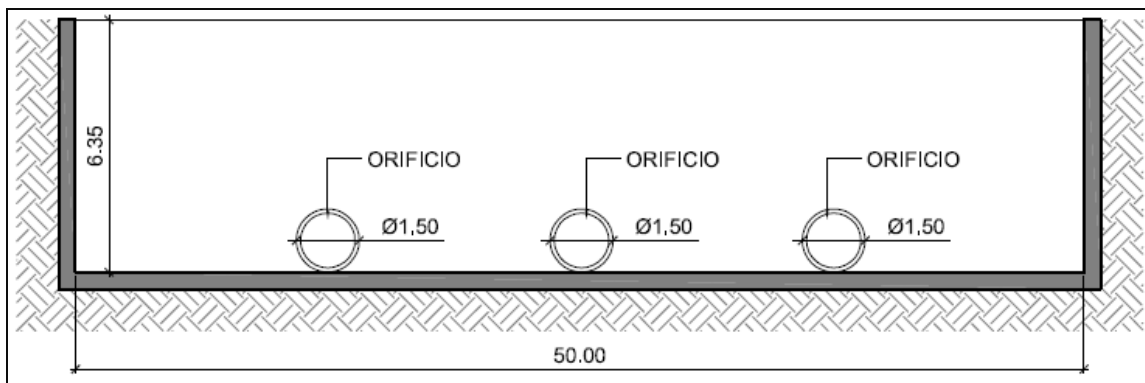


Figura 6 – Corte/seção do reservatório de retenção retangular.



Figura 7 – Área disponível para implantação da bacia de retenção.

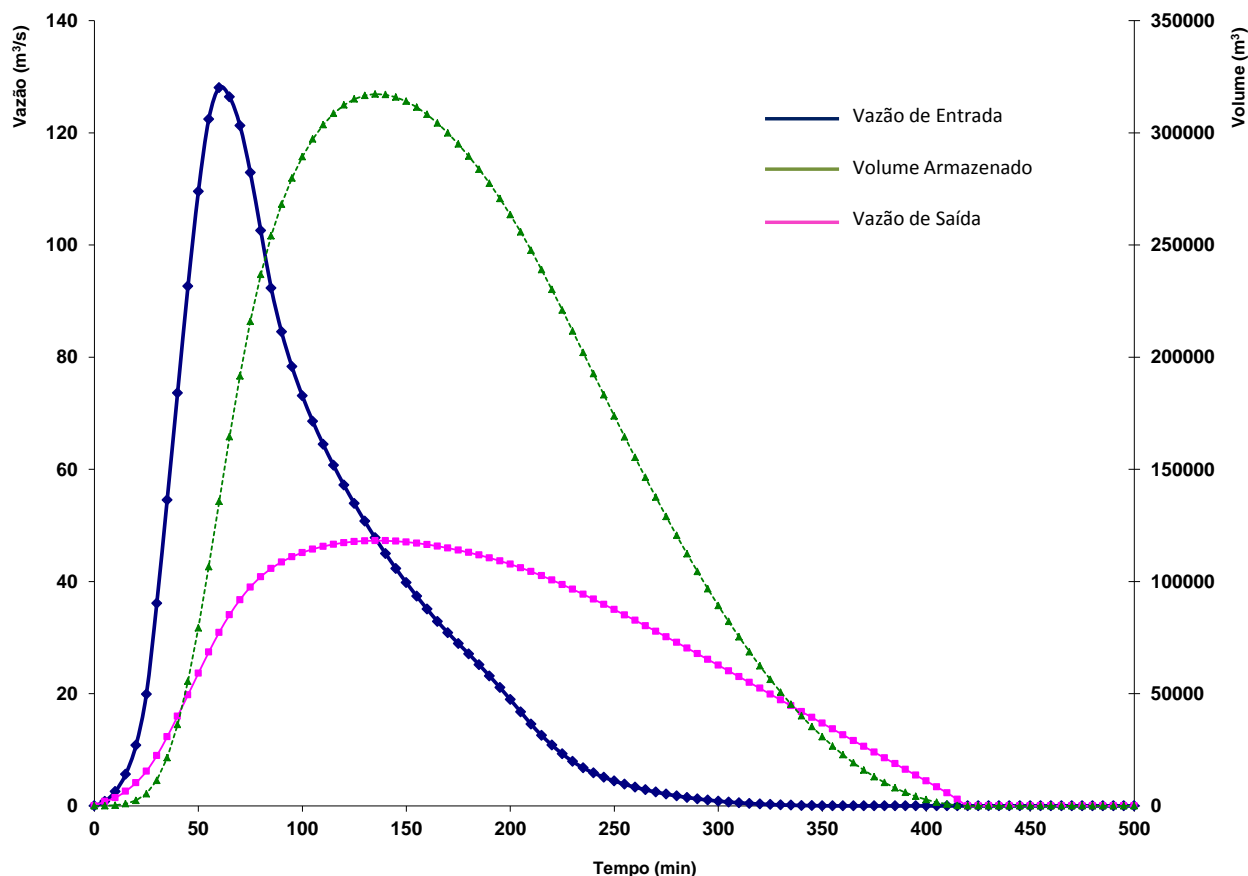


Figura 8 - Hidrogramas afluente e efluente pelo modelo de Puls para TR=10 anos.

## 8. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a altura está em função da área superficial e volume a ser detido, e que, em função do grande volume (aproximadamente 317.000m<sup>3</sup>), foi necessário fixar uma área de 50.000m<sup>2</sup> para chegar a uma altura ideal de projeto, que na prática está ficando inviável a construção de uma bacia de detenção deste porte em uma área urbana.

Recomenda-se para o canal de drenagem do córrego um material que permita a permeabilização do precipitado para a diminuição do volume a ser detido.

Adoção de pavimentos porosos nas vias locais e em calçadas dos bairros que não tiveram suas vias asfaltadas. Isso reduziria o escoamento superficial na bacia e conseqüentemente o volume escoado pelo córrego

Recuperar a margem ao longo do córrego com vegetação nativa, contribuindo para infiltração de águas pluviais e preservação das margens. Fazer cumprir a adoção da porcentagem mínima de área permeável nos lotes dos bairros contribuintes, o que pode ser conseguido com jardins ou

pavimentos permeáveis. Essa medida visa reduzir o escoamento superficial na bacia, colaborando para redução da vazão de pico e diminuindo o risco de inundações.

## **9. BIBLIOGRAFIA**

BAPTISTA, Márcio. NASCIMENTO, Nilo. BARRAUD, Sylvie. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto-Alegre: ABRH, 2005.

BORDEST, S.M.L. 2003. **A bacia do Córrego do Barbado, Cuiabá, Mato Grosso**. Cuiabá: Gráfica Print, 116p.

FENDRICH, R. . Canais de Drenagem em Pequenas Bacias Hidrográficas. 1ª. ed. Curitiba: Autor e Editor do Livro, 2008. v. 500. 121 p.

IPDU – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. 2002. **Estimativa da população e domicílios em área da Bacia do Córrego do Barbado, com base nos dados preliminares do Censo demográfico de Cuiabá / IBGE – Ano 2000**. Prefeitura Municipal de Cuiabá.

TUCCI, C.; COLLISCHONN, W. 1998. **Drenagem urbana e Controle de Erosão**. VI Simpósio nacional de controle da erosão, 1998, Presidente Prudente, São Paulo