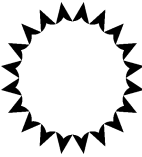




Departamento de Tecnologia da Arquitetura
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo



Microdrenagem urbana

AUT 0192 - Infraestrutura Urbana e Meio Ambiente
2015

Principais elementos do sistema pluvial

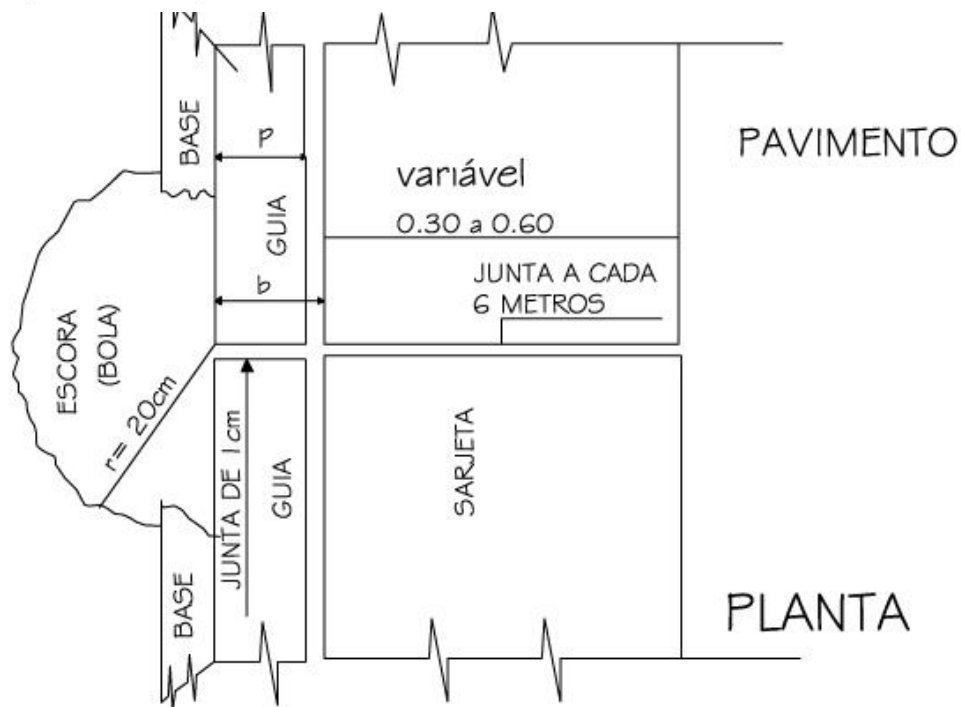
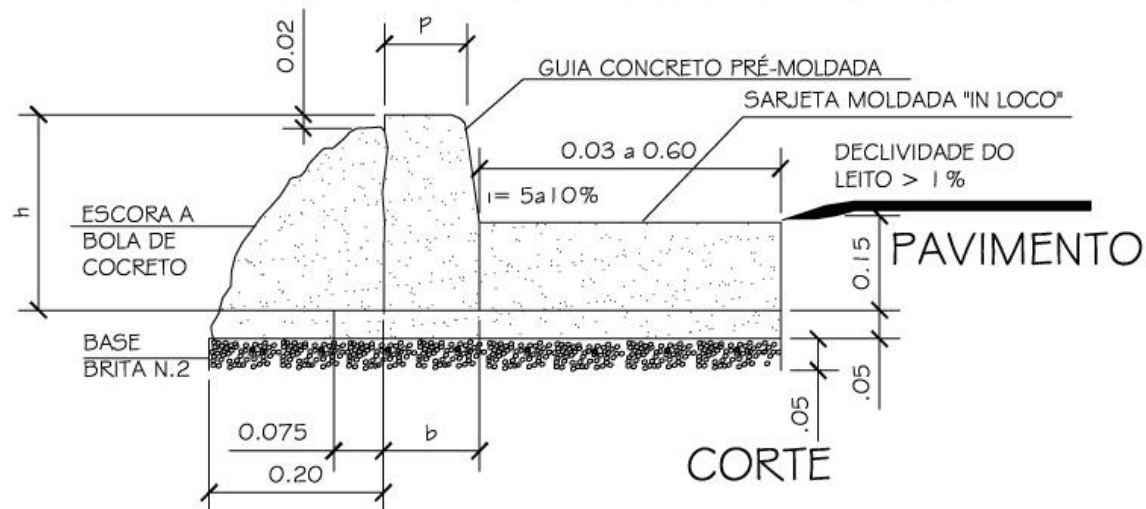
Calha viária das ruas

é o primeiro canal condutor das águas pluviais

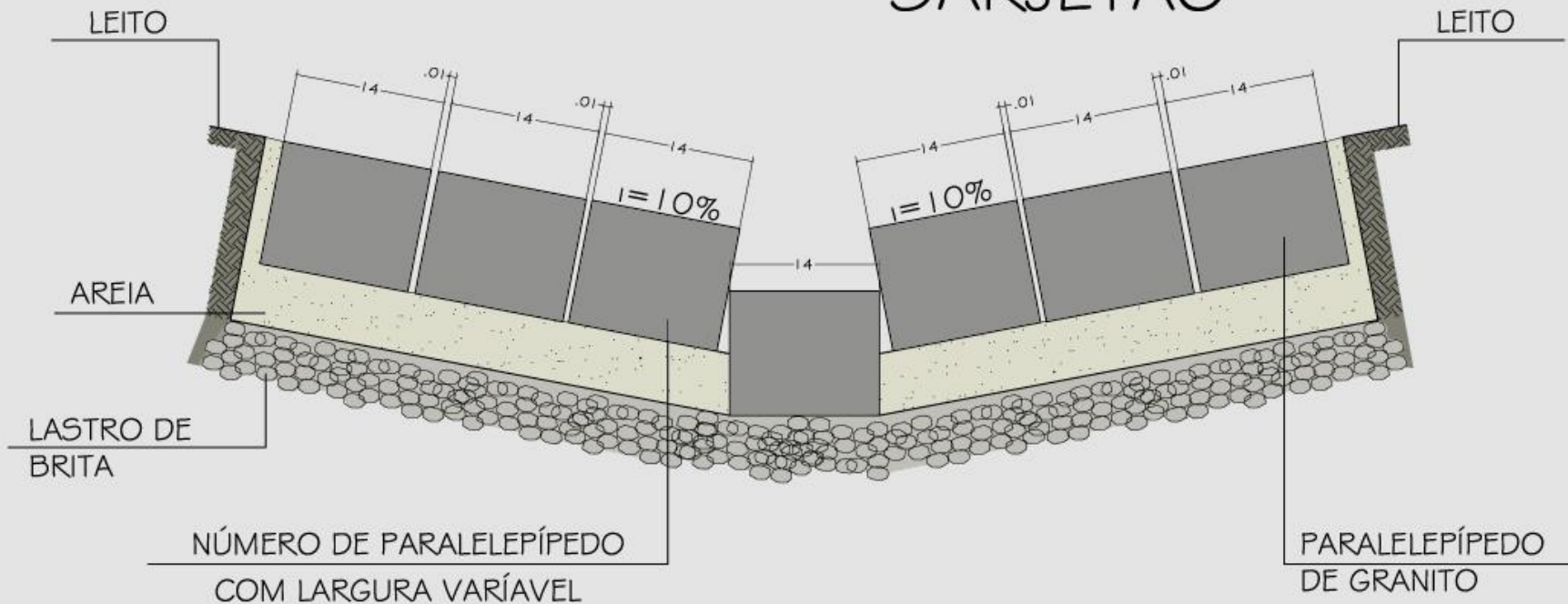
Componentes:

- Leito viário
- Guias
- Sarjetas
- Rasgos e sarjetões

EXEMPLO DE GUIA E SARJETA DE CONCRETO

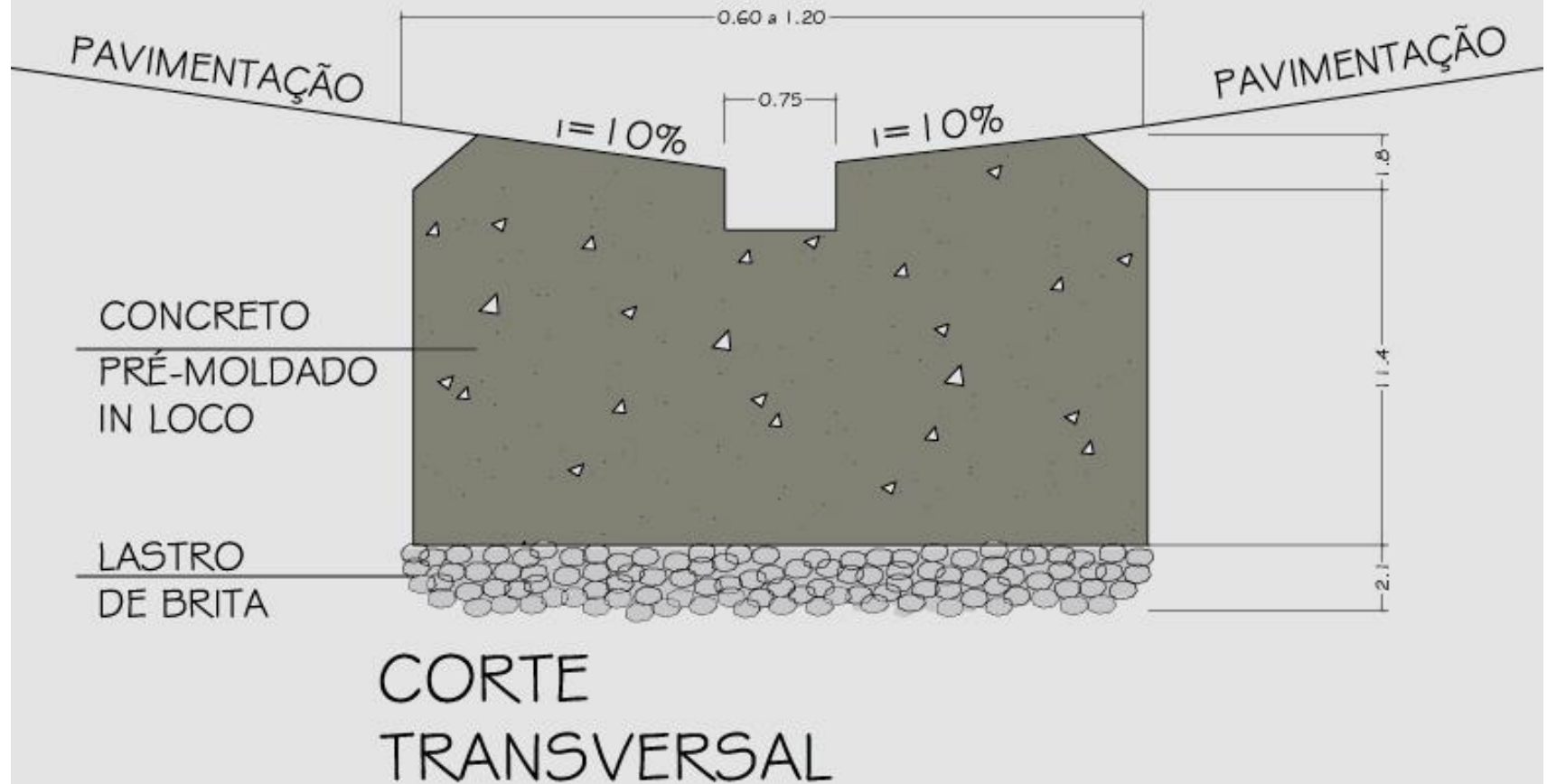


SARJETÃO



CORTE
TRANSVERSAL

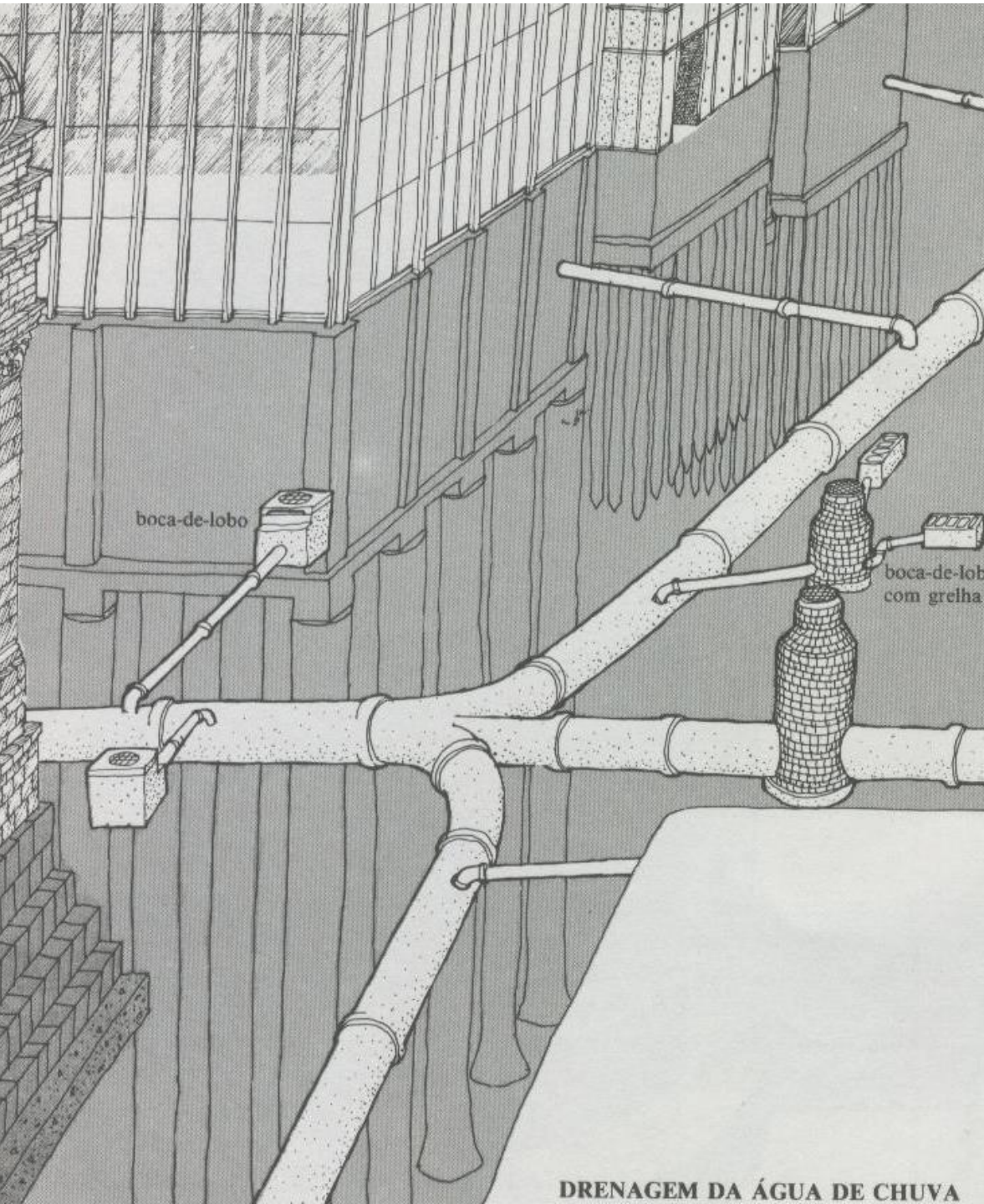
RASGO



Principais elementos do sistema pluvial

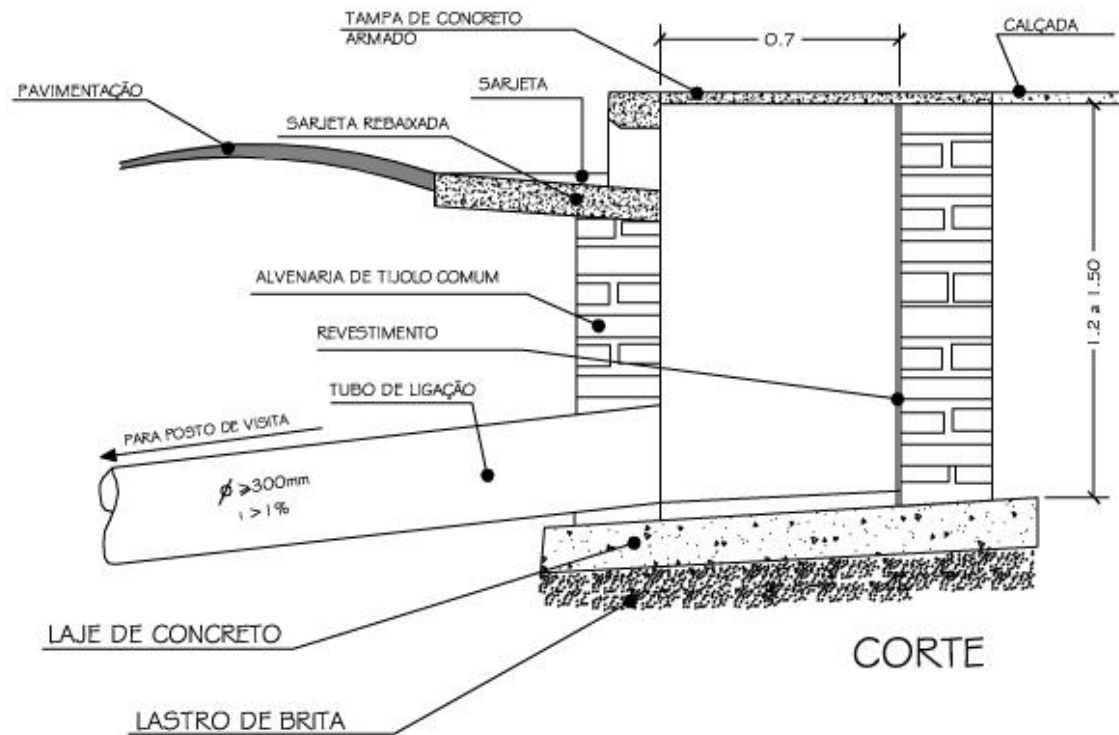
Redes enterradas

- Galerias de águas pluviais
- Caixas de captação
 - Boca de lobo
 - Bocas de leão - grelhas
 - Bocas contínuas de captação
- Poço de visita
- Elementos de dissipação de energia
 - Rampas hidráulicas
 - Escadas hidráulicas
 - Enrocamentos

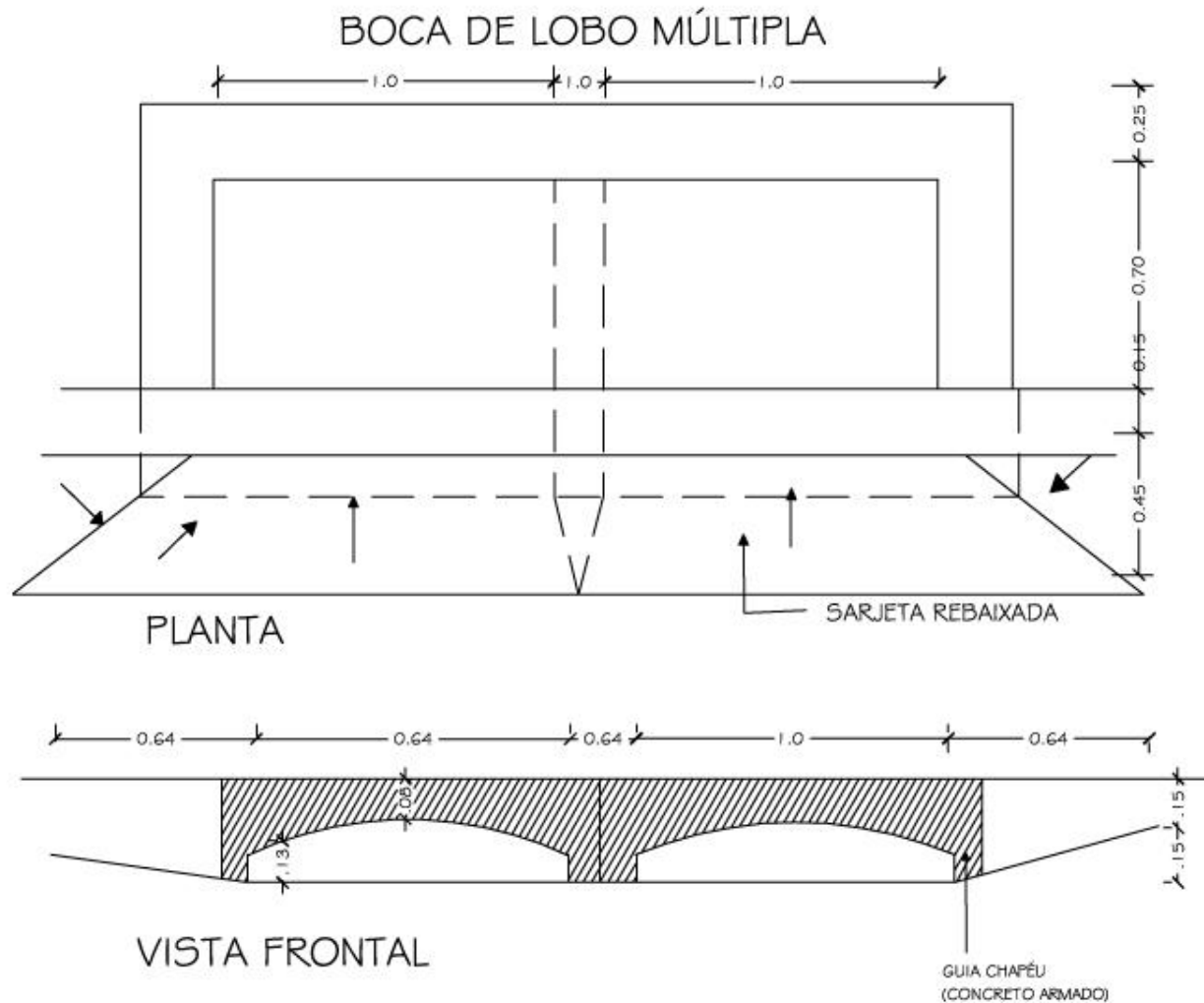


DRENAGEM DA ÁGUA DE CHUVA

Caixa de captação seção transversal à via Dispositivo com boca de lobo

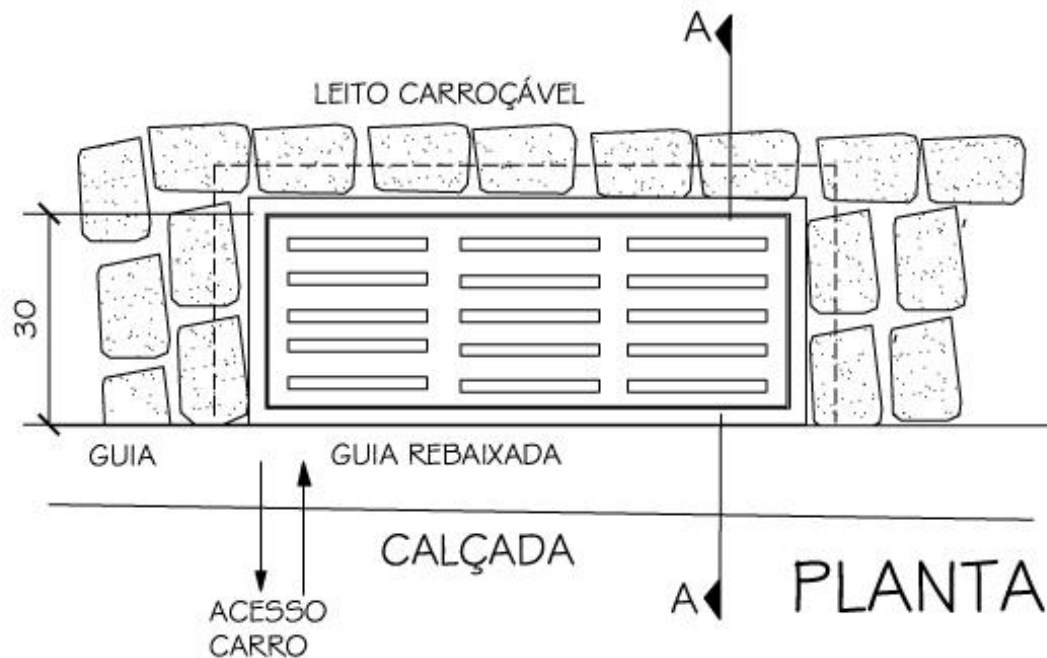


Caixa de captação vistas superior e longitudinal à via Bocas de lobo

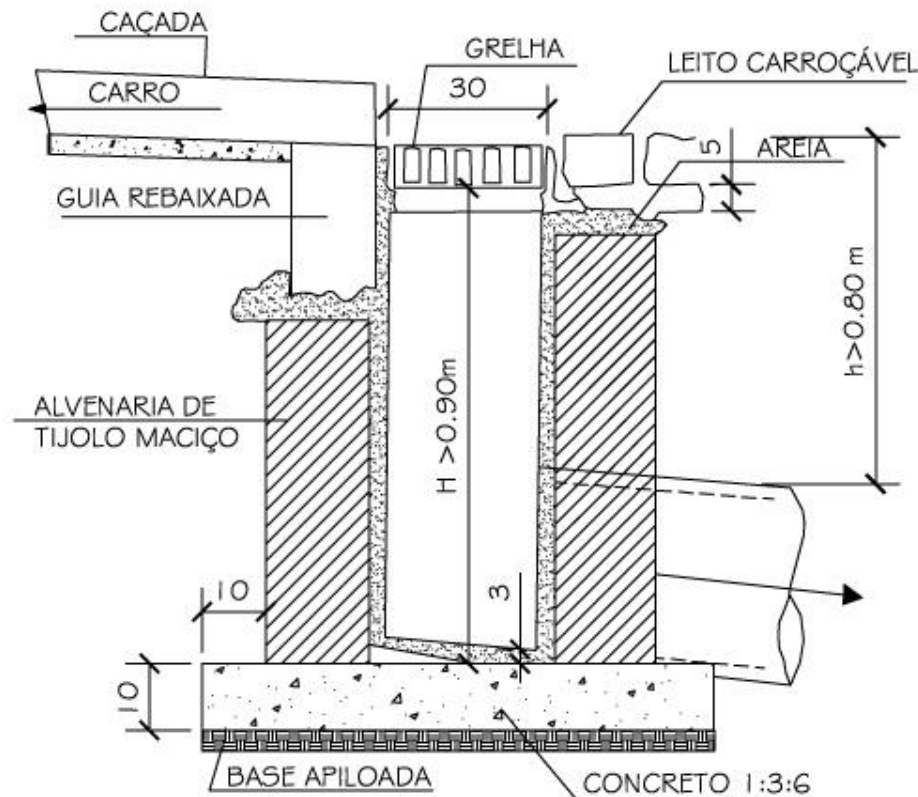


Caixa de captação vistas superior de um dispositivo do tipo grelha Bocas de leão

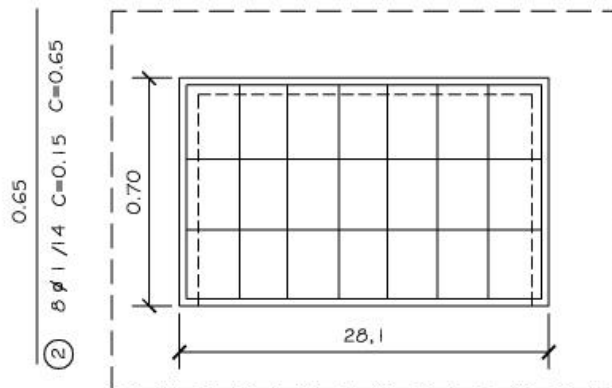
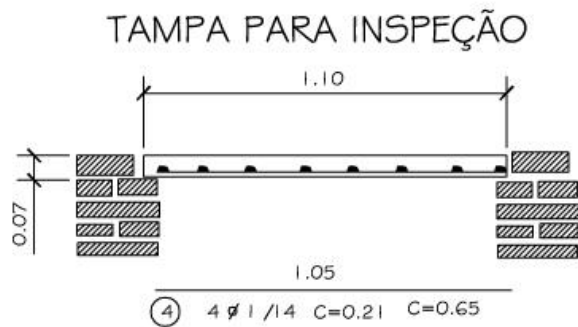
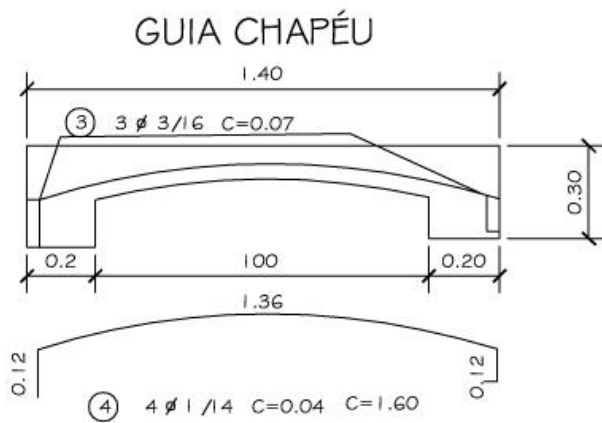
CAIXAS E GRELHAS JUNTO AO MEIO FIO



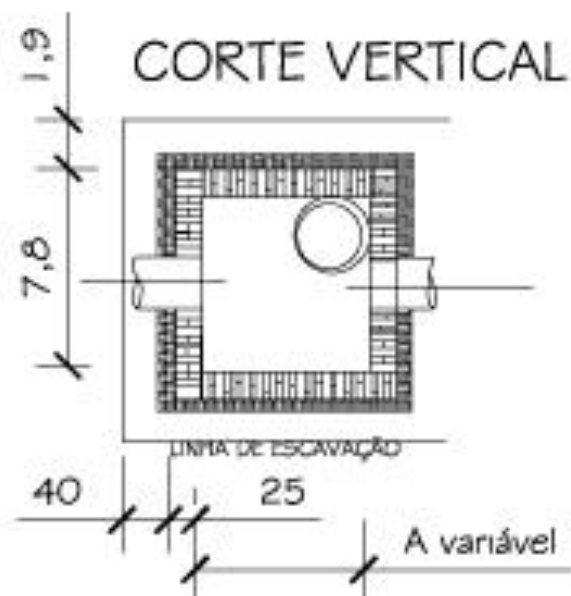
Caixa de captação seção transversal à via Dispositivo com boca de leão



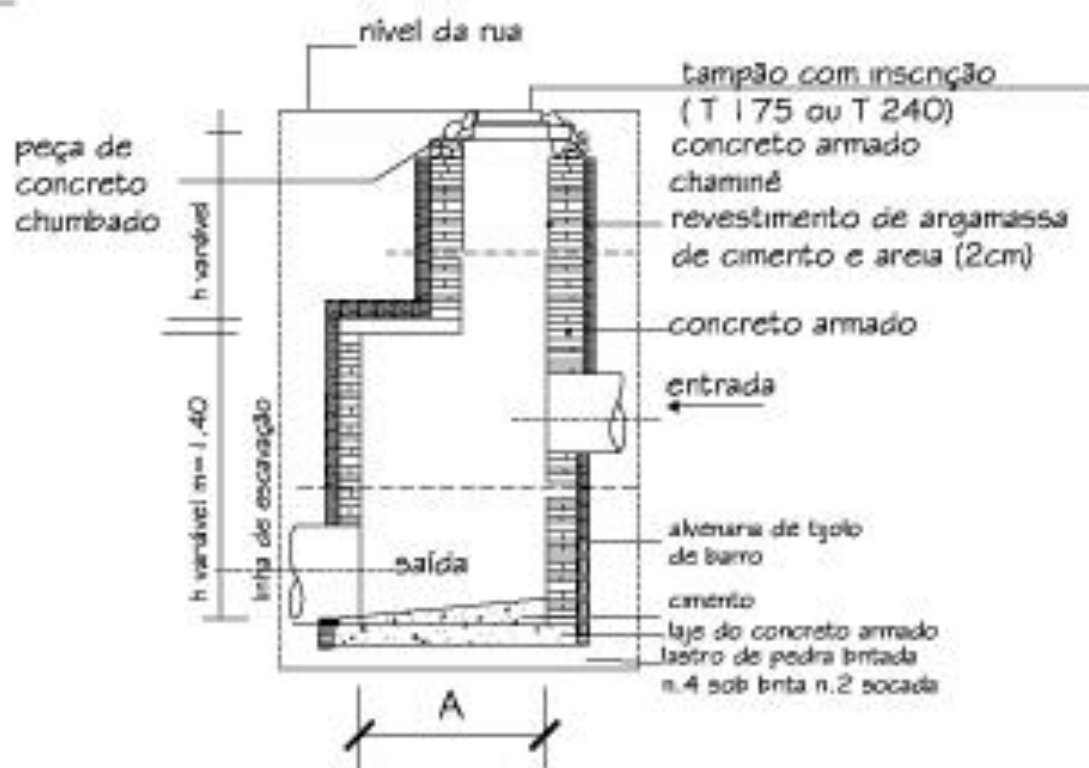
CORTE A.A



Caixas de captação
detalhes de bocas de lobo
e de bocas de leão



POÇO DE VISITA



Terminologia básica

- Boca de lobo – é uma estrutura hidráulica destinada a captar as águas superficiais, consistindo de uma caixa de alvenaria ou premoldado de concreto localizada sob o passeio ou sob a sarjeta. No primeiro caso, capta águas superficiais através da abertura na guia denominada chapéu; no segundo caso, capta águas superficiais por meio de uma grelha de ferro fundido.
- Caixa de ligação (caixa morta) – é uma caixa de alvenaria ou premoldado de concreto, que recebe os condutos de conexão das bocas de lobo e se liga, por conduto, à galeria. Não é visitável.
- Chaminé – é o conduto vertical de seção circular, de alvenaria ou premoldado de concreto, localizado sobre a laje superior do poço de visita e coberto pelo tampão.

Terminologia básica

- chuva inicial de projeto – é a chuva considerada para o projeto de um sistema inicial de drenagem e poderá ter período de retorno de 2,5 ou 10 anos.
- chuva máxima de projeto – é a chuva considerada para o projeto de um sistema de macro-drenagem, com período de retorno de 100 anos.
- conexão – é o conduto destinado a conectar a boca de lobo à caixa de ligação ou ao poço de visita.
- galeria – é o conduto destinado a transportar a água pluvial desde a captação até o local de despejo. pode ter seção circular, retangular, oval ou de outra forma.
- galeria ramal – é a galeria que conduz a contribuição do curso d'água secundário, ou que fica em fundo de vale secundário da bacia de drenagem.

Terminologia básica

- Galeria – é a tubulação que conduz as águas pluviais.
- Guia (meio fio) – é a peça de granito ou de concreto premoldado (especificações E-31 do IPT e EM-9/EM-10 da pmsp) destinada a separar a faixa de pavimentação da faixa do passeio, limitando a sarjeta longitudinalmente.
- Poço de visita (poço de inspeção) – é uma caixa de alvenaria ou premoldado de concreto que une dois trechos consecutivos de uma galeria e pode receber os condutos de conexão das bocas de lobo. É visitável através da chaminé.

Terminologia básica

- Sarjeta – é o canal triangular longitudinal destinado a coletar e conduzir as águas superficiais da faixa pavimentada da via pública à boca de lobo ou sarjetão.
- Sarjetão – é o canal triangular geralmente localizado em pontos baixos do greide da via pública ou nos seus cruzamentos, destinado a coletar e conduzir as águas superficiais à boca de lobo, ou a outra sarjeta.
- Sistema de macro-drenagem – é a parte de um sistema urbano de drenagem que deve afastar as águas de escoamento superficial resultante de uma chuva intensa de período de retorno de 100 anos. O sistema de macro-drenagem inclui, além do sistema inicial de drenagem, o leito das ruas, bem como os condutos receptores ou coletores finais que podem ser um rio, um canal ou mesmo uma galeria de grandes dimensões.

Terminologia básica

- Tampão – é a peça de ferro fundido instalada ao nível da pavimentação de via pública e sobre a chaminé, destinada a permitir o acesso ao poço de visita.
- Tempo de concentração – é o tempo gasto pela água para escoar desde o ponto mais afastado da bacia de drenagem, até o ponto de projeto considerado. É a soma do tempo de entrada e dos tempos de escoamento na sarjeta e na galeria.

Terminologia básica

- Tempo de entrada – é o tempo gasto pela água para atingir a primeira boca de lobo.
- Tempo de percurso – é o tempo gasto pela água para percorrer a sarjeta, entrar na boca de lobo, percorrer a conexão, entrar no poço de visita (ou caixa de ligação), e percorrer a galeria até o ponto de concentração considerado.
- Trecho de galeria – é a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos.

Projeto de microdrenagem urbana

A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais associados ao sistema viário urbano.

O bom funcionamento do sistema de microdrenagem depende essencialmente da execução cuidadosa das obras (pavimentos das ruas, guias e sarjetas, e galerias das águas pluviais), além de manutenção permanente, com limpeza e desobstrução das bocas de lobo e das galerias antes das épocas chuvosas.

Projeto de microdrenagem urbana

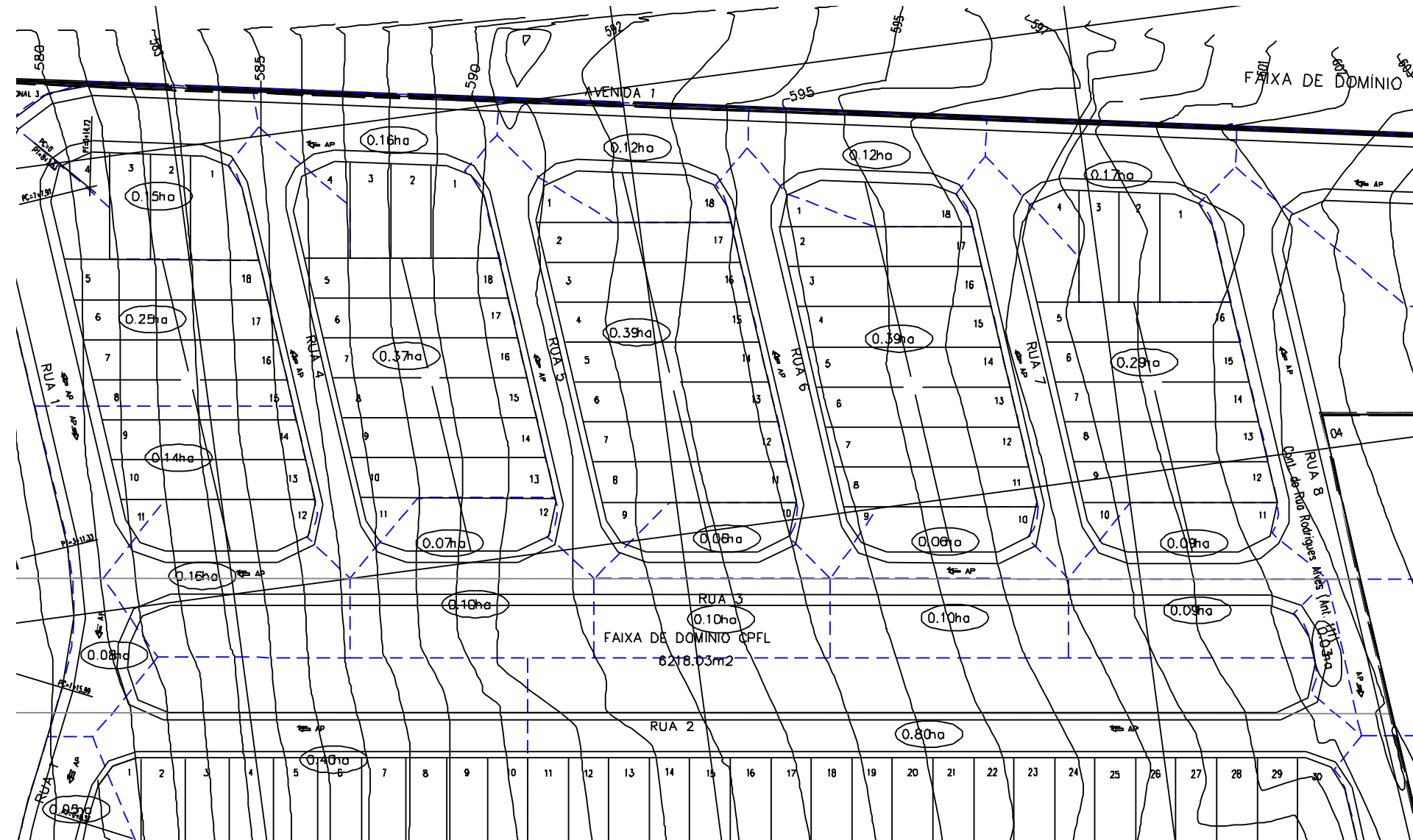
O dimensionamento de uma rede de águas pluviais é baseado nas seguintes etapas :

- Subdivisão da área e do traçado
- Determinação das vazões que afluem à rede de condutos
- Dimensionamento da rede de condutos

Subdivisão de área e traçado

1. Os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho deverão ser marcados nas plantas;
2. Os trechos em que o escoamento se dê apenas nas sarjetas devem ficar identificados por meio de setas;

Subdivisão de área e traçado



AP = Águas
Pluviais



Subdivisão de área e traçado

3. O sistema coletor em uma determinada via será uma rede única, no eixo viário, recebendo ligações de bocas de lobo de ambos passeios

Dados para o projeto

- Plantas
- Levantamento topográfico
- Cadastro
- Urbanização
- Dados relativos ao curso de água receptor

Dados para o projeto

As ruas devem ser dimensionadas levando-se em conta, também, seu funcionamento como condutor hidráulico (as ruas secundárias admitem inundações mais frequentes, por exemplo, que as vias expressas)

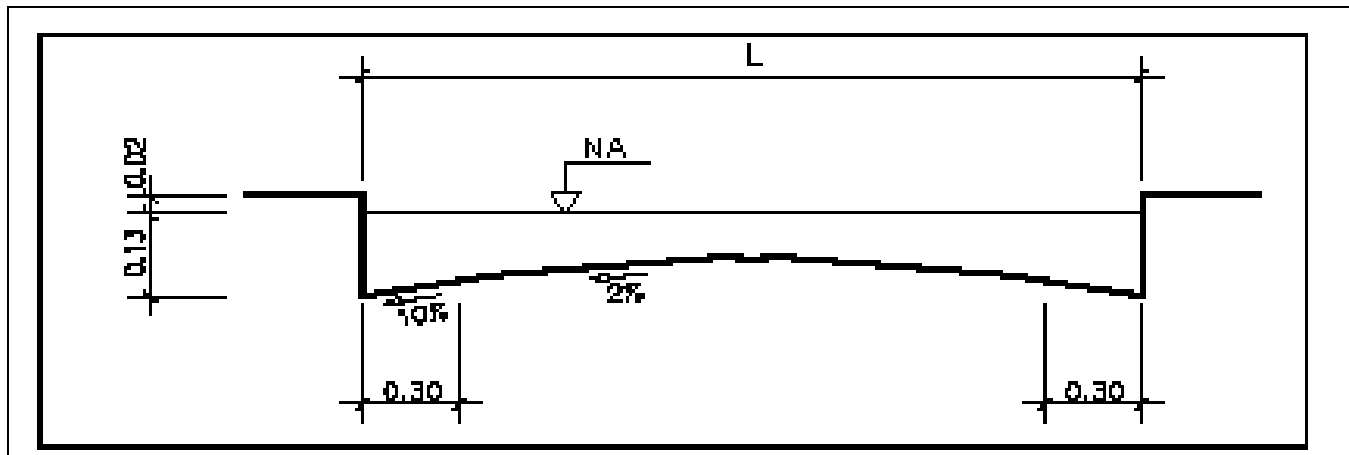
Classificação das ruas

Inundação máxima

- Secundária
sem transbordamento sobre a guia.
O escoamento pode atingir até a crista da rua
- Principal
sem transbordamento sobre a guia.
o escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre
- Avenida
sem transbordamento sobre a guia.
o escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre em cada direção.
- Expressa
nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito.

Capacidade de Escoamento Superficial das Vias

O cálculo da capacidade de escoamento das ruas será considerada a caixa da via como um canal de seção transversal parabólica de flecha igual a 0,15m e o nível d'água tangenciando o vértice da parábola, com a lâmina máxima admitida na sarjeta é de 0,13m :



- **DIMENSIONAMENTO**

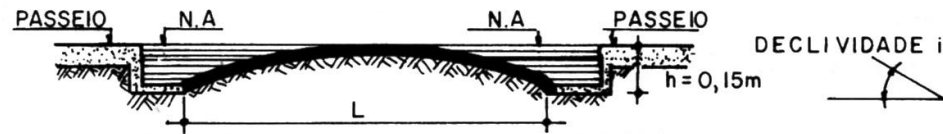
- Os dispositivos de drenagem projetados devem ser dimensionados através da fórmula de Manning e da equação da continuidade, conforme segue:

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

$$Q = A \times V$$

- onde:
- V = Velocidade de Escoamento em m/s;
- n = Rugosidade das Paredes;
- Rh = Raio Hidráulico em m;
- I = Declividade em m/m;
- Q = Vazão a Escoar em m³/s.
- A = Área Molhada da Seção em m².

Tabela para cálculo de capacidade de escoamento de ruas em função de sua Caixa Padrão.



Hipótese - A calha da rua transportará água até encher toda a calha sem extravasar pelos passeios. A flecha admitida para todas as ruas é 15cm. Estamos pois no caso A.

Capacidade (l/s) de uma rua em função de sua largura (L) e sua declividade longitudinal (i %)							
declividade longitudinal i		L=6 (m)	L=8 (m)	L=10 (m)	L=12 (m)	L=14 (m)	L=16 (m)
%	m/m						
1	0,005	171	232	294	355	417	478
	0,010	242	328	415	502	589	676
	0,015	296	402	509	615	722	829
2	0,020	342	465	588	711	834	957
	0,025	382	520	657	795	932	1070
	0,030	419	569	720	870	1021	1172
3	0,035	452	615	777	940	1103	1266
	0,040	484	657	831	1005	1179	1353
	0,045	513	697	882	1066	1251	1436
4	0,050	541	735	929	1124	1319	1513
	0,055	567	771	975	1179	1383	1587
	0,060	593	805	1018	1231	1444	1658
5	0,065	617	838	1060	1281	1503	1725
	0,070	640	870	1100	1330	1560	1791
	0,075	663	900	1138	1377	1615	1853
6	0,080	684	930	1176	1422	1668	1914
	0,085	705	958	1212	1465	1719	1973
	0,090	726	986	1247	1508	1769	2030
7	0,095	746	1013	1281	1549	1818	2086
	0,100	765	1040	1314	1590	1865	2140
	0,105	784	1065	1347	1629	1911	2193
8	0,110	803	1090	1379	1667	1956	2245
	0,115	821	1115	1410	1705	2000	2295
	0,120	838	1139	1440	1741	2043	2345

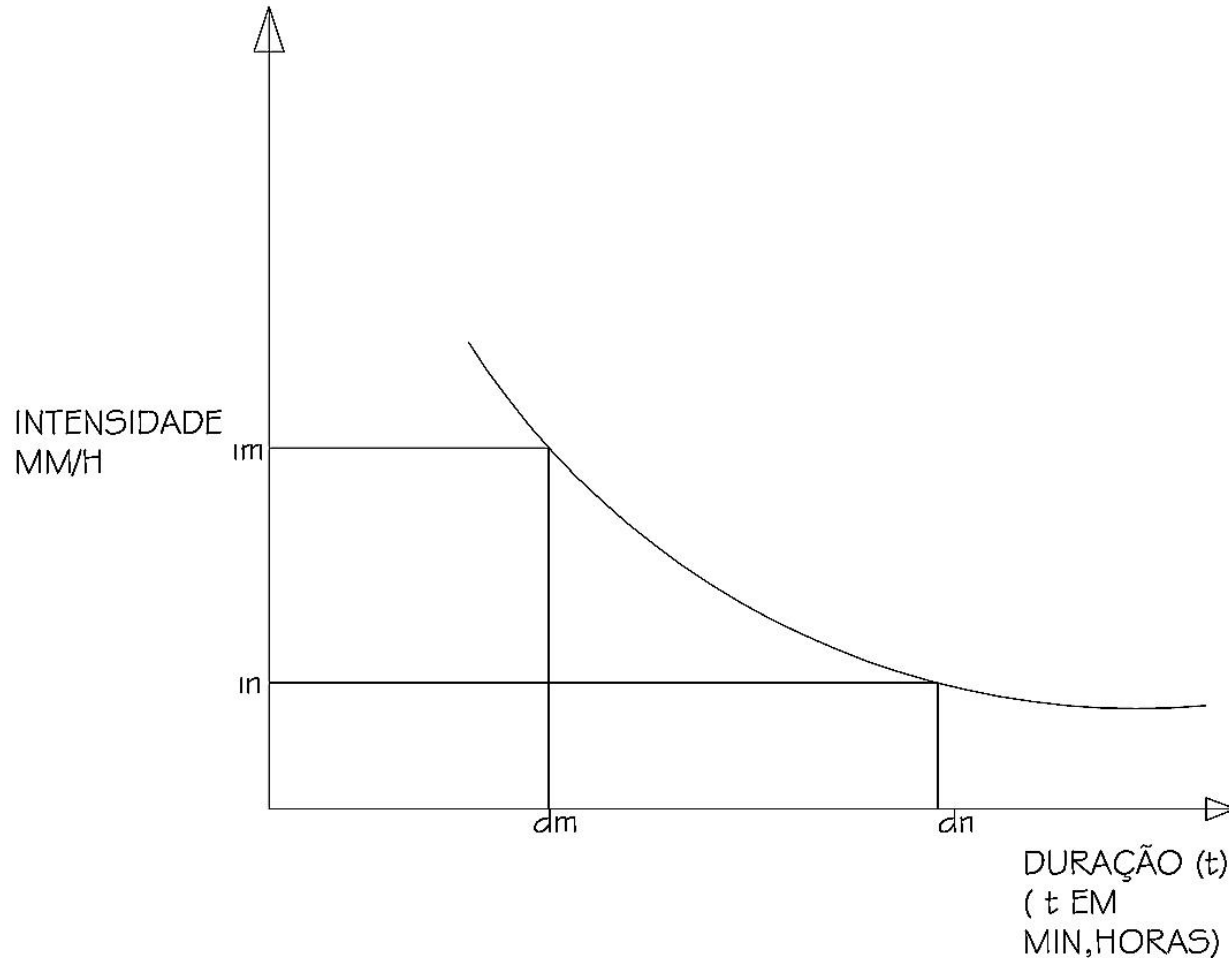
Precipitações

Intensidade

É a medida da quantidade de chuva que cai numa área num certo tempo. É portanto uma medida volumétrica.

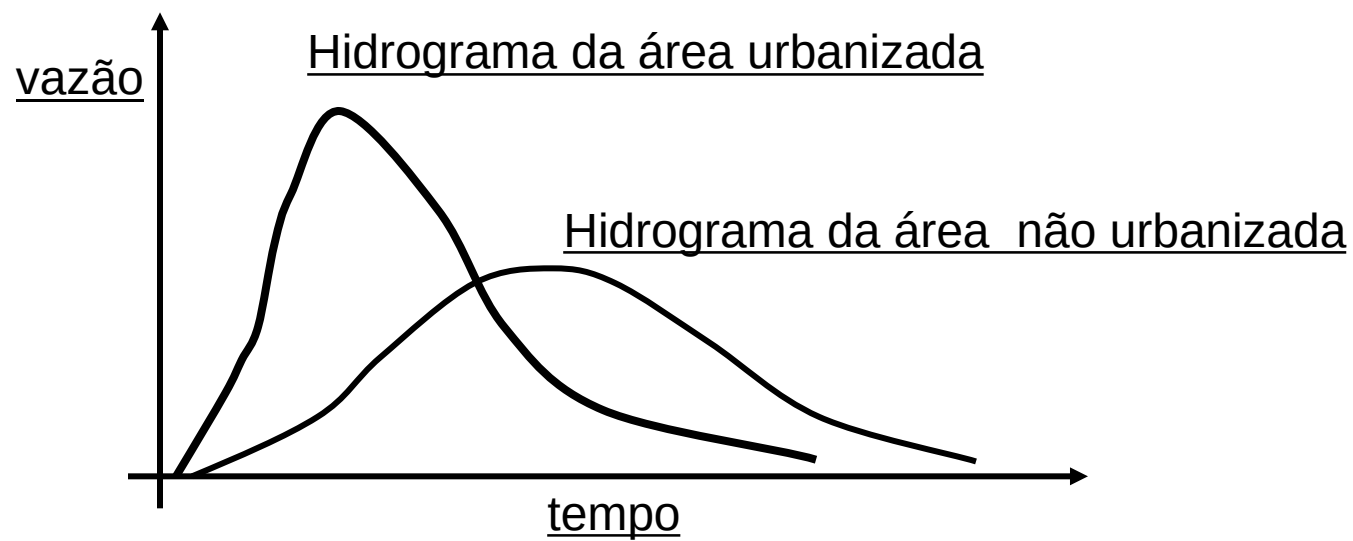
Duração

É tempo que decorre entre o cair da primeira gota até cair a última.



Tempo de retorno - é o intervalo decorrido para que uma chuva volte com a mesma intensidade. É baseado em dados estatísticos de chuva da região.

HIDROGRAMA HIPOTÉTICO



Deflúvio superficial direto

Método racional - áreas até 1km^2 .

Método do hidrograma unitário sintético - áreas maiores que 1km^2 .

Análise estatística - é recomendada para estimativa das descargas de cheias, de dado período de retorno, em cursos d'água de grande porte fluindo através de áreas urbanas.

Método racional

$$Q = C.i.A$$

Q = o deflúvio superficial direto máximo em 1/s

C = o coeficiente de “runoff”, isto é, a relação entre deflúvio superficial direto máximo em mm/min e a intensidade média da chuva também em mm/min. É função da impermeabilidade do terreno

i = a intensidade média da chuva em mm/min, para uma duração de chuva igual ao tempo de concentração da bacia em estudo. Esse tempo é, usualmente, o requerido pela água para escoar desde o ponto mais remoto da bacia até o local de interesse

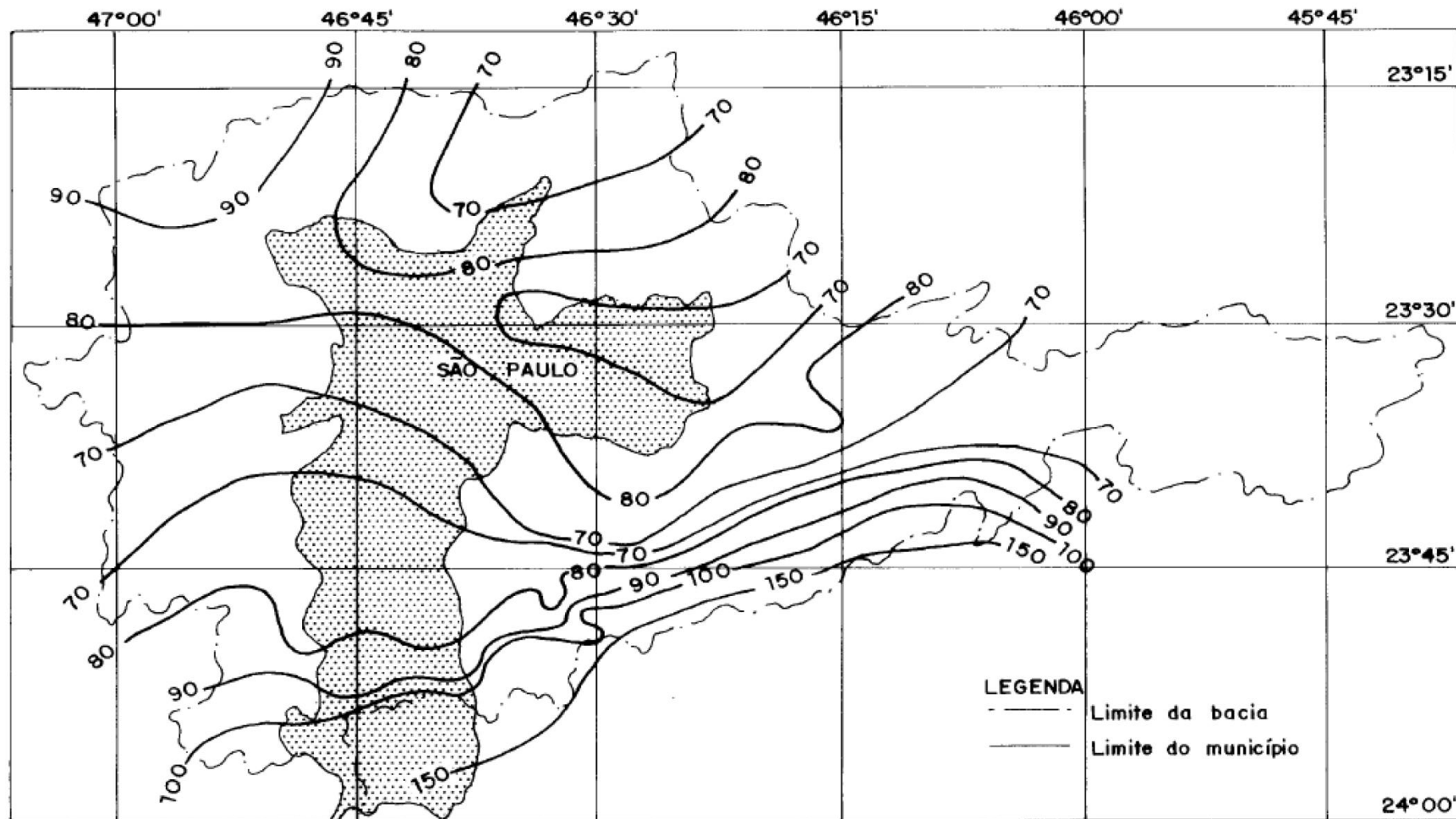
A = área da bacia em hectares.

Precipitação total da chuva (mm)

REGIÕES	TEMPO DE RECORRÊNCIA 10 ANOS				TEMPO DE RECORRÊNCIA 25 ANOS			
	DURAÇÃO EM MINUTOS				DURAÇÃO EM MINUTOS			
	15	30	60	120	15	30	60	120
ALTA PLUVIOSIDADE	41	63	75	110	50	82	118	150
MÉDIA PLUVIOSIDADE	34	39	46	51	38	63	85	67
BAIXA PLUVIOSIDADE	15	30	60	120	15	30	60	120

Isoietas de valores médios de chuvas máximas de um dia (mm)

Exemplo do Município de São Paulo e Bacia do Alto Tiete



INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO

<u>Tipo de obra</u>	<u>tipo de ocupação da área</u>	<u>período de retorno</u>
<u>Microdrenagem</u>	residencial	2
	comercial	5
	edifícios de serviço público	5
	aeroportos	2 – 5
	áreas comerciais e artérias de tráfego	5 – 10

BOCAS DE LOBO

As bocas-de-lobo devem ser localizadas de maneira a conduzirem adequadamente as vazões superficiais para as galerias

Nos pontos mais baixos do sistema viário necessariamente deverão ser colocadas bocas-de-lobo com visitas a fim de se evitar a criação de zonas mortas com alagamento e águas paradas.

A capacidade de engolimento de projeto de uma boca de lobo é fixada em 40 a 60 l/s.

Legenda

A - frente dos lotes

B - guia e sarjeta

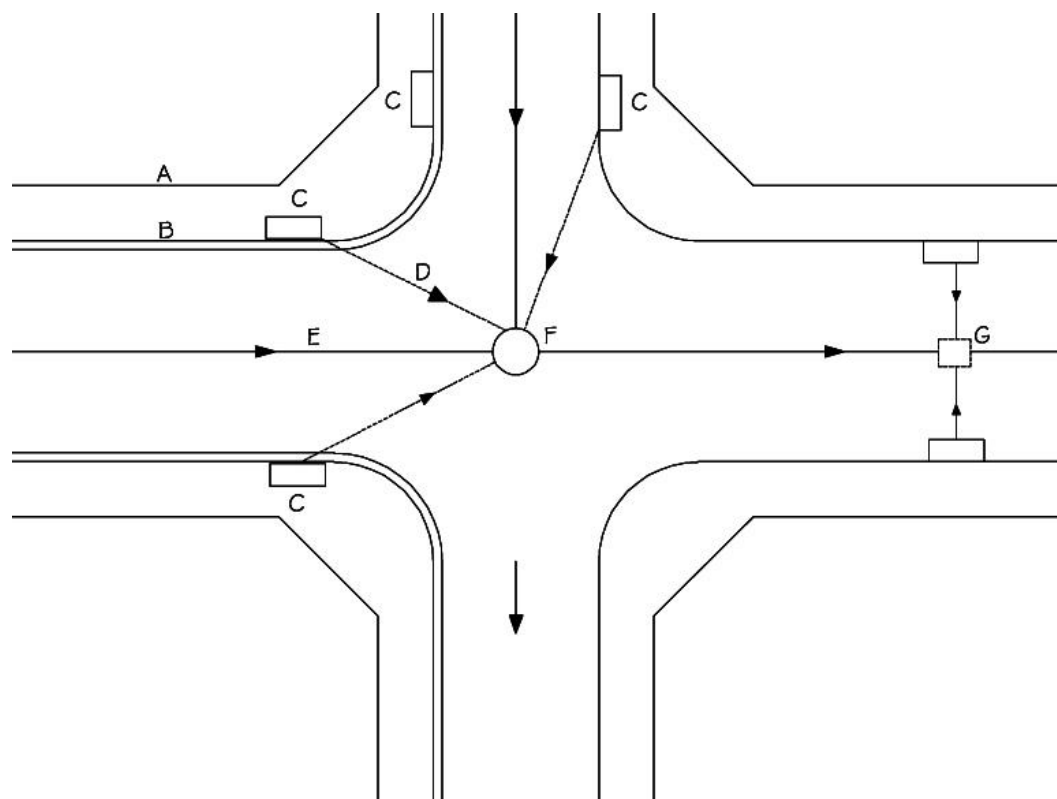
C - boca de lobo

E - galeria pluvial

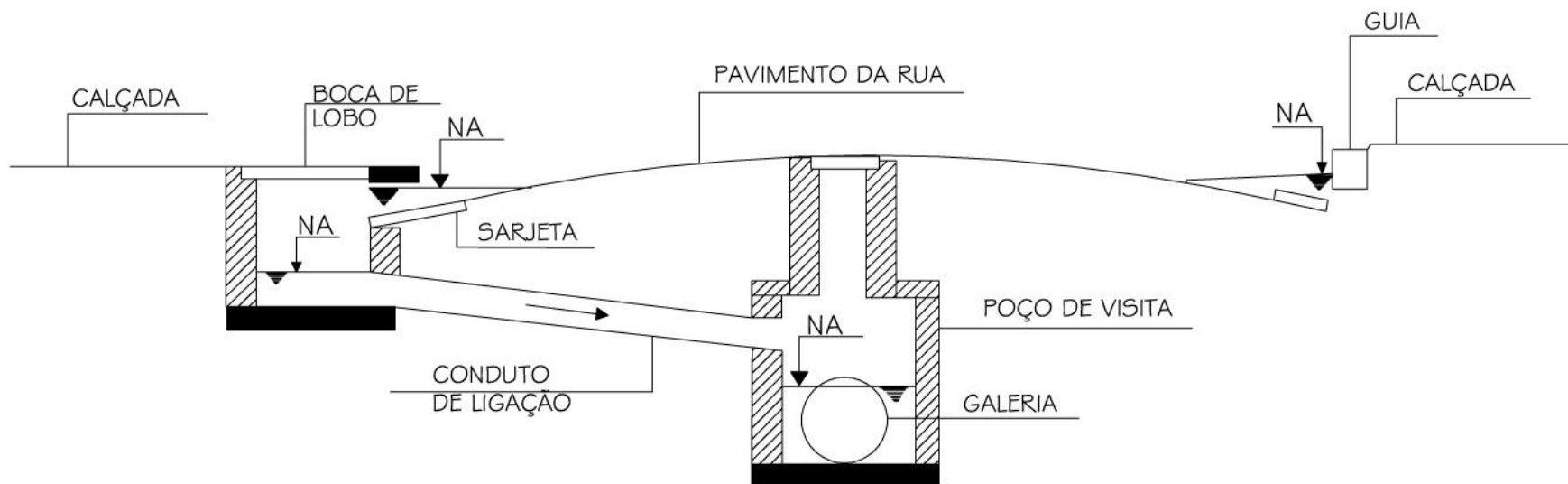
F - poço de visita

G - caixa de ligação

→ Sentido do
Escoamento



ESQUEMA DE UM CORTE TRANSVERSAL TÍPICO - SEM ESCALA



BOCAS DE LOBO

A densidade da boca de lobo na área urbana é da ordem de 400 a 800m² de rua por unidade.

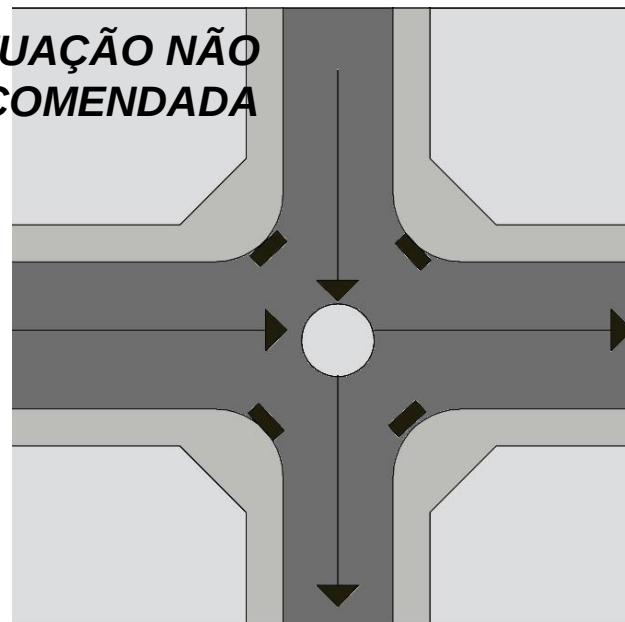
A localização das bocas de lobo é feita próximo ao cruzamento das ruas, mas não no limite desse cruzamento.

BOCAS DE LOBO

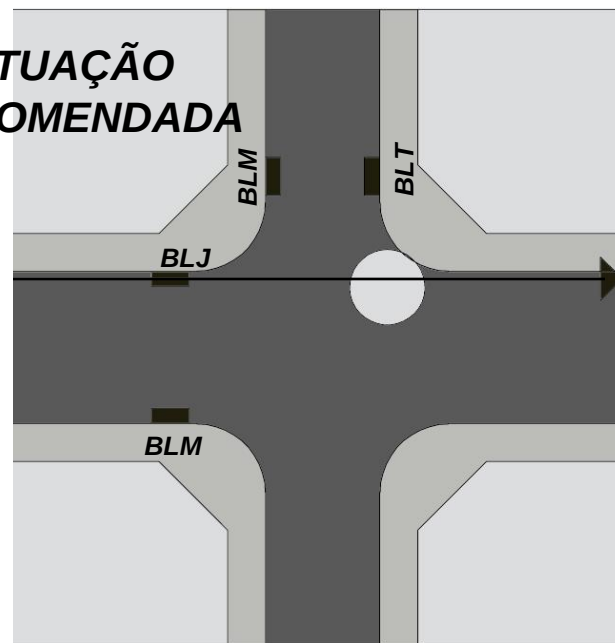
**SITUAÇÃO
RECOMENDADA**



**SITUAÇÃO NÃO
RECOMENDADA**



**SITUAÇÃO
RECOMENDADA**



POÇOS DE VISITA

Diâmetro
(ou altura do conduto)
(m)

espaçamento
(m)

0,30

120

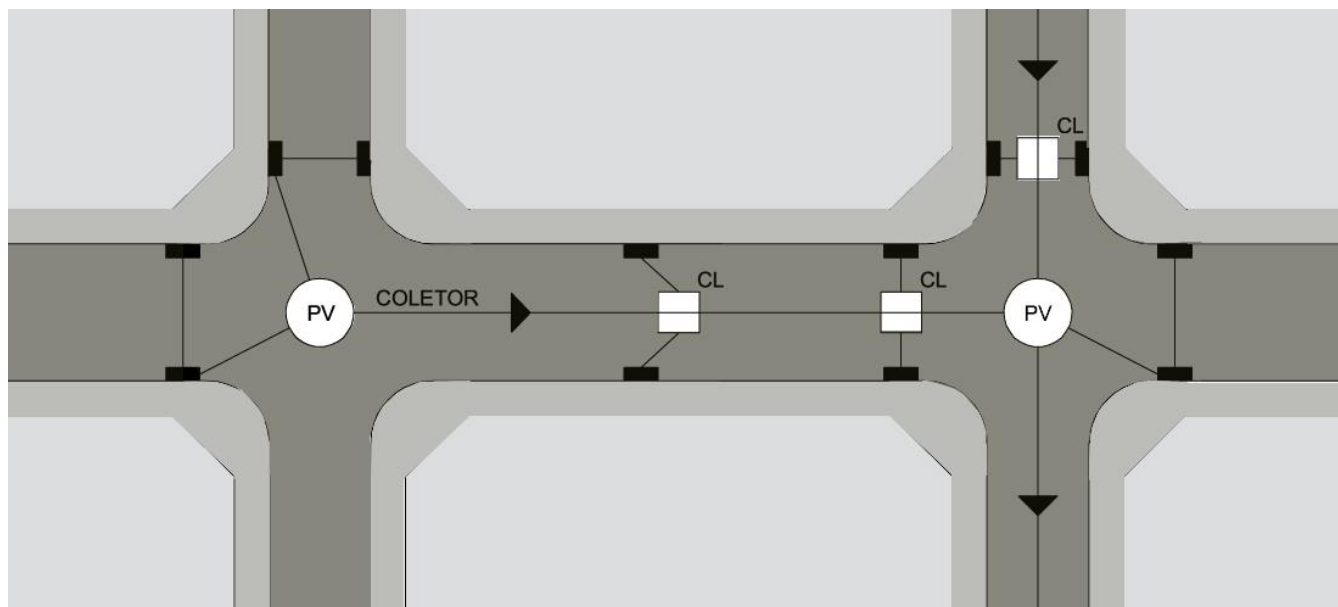
0,50 - 0,90

150

1.00 ou mais

180

CAIXA DE LIGAÇÃO



Galerias

O diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,30m. Os diâmetros correntes são : 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 1,00; 1,20; 1,50m.

Alguns dos critérios básicos são os seguintes :

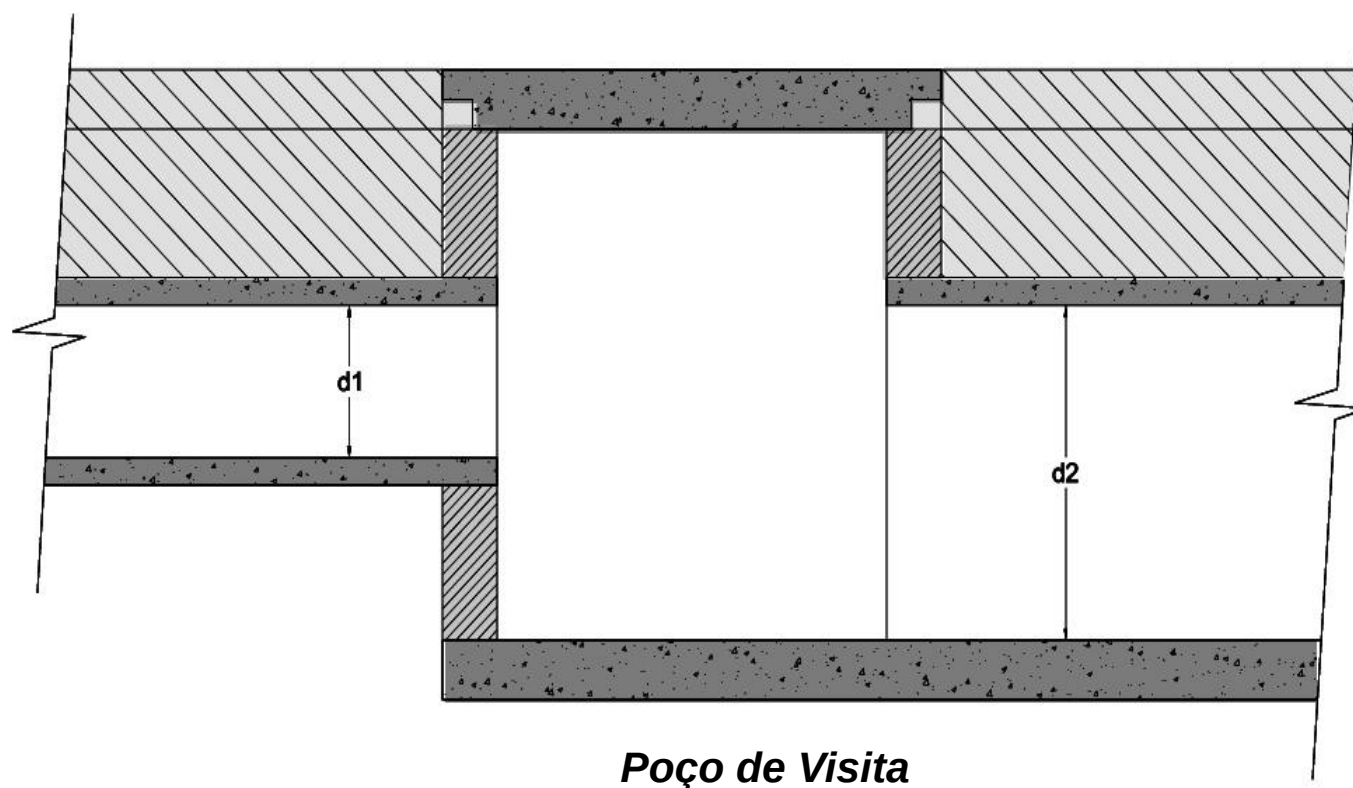
1. As galerias pluviais são projetadas para funcionarem a 85% da seção plena com vazão de projeto.
A velocidade máxima admissível determina-se em função do material a ser empregado na rede.
Para tubo de concreto a velocidade máxima admissível é de 5,0m/s e a velocidade mínima 0,60m/s.

Galerias

2. Recobrimento mínimo da rede deve ser de 1.0m, quando forem empregadas tubulações sem estruturas especiais. Quando por condições topográficas, forem utilizados recobrimentos menores, as canalizações deverão ser projetadas do ponto de vista estrutural.

Galerias

Nas mudanças de diâmetro os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior:



Dimensionamento de galerias

Crêterios de dimensionamento :

1. Para seções circulares, admite-se que eles possam trabalhar até a seção plena;
2. O diâmetro mínimo da canalização principal será de 400 mm (algumas prefeituras preferem 600 mm), e até o máximo de 1500 mm;

Dimensionamiento de galerías

3. Recubrimientos mínimos:

<i>TUBOS</i>		<i>RECOBRIMIENTO MÍNIMO (H)</i>
<i>CONCRETO SIMPLES</i>		<i>0,60 m</i>
<i>CONCRETO ARMADO</i>		
<i>Ø</i>	<i>700mm</i>	<i>0,70</i>
<i>Ø</i>	<i>800mm</i>	<i>1,00</i>
<i>Ø</i>	<i>1000 mm</i>	<i>1,00</i>
<i>Ø</i>	<i>1200 mm</i>	<i>1,20</i>
<i>Ø</i>	<i>1500 mm</i>	<i>1,50</i>

Dimensionamento de galerias

4. Os tubos de diâmetro superiores a 600mm serão de concreto armado.

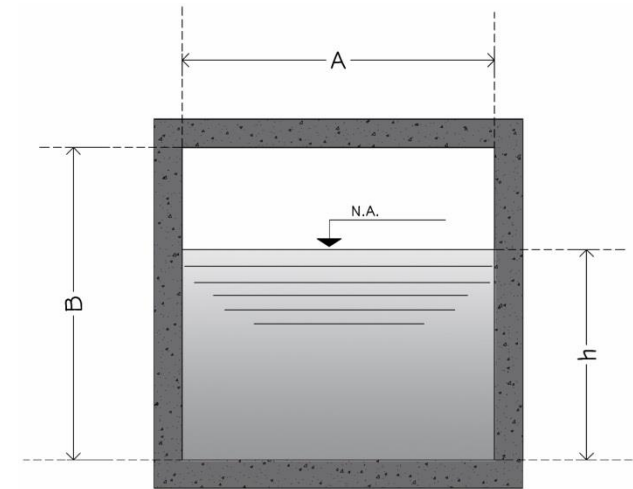
5. As velocidades nas canalizações: mínima (0,7/s) e máxima (5m/s) para a vazão de projeto. De acordo com o critério de manutenção de velocidade mínima, adotam-se as seguintes declividades mínimas para as tubulações:

Ø (MM)	DECLIVIDADE MÍNIMA (M/M)
300	0,003
350	0,0023
400	0,0019
500	0,0014
600	0,0011
700	0,0009
800	0,0007
900	0,0006
1000	0,0005
1200	0,0004

Dimensionamento de galerias

6. Para galerias retangulares, valerão as prescrições :

- Dimensões (a x b)
- $A > B$
- Altura “h” máxima, menor que 90% B;



7. A regra básica para a construção econômica de uma rede pluvial é fazê-la a mais rasa possível, pois com isso se economizam :

- Volumes de escavação, de reposição e compactação;
- Caros escoramentos de vala;
- Caros rebaixamentos de lençol freáticos.

Referências

- Ramos., C.L; Barros, M.T.L.; Palos, J.C.F., coord. (1999) – *Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no Município de São Paulo*. Prefeitura do Município de São Paulo e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – CTH, São Paulo. Documento disponível em <http://www.fcth.br/public/cursos/canaismares/md.pdf>
- Tucci, C.E.M. (2005). *Gestão das inundações urbanas*. Unesco – Global Water Partnersip. Documento disponível em http://www.sedur.ba.gov.br/pemapas/pdf/material_tecnico/Manual_Gestao_Inundacoes_Urbanas_Tucci_2005.pdf
- São Paulo, Município. Lei nº 13.276, 04 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m²
- Wilken, P.S. (1978) – *Engenharia de drenagem superficial*. São Paulo, CETESB. 477 p.