

**CONDOMÍNIO DOM BOSCO**  
**SÃO CARLOS - SP**

**CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS**

**PROJETO: DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS**  
**TRECHO: FUNDOS DO CONDOMÍNIO DOM BOSCO**

**NOVEMBRO - 2021**

## SUMÁRIO

1. OBJETIVO
2. CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO
  - 2.1. PARÂMETROS DE PROJETO
    - 2.1.1. Bacia de contribuição
  - 2.2. MÉTODO RACIONAL
    - 2.2.1. Tempo de concentração
    - 2.2.2. Duração da chuva crítica
    - 2.2.3. Período de retorno ( $T_R$ )
    - 2.2.4. Intensidade da chuva crítica ( $i_t, T_r$ )
    - 2.2.5. Coeficiente de escoamento superficial (“run off”)
    - 2.2.6. Cálculo da vazão de cheia
3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS
  - 3.1. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO
  - 3.2. CÁLCULO DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS
    - 3.2.1. Cálculo dos tubos de concreto
    - 3.2.2. Cálculo da escada hidráulica
    - 3.2.3. Cálculo da caixa de dissipação
    - 3.2.4. Cálculo do canal trapezoidal

## 1. OBJETIVO

O objetivo deste relatório é apresentar os cálculos hidrológicos e hidráulicos para as estruturas de drenagem que irão conduzir as águas pluviais provenientes do Condomínio Dom Bosco e áreas contribuintes adjacentes até o deságue no Córrego Tijuco Preto, em trecho após a região das nascentes, no Município de São Carlos-SP.



Figura 1: Imagem de satélite do trecho de intervenção obtida no Google Earth Pró em 06/09/2021.



## 2.2. MÉTODO RACIONAL

$$Q = 166,67 \times C \times i \times A \times D$$

onde:

Q = vazão de cheia, em L/s;

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade de chuva, em mm/min;

A = área da bacia de contribuição, em ha;

D = coeficiente de distribuição da chuva. (para A < 50ha, D = 1)

### 2.2.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Foi utilizada a fórmula do método “Califórnia Culverts Practice”, recomendado pelo DAAE, a seguir:

$$t_c = 57 \times (L^3 / \Delta h)^{0,385}, \text{ onde:}$$

$t_c$  = tempo de concentração, em minutos;

L = comprimento do talvegue, em km: ..... 0,352

$\Delta h$  = diferença de nível, em m: ..... 13

Resultando:  $t_c = 6,36\text{min}$

### 2.2.2. DURAÇÃO DA CHUVA CRÍTICA

Na aplicação do Método Racional, considera-se a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração da bacia.

No caso de  $t_c$  resultar num valor inferior a 10 minutos, deve-se adotar  $t_c = 10$  minutos.

### 2.2.3. PERÍODO DE RETORNO (TR)

O período de retorno está relacionado com o grau de segurança que se deseja proporcionar à obra. Portanto, pela importância da obra foi adotado período de retorno **TR = 10 anos**.



## 2.2.4. INTENSIDADE DA CHUVA CRÍTICA ( $i_{t,TR}$ )

Com os valores de  $t_c$  e TR pode-se determinar a chuva intensa que será utilizada para o cálculo da vazão.

A equação utilizada foi a da INMET-83762, localizada em São Carlos-SP.

A equação é obtida na publicação do DAEE: “PRECIPITAÇÕES INTENSAS NO ESTADO DE SÃO PAULO”, de maio de 2018.

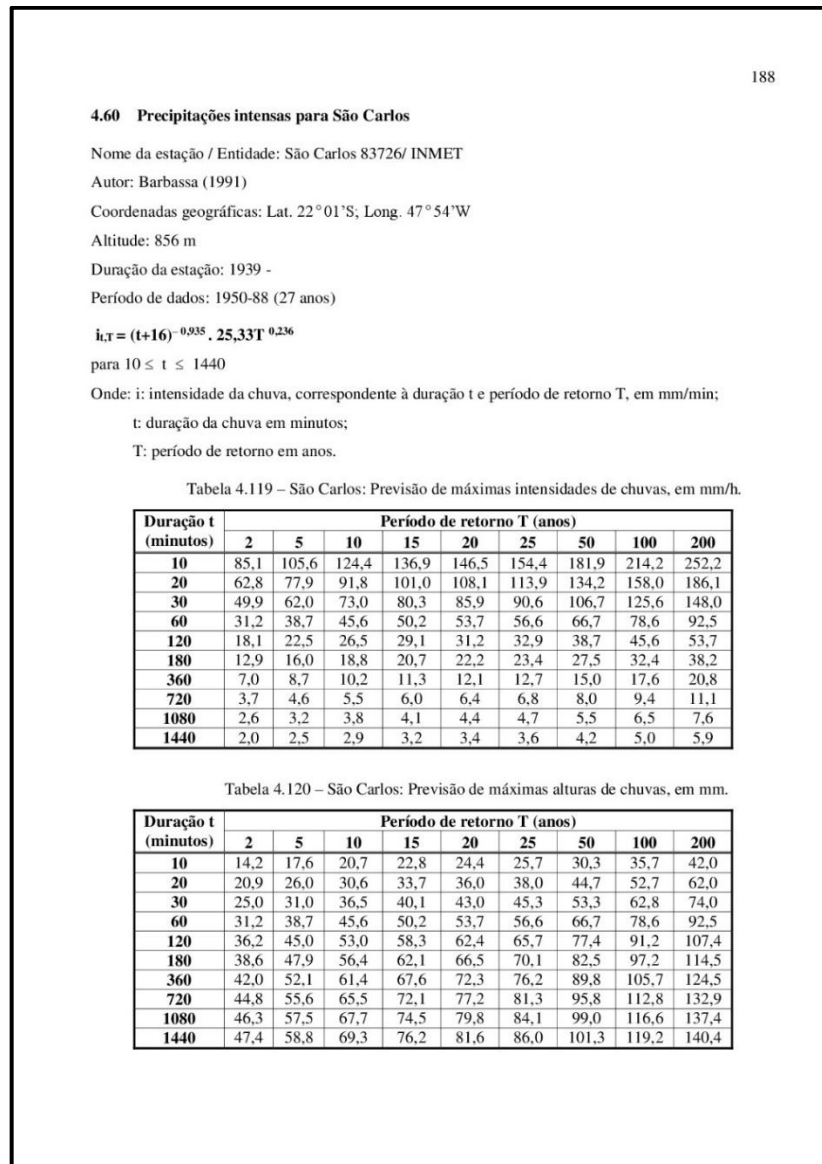


Figura 3: Precipitações intensas para São Carlos.

$$i_{t,T} = (t+16)^{-0,935} \cdot 25,33T^{0,236}$$

Assim, obtemos:

$$i = 2,073 \text{ mm/min} = 124,39 \text{ mm/h}$$

### 2.2.5. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (“RUN OFF”)

O coeficiente de escoamento superficial (C) do solo foi adotado de acordo com o “Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas”, observando-se as características atuais e futuras da bacia, sendo adotado o valor de C para área totalmente urbanizada:  $C = 0,70$

### 2.2.6. CÁLCULO DA VAZÃO DE CHEIA

A vazão de cheia (Q) foi calculada pela fórmula:

$$Q = 166,67 \times C \times i \times A \times D$$

$$Q = 166,67 \times 0,70 \times 2,073 \times 4,954 \times 1,0 = 1.198,15 \text{ L/s} \sim 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

O sistema proposto para a condução da vazão calculada é constituído dos seguintes elementos:

- Caixa de passagem de concreto armado, que receberá toda a vazão proveniente da caixa de concreto existente localizada no início da área de lazer do condomínio;
- Linha de tubos de concreto Ø800mm;
- Escada hidráulica de gabiões;
- Caixa de dissipação de energia de colchão reno e gabiões caixa;
- Canal trapezoidal em colchão reno.

Para o dimensionamento das estruturas propostas foram utilizadas técnicas consagradas, empregadas usualmente nos projetos de drenagem urbana.

Foi seguido o roteiro sugerido no “Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas”, Cap.2.

Equação de Manning:

$$V = 1/n \times R_H^{2/3} \times i^{1/2}$$

onde:

V = velocidade média, em m/s

n = coeficiente de rugosidade de Manning:

i = declividade média, em m/m

$R_H$  = raio hidráulico, em m

$$Q = A_m/n \times R_H^{2/3} \times i^{1/2}$$

### **3.1. PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO**

Os parâmetros para o dimensionamento hidráulico das estruturas foram:

#### **Concreto e tubos de concreto**

- Coeficiente de rugosidade de Manning (n): 0,015
- Velocidade mínima de 0,80 m/s;
- Velocidade máxima de 5,00 m/s;
- Declividade mínima de 1%;
- Recobrimento mínimo das tubulações de 0,70m.

#### **Gabiões**

- Coeficiente de rugosidade de Manning (n): 0,028
- Velocidade máxima de 2,50 m/s;
- Declividade mínima de 1%.

### **3.2. CÁLCULO DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS**

O cálculo e dimensionamento das estruturas hidráulicas foram simulados e verificados pelo software SisCCoH, desenvolvido em parceria entre a UFMG e Pimenta de Ávila Consultoria. Este software é amplamente utilizado para o desenvolvimento de cálculos aplicados à Engenharia Hidráulica.

#### **3.2.1. CÁLCULO DOS TUBOS DE CONCRETO**

Adotado 1 linha de tubos de concreto Ø800mm, com inclinação de 2%.

Para a análise hidráulica da linha de tubos, primeiramente tomou-se a vazão total da área de contribuição. Com este valor, efetuam-se os cálculos com o auxílio do software SisCCoH 1.0:

| SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| Seções Regulares                                           |           |
| DOM BOSCO - Tubo Ø800mm - i=2%                             |           |
| Dados de Entrada                                           |           |
| Vazão (m³/s)                                               | 1,2       |
| Diâmetro (m)                                               | 0,8       |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,015     |
| Declividade (m/m)                                          | 0,02      |
| Resultados                                                 |           |
| Área molhada (m²)                                          | 0,34      |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,015     |
| Declividade (m/m)                                          | 0,02      |
| Diâmetro (m)                                               | 0,8       |
| Número de Froude                                           | 1.693     |
| Profundidade do fluxo (m)                                  | 0,5123236 |
| Relação Y/D                                                | 0,6404    |
| Vazão (m³/s)                                               | 1,2       |
| Velocidade (m/s)                                           | 3,53      |

A profundidade do escoamento e a velocidade do fluxo são compatíveis com a vazão de projeto.

A seguir, verificamos a vazão máxima da tubulação proposta:

| SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos |        |
|------------------------------------------------------------|--------|
| Seções Regulares                                           |        |
| DOM BOSCO - Tubo Ø800mm, seção plena                       |        |
| Dados de Entrada                                           |        |
| Profundidade (m)                                           | 0,79   |
| Diâmetro (m)                                               | ,8     |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,015  |
| Declividade (m/m)                                          | 0,02   |
| Resultados                                                 |        |
| Área molhada (m²)                                          | 0,501  |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,015  |
| Declividade (m/m)                                          | 0,02   |
| Diâmetro (m)                                               | 0,8    |
| Número de Froude                                           | 0,643  |
| Profundidade do fluxo (m)                                  | 0,79   |
| Relação Y/D                                                | 0,9875 |
| Vazão (m³/s)                                               | 1.696  |
| Velocidade (m/s)                                           | 3.382  |

Portanto a linha de tubos de projeto está apta a conduzir a vazão prevista.



### 3.2.2. CÁLCULO DA ESCADA HIDRÁULICA

Para vencer o desnível entre a linha de tubos e o nível do córrego, está prevista escada hidráulica dissipadora de energia, de colchão reno e gabiões caixa parcialmente revestidos com concreto. A escada tem largura 2,0m. O comprimento de cada degrau é 2,0m e altura 1,0m.

A verificação da escada foi feita com o auxílio do software SisCCoH 1.0:

| SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos |        |
|------------------------------------------------------------|--------|
| Escoamento em Degraus - Regime Nappe Flow                  |        |
| Escada Gabião caixa H=1,0m, degrau l=2m, h=1m              |        |
| Dados de Entrada                                           |        |
| Vazão - Q (m³/s)                                           | 1,2    |
| Largura do Canal - B (m)                                   | 2      |
| Altura dos Degraus - S (m)                                 | 1      |
| Comprimento dos Degraus - l (m)                            | 2      |
| Desnível do Trecho - Hd (m)                                | 2      |
| Número de Degraus                                          | 2      |
| Resultados                                                 |        |
| Parâmetros Hidráulicos                                     |        |
| Ângulo com a Horizontal (graus)                            | 26.565 |
| Vazão (m³/s.m)                                             | 0,6    |
| Profundidade Crítica (m)                                   | 0,332  |
| Número de Queda                                            | 0,037  |
| Dados para Dimensionamento                                 |        |
| Comprimento de Queda - Ld (m)                              | 1.762  |
| Comprimento do Ressalto - L (m)                            | 3.783  |
| Altura da Parede (m)                                       | 0,953  |
| Energia Residual (m)                                       | 1.009  |
| Energia Dissipada (m)                                      | 1,49   |
| Energia Máxima (m)                                         | 2.498  |
| Eficiência (%)                                             | 59.627 |
| Profundidade Final do Escoamento (m)                       | 0,146  |
| Velocidade Final (m/s)                                     | 4.115  |
| Froude Final                                               | 3,44   |

A escada proposta está em condições de atender a vazão de projeto.

### 3.2.3. CÁLCULO DA CAIXA DE DISSIPAÇÃO

Na saída da escada hidráulica está prevista uma caixa de dissipação de energia, com fundo de gabião tipo colchão reno e laterais em gabiões caixa. Com comprimento 4,0m, base 2,0m e altura das laterais 1,0m, inclinação de fundo 1% em direção ao córrego.

Abaixo, a verificação hidráulica da caixa, através do SisCCoH 1.0:

| SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos |       |
|------------------------------------------------------------|-------|
| Seções Regulares                                           |       |
| Caixa de dissipação retangular calha 2,0 x 1,0m            |       |
| Dados de Entrada                                           |       |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                                  | 1,2   |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,028 |
| Declividade (m/m)                                          | 0,01  |
| Largura (m)                                                | 2     |
| Resultados                                                 |       |
| Área molhada (m <sup>2</sup> )                             | 0,783 |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,028 |
| Declividade (m/m)                                          | 0,01  |
| Largura superficial (m)                                    | 2     |
| Número de Froude                                           | 0,782 |
| Profundidade do fluxo (m)                                  | 0,391 |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                                  | 1,2   |
| Velocidade (m/s)                                           | 1.533 |

A caixa está dimensionada para receber a vazão esperada.

### 3.2.4. CÁLULO DO CANAL TRAPEZOIDAL

Após a caixa de dissipação, a água segue em direção ao córrego através de um canal trapezoidal de colchão reno de 2,0m de base e laterais de 2,0m com inclinação 1V:2H. Este canal terá inclinação de 1% e fará a concordância em nível com o leito do córrego.

Primeiramente, a verificação da profundidade do fluxo e velocidade:

| SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos     |       |
|----------------------------------------------------------------|-------|
| Seções Regulares                                               |       |
| Canal trapezoidal dissipador reno base 2m, lateral 1V-2H (27°) |       |
| Dados de Entrada                                               |       |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s)                                      | 1,2   |
| Coeficiente de Manning                                         | 0,028 |
| Declividade (m/m)                                              | 0,01  |
| Largura inferior (m)                                           | 2     |
| Inclinação lateral (h/v)                                       | 2     |
| Resultados                                                     |       |
| Área molhada (m <sup>2</sup> )                                 | 0,852 |
| Coeficiente de Manning                                         | 0,028 |
| Declividade (m/m)                                              | 0,01  |
| Inclinação lateral (h/v)                                       | 2     |
| Largura superior (m)                                           | 3.289 |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Largura do fundo (m)      | 2         |
| Número de Froude          | 0,883     |
| Profundidade do fluxo (m) | 0,3222144 |
| Vazão (m³/s)              | 1,2       |
| Velocidade (m/s)          | 1.408     |

A profundidade do fluxo encontrada é menor do que a profundidade máxima do canal e a velocidade do fluxo é compatível com o material de revestimento. O canal projetado tem plenas condições de conduzir o escoamento previsto.

A seguir a verificação do canal a seção plena:

| SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos |        |
|------------------------------------------------------------|--------|
| Seções Regulares                                           |        |
| Dissipador reno base 2m 2V-1H (27°) - Seção plena          |        |
| Dados de Entrada                                           |        |
| Profundidade (m)                                           | 0,447  |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,028  |
| Declividade (m/m)                                          | 0,01   |
| Largura inferior (m)                                       | 2      |
| Inclinação lateral (h/v)                                   | 2      |
| Resultados                                                 |        |
| Área molhada (m²)                                          | 1.294  |
| Coeficiente de Manning                                     | 0,028  |
| Declividade (m/m)                                          | 0,01   |
| Inclinação lateral (h/v)                                   | 2      |
| Largura superior (m)                                       | 3.788  |
| Largura do fundo (m)                                       | 2      |
| Número de Froude                                           | 0,919  |
| Profundidade do fluxo (m)                                  | 0,447  |
| Vazão (m³/s)                                               | 2.1771 |
| Velocidade (m/s)                                           | 1.683  |

O canal trapezoidal é suficiente para escoar com segurança a vazão prevista.

Portanto, todas as estruturas hidráulicas projetadas são capazes de receber e conduzir de forma apropriada as vazões determinadas em projeto.

São Carlos, novembro de 2021

Este é o nosso parecer

---

Eng. Paulo H. Silva Leme

CREA-SP 5061408430

Silva Leme Engenharia