

## MEMORIAL DE CALCULO (REDE DE DRENAGEM)

Requerente:  
PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO  
CNPJ: 46.634.077./0001-14

Localização: “Estrada Municipal Juvenal Moreira de Lara”  
Municipal: Capela do Alto – SP

Micro Bacia Hidrográfica: Médio Tietê Superior  
Sorocaba Médio Tietê - UGRHI 10

Responsável Técnico:  
Eng. Luis Caetano da Silva Schincariol  
Crea: 5060730906

JUNHO / 2021  
CAPELA DO ALTO - SP

## 1. Introdução

Objetivo:

O presente projeto refere-se às instalações de um sistema de drenagem na Estrada Municipal Juvenal Moreira de Lara, e compreende o escoamento superficial, captação, encaminhamento e lançamento das águas superficiais. Além disso, será projetado uma travessia.

Localização:

O referido empreendimento está localizado no Município de Capela do Alto, Estado de São Paulo.

Topografia:

O projeto de Drenagem foi desenvolvido sobre a fotografia aérea, carta do IGC e levantamento, na escala 1:1.000.

Classificação:

O referido foi projetado para captação da água escoada pelas microbacias locais. A área total de escoamento tem 12,64 ha.

Área a ser atendida:

O projeto da rede de drenagem abrange as áreas citadas em planta. Devido às características topográficas do terreno, será previsto o escoamento superficial as águas pluviais coletadas e serão encaminhadas por uma rede de galerias até 2 pontos de lançamento. Citados no projeto de Rede de Drenagem.

Área de drenagem de 12,64 ha.

Critério do projeto:

A coleta, afastamento e lançamento das águas pluviais da área em estudo serão feitos levando-se em conta: a topografia da área; o tipo de urbanização das ruas a implantar; a proteção aos pavimentos; a redução do alagamento; a eliminação de ponto baixo de acumulação de água; a diminuição de inundações.

A filosofia do sistema pluvial é exatamente oposta à filosofia da rede de esgoto. Assim, a rede pluvial só deverá existir em locais indispensáveis, devendo ser a menor possível. Também deverá captar parte das águas de chuva e a dispor o mais próximo possível, sem preocupação de ordem sanitária, só com preocupações hidráulicas.

## 2. Dispositivos

O sistema de drenagem, ou de microdrenagem de águas pluviais será composto dos seguintes dispositivos:

**Sarjetas:** Canais longitudinais, triangulares, situados entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta.

**Pavimentação:** como o local referido é uma estrada rural, a pavimentação será feita com uma sub-base de brita granulada e superficialmente uma camada de concreto betuminoso usinado quente.

**Bocas de Lobo (BL):** Também denominadas de bocas coletoras, são estruturas destinadas à captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas.

**Ligações Boca-Boca:** Tubo de ligação ou tubo conector que conduz a água captada em bocas de lobo até outras bocas de lobo, evitando a utilização de poços visitáveis, simplificando a obra e reduzindo os custos de implantação. Terão diâmetro mínimo de 600mm e declividade mínima de 1%.

**Galerias Coletoras:** São condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento; tecnicamente denominada de galerias.

**Muro de ala:** Estrutura cuja função é o lançamento das águas, no final dessa estrutura há um trecho enrocamento, onde ocorre a dissipação da energia da água coletada para o lançamento.

Dreno: será implantando dreno para prever a proteção da base do pavimento, aumentando assim a vida útil da estrutural. a água coletada será lançada em caixas de passagens que serão interligadas na rede.

### **3. Cálculo da Vazão de Cheia**

#### **3.1. Metodologia de Cálculo**

As águas de drenagem superficial são fundamentalmente originárias de precipitações pluviométricas, cujos possíveis transtornos que seriam provocados pelos escoamentos, devem ser neutralizados pelos sistemas de drenagem pluviais.

Na drenagem urbana, os dados históricos de vazões a serem utilizados no projeto de um determinado dispositivo, em geral, não são disponíveis e, ainda que disponíveis, são de pouca utilidade, visto que a ocupação de uma bacia hidrográfica é dinâmica, o que modifica significativamente o escoamento superficial ao longo do tempo.

As chuvas, por outro lado, são mais facilmente obtidas e o efeito da urbanização nas suas características são secundários; consistem, portanto, até certo ponto, em séries estacionárias, sendo, mais apropriadas para a utilização na drenagem urbana. Emprega-se deste modo, metodologias de transformação de chuva em vazão.

#### **3.2. Método de Cálculo das Vazões**

Utilizaremos o Método Racional para cálculo das vazões de chuva que correrão pelas ruas.

O Método Racional traz resultados bastante aceitáveis para o estudo de pequenas bacias (áreas com até 100 hectares), de conformação comum, tendo em vista a sua simplicidade de operação bem como da inexistência de um método de melhor confiabilidade para situações desta natureza.

Menores erros funcionais advirão da maior acuidade na determinação dos coeficientes de escoamento superficial e dos demais parâmetros necessários para determinação das vazões que influirão diretamente nas dimensões das obras do sistema a ser implantado.

O Método Racional relaciona evidentemente a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc., sendo a vazão de dimensionamento calculada pela seguinte expressão:

$$Q = C . I . Ad$$

Onde:

- $Q = \text{Vazão de cheia} \left[ \frac{m^3}{s} \right];$
- $C = \text{Coeficiente de escoamento superficial};$
- $I = \text{Intensidade da precipitação} \left[ \frac{mm}{h} \rightarrow \frac{m}{s} \right];$
- $Ad = \text{Área de drenagem da bacia} [ha \rightarrow m^2].$

#### COEFICIENTE DE RUNOFF (DEFLÚVIO):

O coeficiente C é função da permeabilidade do solo, da declividade do terreno, do uso da terra, revestimento vegetal e urbanização da bacia. Dessa forma, será adotado o coeficiente  $C = 0,30$

O valor do coeficiente foi definido seguindo a seguinte fonte: AZEVEDO, N e MIGUEL, F. MANUAL DE HIDRÁULICA. 9º Edição

### 3.3. Tempo de Retorno

O tempo de recorrência (T), é o tempo, em anos, que uma chuva de determinada intensidade tem probabilidade de ocorrer pelo menos uma vez.

Refere-se ao intervalo de tempo onde determinada chuva de projeto é igualada ou suplantada estatisticamente; também conhecido como período de

recorrência ou de retorno. Para obras de micro drenagem varia de 2 a 10 anos. Adotaremos o retorno de 25 anos para sarjetas e 25 anos para as galerias.

### 3.4. Tempo de Concentração

O tempo de concentração (TC), é o tempo em min, é definido como o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial num determinado ponto de controle.

Refere-se ao menor tempo necessário para que toda a bacia de drenagem possa contribuir para a seção em estudo, durante uma precipitação torrencial. Adotamos  $T_c = 10$  minutos.

### 3.5. Intensidade da Chuva de Projeto

De acordo com o manual de equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo, utilizou-se a equação de chuva intensa do município mais próximo de Capela do Alto, ou seja, o município de Tatuí, com período de retorno de 500 anos.

Segue abaixo a equação:

$$I = \left\{ 19,25 \cdot (T_c + 20)^{-0,7872} + 5,511 \cdot (T_c + 20)^{-0,7609} \cdot \left[ -0,4766 - 0,8977 \cdot \ln \cdot \ln \cdot \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \cdot 60 \text{ [mm/h]}$$

Sendo:

- $T_c =$  Tempo de concentração [10 min];
- $T =$  Período de retorno [25 anos].

Uso	$I_{500}$ [mm/h]
I	141,00

### 3.6. Boca de Lobo

Por segurança consideraremos para cálculo da capacidade de vazão da boca-de-lobo, seu funcionamento como vertedor. Onde a lâmina d'água  $Y$  é mais baixa que a altura  $h$  da abertura sob a guia. Dessa forma a capacidade de engolimento pode ser calculada como um vertedor de parede espessa.

Conforme pode ser constatado no desenho anexo, a abertura sob a guia tem 1,00 m de largura e altura de 0,15m. Para cálculo como vertedor, que vem a ser a situação mais desfavorável quanto à capacidade de vazão consideramos a altura da lâmina d'água  $h = 0,13$  m.

Assim, utilizando-se a equação de vazão para vertedores de parede espessa:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2g}{3}} \cdot L \cdot H^{\frac{2}{3}}$$

Onde:

- $Q =$  Vazão de cheia  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$ ;
- $g =$  força da gravidade  $\left[9,81 \frac{m}{s^2}\right]$ ;
- $L =$  Intensidade da precipitação  $\left[\frac{mm}{h}\right]$ ;
- $H =$  Área de drenagem da bacia  $[Km^2]$ .

Uso	Q [l/s]
Boca Lobo simples	50
Boca de Leão	180

### 3.7. Dimensionamento das Tubulações dos Ramais e Galerias

Para prevenir entupimentos com detritos, serão utilizados tubos de concreto simples com declividade mínima de 1 % e de diâmetro mínimo de 0,60 m. A fixação desse diâmetro cria uma capacidade de esgotamento bem superior à capacidade de engolimento da boca de lobo, mas facilita sua limpeza e manutenção.

Utilizaremos a fórmula de Manning para a determinação da vazão máxima (Q):

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

Onde:

- $Q = \text{Vazão de cheia} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$  (para  $T = 500 \text{ anos}$ );
- $n = \text{Coeficiente de rugosidade} [0,015 \text{ Adimensional}]$ ;
- $Am = \text{Área molhada} [m^2]$ ;
- $Rh = \text{Raio Hidraulico} [m]$ ;
- $I = \text{Inclinação} \left[ 0,006 \frac{m}{m} \right]$ .

O cálculo da velocidade foi realizado através da equação da continuidade:

$$V = \frac{Q_p}{Am}$$

- $Q = \text{Vazão de cheia} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$ ;
- $V = \text{Velocidade} \left[ \frac{m}{s} \right]$ ;
- $Am = \text{Área molhada} [m^2]$ ;

Obs: Ver planilha de dimensionamento. Método de CHÉZY considerando  $\frac{3}{4}$  de seção de escoamento. AZEVEDO, N e MIGUEL, F. MANUAL DE HIDRÁULICA. 9ª Edição, CAP. B-1.3 “galerias”.

O diâmetro mínimo será  $\varnothing$  0,60m, executado em tubulação de concreto armado, com os mesmos procedimentos construtivos do condutor principal.

As tubulações serão executadas com cobertura mínima de 1,00m nos leitos de ruas. Nos trechos de ruas onde será executada rede coletora de esgotos sanitários, está previsto o assentamento das galerias a uma profundidade de 2,50 metros nos trechos que terão rede coletora de esgotos sanitários, visto que a tubulação dos ramais da rede coletora será assentada a profundidade de 1,20 metros, criando um espaço suficiente para a implantação das duas tubulações sem problemas de cruzamento das mesmas.

A capacidade de vazão das tubulações será calculada pela equação de Manning.

Para o dimensionamento das galerias serão adotados os mesmos parâmetros utilizados para cálculo das Sarjetas.

O cálculo da Galeria levará em conta os seguintes parâmetros: Para a canalização principal, os critérios de dimensionamento são: para seções circulares, admitiremos que eles possam trabalhar até a seção plena;

- O diâmetro mínimo da canalização principal será de 0,60 m;
- O recobrimento mínimo será de 0,5 m e máximo de 3,50 m;
- Os tubos serão de concreto simples PS-1;
- As velocidades ideais de escoamento serão: mínima 0,60 m/s e máxima de 6,00 m/s;

o cálculo hidráulico de galerias se fará no regime uniforme, ou seja, admite-se que de cada trecho de galeria não haverá variação de velocidades de

escoamento e de lâmina de água no tempo, enquanto este trecho funcionar com a vazão de projeto.

Como todas as bacias que contribuem para as sarjetas têm características de impermeabilização semelhantes será utilizado o mesmo coeficiente de infiltração C.

Tabela de Verificação do Escoamento Superficial									
Trecho	Comp.	Decl.	Área	Vazão Pluvial	H Lam. Sarjeta	Capacidade da Sarjeta	Velocidade	N° de Boca de Lobo	Vazão Engolida
-	( m )	( m / m )	( Ha )	( m³/s )	( m )	( m³/s )	( m/s )	( UNID )	( m³/s )
AD 1	368,85	0,075	6,16	0,7237	0,12	0,6583	2,7428	5,0000	0,9000
AD 2	305,06	0,098	6,48	0,7613	0,12	0,7525	3,1352	5,0000	0,9000

Dimensionamento Hidráulico															
Trecho	Comp.	Cota do Terreno	Cota do Coletor	Prof. do Col	Área	Decliv	Coef Maning	Vazão	Diam.	H. Lam.	A.M.	P.M.	R.H.	VAZÃO	Vel.
		Mont	Mont	Mont											
		Jus	Jus	Jus											
-	( m )	( m )	( m )	( m )	( ha )	( m / m )	-	( m³/s )	( m )	( m )	( m² )	( m )	( m )	( m³/s )	( m/s )
01-02	40,23	557,29	554,79	2,50	6,48	0,103	0,015	0,761	0,60	0,28	0,13	0,90	0,14	0,761	5,86
		552,15	550,65	1,50											
02-03	40,23	552,15	549,15	3,00	6,48	0,100	0,015	0,761	0,60	0,28	0,13	0,91	0,14	0,761	5,81
		546,61	545,11	1,50											
03-04	62,31	546,61	543,11	3,50	6,48	0,053	0,015	0,761	0,60	0,34	0,17	1,04	0,16	0,761	4,58
		542,49	539,79	2,70											
04-ALA1	11,04	542,49	539,79	2,70	6,48	0,007	0,015	0,761	0,80	0,55	0,22	1,18	0,19	0,761	2,06
		539,72	539,72	0,00											
07-06	79,61	554,56	553,06	1,50	6,16	0,081	0,015	0,724	0,60	0,29	0,14	0,93	0,15	0,724	5,30
		548,09	546,59	1,50											
06-05	72,60	548,09	544,59	3,50	6,16	0,051	0,015	0,724	0,60	0,34	0,16	1,01	0,16	0,724	4,45
		542,88	540,88	2,00											
05-ALA2	31,91	542,88	540,88	2,00	6,16	0,005	0,015	0,724	0,80	0,59	0,40	1,66	0,24	0,723	1,81
		540,72	540,72	0,00											

obs.: as capitações serão distribuídas ao longo do trecho de forma que a vazão de escoamento superficial não ultrapasse a capacidade da sarjeta.

#### 4. Estrutura de dissipação de energia (enrocamento):

A jusante do muro de ala será construída estruturas de enrocamento, de modo a compatibilizar a passagem da vazão de cheia para as respectivas seções naturais dos cursos d'água. Os cálculos foram realizados com base na equação de Izbash.

Os cálculos foram realizados com base na equação de Izbash.

O cálculo da espessura do enrocamento:

$$D_{50} = \frac{V_{(3)}^2}{2 \times g \times C_{IZ}^2} \times \frac{Y_{ag}}{Y_{roc} - Y_{ag}}$$

Onde:

- $V = \text{Velocidade} \left[ \frac{m}{s} \right]$  ;
- $C_{IZ} = \text{Coeficiente de Izbash} [0,9 \text{ Adimensional}]$ ;
- $g = \text{força da gravidade} \left[ 9,81 \frac{m}{s^2} \right]$ ;
- $Y_{ag} = \text{densidade da água} \left[ 1,00 \frac{g}{cm^3} \right]$ ;
- $Y_{roc} = \text{densidade rocha} \left[ 2,60 \frac{g}{cm^3} \right]$ .

O cálculo do comprimento do enrocamento:

$$Fr_{(yn)} = \frac{V_{(yn)}}{(g \times Y_n)^{0,5}}$$

$$C = 4,5 \times Fr_{(yn)} \times Y_n$$

Onde:

- $V = \text{Velocidade} \left[ \frac{m}{s} \right]$  ;
- $Fr_{(yn)} = \text{regime de escoamento} [ \text{Adimensional} ]$ ;

- $g = \text{força da gravidade} \left[ 9,81 \frac{m}{s^2} \right];$
- $Y_n = \text{nível normal da água} [m];$

$Fr < 1$  : regime lento / fluvial

$Fr = 1$  : regime crítico - não ocorre ressalto hidráulico

$Fr > 1$  : regime rápido / torrencial

$1 < Fr < 1,7$  : esc. mont. ligeiramente abaixo da alt. crítica - tênue perturbação

$1,7 < Fr < 1,9$  : fase de pré ressalto hidr. Baixa taxa de dissip. Prever bacia com compr. pequena

$1,9 < Fr < 2,5$  : necessidade de bacia de dissip. por enrocamento

$Fr > 2,5$  : verificar/estudar qual o melhor tipo de bacia corresp. ao nº de Fr.

Uso	V [m/s]	Yn [m]	D50 [m]	FR	C. [m]	Regime Esc.
ALA 1	2,06	0,55	0,10	0,88	<b>2,50</b>	<b>FLUVIAL</b>
ALA 2	1,81	0,59	0,10	0,75	<b>2,50</b>	<b>FLUVIAL</b>

Obs.: Devido ao presente regime de escoamento não será necessária a implantação de uma estrutura de dissipação.

## 5. Memória de cálculo do orçamento

### ITEM 1.1

Placa de identificação para obra: altura 3,00 m largura 6,00 m com adição de complemento de placa com altura de 3,00m e largura de 2,00m (conforme manual de identificação visual do Estado de SP). TOTAL: 24,00 m<sup>2</sup>.

### ITENS 2.1 e 2.3:

Item calculado em função do metro quadrado das instalações.

### ITEM 3.1

Locação da rede de canalização: item definido em planta, é o comprimento linear de locação das aduelas.

### ITEM 3.2

Escavação mecanizada de valas ou cavas com profundidade de até 2 m: item definido pela multiplicação da metragem da travessia (18,50 m), pela largura (9,6 m) e pela profundidade das valas (1,00 m), ambos citados em planta. TOTAL: 117,60 m<sup>3</sup>.

### ITENS 3.3 e 3.4

Lastro de rachão e Lastro de concreto magro: considera-se metragem da travessia (18,50 m) e largura (9,60 m), multiplicados pela camada de lastro de rachão (0,30 m) e multiplicados pela camada de lastro de concreto (0,10 m).

### ITEM 3.5

Aterro mecanizado de vala: considera-se a metragem da travessia (18,50 m) e largura (9,60 m) descontando o volume dos lastros e das aduelas da travessia. TOTAL: 53,28 m<sup>3</sup>.

### ITEM 3.6

Corpo BSCC seção 2,0 x 2,0m seção fechada: Somatório de 4 linhas de aduela (bueiro simples de concreto) de 18,50m. TOTAL: 74,00m.

#### ITEM 3.7

Enrocamento com gabião: considera-se metragem da estrutura (2,50 m) e largura (2,50 m), multiplicados pela camada (0,25 m). TOTAL: 3,13 m<sup>3</sup> .

#### ITEM 3.8

As quantidades foram calculadas, seguindo a planta detalhada do muro de ala.

#### ITEM 3.9

Escavação em bota-fora: foi considerado o volume de aterro apresentado no projeto geométrico da via. TOTAL: 2239,68 m<sup>3</sup>.

#### ITENS 3.10 a 3.12

Carga, transporte e compactação: foi considerado o volume de aterro apresentado no projeto geométrico da via. TOTAL: 2239,68 m<sup>3</sup>.

#### ITENS 4.0

As quantidades foram calculadas, seguindo a planta detalhada do muro de ala.

#### ITEM 5.1

Execução do passeio: foi considerada uma largura de 1,20m ao longo da área de passeio a ser alteada. TOTAL: 11,52 m<sup>3</sup>.

#### ITEM 5.2 e 5.3

Transporte solo e materiais por caminhão: é a soma de BGS e Material asfáltico a ser transportado da usina até o local da obra (37km).

#### ITEM 5.4

Abertura de caixa até 25cm: foi considerada a área a receber novo pavimento (1924,50m<sup>2</sup>).

#### ITEM 5.5 e 5.7

Execução da pintura de imprimação e ligação: foi considerada a área de pavimentação (2618,22 m<sup>2</sup>).

#### ITEM 5.6

Execução da base e ou sub base (Brita graduada simples): foi considerada uma camada de 20 cm ao longo da área de que receberá pavimento novo (1924,50 m<sup>2</sup>). TOTAL: 384,90 m<sup>3</sup>.

#### ITEM 5.8

Concreto asfáltico: foi considerada uma camada de 4 cm ao longo de área de pavimentação nova (1924,50 m<sup>2</sup>) e 3cm nas áreas de recapeamento. TOTAL: 97,79 m<sup>3</sup>.

#### ITEM 5.9

Demolição de pavimento existente: considerada a demolição do pavimento sobre a travessia e o pavimento a ser refeito. TOTAL: 2.072,50m<sup>2</sup>

#### ITEM 5.10 a 5.12

Considerado um dreno de pavimentação de 40x40cm nos locais apontados em projeto (245,86m) com manta geotêxtil, brita e tubo perfurado.

#### ITEM 6.1

Locação da rede de canalização: item definido em planta, é a somatória dos comprimentos da rede de drenagem. TOTAL: 384,73m.

#### ITEM 6.2

Escavação mecanizada de valas ou cavas com altura até 3,00m: item definido pela multiplicação da metragem da rede de canalização (384,73m), pela

largura (1,5m) e pela profundidade das valas (3,00m), ambos citados em planta.  
TOTAL: 1.731,29m<sup>3</sup>.

#### ITEM 6.3

Transporte de solo por caminhão até o 2º km, o item considera que o volume de escavação será diferente do aterro pois nesse espaço será inserida a tubulação e o lastro de brita. Sendo assim, serão considerados metragem da rede de canalização (384,73m) e largura (1,5m) multiplicadas pelas camadas que não serão reutilizadas (1,00m).

#### ITEM 6.4

Reaterro compactado mecanizado: considera-se a metragem da rede de canalização (384,73m) e largura (1,50m), multiplicados pela camada que será reaterrada (1,00m descontando os tubos). TOTAL: 577,10m<sup>3</sup>.

#### ITEM 6.5

Escoramento contínuo das valas: considera o escoramento da vala com altura média em 2,00m em ambos lados por uma distância 384,73m. TOTAL: 1.538,92m<sup>2</sup>.

#### ITEM 6.6

Preparo do fundo da vala: considera-se metragem da rede de canalização (384,73m) e largura (1,50 m), multiplicados pela camada de lastro de pedra britada (0,10 m). TOTAL: 57,71 m<sup>3</sup>.

#### ITENS 6.7 a 6.8

Nesses itens é feita apenas a somatória das quantidades ou metragens citadas em planta.

#### ITENS 6.9

No local se encontram duas bocas de lobo duplas que serão reformadas.

#### ITENS 6.10 a 6.14

Nesse item é feita apenas a somatória das unidades citadas em planta.

## ITEM 7.0

As quantidades foram calculadas, seguindo a planta detalhada do muro de ala.

## 6. Assinaturas



---

**Proprietário**  
**Prefeitura Municipal de Capela do**  
**Alto – Péricles Gonçalves**  
CNPJ Nº: 46.634.077.0001/14



---

**Responsável Técnico**  
**Luis Caetano da Silva Schincariol**  
Engº Civil CREA Nº: 5060730906  
ART Nº: 28027230191421196