

DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS PARA DRENAGEM URBANA

MEMORIAL DE CÁLCULO DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS

1. Características, dados e critérios de projeto

1.1. INTRODUÇÃO

O presente dimensionamento tem por objetivo apresentar os estudos hidrológicos e o resultado do dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem projetado para parte da Vila São Pedro, na cidade de Espírito Santo do Pinhal - SP.

Os estudos e projetos foram elaborados tendo como subsídio levantamentos topográficos, projetos e Plano Diretor de Macro Drenagem do município, fornecidos pela Prefeitura Municipal e visitas "in loco".

1.2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos para subsidiar a elaboração do projeto executivo do sistema de drenagem foram desenvolvidos baseados no Plano Diretor de Macro Drenagem, e para o dimensionamento das estruturas hidráulicas a serem construídas.

1.3. LOCALIZAÇÃO

As micro bacias hidrográficas contribuintes na área abrangida para o projeto localizam-se no bairro da Vila São Pedro dentro do perímetro Urbano da cidade de Espírito Santo do Pinhal.

Trata-se de bairro antigo sem nenhum sistema de captação de águas pluviais.

O projeto abrange primeiramente as áreas e ruas mais críticas do bairro.

1.4. DADOS HIDROLÓGICOS

Devido às pequenas dimensões das bacias hidrográficas, não foram coletados dados hidrométricos na região, que permitissem a análise estatística das vazões.

Para a avaliação dos índices pluviométricos e das vazões de projeto foram adotados os dados correspondentes à cidade de São José do Rio Pardo, conforme o Plano de Macro Drenagem do município, elaborado em 2010, associados aos métodos indiretos (empíricos).

1.5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA

A bacia apresenta uma ocupação intensa com ruas pavimentadas, residências, terrenos sem cobertura vegetal sendo uma região já bastante ocupada.

Possui alta declividade das ruas e devido à falta de rede de drenagem no bairro, algumas áreas e ruas estão danificadas e problemáticas quando ocorrem chuvas intensas.

Nas áreas críticas a serem implantadas as obras, as ruas já possuem guias e sarjetas e pavimentação.

Para este projeto adotei os seguintes parâmetros:

2. PERÍODO DE RECORRÊNCIA:

25 anos - Para o dimensionamento das obras hidráulicas (galerias) -conforme projeto de Macro Drenagem do município de 2010

3. DADOS DA BACIA:

Área da Bacia 8,38 há

4. MÉTODO PARA CÁLCULO DA VAZÃO CONTRIBUINTE

4.1. MÉTODO RACIONAL

4.1.1. Hipóteses Básicas:

- a . A intensidade de precipitação é constante durante todo o tempo de duração da chuva;
- b . A impermeabilidade das superfícies permanece constante durante todo o tempo de precipitação;
- c . O tempo de duração da chuva é considerado igual ao tempo de concentração;
- d . As velocidades de escoamento nas galerias são as de funcionamento baseadas na seção plena;

4.1.2. Equação Racional:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

C - Coeficiente de escoamento superficial RUNOFF

I - Intensidade da Chuva em mm/min

A - Área da Bacia em hectares (1ha = 10000m²)

Q = Vazão contribuinte

para cálculo da Vazão contribuinte em l/s

$$Q = 166,67 \cdot C \cdot I \cdot A$$

4.1.3. Coeficiente RUNOFF

SUPERFÍCIES	C	Porcent %
Pavimento asfáltico	0,9	20,00
Pavimento broquete	0,7	10,00
Telhados	0,9	30,00
Parques, jardins, gramados	0,2	15,00
Quintais, lotes vagos etc	0,2	25,00
		100,00

Coeficiente médio RUNOFF

$$C = 0,50$$

Adotei a média ponderada para o coeficiente geral na bacia

4.1.4. Tempo de concentração na bacia

Utilizando a fórmula de Kirpich, temos;

$$t_c = 57 \cdot (L^3 / H)^{0,385}, \text{ onde:}$$

t_c = Tempo de concentração da bacia (em minutos)

L = É o comprimento máximo da bacia (em Km)

H = É o desnível máximo da bacia (em metros).

No presente caso temos:

L = 0,820 Km,

H = 60 metros, resultando portanto 9,37 minutos, ou aproximadamente $t_c = 10$ minutos como tempo de concentração da bacia naquele ponto.

4.1.5. Intensidade de Chuva

De acordo com o plano de Macro Drenagem para o município de Esperito Santo do Pinhal a equação de intensidade de chuva é a mesma da cidade de São José do Rio Pardo - SP:

$$i, T = 24,1997 \cdot (t+20)^{-0,8367} + (3,9564 \cdot (t+10)^{-0,7504}) \cdot [-0,4681 - 0,8540 \ln \ln(T/T-1)]$$

i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

TEMPO D DURAÇÃO	PERIODO DE RETORNO	
	25 anos	10 anos
MINUTOS		
10	1,745	2,013
20	1,355	1,553
30	1,118	1,277

Desta forma considerando o tempo de duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia (10 minutos) e período de retorno de 25 anos temos:

tempo de duração 10 minutos e período de retorno de 25 anos	104,70	mm/hora
	1,745	mm/min

5. CALCULO DA VAZÃO

$$Q = (166,67 \cdot C \cdot I \cdot A) \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES TRONCO

5.2.1. Equação da Continuidade

$$Q = A \cdot V$$

Q = Vazão

V = Velocidade de escoamento

5.2.2. Fórmula de Chézy

$$V = C \cdot (Rh \cdot D)^{0,5}$$

C = Coeficiente dimensional (usar manning)

D = Declividade longitudinal m/m

Rh = Raio Hidráulico

V = Velocidade de escoamento em m/s

$$Rh = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro Molhado}}$$

5.2.3. Equação de Manning - Strickler

$$C = (Rh)^{1/6} / n$$

C = Coeficiente dimensional em função da rugosidade das paredes e das características da seção em função do Raio hidráulico

n = Coeficiente de Manning utilizei **n = 0,015** p/ concreto áspero

Rh = Raio Hidráulico (m)

$$V = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot D^{0,5}$$

Rh = Raio Hidráulico (m)

n = Coeficiente de Manning

D = Declividade longitudinal m/m

5.2.4. Equação da Continuidade + Lei de Chézy + Equação de Manning - Strickler

$$Q = \frac{Am \cdot Rh^{2/3} \cdot D^{0,5}}{n}$$

Rh = Raio Hidráulico (m)

n = Coeficiente de Manning

D = Declividade longitudinal m/m

Am = Área molhada (m²)

Q = Capacidade de Vazão (m³/s)

5.2.5. VELOCIDADE MÁXIMA E MÍNIMA

MÁXIMA	5 m/s
MÍNIMA	0,03 m/s

5.2.6. CÁLCULO DA VELOCIDADE

$$V = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{0,5}$$

V = Velocidade

n = Coeficiente de Manning

Rh = Raio Hidráulico

I = Declividade do trecho

6. DIMENSIONAMENTO

6.1. DIMENSIONAMENTO A SEÇÃO PLENA

6.1.1. ÁREA DA TUBULAÇÃO (SEÇÃO PLENA)

$A_m = \pi \cdot D^2/4$	$A_m = \pi \cdot R^2$
-------------------------	-----------------------

6.1.2. PERÍMETRO MOLHADO (SEÇÃO PLENA)

$P_m = \pi \cdot D$	$P_m = 2 \cdot \pi \cdot R$
---------------------	-----------------------------

6.1.3. RAO HIDRÁULICO (SEÇÃO PLENA)

$R_h = A_m/P_m$

6.1.4. Coeficiente de manning $n=$ 0,015

6.2 CAIXAS COLETORAS (BOCAS DE LOBO)

As caixas coletoras projetadas comportam uma vazão máxima de:

C. Coletora Simples	CCS	0,08 m3/s
C. Coletora Dupla	CCD	0,16 m3/s

6. DIMENSIONAMENTO

6.1. Tabela de áreas e vazões contribuintes

BACIA	ÁREA CONTRIB. (ha)	INTENSID DAS CHUVAS mm/hora	COEFIC. RUN-OFF	VAZÃO CONTRIB. MONTANTE (m³/s)	CAIXAS COLETORAS A MONTANTE
1	5,01	104,72	0,60	0,87	1 CCS + 5 CCD
2	0,23	104,72	0,60	0,04	1 CCS
3	2,71	104,72	0,60	0,47	3 CCD
4	0,21	104,72	0,60	0,04	1 CCS
5	0,51	104,72	0,60	0,09	2 CCS
6	0,31	104,72	0,60	0,05	1 CCS
7	0,29	104,72	0,60	0,05	1 CCS

RECH	RUA	PVs	BACIAS CONTRIB.	VAZÃO CONTRIB. (m³/s)
1	RUA HÉLIO EVANGELISTA	PV1	1	0,87
2	RUA FRANCISCO ALVES	PV2	1+2	0,91
3	RUA LALI R SERTÓRIO	PV3	3	0,47
4	RUA JOÃO A. ULIANI	PV4	1 a 4	1,42
5	RUA JOÃO A. ULIANI	PV5	1 a 5	1,51
6	RUA JOÃO A. ULIANI	PV6	1 a 6	1,57
7	RUA JOÃO A. ULIANI	PV7	1 a 7	1,62

6.3. CÁLCULO CONSIDERANDO SEÇÃO PLENA

Para o cálculo do diâmetro considerando a seção plena da tubulação, iremos calcular segundo a equação acima, utilizando o valor do coeficiente $k'=0,312$. Assim, temos:

TRECHO	PVs	VAZÃO CONTRIB. MONTANTE (m3/s)	COTA TERRENO MONTANTE	COTA COLETOR MONTANTE	PROFUND PV MONTANTE	COTA TERRENO JUZANTE	COTA COLETOR JUZANTE	DESNIVEL DO COLETOR	COMPRIMENTO (m)	DECLIVIDADE (m/m)	DIAMETRO TUBO (cm)
1	PV1-PV2	0,87	863,00	861,50	1,50	861,00	859,50	2,00	30,00	0,067	0,51
2	PV2-PV4	0,91	861,00	859,50	1,50	861,00	858,80	0,70	35,00	0,020	0,64
3	PV3-PV4	0,47	863,00	861,50	1,50	861,00	858,80	2,70	18,00	0,150	0,34
4	PV4-PV5	1,42	861,00	858,80	2,20	853,00	851,50	7,30	90,00	0,081	0,59
5	PV5-PV6	1,51	853,00	851,50	1,50	849,00	847,50	4,00	42,00	0,095	60
6	PV6-PV7	1,57	849,00	847,50	1,50	845,00	843,50	4,00	75,00	0,053	80

TRECHO	PVs	O TUBO ADOTAD	VELOCIDADE (m/s)	VERIFIC AÇÃO
1	PV1-PV2	60	4,861323	OK
2	PV2-PV4	80	3,225578	OK
3	PV3-PV4	40	5,564825	OK
4	PV4-PV5	40	4,092099	OK
5	PV5-PV6	60	5,810392	OK
6	PV6-PV7	80	5,267347	OK

6.4. CÁLCULO CONSIDERANDO SEÇÃO PARCIAL

Para o cálculo das velocidades na tubulação para seção parcial, temos que encontrar a área molhada da da tubulação. Para isso, iremos calcular o ângulo interno TETA de acordo com a seguinte fórmula e com algumas relações geométricas da seção circular:

$$TETA = \text{seno } TETA + 2^{2/3} (n Q / (S^{1/2}))^{0,76} D^{-1,76} TETA^{0,74}$$

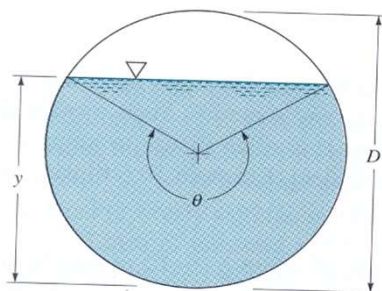


Figura 1: Imagem ilustrativa da tubulação e seus fatores geométricos.

Como se pode ver, a equação acima está na formula implícita, sendo impossível de se separar o ângulo central. Para solução, iremos utilizar o método de tentativa e erro.

Após o cálculo de TETA, acharemos a área molhada da tubulação (m) por:

$$Am = D^2 (TETA - \text{seno } TETA) / 8$$

Coeficiente de manning a ser utilizado:

n= 0,015

Para o cálculo das seções utilizadas e das velocidades na galeria, iremos utilizar a relação entre $y/D=0,81$, que será a maior velocidade atingida dentro da tubulação.

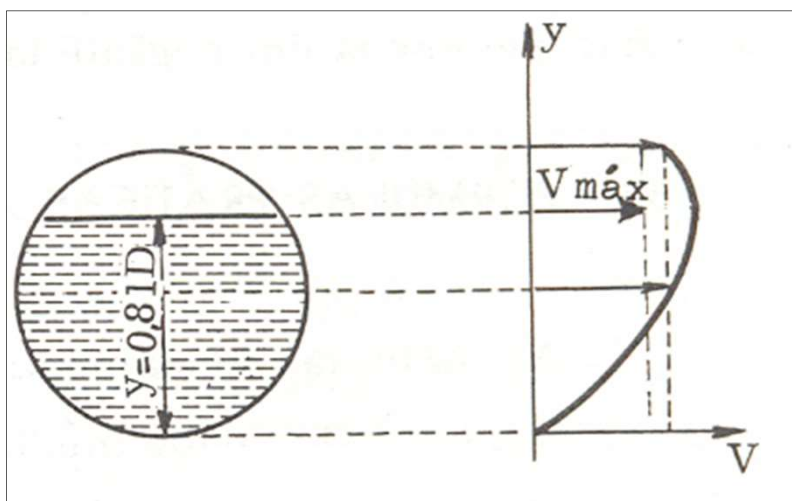


Figura 2: Ilustração da seção da tubulação e gráfico de velocidade aproximada do escoamento.

TRECHO	PVs	DIÂMETRO DO TUBO (cm)	DECLIVIDADE	ÁREA MOLHADA (m ²)	PERÍMETRO MOLHADO (m)	RAIO HIDRÁULICO (m)	VAZÃO A SEÇÃO PLENA (m ³ /s)	VAZÃO CONTRIB. MONTANTE (m ³ /s)	FATOR DE SEGURANÇA	VELOCIDADE m/s
1	PV1-PV2	60	0,067	0,2827	1,8850	0,150	1,374	0,87	1,579	3,08
2	PV2-PV4	80	0,020	0,5027	2,5133	0,200	1,621	0,91	1,781	1,81
3	PV3-PV4	60	0,150	0,2827	1,8850	0,150	2,061	0,47	4,385	1,66
4	PV4-PV5	60	0,081	0,2827	1,8850	0,150	1,516	1,42	1,067	5,02
5	PV5-PV6	60	0,095	0,2827	1,8850	0,150	1,642	1,51	1,088	5,34
6	PV6-PV7	80	0,053	0,5027	2,5133	0,200	2,647	1,57	1,686	3,12

6.1.6. VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO E DA VELOCIDADE MÁXIMA

Verifica-se o dimensionamento da rede está a favor da segurança, porem com velocidade acima de 4 m/s.

Como a intensidade da chuva é intensa para uma pouca duração (10 minutos) é perfeitamente admissível o presente dimensionamento da rede, acompanhando as inclinações do terreno que possui grande declividade.

Para melhor análise farei uma conferencia e comparação com as mesmas tubulações e declividades anteriores porem para uma chuva com duração de 30 minutos e período de retorno de 25 anos (conforme Plano de Macro Drenagem do Município elaborado em 2010)

6.2. DIMENSIONAMENTO A SEÇÃO PLENA

TRECHO	PVs	DIÂMETRO DO TUBO (cm)	DECLIVIDADE	ÁREA MOLHADA (m ²)	PERÍMETRO MOLHADO (m)	RAIO HIDRÁULICO (m)	VAZÃO A SEÇÃO PLENA (m ³ /s)	VAZÃO CONTRIB. MONTANTE (m ³ /s)	FATOR DE SEGURANÇA	VELOCIDADE A 0,75 DA SEÇÃO PLENA m/s
1	PV1-PV2	60	0,067	0,2827	1,8850	0,150	1,374	0,870	1,579	4,859
2	PV2-PV4	80	0,020	0,5027	2,5133	0,200	1,621	0,910	1,781	3,224
3	PV3-PV4	60	0,083	0,2827	1,8850	0,150	1,533	0,470	3,262	5,422
4	PV4-PV5	60	0,081	0,2827	1,8850	0,150	1,516	1,420	1,067	5,360
5	PV5-PV6	60	0,090	0,2827	1,8850	0,150	1,596	1,510	1,057	5,646
6	PV6-PV7	80	0,053	0,5027	2,5133	0,200	2,647	1,570	1,686	5,265

6.2.1. VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO E DA VELOCIDADE MÁXIMA

Verifica-se que o dimensionamento da rede está a favor da segurança, e com velocidades compatíveis.

Como intensidade da chuva é intensa para pouca duração (10 minutos) é perfeitamente admissível o presente.

7. **CONCLUSÃO**

Devido a alta declividade dos trechos na bacia de contribuição e em se tratando de área já urbanizada, optei por acompanhar a declividade das ruas na implantação da rede, ao invés de projetar os trechos em "degraus" junto aos poços de visitas, que aumentaria muito a profundidade dos PVs, Verifica-se nas planilhas que o dimensionamento das tubulações atendem a demanda requerida, quer para uma chuva de 10 minutos e ou de 30 minutos de duração e período de retorno de 25 anos. As ligações das caixas de coleta das águas pluviais (bocas de lobo) serão executadas com tubos de 40 cm de diâmetro, conforme indicado em planta. Verifica-se ainda que no trecho da obra a execução das galerias são de suma importância para a regularização e segurança do escoamento das águas pluviais até o corpo d'água (córrego).

Espírito Santo do Pinhal, 25 de maio de 2023.

RICARDO FENÓLIO
Engenheiro Ambiental
CREA 5062664550/D-SP