



Responsabilidade

Financiamento

Elaboração



**CONTRATO Nº. 093/2021**

**ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE  
DRENAGEM URBANA PARA O MUNICÍPIO DE  
MAIRIPORÃ**

**R9: MANUAL DE DRENAGEM URBANA  
MAIO/2023**

00	22/05/23	Emissão inicial	Tamires Frauche	Ana Pontes	Ana Lima
<b>REVISÃO</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>EMISSÃO</b>	<b>VERIFICAÇÃO</b>	<b>APROVAÇÃO</b>

**PREFEITURA MUNICIPAL DE MAIRIPORÃ**

**PREFEITO**

Walid Ali Hamid

**VICE-PREFEITO**

Wilson Rogério Rondina

**SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E PLANEJAMENTO**

Marcus Ivonica

**COORDENAÇÃO DOS TRABALHOS**

Arq. Ana Lúcia Gonçalves de Moraes e Paiva

**EQUIPE**

Engenheiro Sênior – Andrei Fabiano da Cruz Almeida

CREA nº: 5060913502 – SP

Cargo: Assessor Institucional – Função: Engenheiro Civil

Arquiteta Sênior - Christiane Borba Perrucci

CAU nº: A40393-8

Cargo: Secretária Adjunta - Função: Arquiteta e Urbanista;

Arquiteta Sênior - Ana Lúcia Gonçalves de Moraes e Paiva

CAU nº: A104370-6

Cargo: Chefe de Divisão - Função: Arquiteta e Urbanista (Responsável Técnica);

Arquiteta Plena - Amabile dos Santos Bernardini Bueno

CAU nº: A126105-3

Cargo: Chefe de Gabinete – Função: Arquiteta e Urbanista;

Engenheiro Pleno - Rodrigo Silva de Souza  
CREA nº: 5069648723  
Cargo: Assessor Institucional – Função: Engenheiro Civil

Arquiteta Júnior – Manoela Linhares Souza  
CAU nº: A248259-2  
Cargo: Arquiteta – Função: Arquiteta e Urbanista;

Engenheira Civil - Kézya de Sousa Gomes  
CREA nº: 5069846797/SP  
Cargo: Fiscal de Obras – Função: Engenheira Civil

### EQUIPE TÉCNICA DE ELABORAÇÃO DO PROJETO

NOME/TIPO DE PROFISSIONAL	ATIVIDADE/FUNÇÃO	NÍVEL DE ATUAÇÃO	FORMAÇÃO	Nº CONSELHO
Kenhiti Siculo	Responsável técnico/ Coordenador	Coordenação e Execução	Eng. <sup>a</sup> Civil	CREA: 0600428215
Ana Flávia Pontes	Engenheiro Projetista Hidráulico	Execução	Eng. <sup>a</sup> Civil e Doutora em Hidráulica e Saneamento	CREA: 0420234-SP
Ana Beatriz Barbosa Vinci Lima	Engenheiro Projetista Hidráulico	Execução	Eng. <sup>a</sup> Civil e Mestre em Hidráulica e Saneamento	CREA: 0420234-SP
Tamires Frauche	Engenheiro Projetista Hidráulico	Execução	Eng. <sup>a</sup> Civil	CREA: 5069941152
Cintia Harumi Siculo	Engenheira Civil	Coordenação	Eng <sup>o</sup> Civil	CREA: 5061006491

## APRESENTAÇÃO

O presente documento é previsto no contrato nº 093/2021, *Elaboração do o Plano Diretor de Drenagem Urbana para o Município de Mairiporã*, firmado com a Prefeitura Municipal de Mairiporã, a ser desenvolvido pela RGSE Engenharia e Projetos Ltda.

As atividades previstas foram divididas em 12 (doze) produtos:

Código	Relatório
PTC	Plano de Trabalho Consolidado.
R 1	Dados e Informações Coletadas e Definição da Base Cartográfica.
R 2	Formulação de Cenários, Diagnóstico e Prognóstico das Inundações
R 3	Estudo de Alternativas e Medidas de Controle Estruturais
R 4	Medidas de Controle Não-Estruturais.
R 5	Levantamentos Complementares de Campo.
R 6	Anteprojeto das Medidas de Controle Estruturais.
R 7	Análises Benefício-Custo.
R 8	Programa Municipal de Drenagem: Relatório Geral
<b>R 9</b>	<b>Manual de Drenagem Urbana.</b>
R 10	Banco de Dados Georreferenciados.
R 11	Síntese das atividades de divulgação do plano.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. DIRETRIZES DE PROJETO DE DRENAGEM.....	9
2.1. Definição dos elementos específicos constituintes de um projeto de drenagem .....	9
2.1.1. Planta de bacia .....	9
2.1.2. Relatório de estudo hidrológico .....	9
2.1.3. Relatório de estudo hidráulico.....	9
2.1.4. Projeto em planta .....	10
2.1.5. Projeto em perfil.....	10
2.1.6. Seções transversais.....	11
2.1.7. Elementos complementares.....	11
2.2. Tipos de projetos.....	11
2.2.1. Projeto multidisciplinar de drenagem .....	12
2.2.2. Projeto multidisciplinar de outras especialidades.....	12
2.2.3. Projeto de pequenas galerias.....	12
2.3. Estudo de viabilidade .....	12
2.3.1. Serviços preliminares.....	12
2.4. Estudos hidrológicos .....	13
2.5. Estudos hidráulicos .....	13
2.6. Estudo de alternativas.....	13
2.6.1. Projeto funcional das alternativas .....	13
2.6.2. Orçamento comparativo .....	13
2.6.3. Estudo de alternativas.....	13
2.7. Detalhamento da solução aprovada.....	13
2.7.1. Anteprojeto da solução adotada.....	13
2.7.2. Orçamento .....	13
2.8. Projeto básico .....	13
2.8.1. Serviços preliminares.....	13
2.8.2. Estudos hidrológicos .....	14
2.8.3. Projeto hidráulico .....	14
2.8.4. Projeto estrutural.....	14
2.8.5. Projeto de drenagem superficial.....	14
2.8.6. Conclusões e recomendações finais.....	14

2.9. Projeto executivo.....	15
2.9.1. Serviços preliminares.....	15
2.9.2. Geotecnia.....	15
2.9.3. Projeto Hidráulico.....	15
2.9.4. Projeto Estrutural.....	15
2.9.5. Projeto de Drenagem Superficial.....	15
2.9.6. Relatórios complementares.....	15
2.9.7. Acompanhamento técnico da obra.....	15
2.10. Projeto como construído.....	15
2.10.1. Adequações e complementações.....	15
2.10.2. Relatório Justificativo.....	15
2.10.3. Projeto modificativo ou complementar.....	15
2.10.4. <i>As built</i> .....	15
<b>3. DIRETRIZES DE PROJETO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....</b>	<b>16</b>
3.1. Período de Retorno.....	16
3.1.1. Critérios de Escolha.....	16
3.1.2. Verificação dos níveis de inundação.....	17
3.1.3. Obras provisórias.....	17
3.2. Equações de Chuva.....	17
3.3. Tempo de Concentração.....	21
3.4. Intensidade.....	22
3.5. Coeficiente de escoamento superficial direto.....	22
3.6. Método de Cálculo de Vazão.....	23
3.7. Método Racional.....	24
<b>4. DIRETRIZES DE PROJETO PARA HIDRÁULICA EM DRENAGEM URBANA.....</b>	<b>25</b>
4.1. Elementos básicos da hidráulica de canais.....	25
4.2. Elementos Geométricos.....	25
a) Profundidade.....	25
b) Cota do nível d'água.....	25
c) Largura superficial.....	25
d) Área molhada.....	25
e) Perímetro molhado.....	25
f) Raio Hidráulico.....	25
4.3. Equação da energia.....	26

4.4. Equações do regime uniforme .....	26
4.5. Cálculo de linha d'água em regime permanente gradualmente variado.....	26
4.6. Coeficiente de rugosidade em obras hidráulicas .....	26
<b>5. DIRETRIZES DE PROJETO PARA DRENAGEM SUPERFICIAL.....</b>	<b>28</b>
5.1. Elementos que constituem a Rede de Drenagem Superficial.....	28
5.1.1. Captações.....	28
a) Boca-de-lobo .....	28
b) Boca-de-leão .....	28
c) Grelha .....	28
d) Poço de Visita.....	28
e) Conexões .....	28
f) Galeria Pluvial.....	28
g) Caixa de Passagem.....	28
h) Meios-fios ou Guias .....	28
i) Sarjetas .....	29
j) Sarjetões .....	29
k) Travessia .....	29
5.2. TIPOS DE PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL .....	29
5.2.1. Projeto de Rede de Microdrenagem .....	29
5.2.2. Projeto de Drenagem Superficial de Avenida de Fundo de Vale .....	29
5.2.3. Projeto de Drenagem de Via Isolada .....	30
5.2.4. Projeto de Drenagem Superficial de Obras de Arte .....	30
5.3. DIMENSIONAMENTO .....	31
5.3.1. Etapas.....	31
5.4. Parâmetros de projeto .....	32
5.4.1. Galerias Circulares.....	32
5.4.2. Captações.....	33
<b>6. DIRETRIZES DE PROJETO PARA ESCOAMENTO NAS RUAS E SARJETAS .....</b>	<b>34</b>
6.1. Capacidade da Sarjeta .....	34
6.2. Implantação e capacidade das Bocas de Lobo .....	35
6.3. Declividades .....	37
6.4. Diâmetro da Tubulação .....	37
6.5. Cálculo de Velocidade de escoamento .....	37

7.	DIRETRIZES DE PROJETO PARA MACRODRENAGEM.....	38
7.1.	Dados para elaboração de projeto para macrodrenagem.....	38
7.2.	Tipos de projeto .....	39
7.2.1.	Projeto de rede de macrodrenagem.....	39
7.2.2.	Projeto de canalização de curso d'água natural.....	39
7.2.3.	Projeto de recuperação de rede de drenagem.....	39
7.3.	Desenvolvimento do projeto .....	40
	As etapas do projeto que devem ser desenvolvidas são:.....	40
7.3.1.	Estudo de viabilidade .....	40
7.3.2.	Projeto básico .....	40
7.3.3.	Projeto básico .....	40
7.4.	Recomendações.....	40
8.	DIRETRIZES DE PROJETO PARA OBRAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO.....	42
8.1.	Procedimentos de planejamento e projeto .....	42
8.2.	Finalização do projeto.....	42
9.	DISSIPACÃO DE ENERGIA.....	43
9.1.	Degraus.....	43
9.2.	Rampas dentadas.....	43
9.3.	Blocos de impactos.....	43
10.	CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	44
11.	BIBLIOGRAFIA.....	45

## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento reúne as principais Diretrizes para Projetos de Drenagem Urbana para o Município de Mairiporã.

## 2. DIRETRIZES DE PROJETO DE DRENAGEM

São descritos os documentos técnicos mínimos que um projeto de drenagem deve conter, com possibilidade de documentos complementares conforme a necessidade de cada estudo ou do procedimento adotado que não serão descritos.

### 2.1. Definição dos elementos específicos constituintes de um projeto de drenagem

Um projeto de drenagem é constituído da integração de documentos, desenhos e relatórios, específicos de drenagem, de estruturas, de geotecnia, entre outros. A seguir, são detalhados os documentos específicos de drenagem:

#### 2.1.1. Planta de bacia

Com base no levantamento de aerofotogrametria da área em estudo, a planta de bacia é onde são representadas as bacias e sub-bacias que pertencem ao estudo hidrológico. A planta de bacia deve conter as curvas de nível; a distribuição dos lotes e vias atualizada, bem como os nomes das ruas, avenidas, praças, entre outras referências geográficas para localizar a bacia; destaque e identificação dos principais cursos d'água; delimitação e numeração de todas as bacias e sub-bacias estudadas e legenda.

A planta de bacia não deve ser restrita somente a área definida, mas também a faixa adicional com curvas de nível arruamento, de modo a caracterizar os entornos da bacia.

#### 2.1.2. Relatório de estudo hidrológico

Na memória dos cálculos hidrológicos efetuados deve constar:

- Descrição resumida do modelo matemático, das fórmulas e dos parâmetros utilizados;
- Memória de cálculo
- Planilha com os resultados

#### 2.1.3. Relatório de estudo hidráulico

O relatório deve apresentar os cálculos hidráulicos, incluindo:

- Metodologia de cálculo adotado: critérios, parâmetros, formulação matemática e descrição resumida do programa

- Memória de cálculo: planilhas, gráficos, ábacos e cálculos respectivos da capacidade das vias e galerias existentes e dimensionamento do sistema de drenagem (galerias, canais, captações, bueiros, etc)
- Planilha para apresentação dos resultados, caso tenham sido analisadas seções hidráulicas como alternativas

O relatório deve apresentar o cálculo das alternativas, do contrário, a solução adotada deve ser justificada.

#### **2.1.4. Projeto em planta**

Deve ter como base um levantamento de topografia/de aerofotogrametria. No caso de projeto de microdrenagem pode ser utilizado levantamento planialtimétrico complementado com as cotas de soleiras, guias, tampões dos poços de visita, bocas-de-lobo e demais dispositivos de drenagem presentes. No levantamento ainda devem constar as galerias existentes.

O projeto deve conter os seguintes elementos:

- Estaqueamento de 20 em 20 metros acompanhando o eixo de canalização projetada;
- O traçado geométrico do sistema de drenagem deve apresentar elementos geométricos para sua caracterização. Os canais e galerias não tubulares devem ser representados com sua largura efetiva e não apenas o eixo;
- As dimensões da seção transversal por trecho de canalização, a declividade de fundo e extensão;
- Sistema de captações
- Dados das redes existentes incorporadas ao projeto (dimensões, declividade, comprimento, cotas)
- Devem constar todas as interferências cadastradas

#### **2.1.5. Projeto em perfil**

O sistema de drenagem deve ser representado em perfil, conforme o estaqueamento da planta, acompanhado do traçado da canalização. Devem constar em perfil as seguintes informações:

- Estaqueamento
- Representação da canalização projetada do terreno e do greide das vias, das margens projetadas e do fundo dos cursos d'água;
- Cotas de fundo da canalização proposta a cada estaca e dos pontos de descontinuidade;
- No caso de canalizações, cotas de fundo do curso d'água e de suas margens, a cada estaca pelo menos;
- No caso da galeria em vias, cota do terreno e do greide da via a cada estaca e das soleiras das edificações;

- Especificação das dimensões da seção hidráulica projetada, declividade e extensão a cada trecho;
- Indicação, em cada trecho, da capacidade de escoamento em m<sup>3</sup>/s e da velocidade em m/s;
- Posição dos poços de visita, seções de transição, confluências e singularidades com cotas de fundo;
- Cruzamento com interferências;
- Indicação do nível d'água da seção transversal do curso d'água ou galeria que recebe a canalização projetada;
- Indicação do nome das ruas transversais, seções de obras-de-arte, entre outros, com a finalidade de localização;
- Dados dos trechos das redes existentes incorporadas ao projeto.

#### **2.1.6. Seções transversais**

Os desenhos de seções transversais devem apresentar:

- A seção transversal do terreno e do corpo hídrico;
- A seção transversal da canalização concebida em projeto;
- A conformação do terreno após canalização;
- A seção de escavação da vala para a realização da obra (opcional);
- Indicação das dimensões da seção hidráulica;
- Posicionamento da seção em relação ao estaqueamento.

#### **2.1.7. Elementos complementares**

De acordo com o tipo de importância da obra a ser realizada, alguns documentos específicos complementam o projeto de drenagem, como o diagnóstico e verificação das condições de operação do sistema de drenagem pré-existente; estudo hidráulico com modelo físico para projetos mais complexos; análise de dados pluviométricos ou fluviais da bacia para melhor fundamentar os estudos hidrológicos, por exemplo.

## **2.2. Tipos de projetos**

A documentação relativa a um determinado projeto de drenagem depende do seu tipo, a classificação, tanto para microdrenagem como para a macrodrenagem, consta nos itens 5 e 7, respectivamente, deste manual.

### **2.2.1. Projeto multidisciplinar de drenagem**

Esse tipo de projeto apresenta um desenvolvimento completo das etapas de estudo de viabilidade, projeto básico, projeto executivo e conforme construído e ainda inclui elementos de drenagem em todas as etapas.

- Macrodrenagem
  - Projeto de rede de macrodrenagem
  - Projeto de canalização
  - Projeto de recuperação de rede de drenagem
  - Projeto de reservatório
- Microdrenagem
  - Projeto de rede de microdrenagem

A documentação que está prevista para cada uma das etapas desse tipo de projeto está descrita a seguir.

### **2.2.2. Projeto multidisciplinar de outras especialidades**

Esse projeto também é desenvolvido conforme as quatro etapas, com a diferença de que a microdrenagem é estudada efetivamente apenas no projeto básico, atendendo ao disposto no item 2.2.3, projeto de pequenas galerias. No estudo de viabilidade não há necessidade de apresentar documentação específica de microdrenagem.

### **2.2.3. Projeto de pequenas galerias**

Esses projetos são compostos de uma única etapa: Projeto executivo. São compostos pelos documentos: Planta de Bacia contendo galerias existentes, posição de sarjetões e o sentido de escoamento das vias; Memória de cálculo apresentando os estudos hidrológicos, o dimensionamento da galeria e o cálculo da capacidade das galerias existentes; Orçamento com as quantidades de serviços e preços.

## **2.3. Estudo de viabilidade**

Para elaboração de estudo de viabilidade para obra de drenagem deve-se ter como base todos os dados do local da obra para análise das alternativas.

### **2.3.1. Serviços preliminares**

São necessários os seguintes elementos nesta etapa: Planta de situação, complementada com dados de campo se preciso; sistema de drenagem existente, no caso de projeto de recuperação de galeria é necessário o cadastro especial de galerias de grande porte; desenhos com o levantamento das interferências e opcionalmente, relatório preliminar, que pode conter um relatório de vistoria ao local, análise dos dados, relação de projetos antecedentes relacionados ao local de estudo.

## **2.4. Estudos hidrológicos**

Nesta etapa, são fundamentais: planta de bacia e relatório do estudo hidrológico.

## **2.5. Estudos hidráulicos**

Na fase de estudos hidráulicos, deve-se apresentar o diagnóstico da situação atual, com avaliação da capacidade máxima do sistema existente e/ou dos corpos hídricos e comparação com as vazões de projeto e também o pré-dimensionamento hidráulico das possíveis soluções para o local.

## **2.6. Estudo de alternativas**

### **2.6.1. Projeto funcional das alternativas**

Desenhos apresentando as possíveis soluções de obra, incluindo descrição do método executivo de cada caso.

### **2.6.2. Orçamento comparativo**

Relatório compreendendo os orçamentos para execução de cada alternativa, com as memórias de cálculo respectivas.

### **2.6.3. Estudo de alternativas**

Relatório de comparação entre as alternativas propostas sob alguns aspectos, como: custo; prazo; interferências no sistema viário durante a obra, com concessionárias, obras tombadas pelo Patrimônio Histórico e monumentos; desapropriações; custo de manutenção futura do sistema; impacto ambiental e adequação da obra ao local sob o aspecto viário e urbanístico.

## **2.7. Detalhamento da solução aprovada**

A solução escolhida deve ser apresentada em planta e perfil, com detalhes para avaliação da complexidade do processo construtivo e custo da obra.

### **2.7.1. Anteprojeto da solução adotada**

Desenhos e relatório com memória de cálculo da solução

### **2.7.2. Orçamento**

Relatório contendo o método executivo adotado no cálculo das quantidades de serviços para composição do custo da obra e estimativa de seu prazo.

## **2.8. Projeto básico**

### **2.8.1. Serviços preliminares**

a) Levantamento topográfico planialtimétrico

Plantas abrangendo uma faixa ao longo da extensão do provável eixo de canalização e ainda obras-de-arte e viárias. Deve constar o cadastro das galerias pré-existentes.

b) Levantamento de interferências

Plantas com o levantamento das interferências com dados de concessionárias e de campo.

c) Sondagens

Devem ser apresentados os perfis resultantes das investigações geológicas e geotécnicas.

d) Relatório Preliminar

Opcional, pode conter uma reavaliação do estudo de viabilidade, considerando modificações entre o estudo e o início do projeto básico.

### **2.8.2. Estudos hidrológicos**

a) Planta de bacia

Plantas complementada com o traçado da rede existente e da projetada, além dos cursos d'água na bacia de estudo.

b) Relatório do estudo hidrológico

Memória de cálculo considerando as características hidráulicas da obra no cálculo.

### **2.8.3. Projeto hidráulico**

a) Relatório do projeto hidráulico

Contendo a memória de cálculo do dimensionamento da obra. Facultativamente, pode ser acrescido de desenhos do estudo de linha d'água e relatórios complementares.

b) Projeto hidráulico

Plantas, perfis e detalhes nas escalas adequadas para visualização

### **2.8.4. Projeto estrutural**

a) Relatório do estudo de geologia/geotecnia

Contendo as hipóteses e detalhamento de cálculo das obras geotécnicas.

b) Relatório do projeto estrutural

Deve conter memória de cálculo do pré-dimensionamento estrutural da obra

c) Método executivo

Relatório apresentando a sequência executiva da obra, métodos de construção empregados, tipo de escoramento, rebaixamento de lençol freático e movimento de terra

d) Seções transversais

Desenhos com indicação das seções transversais projetadas para cada trecho de canalização

### **2.8.5. Projeto de drenagem superficial**

Deve conter as memórias e desenhos representando os dispositivos de drenagem superficial

### **2.8.6. Conclusões e recomendações finais**

Contendo as considerações e observações do projetista

## **2.9. Projeto executivo**

### **2.9.1. Serviços preliminares**

Podem ser necessárias algumas complementações dos dados das etapas anteriores de levantamento topográfico, cadastrais e de interferências; sondagens complementares.

### **2.9.2. Geotecnia**

Deve incluir os condicionantes, hipóteses e parâmetros de cálculo utilizados, incluindo desenhos e relatórios de fundação e escoramento de valas.

### **2.9.3. Projeto Hidráulico**

Caso a estrutura hidráulica projetada anteriormente seja modificada, devem ser gerados novos desenhos contendo as alterações e devem ser incluídos as considerações e os cálculos no relatório.

### **2.9.4. Projeto Estrutural**

Deve incluir as memórias de cálculo e desenhos de fôrma e armadura.

### **2.9.5. Projeto de Drenagem Superficial**

### **2.9.6. Relatórios complementares**

Devem constar: orçamento com as quantidades de serviço programadas para executar a obra e especificações técnicas que, caso necessário, devem ser complementadas.

### **2.9.7. Acompanhamento técnico da obra**

Deve ser realizado acompanhamento da obra realizado por profissional competente, para garantir execução adequada de acordo com o projeto.

## **2.10. Projeto como construído**

### **2.10.1. Adequações e complementações**

As modificações executadas em obra devem ser detalhadas e dimensionadas no mesmo padrão admitido no Projeto Executivo.

### **2.10.2. Relatório Justificativo**

As alterações ou complementos devem ser justificadas, se preciso, com memorial de cálculo do dimensionamento

### **2.10.3. Projeto modificativo ou complementar**

Composto de plantas e perfis apresentados na mesma escala que do Projeto Executivo, para caracterizar claramente as modificações.

### **2.10.4. As built**

Desenhos em plantas, perfil e seção de transversal com o cadastramento da obra finalizada.

### 3. DIRETRIZES DE PROJETO PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS

#### 3.1. Período de Retorno

O período de retorno ou tempo de recorrência é o intervalo médio de anos dentro do qual ocorre ou é superada uma dada cheia. A determinação do período de retorno para projeto de drenagem é feita em função do tipo e importância da obra, também conforme sua localização e entorno. Devem ser ponderados os seguintes aspectos nessa escolha:

- Densidade populacional da região
- Volume de tráfego do sistema viário local
- Tipo e porte da obra
- Proximidade de equipamentos públicos ou comunitários como escolas, hospitais, estádios, estações ferroviárias ou de metrô, terminais de ônibus, aeroportos, *shoppings*, etc.
- Recursos financeiros do empreendimento

##### 3.1.1. Critérios de Escolha

O Quadro 1 apresenta um resumo dos critérios para estabelecimento do período de retorno do projeto, de acordo com as diretrizes da Secretaria de Infraestrutura Urbana de São Paulo – SIURB.

**Quadro 1: Período de Retorno**

Tipos de Obras e Intervenções	Classificação	Período de Retorno (anos)
Arranjos e complexos viários	Alto impacto	TR ≥ 25 anos
	Médio Impacto	TR = 25 anos
	Baixo Impacto	TR = 10 anos
Pontes, viadutos e passagens subterrâneas	Alto impacto	TR ≥ 25 anos
	Médio Impacto	TR = 25 anos
	Baixo Impacto	TR = 10 anos
Passarelas de Pedestres	Alto impacto	TR = 10 anos
	Médio Impacto	TR = 10 anos
Obras de Contenção e estabilização	Alto impacto	TR = 25 anos
	Médio Impacto	TR = 10 anos
	Baixo Impacto	TR = 10 anos
Canalizações e obras de drenagem	Alto impacto	TR ≥ 25 anos

Tipos de Obras e Intervenções	Classificação	Período de Retorno (anos)
	Médio Impacto	TR ≥ 25 anos
	Baixo Impacto	TR = 25 anos
Obras em método não destrutivo (túneis viários e galerias hidráulicas)	Alto impacto	TR ≥ 25 anos
	Médio Impacto	TR ≥ 25 anos
Recuperação de Obras de Arte Especiais	Alto impacto	TR = 25 anos
	Médio Impacto	TR = 10 anos
	Baixo Impacto	TR = 10 anos
Pavimentação de vias	Alto impacto	TR = 25 anos
	Médio Impacto	TR = 10 anos
	Baixo Impacto	TR = 10 anos

Fonte: DP-H01 Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno – SIURB/PMSP.

Nos projetos de maior importância e complexidade (TR ≥ 25 anos), um estudo do risco associado aos danos provocados por um evento hidrológico superior ao de projeto durante a vida útil da obra deverá anteceder a determinação do período de retorno.

### 3.1.2. Verificação dos níveis de inundação

Em certos casos, a verificação dos níveis de inundação na área de influência da obra projetada é recomendada, para períodos de retorno superiores aos de projeto, usualmente de 100 anos. Isso se aplica a várzeas extensas, equipamentos públicos e comunitários junto ao fundo de vale, travessias sob rodovias e vias férreas, locais onde o escoamento superficial não é possível

### 3.1.3. Obras provisórias

A determinação do tempo de retorno para o cálculo da vazão de projeto em obras provisórias deve ter em vista o tipo de obra, o prazo, localização e sobretudo o período do ano a ser considerado. Um procedimento recomendável é a realização de um estudo técnico-financeiro, de modo a se comparar a redução nos custos da obra com o aumento dos riscos de prejuízos com a ocorrência de chuva superior à de projeto.

## 3.2. Equações de Chuva

As expressões utilizadas para obtenção da intensidade da chuva variam conforme a localidade. A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM por meio do Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil, inserido no Programa de Levantamentos da Geodiversidade, reuniu, consolidou e organizou

informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional. Além disso, também definiu as relações intensidade-duração-frequência (IDF) para os pontos que possuem registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas. Para localidades nas quais existem apenas pluviômetros, ou seja, não existem registros contínuos das precipitações, as relações IDF foram obtidas a partir da desagregação das precipitações máximas diárias.

Para o município de Mairiporã, a CPRM indica a utilização da equação IDF desenvolvida por Furtunato et al. (2013), na qual foi aplicada a metodologia de desagregação para os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Franco da Rocha (Hosp. Juqueri), Códigos 02346021 (ANA) e E3-047R (DAEE).

Para a determinação das curvas IDF dos municípios na região de Franco da Rocha foi utilizada a série de precipitações diárias máximas da Estação Franco da Rocha (Hosp. Juqueri) - ANA 02346021 DAEE E3-047-R, por ano hidrológico (01/out a 30/set), conforme dados do Quadro 1, com ajuste exponencial dos dados diários.

As curvas IDF estabelecidas constam na Figura 1 e podem ser representadas por uma equação do tipo:

$$i = \{[(a \ln(T) + b) \cdot \ln(t + (\delta/60))] + c \ln(T) + d\} / t$$

Em que:

- $i$  é a intensidade da chuva (mm/h)
- $T$  é o tempo de retorno (anos)
- $t$  é a duração da precipitação
- $a, b, c, d$  são parâmetros da equação

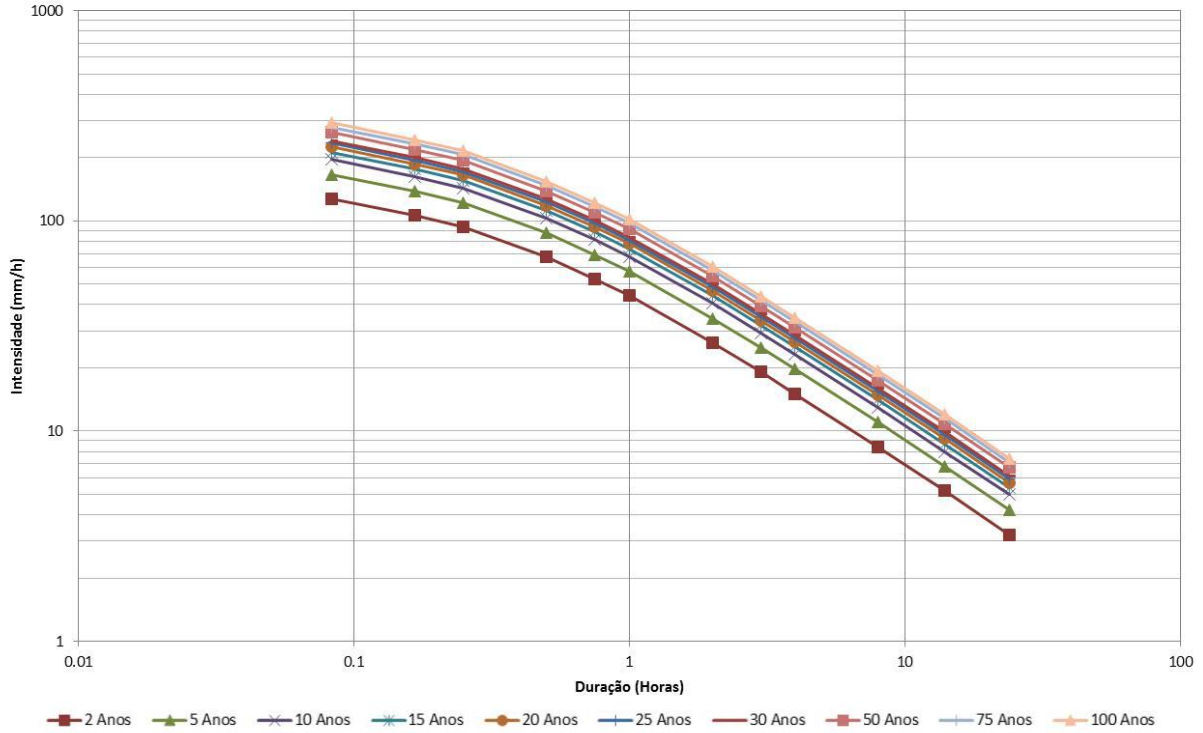
Para a estação 02346021 (ANA) e E3-047R (DAEE), durações de 10 minutos a 1 hora e período de retorno até 100 anos, os parâmetros da equação são:

$$a = 5,7233 ; b = 13,3243 ; c = 14,3169 ; d = 33,2975 \text{ e } \delta = 4$$

$$i = \{[(5,7233 \ln(T) + 13,3243) \cdot \ln(t + (4/60))] + 14,3169 \ln(T) + 33,2975\} / t$$

**Figura 1: Curvas IDF - Estação Franco da Rocha (Hosp. Juqueri)**

**ANA 02346021 DAEE E3-047-R**



Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil.

**Quadro 2: Precipitações diárias máximas (mm) por ano hidrológico (01/out a 30/set)**

**Estação Franco da Rocha (Hosp. Juqueri) ANA 02346021 DAEE E3-047-R**

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)	AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1937	1938	17/11/1937	58,4	1973	1974	19/11/1973	56,1
1938	1939	09/12/1938	72,6	1974	1975	22/11/1974	67,5
1940	1941	25/03/1941	66,2	1975	1976	14/12/1975	91,4
1941	1942	12/03/1942	60,1	1976	1977	31/01/1977	87,2
1942	1943	07/03/1943	35,7	1977	1978	04/03/1978	83,0
1943	1944	13/01/1944	81,0	1978	1979	27/12/1978	74,5
1944	1945	01/02/1945	84,1	1979	1980	23/02/1980	60,8
1946	1947	25/09/1947	70,4	1980	1981	29/12/1980	89,1
1949	1950	19/03/1950	79,8	1981	1982	04/11/1981	57,3
1950	1951	27/11/1950	85,3	1981	1982	15/03/1982	57,2
1951	1952	21/02/1952	52,4	1982	1983	02/02/1983	92,2
1952	1953	14/02/1953	43,4	1983	1984	20/09/1984	71,4
1953	1954	04/01/1954	72,4	1984	1985	23/02/1985	78,2
1954	1955	15/01/1955	54,6	1985	1986	25/11/1985	72,3
1955	1956	20/02/1956	77,7	1986	1987	26/01/1987	193,1
1956	1957	15/01/1957	77,6	1987	1988	16/01/1988	75,6
1957	1958	14/09/1958	60,3	1988	1989	30/07/1989	74,7
1958	1959	28/10/1958	60,2	1989	1990	22/03/1990	46,7
1959	1960	28/02/1960	70,3	1990	1991	16/01/1991	122,3
1960	1961	19/12/1960	100,1	1991	1992	07/10/1991	101,7
1961	1962	13/03/1962	100,4	1992	1993	31/05/1993	80,8
1962	1963	11/12/1962	115,8	1993	1994	11/03/1994	105,1
1963	1964	22/10/1963	70,6	1994	1995	23/12/1994	60,0
1964	1965	20/01/1965	95,0	1995	1996	28/01/1996	62,7
1965	1966	03/09/1966	52,3	1996	1997	04/10/1996	69,0
1966	1967	23/12/1966	84,3	1997	1998	14/02/1998	70,7
1967	1968	16/05/1968	59,0	1998	1999	07/05/1999	62,9
1968	1969	30/12/1968	72,5	1999	2000	28/10/1999	90,3
1969	1970	20/11/1969	84,6	2000	2001	10/12/2000	51,0
1970	1971	02/01/1971	61	2001	2002	02/10/2001	82,7
1971	1972	22/01/1972	72,1	2002	2003	15/12/2002	68,0
1972	1973	14/02/1973	55,5	2003	2004	25/05/2004	102,0

Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil.

Para durações superiores a 1 hora até 24 horas e períodos de retorno até 100 anos, os parâmetros da equação são:

$$a = 3,1351 ; b = 7,3102 ; c = 15,8790 ; d = 36,9679 \text{ e } \delta = -19$$

$$i = \{[(3,1351 \ln(T) + 7,3102) \cdot \ln(t + (-19/60))] + 15,8790 \ln(T) + 36,9679\} / t$$

O Quadro 2 apresenta as intensidades de chuva calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno.

### Quadro 3: Intensidades de chuva (mm/h)

#### Estação Franco da Rocha (Hosp. Juqueri) ANA 02346021 DAEE E3-047-R

Duração da Chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
10 Minutos	108,3	141,3	166,2	180,7	191,1	199,1	205,6	216,0	224,0	230,5	238,6	245,1	248,9
15 Minutos	93,4	121,7	143,2	155,7	164,6	171,5	177,1	186,0	193,0	198,6	205,5	211,1	214,4
20 Minutos	82,1	107,1	125,9	137,0	144,8	150,9	155,8	163,7	169,7	174,7	180,8	185,7	188,6
30 Minutos	66,8	87,1	102,4	111,4	117,8	122,7	126,7	133,1	138,0	142,1	147,0	151,1	153,4
45 Minutos	53,0	69,0	81,2	88,3	93,4	97,3	100,5	105,5	109,4	112,6	116,5	119,7	121,6
1 HORA	44,3	57,8	68,0	73,9	78,2	81,4	84,1	88,3	91,6	94,3	97,6	100,2	101,8
2 HORAS	26,5	34,5	40,5	44,1	46,6	48,6	50,2	52,7	54,6	56,2	58,2	59,8	60,7
3 HORAS	19,1	24,9	29,3	31,9	33,7	35,1	36,2	38,1	39,5	40,6	42,0	43,2	43,9
4 HORAS	15,1	19,7	23,1	25,1	26,6	27,7	28,6	30,0	31,2	32,1	33,2	34,1	34,6
5 HORAS	12,5	16,3	19,2	20,9	22,1	23,0	23,7	24,9	25,9	26,6	27,5	28,3	28,7
6 HORAS	10,7	14,0	16,5	17,9	18,9	19,7	20,4	21,4	22,2	22,8	23,6	24,3	24,6
7 HORAS	9,4	12,3	14,4	15,7	16,6	17,3	17,9	18,8	19,5	20,0	20,7	21,3	21,6
8 HORAS	8,4	11,0	12,9	14,0	14,8	15,4	16,0	16,8	17,4	17,9	18,5	19,0	19,3
12 HORAS	5,9	7,7	9,1	9,9	10,5	10,9	11,3	11,8	12,3	12,6	13,1	13,4	13,6
14 HORAS	5,2	6,8	8,0	8,7	9,2	9,5	9,9	10,4	10,7	11,0	11,4	11,7	11,9
20 HORAS	3,8	5,0	5,8	6,4	6,7	7,0	7,2	7,6	7,9	8,1	8,4	8,6	8,7
24 HORAS	3,2	4,2	5,0	5,4	5,7	6,0	6,2	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,5

Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil.

### 3.3. Tempo de Concentração

O tempo de concentração ( $t_c$ ) é o tempo necessário para que toda a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada. As características físicas que influenciam o tempo de concentração são: a área da bacia, o comprimento e a declividade do canal mais longo e o comprimento ao longo do curso principal. Existem inúmeras formas e fórmulas para o cálculo/estimativa do tempo de

concentração. São fórmulas empíricas que devem ser utilizadas de acordo com as características de cada bacia.

Para estudos hidrológicos e projetos de microdrenagem em regiões urbanizadas, a fórmula do tempo de concentração de George Ribeiro é frequentemente utilizada para os estudos de drenagem superficial. O tempo de concentração, de acordo com a fórmula de George Ribeiro, é dado por:

$$t_c = t_e + \frac{0,016 \cdot L}{i^{0,04}}$$

Em que:

$t_c$  = tempo de concentração em minutos;

$t_e$  = tempo de entrada;

$L$  = distância do ponto mais distante da área contribuinte, em metros;

$i$  = declividade média do terreno, em m/m.

Para os estudos hidrológicos de macrodrenagem, pode ser utilizada a equação de Kirpich para cálculo do tempo de concentração. A fórmula de Kirpich é dada por:

$$T_C = 3,989 \cdot L^{0,77} \cdot \left(\frac{H}{L}\right)^{-0,385}$$

Em que:

$T_c$  = tempo de concentração em minutos;

$L$  = extensão do talvegue em km;

$\frac{H}{L}$  = declividade média do talvegue, em m/m.

### 3.4. Intensidade

Intensidade é a quantidade de chuva que ocorre na unidade de tempo adotada, para uma dada frequência e com uma duração igual ao tempo de concentração.

### 3.5. Coeficiente de escoamento superficial direto

O coeficiente de escoamento superficial ( $C$ ) é a relação entre a quantidade de água que esco superficialmente e a quantidade de água precipitada. Tal coeficiente representa os efeitos conjuntos,

tanto das características físicas da bacia quanto da precipitação, interceptação e evaporação. Também são consideradas as futuras mudanças e ocupações do solo, resultantes da urbanização crescente e para possibilitar a realização de planos urbanísticos municipais. O Quadro 2 mostra os valores usualmente adotados para o coeficiente de escoamento superficial (C) para o estudo de vazões em bacias hidrográficas com área inferior a 2km<sup>2</sup>.

**Quadro 4: Coeficiente de Escoamento Superficial (C)**

Zonas		Valores de C
1	DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSA Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
2	DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
3	DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
4	DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais tipo Cidade-Jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50
5	DE SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
6	DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: DP-H03 Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método Racional – SIURB/PMSP.

### 3.6. Método de Cálculo de Vazão

Em função das áreas de contribuição de cada bacia hidrográfica a ser estudada será definido o método de cálculo para obtenção das vazões mais adequado, de acordo com as diretrizes do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo – DAEE, descritas no Quadro 3.

Para o caso de grandes bacias ou para aqueles em que, além das vazões máximas, necessita-se também de valores para o volume de escoamento produzido, devem ser utilizados os métodos baseados em hidrogramas (COLLISCHONN E DORNELLES, 2013). Para bacias hidrográficas com área inferior a 2km<sup>2</sup> o método mais utilizado para determinar vazões de projeto é o Método Racional.

**Quadro 5: Métodos para Estimativa de Vazões de acordo com a Área de Drenagem**

Método	Área de Drenagem (AD)
Método Racional	$AD \leq 2\text{km}^2$
Método I-PAI-WU	$2 < AD \leq 200 \text{ km}^2$
Método Prof. Kokei Uehara	$200 < AD \leq 600 \text{ km}^2$
Hidrograma Unitário – Propagação	$AD > 600 \text{ km}^2$
Simulação de Ondas de Cheia (CAbc / ABC6/ Hec-Hms)	$AD > 2 \text{ km}^2$

Fonte: Guia prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas – DAEE – 2005.

### 3.7. Método Racional

O Método Racional tem como conceito básico que o pico de vazão ocorre, quando toda a bacia está contribuindo, sob a influência de uma precipitação de intensidade constante e uniformemente distribuída em toda a bacia.

O Método Racional é definido analiticamente pela seguinte expressão:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Em que:

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

C = coeficiente de escoamento;

I = intensidade da chuva, em mm/h;

A = área de contribuição, em hectares.

Alguns dados para aplicação do método são: a planimetria da bacia, escolha do coeficiente de escoamento superficial que represente condições futuras, determinação do tempo de concentração e existência de uma relação intensidade-duração-frequência para o regime de chuvas intensas da área.

## 4. DIRETRIZES DE PROJETO PARA HIDRÁULICA EM DRENAGEM URBANA

### 4.1. Elementos básicos da hidráulica de canais

O escoamento em canal se dá com uma fronteira exposta à atmosfera, em superfície livre. Os escoamentos em canais podem ser classificados como permanentes, no qual as variações no tempo das variáveis de escoamento são desprezíveis, e não permanentes. A depender da relação entre a magnitude das forças de inércia e gravitacionais, também podem ser divididos em críticos, subcríticos e supercríticos. Como parâmetro para tal classificação, é determinado o número de Froude:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \times y}}$$

V = velocidade característica do escoamento

y = profundidade hidráulica, calculada como sendo razão entre a área da seção de escoamento e a largura superficial

Caso  $Fr = 1$  atinge o estado crítico, as forças estão em equilíbrio; Caso  $Fr < 1$  o escoamento é subcrítico, predominam as forças gravitacionais e se  $Fr > 1$  o escoamento é supercrítico, com predomínio das forças de inércia

Quando o escoamento é subcrítico, as perturbações se propagam tanto para montante como para jusante. Já quando o escoamento é supercrítico, as perturbações a jusante não podem afetar o escoamento a montante dos canais.

### 4.2. Elementos Geométricos

#### a) Profundidade

Distância vertical entre o fundo da seção e o nível d'água

#### b) Cota do nível d'água

Elevação do nível d'água em relação a uma referência de altura

#### c) Largura superficial

Largura da seção medida na superfície livre

#### d) Área molhada

Área da seção transversal perpendicular à direção do escoamento que é ocupada pelo líquido

#### e) Perímetro molhado

Comprimento linear de contorno da interface fluído-seção

#### f) Raio Hidráulico

Razão entre a área e o perímetro molhado

A distribuição da velocidade no canal depende, entre outros fatores, do formato da seção e da rugosidade das paredes. Como resultado da distribuição, a energia cinética e a quantidade de movimento do escoamento são maiores do que aquelas determinadas considerando velocidade média. Para avaliação correta, são adicionados coeficientes de ajuste da média.

#### 4.3. Equação da energia

O princípio que rege o escoamento em canais é expresso pela Lei de Bernoulli. No qual a partir da análise do movimento da partícula elementar ao longo da seção, onde a distribuição de pressões é admitida como hidrostática e a velocidade em termos médios, pode ser expressa por:

$$H = \frac{V^2}{2 \times g} + \frac{d}{\cos\theta} + z$$

H = energia total por unidade de peso do fluido, admitindo como unitário o coeficiente de Coriollis

#### 4.4. Equações do regime uniforme

O regime uniforme admite que a força gravitacional se iguala às forças de resistência em um canal prismático de declividade e rugosidade constantes, conseqüentemente, todas as características hidráulicas permanecem iguais ao longo do canal.

Algumas das equações para descrever o escoamento em regime uniforme são a de Manning, de Chézy, de Darcy-Weissbach e a desenvolvida pela distribuição logarítmica da velocidade. Todas válidas para escoamento em regime turbulento rugoso, característico dos projetos de drenagem.

O dimensionamento hidráulico feito pelo pico de vazão de enchente considerando regime permanente resulta em um critério conservativo. Existem situações nas quais há maior complexidade, o que exige simulação do regime não permanente, para obter um estudo mais realista.

#### 4.5. Cálculo de linha d'água em regime permanente gradualmente variado

Nos escoamentos em canais é possível que as profundidades estejam condicionadas a níveis impostos por estruturas ou singularidades. As curvas de remanso que podem ocorrer são decorrentes das transições entre esses níveis e a situação de equilíbrio em regime uniforme. Este último pode ocorrer ou não, dependendo do comprimento do canal e da diferença da profundidade vigente em relação à normal (em regime uniforme).

O princípio para determinação da linha d'água é o da conservação de energia, que tem resolução numérica variada a depender do método. Para efetuar os cálculos pelos métodos, deve-se fazer análise do tipo de curva de remanso esperado e verificar os cálculos quanto ao andamento obtido e previsto.

#### 4.6. Coeficiente de rugosidade em obras hidráulicas

A rugosidade é um importante fator no cálculo da capacidade de escoamento em canais e tubulações, sua minimização proporciona para os projetos a máxima descarga, pois tal coeficiente significa uma resistência exercida sobre o fluido em escoamento. No caso de canais e tubulações com pressão atmosférica, uma fórmula empregada comumente é a de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{2/3} \times i_0^{1/2}$$

A variação do coeficiente de rugosidade pode ocasionar o aumento/diminuição da descarga a jusante e variação do nível de escoamento de canais e alteração geométrica transversal. Os fatores que influenciam o coeficiente de rugosidade são: rugosidade superficial devido a forma e irregularidade do material no perímetro molhado; vegetação, principalmente dependendo de sua altura, densidade, distribuição e espécie; irregularidades como variações na seção transversal aumentam o coeficiente de rugosidade; sedimentação de material fino, que pode reduzir a irregularidade e obstruções que reduzem a seção efetiva.

## 5. DIRETRIZES DE PROJETO PARA DRENAGEM SUPERFICIAL

### 5.1. Elementos que constituem a Rede de Drenagem Superficial

#### 5.1.1. Captações

São dispositivos que recolhem as águas pluviais na superfície das vias; podem ser:

##### a) Boca-de-lobo

Caixa padronizada implantada na guia para coleta de águas pluviais, chamada guia-chapéu. Devem ser dispostas em locais de acordo com os critérios: perfil contínuo, pontos baixos e cruzamentos.

##### b) Boca-de-leão

Caixa padronizada recebe as águas pluviais por abertura na sarjeta, dotada de grade.

##### c) Grelha

Caixa especial com abertura no pavimento para coleta de águas pluviais, dotada de grade

##### d) Poço de Visita

Dispositivo situado em pontos convenientes do sistema de galerias para possibilitar mudança de direção, de declividade e de diâmetro, além da inspeção e limpeza da galeria

##### e) Conexões

Tubulação que destina as águas pluviais das captações até os poços de visita. As conexões geralmente utilizadas são tubo de concreto com diâmetro Ø 0,40 m ou Ø 0,50 m.

##### f) Galeria Pluvial

Conjunto de tubulações empregada para conduzir as águas pluviais, interligando os poços de visita, até o lançamento em um curso d'água, canal ou galeria de maior porte. Em geral são utilizados tubos de concretos com diâmetros de Ø 0,60 m à Ø 1,50 m.

##### g) Caixa de Passagem

Dispositivo semelhante ao poço de visita, porém não possui a chaminé de acesso e tampão. Exceto em situações especiais, onde se utilize diâmetro Ø 0,50 m para interligação de mais de uma boca-de-lobo ao corpo receptor, poderão ser utilizadas, anexas à Boca-de-Lobo, caixas de passagem com tampão no passeio.

##### h) Meios-fios ou Guias

Elementos de pedra ou concreto posicionados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.

### **i) Sarjetas**

Faixas longitudinais paralelas a via pública e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas.

### **j) Sarjetões**

Calhas localizadas na interceptação das vias públicas designada a orientar o escoamento das águas entre as sarjetas.

### **k) Travessia**

Galeria que possibilita a passagem de uma via sobre um curso d'água, executada no sentido transversal à via.

## **5.2. TIPOS DE PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL**

### **5.2.1. Projeto de Rede de Microdrenagem**

Este projeto permite o planejamento de toda a rede de microdrenagem de acordo com topografia local e viabiliza a racionalização do projeto da rede de drenagem, com estudo de uma ou mais bacias incluídas na área em estudo. Assim, podem evitar problemáticas como: escoamento de águas pluviais entre edificações, ponto baixo de vias com escoamento para áreas privadas, desapropriações para obras de drenagem, interferência da rede de drenagem com equipamentos de concessionárias, incompatibilidade entre projetos elaborados para uma mesma região.

Os problemas citados são evidenciados em várzeas alagadiças ocupadas de maneira desordenadas. Com o relevo praticamente plano, essas áreas não têm sistema natural de escoamento das águas pluviais definidos. Se a urbanização ocorre sem planejamento, não são previstas faixas para construção de obras de drenagem convencionais ou não, que se fizerem necessárias. Com o agravamento dos problemas de enchentes, normalmente é elaborado um projeto de drenagem "a posteriori" que pode resultar em obras dificultosas e de difícil viabilização.

### **5.2.2. Projeto de Drenagem Superficial de Avenida de Fundo de Vale**

Neste tipo de obra, destacam-se a construção da avenida e canalização do córrego situado ao longo da via, e à drenagem das pistas pode ser dada uma atenção menor. No entanto, a fim de evitar problemas de inundações localizadas que afetam a obra, certas precauções devem ser assumidas:

- a) Evitar que o greide da avenida projetada esteja acima das vias transversais locais, mantendo o escoamento superficial das vias e problemas de captação na rede não atingiria diretamente as residências ao entorno. A criação de pontos baixos nas vias exige a construção de galerias.
- b) As travessias dos afluentes devem ser dimensionadas como bueiro, o cálculo como galerias contínuas normalmente ocorre o afogamento na entrada.
- c) As galerias existentes devem ser verificadas quanto à capacidade, se for o caso devem ser reforçadas ou substituídas no trecho a ser pavimentado.
- d) O nível d'água das galerias afluentes deve sempre estar acima da linha d'água de projeto do curso d'água principal
- e) Devem ser previstas captações ao longo das pistas a cada 100 metros pelo menos

- f) Caso o curso d'água principal tenha seu percurso alterado, a área remanescente do antigo talvegue deve ser necessariamente aterrada até o nível de 1,00 metro acima da maior cota entre a linha d'água do curso principal ou acima do greide da avenida. Caso exista galeria ou afluente lançando no trecho retificado do córrego, deve ser projetada galeria para drenar o local até o lançamento no novo canal.

### **5.2.3. Projeto de Drenagem de Via Isolada**

Com a urbanização sem planejamento, muitas vezes não é possível elaborar o estudo de uma rede de microdrenagem completa para uma determinada bacia, assim, acaba sendo feita a pavimentação e drenagem das vias acompanhando a ocupação e de maneira isolada.

Esse tipo de projeto exige certas precauções como:

- a) Devem ser pesquisados projetos e cadastros das vias adjacentes à rua em estudo e ainda estudos prévios para o mesmo local. Em caso de inconformidade entre os projetos, um novo estudo deve ser realizado.
- b) Caso um projeto anterior seja considerado pertinente, deve ser transcrito e adequado ao novo projeto, a fonte deve constar
- c) Para o lançamento da rede projetada deve ser escolhida uma galeria à jusante de dimensões iguais ou maiores, canal ou curso d'água natural com dissipação de energia adequada. Caso o ponto considerado para despejo não se localize na via em estudo, a galeria deverá ser entendida a jusante até o ponto.
- d) Caso a galeria existente a jusante não tenha capacidade suficiente para receber a contribuição da galeria que se projetou, deverá ser analisado um reforço ou substituição no trecho necessário.
- e) Se o prolongamento da galeria a jusante atravessar local particular, deverá ser indicada, em planta, a faixa necessária de execução da obra e garantir a manutenção da galeria. Construções a serem retiradas devem ser cadastradas e destacadas no projeto, para permitir avaliação dos custos da obra com desapropriações
- f) Devem ser evitados pontos baixos com escoamento para áreas privadas. O que pode ser feito com uma adequação no greide da rua, conduzindo as águas superficiais do ponto baixo para alguma via transversal com escoamento natural.

### **5.2.4. Projeto de Drenagem Superficial de Obras de Arte**

Nesses projetos, devem ser assumidas as mesmas precauções para projeto de via isolada. No caso de túneis e passagens inferiores, o projeto de drenagem superficial adquire maior importância, devem ser seguidas as recomendações seguintes:

- a) Caso a geometria e greide da obra permitam, as pistas devem ter escoamento superficial livre sem pontos baixos
- b) Para drenagem do ponto baixo, deve-se procurar viabilizar o funcionamento da galeria por gravidade, sem adotar estação de bombeamento, somente como último recurso e com período de retorno de 100 anos ou mais
- c) Reduzir ao mínimo a área que contribui para a obra por meio de alteamento do greide nas entradas do túnel ou passagem e também pela captação por grelhas situadas nessas entradas

## 5.3. DIMENSIONAMENTO

### 5.3.1. Etapas

O projeto deve ser antecedido de vistorias ao local e da obtenção e análise dos seguintes dados:

- Planta de situação e localização no município;
- Plantas do levantamento aerofotogramétrico da bacia;
- Planta contendo o levantamento topográfico das vias estudadas;
- Perfil da via contendo o nivelamento com estaqueamento de 20 em 20 metros, indicando cotas de soleiras, guias e tampões em escala;
- Cadastro das galerias existentes incluindo o traçado e posição dos dispositivos de drenagem, das conexões e galerias com seus diâmetros. Os poços de visita deverão ter a cota da tampa, profundidade de entrada e saída das tubulações assinaladas. Deverá ser considerada a cota de fundo das galerias no ponto de lançamento em córregos e canais;
- Projetos prévios do local;
- Projetos com a rede de drenagem que irá se associar com o sistema de galerias projetado
- Cadastro da rede de concessionárias no local em estudo;
- Devem ser obtidos dados relativos à urbanização da bacia nas situações atual e futura, com base no tipo de ocupação das áreas (residencial, comercial, industrial ou institucional), porcentagem de ocupação dos lotes, ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizada pertencentes à bacia, lei de zoneamento válida para o local e planos de urbanização;
- Indicações sobre os níveis de enchente do curso d'água que irá receber o lançamento final.

A seguir, pode ser iniciado anteprojeto, cumprindo-se as seguintes etapas:

- a) Determinação prévia da orientação do escoamento da via estudada e do provável traçado da galeria
- b) Determinação dos pontos de acréscimo de vazão e subdivisão da bacia
- c) Cálculo da área de contribuição e do tempo de concentração para os trechos da via
- d) Cálculo do coeficiente de escoamento superficial correspondente a cada um dos trechos, com base nos dados de urbanização e de ocupação da bacia
- e) Cálculo da intensidade de chuva para cada tempo de concentração, aplicando equação de chuvas pertinente
- f) Cálculo da vazão contribuinte para cada trecho, aplicando o Método Racional
- g) Cálculo da capacidade de escoamento da via, conforme os dados do projeto geométrico
- h) Caso a via em estudo já apresente galeria pluvial, deve ser calculada a capacidade de vazão aplicando-se a fórmula de Manning
- i) Comparação das vazões, classificando cada trecho da via como:

- Dispensa galeria pluvial, a vazão de contribuição é menor que a capacidade de escoamento da via
- Projeto de galeria pluvial, a vazão de contribuição é maior que a capacidade de escoamento da via, é preciso projetar galeria no trecho.
- Galeria pluvial existente insuficiente, a vazão contribuinte é menor que a capacidade da galeria preexistente, neste caso, também será projetado o reforço ou substituição da galeria

A elaboração do projeto de galeria, propriamente, consiste nas seguintes etapas:

- a) Definição do traçado definitivo das galerias onde for previsto;
- b) Dimensionamento das galerias, seu perfil e locação dos poços de visita;
- c) Revisão do estudo hidrológico com base nos tempos de concentração calculados para a velocidade de escoamento das águas na galeria projetada;
- d) Projeto da rede de captações e conexões, com base no cálculo da capacidade de engolimento;
- e) Locar sarjetões;
- f) Projeto de obras de drenagem complementares (travessia, bueiro, escadaria, etc).

## 5.4. Parâmetros de projeto

### 5.4.1. Galerias Circulares

As galerias circulares devem apresentar o diâmetro variando de 0,60 m, no mínimo, até 1,50 m. A seguir são apresentados alguns critérios básicos para projeto:

- a) As galerias pluviais são projetadas para operar a seção plena com a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível determina-se em função do material a ser empregado na rede, no caso do tubo de concreto as velocidades mínima e máxima são, respectivamente, 0,60 m/s e 5,0 m/s.
- b) O recobrimento mínimo da rede deve ser 1,0m, para tubulações sem estruturas especiais. Quando forem necessários recobrimentos menores, devido a topografia, as canalizações devem ser projetadas sob perspectiva estrutural.
- c) Nas mudanças de diâmetro, os tubos devem ser alinhados pela geratriz superior. Além disso, o desnível entre a geratriz inferior dos tubos de entrada e de saída no poço de visita não deve ultrapassar 1,5 m.
- d) Caso seja necessário empregar degrau com altura maior que 1,5 m, o poço de visita deve ser projetado em concreto armado com proteção contra ação erosiva no fundo da caixa.
- e) É preferível que a galeria seja projetada no eixo da via
- f) Mudanças de direção acentuadas entre as tubulações de entrada e de saída em um poço de visita devem ser evitadas, principalmente se não existir desnível entre a geratrizes superiores dos tubos. Recomenda-se calcular a perda de carga no poço de visita quando o ângulo de deflexão entre a direção da tubulação de montante e a de jusante exceder 45°.
- g) O espaçamento máximo entre poços de visita consecutivos é de 60 metros.

#### 5.4.2. Captações

- a) A instalação de captações em esquinas deve ser evitada, a indicação é de que a instalação seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento de pedestres, junto às esquinas.
- b) A captação deve ocorrer preferencialmente por meio de bocas-de-lobo. As bocas de leão serão empregadas usualmente em sarjetas, em frente a guias rebaixadas e em calçadas
- c) As grelhas devem ser previstas e instaladas apenas nos casos em que o volume de águas pluviais escoando superficialmente é muito elevado
- d) O diâmetro mínimo para ligações entre as captações e o poço de visita é de 0,40 m. Nos casos em que forem previstas mais de uma boca-de-lobo, o diâmetro mínimo da ligação passa a ser de 0,50 m

## 6. DIRETRIZES DE PROJETO PARA ESCOAMENTO NAS RUAS E SARJETAS

No projeto de um sistema de drenagem, as vias de tráfego são consideradas como canais abertos, onde ocorre a coleta e condução das águas pluviais. A capacidade da condução de água é limitada pela faixa alagada máxima admissível, a depender da classe da rua, e pela velocidade, que deve ser controlada para evitar a erosão do pavimento e altos índices de periculosidade.

### 6.1. Capacidade da Sarjeta

Para o cálculo da capacidade de escoamento na sarjeta, deve-se considerar a geometria do escoamento na seção transversal e as declividades nos trechos, paralelas ao sentido de escoamento.

Caso essa capacidade seja ultrapassada, o escoamento chegará na crista da rua, o que é aceitável em ruas secundárias, no caso de ruas com maior importância não é permitido, como é apresentado no Quadro 6.

**Quadro 6: Métodos para Estimativa de Vazões de acordo com a Área de Drenagem**

CLASSIFICAÇÃO DAS RUAS	INUNDAÇÃO MÁXIMA
TRÁFEGO MUITO LEVE	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento pode atingir até a crista da rua
TRÁFEGO LEVE	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre
TRÁFEGO PESADO	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve conservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre em cada direção
TRÁFEGO MUITO PESADO	Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito
VIELA SANITÁRIA	O escoamento pode ocupar toda a extensão da viela. A profundidade e a velocidade de escoamento não devem ocasionar risco de vida aos pedestres

Tendo essas considerações em vista, pode-se reduzir o custo do projeto nas ruas secundárias, ao trabalhar com as sarjetas em plena capacidade.

Uma vez calculada a capacidade teórica da sarjeta, deve-se multiplicar o valor resultante pelo fator de redução, que varia em função da declividade da sarjeta, conforme apresentado no quadro 7.

**Quadro 7: Fatores de redução de escoamento das sarjetas.**

Declividade da sarjeta (%)	fator de redução
0,4	0,50
1 a 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10	0,20

Fonte: DAEE/CETESB, 1980.

## 6.2. Implantação e capacidade das Bocas de Lobo

As bocas de lobo são posicionadas ao longo das guias nos pontos baixos, a montante dos cruzamentos e, entre as interseções viárias, com intervalos que variam em função das vazões de contribuição, considerando a largura máxima de alagamento da via e a altura do nível de água na guia. Para o cálculo da capacidade hidráulica de captação da boca de lobo

- a) Boca de lobo com entrada lateral, sem depressão, profundidade da água menor que a abertura da boca: admite-se que a boca de lobo atua como vertedouro.  
Sua capacidade pode ser calculada por:

$$Q = 1,7 \times L \times y^{1,5}$$

Onde:

Q = capacidade engolimento (m<sup>3</sup>/s);

y = altura do nível de água na entrada da BL (m);

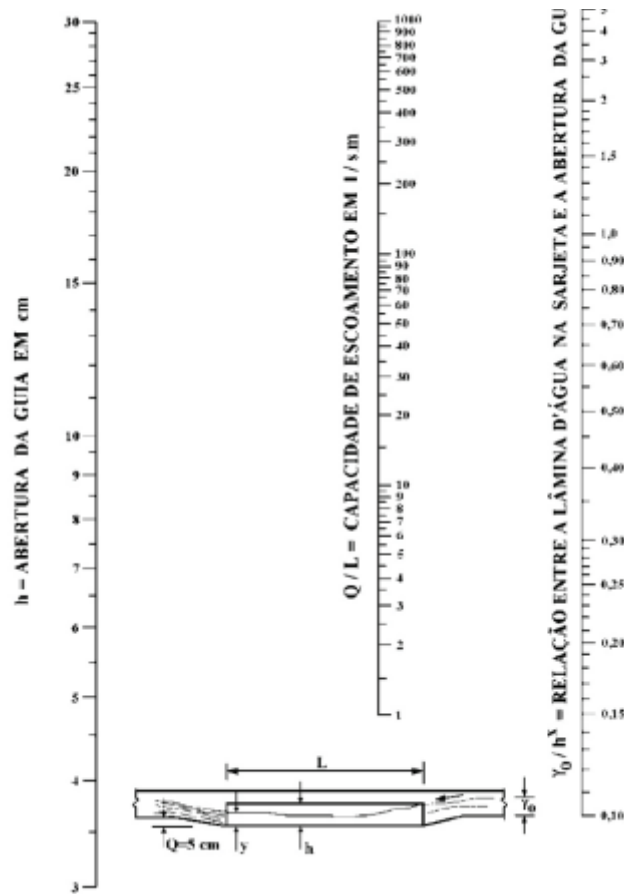
L = comprimento longitudinal da abertura da BL (m).

- b) Boca de lobo com entrada lateral, sem depressão, profundidade da água maior que o dobro a abertura da boca  
Sua capacidade pode ser calculada por:

$$Q = 3,101 \times L \times h^{3/2} \sqrt{\frac{y}{h} - \frac{1}{2}}$$

- c) Para a situação intermediária entre as duas apresentadas  
Para situações intermediárias ( $h < y < 2.h$ ), pode-se estimar a capacidade de engolimento por interpolação ou por outro critério devidamente justificado.
- d) Boca de lobo com entrada lateral e com depressão  
O cálculo da capacidade de engolimento de bocas de lobo com depressão pode ser feito com o ábaco da Figura 2.

**Figura 2: Capacidade de engolimento de bocas de lobo com depressão de 5 cm em pontos baixos**



Fonte: DAEE/CETESB, 1980.

- e) Boca de lobo com grelha, profundidade da água ( $y$ ) < 12 cm.  
O cálculo da capacidade das bocas de lobo com grelha considera uma analogia de semelhante ao de um vertedor de soleira livre. Nesse caso, o comprimento total da soleira do vertedor ( $P$ ) é igual ao perímetro livre da grelha (igual ao perímetro total, descontando-se as barras e o lado adjacente à guia). O cálculo da vazão de engolimento ( $Q$ ) é feito pela equação (FHWA, 1996; TOMAZ, 2012):

$$Q = 1,66 \times P \times y^{1,5}$$

- f) Boca de lobo com grelha, profundidade da água ( $y$ ) > 42 cm

Para profundidades maiores que 42 cm, a vazão é calculada através da seguinte equação (TOMAZ, 2012):

$$Q = 2,9 \times A \times \sqrt{y}$$

Onde:

A: área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas barras ( $m^2$ );  
y: altura de água sobre a grelha (m).

- g) Para lâminas com profundidade entre 12 e 42 cm  
Pode-se estimar a capacidade de engolimento por interpolação ou por outro critério devidamente justificado.
- h) Boca de lobo combinada: grelha + entrada lateral.  
A capacidade teórica de engolimento das bocas de lobo combinadas é aproximadamente igual à soma da vazão calculada para a grelha, mais a vazão calculada para boca de lobo com entrada lateral.

### **6.3. Declividades**

A declividade mínima que deve ser adotada para a rede é de 1,0%.

### **6.4. Diâmetro da Tubulação**

O diâmetro mínimo do conduto de ligação é de 400mm para boca de lobo singela e da rede é de 600mm.

### **6.5. Cálculo de Velocidade de Escoamento**

A velocidade de escoamento é um critério essencial para o dimensionamento. A variação da velocidade, pode alterar o regime de escoamento entre supercrítico e subcrítico e pode ser alterada modificando os parâmetros de inclinação longitudinal, revestimento interno e geometria do canal. As restrições quanto ao valor da velocidade podem evitar problemas na vida útil da obra.

#### a) Velocidades Baixas

O limite para velocidade mínima empregada em projetos é de 0,6 m/s, este valor deve ser alcançado para 10% da vazão de projeto, caso contrário pode ocasionar: assoreamento de canais e tubulações, deposição dos detritos nas seções, necessidade de manutenção constante e possível desenvolvimento de plantas aquáticas

#### b) Velocidades altas

A velocidade máxima costuma ser estimada a partir de experimentos e através da prática, de forma a evitar problemas de erosão do leito ou das margens dos canais, desgaste do revestimento dos canais e interno dos tubos.

## 7. DIRETRIZES DE PROJETO PARA MACRODRENAGEM

O sistema de macrodrenagem inclui:

- a) Redes de galerias de águas pluviais com diâmetro maior ou igual a 1,00 m;
- b) Galerias de seção retangular e canais abertos com revestimento
- c) Reservatórios de retenção e retenção localizados entre trechos da rede de macrodrenagem
- d) Dispositivos de lançamento em corpos hídricos superficiais com dissipadores de energia

No caso dos canais, as recomendações de projeto incluem a escolha de uma seção de acordo com o espaço disponível para implantação, as características do solo de apoio, níveis de água e da soleira a jusante, a declividade e condições de operação. A configuração ideal admite uma seção trapezoidal simplesmente escavado com taludes gramados, pela simples execução, manutenção e menor custo. Os benefícios desses canais simplesmente escavados envolvem a possibilidade de aumento da capacidade, além de preservar faixas maiores para intervenções futuras. Porém, com as limitações de espaço, o canal pode-se revestir o canal para garantir maiores velocidades de escoamento. Para evitar problemas de leitos meandrados, a solução recomendada é a adoção de seções compostas para veicular vazões máximas e que permitam conduzir as vazões formativas, ou seja, de média intensidade, para subleitos menores em condições adequadas de velocidade.

Para galerias de grandes dimensões, devem ser consideradas as limitações quanto a redução da capacidade ao operarem em carga, as condições mais difíceis de manutenção por serem fechadas e a necessidade, em alguns casos, de atuar com seção transversal de células múltiplas, que gera problemáticas no desempenho hidráulico. Sendo assim, algumas recomendações de projeto para melhoria da eficiência são:

- a) Quando possível, introduzir trechos em canal aberto, para homogeneizar o fluxo d'água, além de serem acesso para manutenção;
- b) No caso da necessidade de galerias de células múltiplas, é preferível optar por galeria de apenas duas células;
- c) Nos pontos onde há possibilidade de acúmulo de detritos, como em confluências, bifurcações, janelas de equalização do fluxo e curvas mais acentuadas, devem ser projetadas as caixas que permitam o acesso a equipamentos de limpeza e remoção de detritos;

Quanto aos dispositivos de armazenamento para redução de vazão de pico elevada a jusante da bacia, podem ser de dois tipos: de controle na fonte e de controle a jusante. Os dispositivos de controle na fonte possuem pequeno porte e são implantados nas proximidades do local de origem do escoamento superficial, permitem um controle em tempo real das vazões e incremento de capacidade de drenagem do sistema no geral, porém dificulta o monitoramento e manutenção quando há instalação em grande número e em diversos locais. Por outro lado, os dispositivos de controle a jusante, podem se localizar no extremo de jusante da bacia, por apresentar maiores dimensões, tem implantação mais dificultosa.

### 7.1. Dados para elaboração de projeto para macrodrenagem

- a) Planta de situação e localização da área dentro do município
- b) Levantamento aerofotogramétrico da bacia em estudo

- c) Planta contendo o levantamento planialtimétrico local
- d) Perfil do terreno com estaqueamento a cada 20 metros em coincidência com o eixo da estrutura em projeto;
- e) Devem ser indicadas no perfil as cotas do talvegue do curso d'água, de topo das suas margens e de fundo da galeria existente, a cada estaca
- f) Cadastro das galerias existentes com traçado e posicionamento dos dispositivos detalhados quanto a suas dimensões, no caso de poços de visita devem ser apresentadas a cota da tampa e as profundidades da tubulação de entrada e saída
- g) Cadastro especial das galerias existentes que permitam o acesso de equipamentos topográficos
- h) Projetos anteriores do local, de conexão e de interferência das redes de concessionárias com o projeto elaborado
- i) Dados relativos à urbanização atual e futura da bacia
- j) Indicações dos níveis de enchente do curso d'água onde serão despejadas as águas.

## **7.2. Tipos de projeto**

### **7.2.1. Projeto de rede de macrodrenagem**

Aplicado a áreas extensas, é realizado a nível de estudo de viabilidade, para planejamento urbano. O objetivo é compatibilizar vazões dos diversos corpos hídricos e propor estruturas hidráulicas para escoamento e armazenamento das águas pluviais, que devem ser detalhadas no Projeto Básico e Executivo, além de outras medidas para controle de cheias.

### **7.2.2. Projeto de canalização de curso d'água natural**

Propõe intervenção, com estrutura hidráulica adequada à forma de ocupação, em curso d'água específico. Atualmente compõe um projeto multidisciplinar, envolvendo traçado viário, obras de arte, pavimentação e urbanização de fundo de vale. No projeto básico, aponta-se o tipo de estrutura mais adequada e o sistema construtivo respectivo. No projeto executivo deve ser feita revisão envolvendo os sistemas construtivos, tipo de hidráulica adotada e indicando o método executivo mais adequado.

### **7.2.3. Projeto de recuperação de rede de drenagem**

Associado a problemas de galerias pré-existentes, como de dimensionamento com critérios inadequados ou sem projeto; galerias em colapso estrutural e galerias executadas em não conformidade com o projeto. Para dar início ao projeto, deve-se realizar um diagnóstico baseado na coleta de dados, cadastro completo das galerias e apresentar irregularidades como obstrução, locais com acúmulo de detritos e com ocorrência de assoreamento.

As soluções que devem ser estudadas são, entre outras:

- Recuperação da galeria existente
- Reforço parcial da galeria existente
- Reforço completo da galeria existente
- Substituição da galeria existente

### 7.3. Desenvolvimento do projeto

As etapas do projeto que devem ser desenvolvidas são:

#### 7.3.1. Estudo de viabilidade

- a) Coleta e análise dos dados do item 7.1
- b) Destaque em planta as linhas dos corpos hídricos e galerias principais, bem como delimitar as bacias de contribuição
- c) Vistoria ao local
- d) Elaboração de planta de bacia com subdivisões, com pontos de acréscimo de vazão e total das áreas
- e) Cálculo da vazão para cada trecho dos corpos hídricos ou canalizações para período de retorno de projeto
- f) Pré-dimensionamento das estruturas
- g) Estudo das alternativas
- h) Compatibilização das alternativas com os demais projetos
- i) Estudo preliminar do método construtivo de cada alternativa
- j) Elaboração de orçamentos
- k) Apresentação do estudo de alternativas para definir soluções a serem detalhadas
- l) Detalhamento das alternativas aprovadas
- m) Conclusão e apresentação do estudo de viabilidade

#### 7.3.2. Projeto básico

- a) Revisão do estudo de viabilidade
- b) Coleta de dados adicionais
- c) Levantamentos topográficos e cadastrais
- d) Vistoria ao local
- e) Estudo hidrológico considerando o tipo de estrutura hidráulica adotada
- f) Dimensionamento hidráulico
- g) Sondagens
- h) Análise do método executivo
- i) Detalhamento da solução adotada
- j) Orçamento e especificações
- k) Conclusão e apresentação dos produtos desta etapa

#### 7.3.3. Projeto básico

- a) Revisão do Projeto Básico
- b) Coleta de dados e levantamentos topográficos adicionais
- c) Vistoria ao local
- d) Estudo hidrológico e hidráulico
- e) Projeto de fundações, entre outros que compõem o projeto multidisciplinar
- f) Conclusão e apresentação do projeto

### 7.4. Recomendações

O escoamento próximo ao regime crítico para a vazão máxima de projeto ou de dimensionamento deve ser evitado, o tipo de escoamento mais adequado é o subcrítico. Em alguns casos ainda, pode ser dimensionado no regime supercrítico, desde que não seja aplicado a galerias fechadas e somente em canais retilíneos e sem irregularidades.

Quanto a velocidade para vazão de base deve ser superior a 0,5m/s, caso os dados para obtenção da vazão de base sejam insuficientes, considerar 10% da vazão de projeto. Para canais revestidos com grama ou em terra a velocidade máxima admissível deverá ser estabelecida de acordo com o tipo de solo, para evitar erosão.

Para degraus com altura acima de 1,5m deve ser protegido o fundo em pedra ou concreto especial. O degrau da tampa da galeria deve ser posicionado a jusante do degrau do fundo a uma distância maior que a altura da galeria. O fundo dos canais e galerias deve ter caimento para o centro com pelo menos 0,5% de declividade.

A linha d'água para vazão de projeto dos afluentes deve estar acima da linha d'água do corpo hídrico principal.

## 8. DIRETRIZES DE PROJETO PARA OBRAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO

As obras de detenção e retenção estão dentro do contexto da macrodrenagem e apresentam destaque crescente devido a abordagem moderna assumida pela Drenagem Urbana.

A obra de detenção consiste no armazenamento temporário da água de escoamento superficial, durante e imediatamente após um evento de precipitação. São exemplos de dispositivos de detenção as depressões naturais ou escavadas, caixas e reservatórios subsuperficiais, armazenamento em telhado, bacia de infiltração, entre outros.

Enquanto as obras de retenção após o armazenamento, oferece destinação às águas, seja para fins recreativos, de abastecimento, entre outros. São exemplos de dispositivos de retenção: reservatórios, pequenos lagos, entre outros.

### 8.1. Procedimentos de planejamento e projeto

Devem ser considerados os seguintes aspectos técnicos e condicionantes para projeto de obras de detenção e retenção, dentre eles:

- a) Determinação da inclinação máxima do talude para escavação
- b) Estimativa de carga anual de transporte de detritos da bacia, para prever dispositivos de controle de sedimentos
- c) Escolha da grama adequada para proteção de taludes que resistam a inundações
- d) Análise das necessidades da comunidade local
- e) Análise de riscos

Para abordagem adequada dos aspectos para planejamento de obra de detenção ou retenção são necessários:

- a) Coleta e análise dos dados da bacia
- b) Identificação de locais disponíveis e viáveis para armazenamento
- c) Seleção da descarga liberada a jusante de projeto
- d) Configuração preliminar da hidrologia do projeto
- e) Análise e confirmação das condicionantes laterais (edificações vizinhas) e verticais (nível do lençol freático, por exemplo)
- f) Desenho do projeto hidrológico-hidráulico

### 8.2. Finalização do projeto

Esta etapa consiste em definir a relação volume da obra de D/R em função da descarga liberada para jusante, de forma a satisfazer a condição de descarga-probabilidade de projeto, bem como as geometrias e o respectivo projeto hidráulico dos elementos.

## 9. DISSIPACÃO DE ENERGIA

A utilização de dispositivos de dissipação de energia tem como objetivo a redução da velocidade de escoamento das águas nas estruturas hidráulicas e nas saídas de galerias, para redução do desgaste ou erosão dos canais. Degraus, rampas dentadas e blocos de impactos são exemplos desse tipo de dispositivo.

### 9.1. Degraus

O emprego desta estrutura está associado à existência de um ressalto hidráulico a jusante, para maior eficácia do dispositivo.

### 9.2. Rampas dentadas

Consiste na implementação de repetidas obstruções, que são de uma altura nominal equivalente à profundidade crítica. Além da dissipação ocasionada pelos obstáculos, outra parcela é referente a dissipação da rampa, ao reorientar o escoamento.

### 9.3. Blocos de impactos

Utilizados nas saídas de tubulações com escoamentos muito rápidos. Este tipo de obra é denominado “bacia de dissipação para saída de condutos”, a bacia é relativamente pequena e produz alta eficácia na dissipação de energia

## 10. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

O controle de qualidade das águas demanda uma boa gestão e planejamento de serviços de saneamento básico, principalmente no manejo das águas pluviais e esgotos sanitários. No Brasil, o sistema separador para águas pluviais e esgoto prevalece nas cidades, mesmo assim, a qualidade das águas muitas vezes não atinge as metas estabelecidas. Isso se deve ao fato de que, por muitas vezes, atuam na realidade como sistemas mistos. Para solucionar esse problema, são executados programas de separação de rede, principalmente em áreas de ocupação irregular, onde não há o devido planejamento urbano. Como consequência, as águas lançadas nos corpos hídricos apresentam condições ruins, que em tempos de chuva podem agregar, além do esgoto não coletado, a poluição difusa proveniente da lavagem da atmosfera, das superfícies e da própria rede.

No caso das águas pluviais que não recebem lançamentos diretos de esgotos, a qualidade da água lançada depende de fatores como a limpeza urbana e sua frequência, a intensidade e distribuição temporal e espacial da precipitação, da época do ano e do tipo de uso do solo da área, além da ocorrência de processos erosivos. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

A avaliação da qualidade da água apresenta as seguintes etapas:

- a) Determinação da carga poluidora de esgotos sanitários não coletada pela rede
- b) Determinação da carga poluidora dos resíduos sólidos
- c) Determinação da carga poluidora de esgoto pelo pluvial
- d) Avaliação da capacidade de redução das cargas em função de medidas de controle

No caso específico do Município de Mairiporã, a qualidade das águas pluviais impacta diretamente a qualidade da água de abastecimento de grande parte da população da região metropolitana de São Paulo. Dessa forma, o tema possui grande relevância sob os aspectos ambientais e financeiros. Com a finalidade de melhorar a qualidade das águas pluviais do município, em consonância com as medidas não estruturais previstas no Plano Diretor de Drenagem, também deverão ser previstas medidas estruturais e não estruturais no Plano de Saneamento Básico Municipal – Eixo Esgoto e no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

## 11. BIBLIOGRAFIA

**ADASA – AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL.** Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal. Edição revista e atualizada. Brasília, DF: Adasa, 2018.

**COMITÊ DA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ.** Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. 2009.

**COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ.** Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – 2020 a 2035. 2020.

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS CPRM.** Diagnóstico da População em Áreas de Risco Geológico em Mairiporã. 2021.

**DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DAEE.** Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT 3. 2012.

**INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT.** Atlas Socioambiental do município de Mairiporã. 2017.

**INSTITUTOS DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT.** Plano para a Criação de Unidade de Conservação (UC) no Pico do Olho D'água. 2017.

**MIGUEZ, M.G., MASCARENHAS, F.C.B., MAGALHÃES, L.P.C. (2007).** Multifunctional Landscapes For Urban Flood Control In Developing Countries. International Journal of Sustainable Development and Planning, Vol. 2, N°2 (2007), pp. 153-166, ISSN 1743- 7601.

**MINISTÉRIO DAS CIDADES.** Manual para apresentação de propostas — Programa-1138 — Drenagem Urbana e Controle de Erosão Marítima e Fluvial, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília, Brasil, 2010.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE MAIRIPORÃ.** Plano Diretor Participativo de Mairiporã. 2021.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE MAIRIPORÃ.** Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Mairiporã (PMGIRS). 2014.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE MAIRIPORÃ.** Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB. 2012.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO.** Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. [S.l.]. 1999.

**SUDERHSA.** Plano diretor de drenagem para a bacia do Rio Iguaçu na região Metropolitana de Curitiba. Relatório Final – Volume 4. Capacidade do sistema atual e medidas de controle de cheias. Tomo 4.2 – Modelagem das linhas de inundação da bacia do rio Avariú. 2002.