

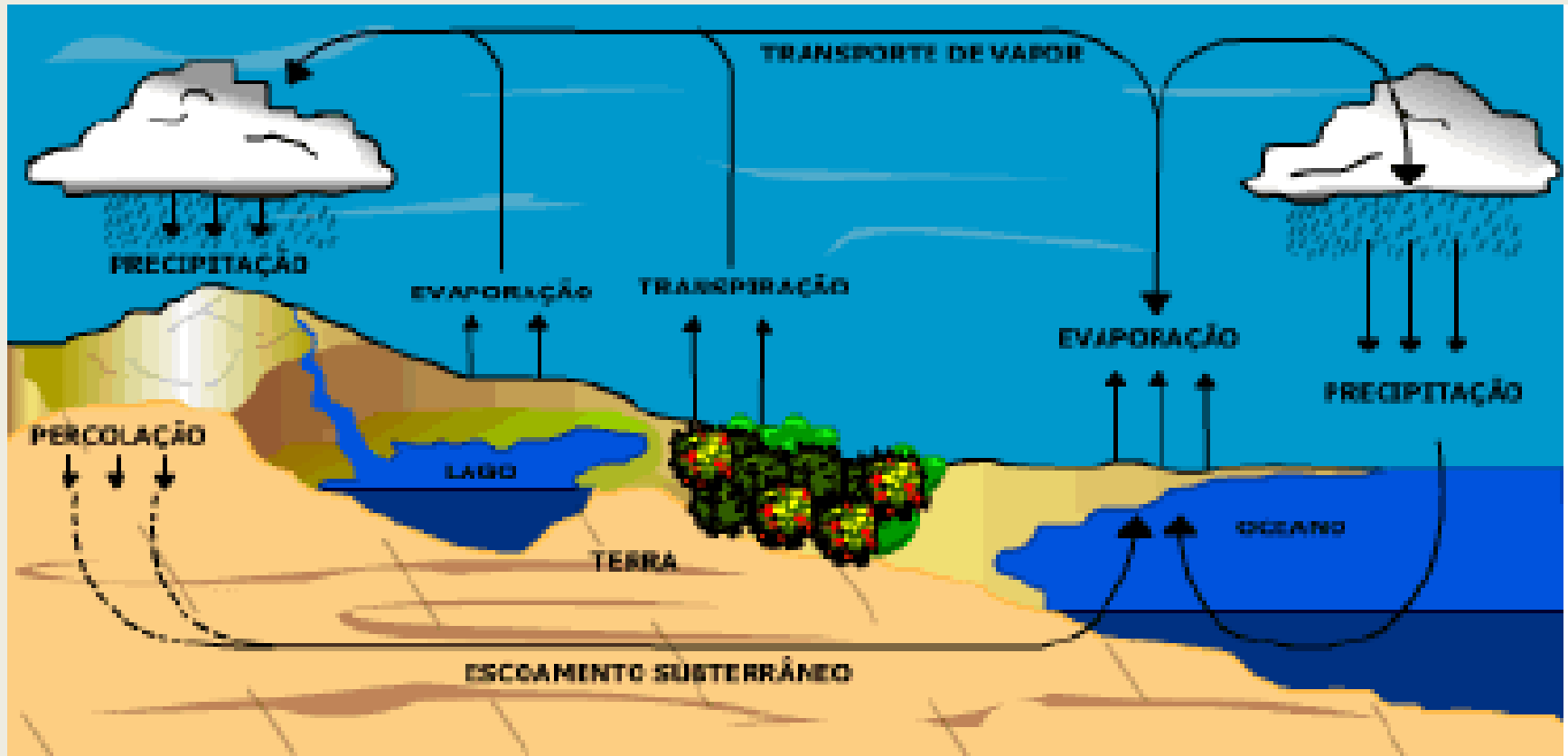
# Manejo de águas pluviais (quantidade)



- **Hidrologia:** fornece as vazões
- **Hidráulica:** dimensiona as tubulações, canais e reservatórios.

# Ciclo hidrológico natural

Eclesiastes 1:7



# Os problemas da água são dois:

prof. Dr. José Meiches EPUSP

- **Excesso** de água
- **Falta** de água

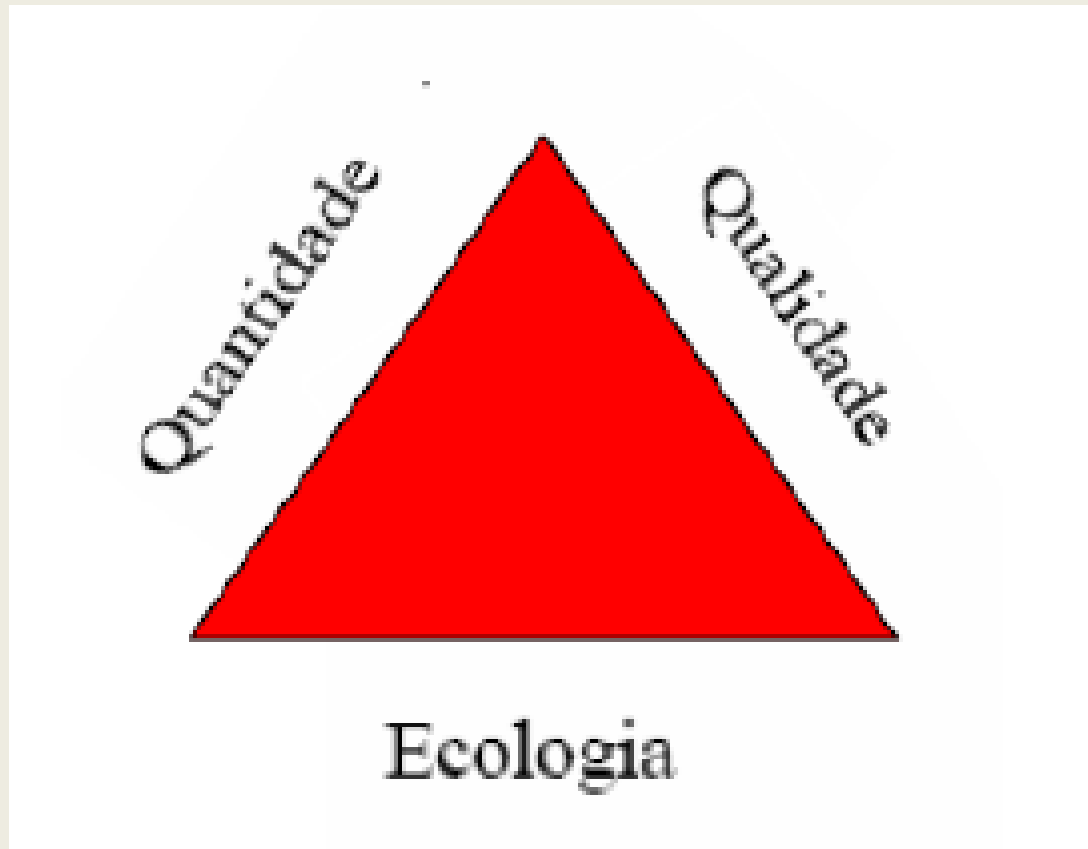
# Excesso de água: enchente



# Seca (drought) no reservatório do rio Jaguari Sistema Cantareira, 2014



# Manejo de águas pluviais



# Manejo de águas pluviais

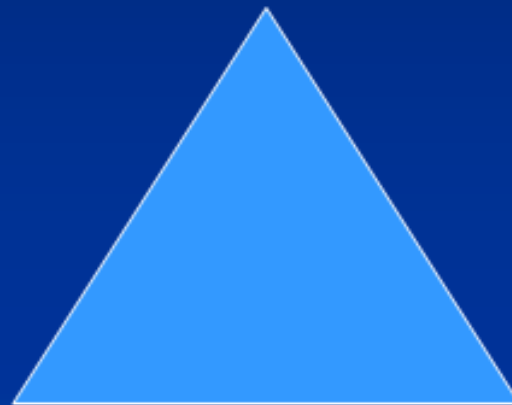
- Quantidade de água
  - **Microdrenagem (definição não existe)**
  - **Macro drenagem**
- Qualidade da água
- Ecologia (meio ambiente)



Prof. dr. Antonio Carlos Rossin

# Três pontos importantes

**Decisão política**



**Recursos:  
Financeiros  
Técnicos**

**Legislação  
e  
Instituição**

# Período de retorno

$$P=1/T$$

T= freqüência

P=probabilidade

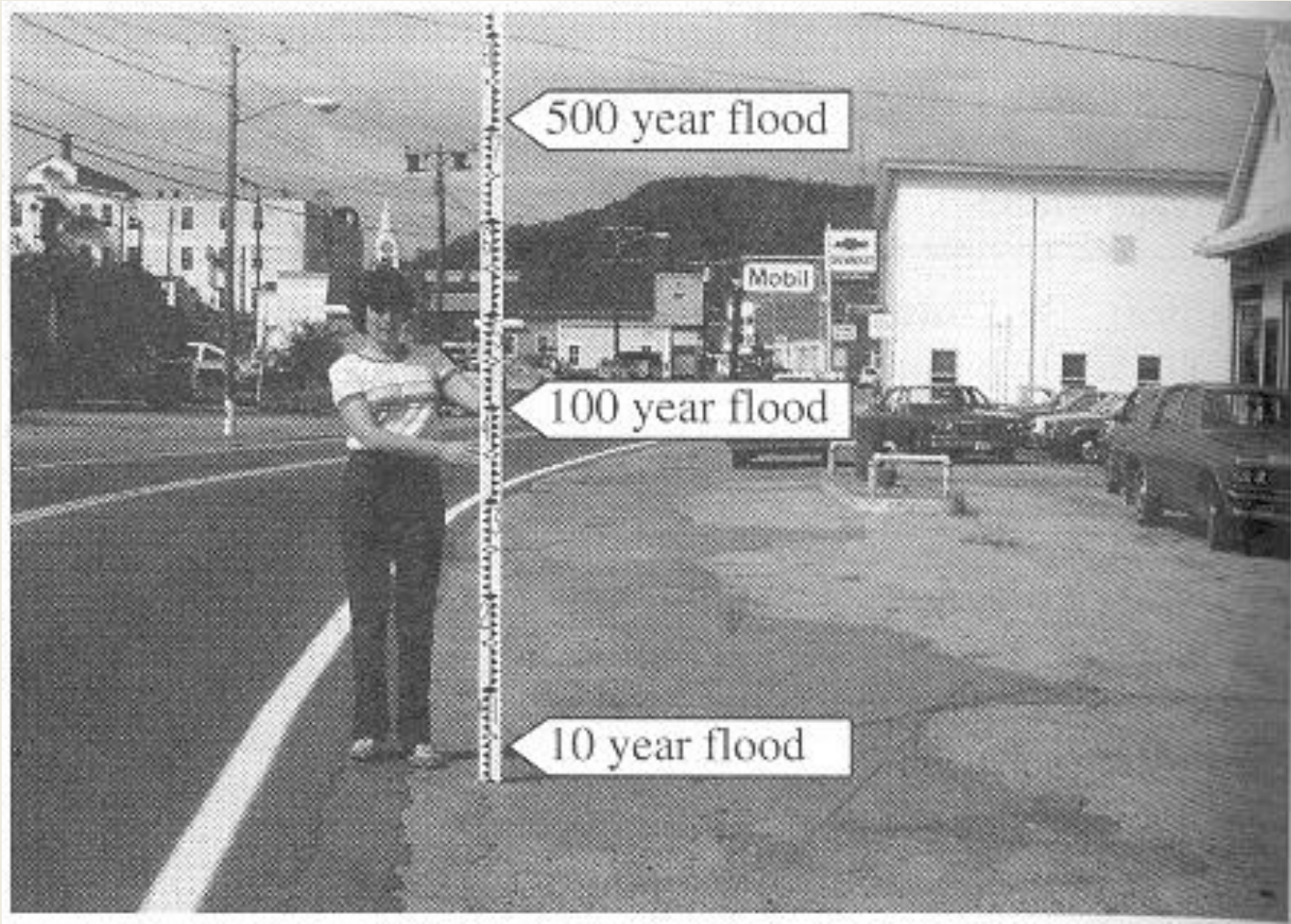
- É o período de tempo em que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.
  - Galerias de águas pluviais prediais e públicas  $\geq 25$  anos (  $P=1/25=0,04$  4%)
  - Reservatório de retenção dentro do lote: 25anos
  - Rios e canais :  $T_r=100$  anos (  $P=1/100 =1\%$ )
  - Bueiros:  $\geq 100$ anos

São Carlos 23 de outubro 2013

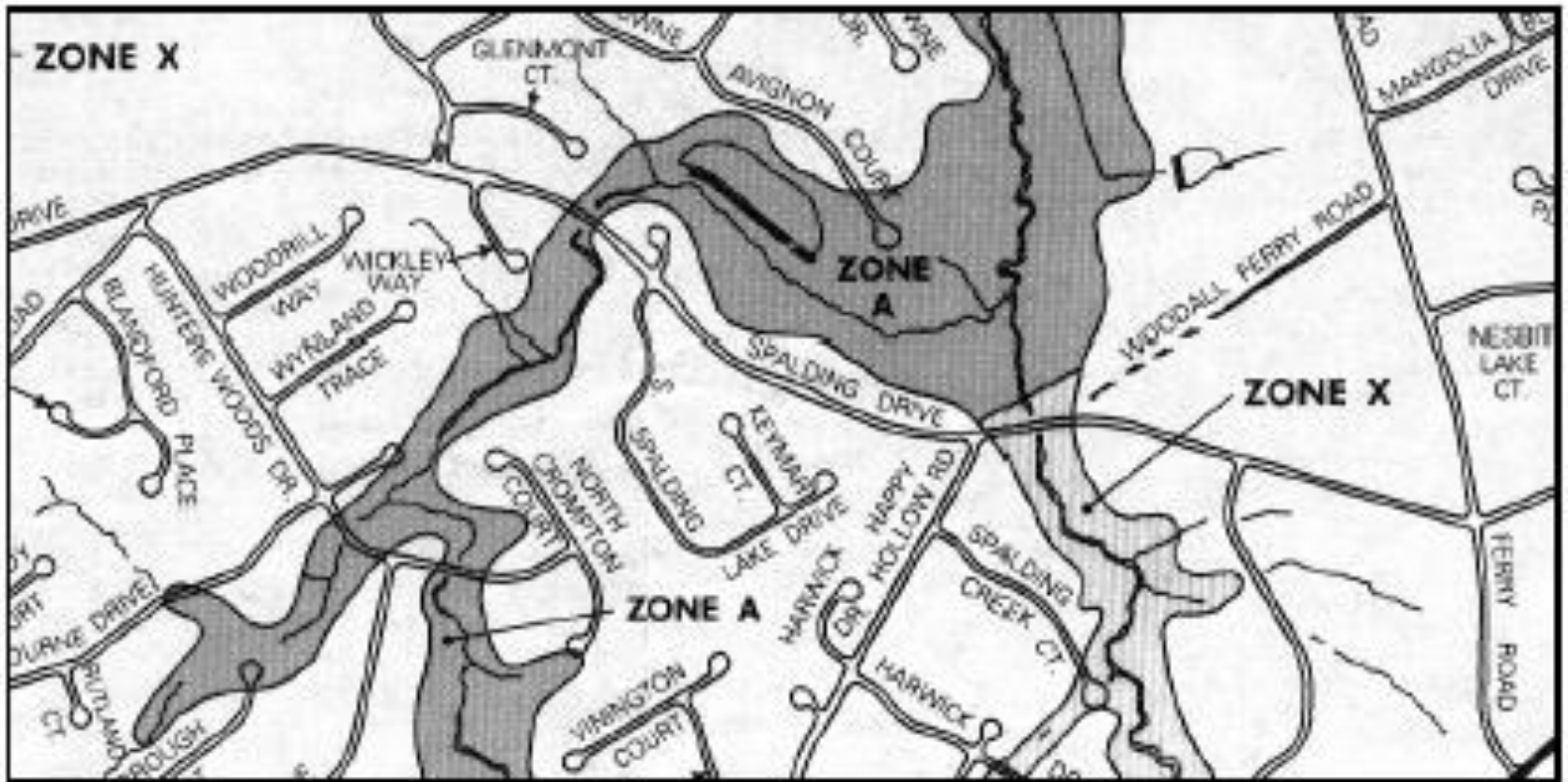
Tr= 5 anos



# Níveis de enchentes

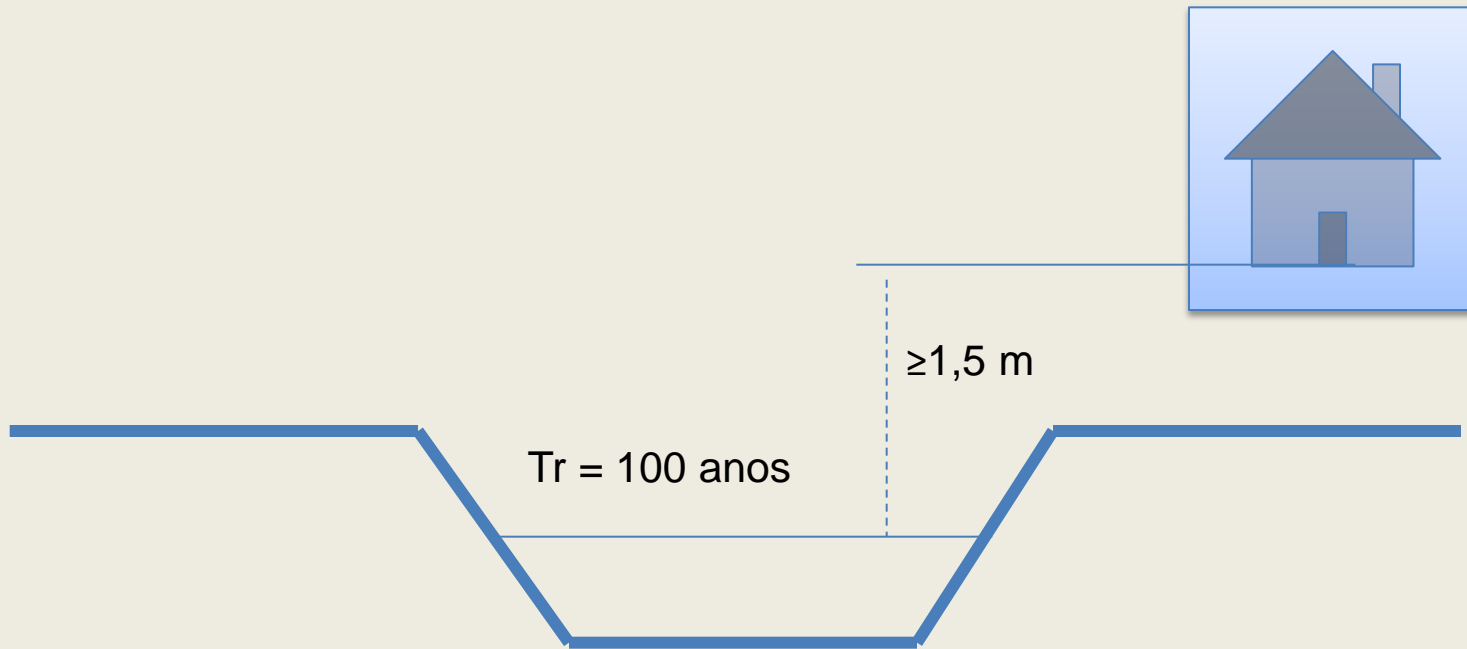


# Mapa com a inundação chuva de 100anos ( USA Fema-Federal Management Emergency Agency )

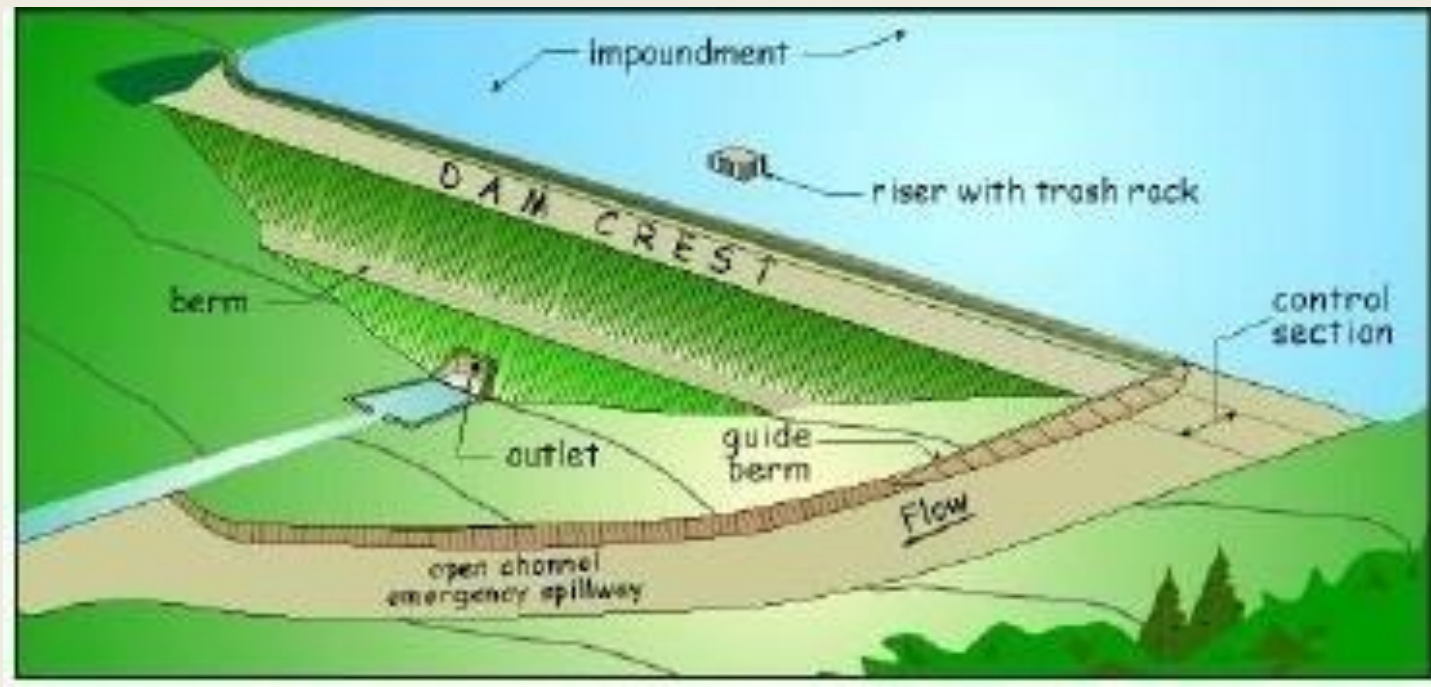


# Leed: piso 1,5m acima de Tr=100anos

(não há lei e nem normas mundiais)



# Período de retorno de vertedor de barragem



# Barramentos

## Período de retorno $T_r$ para dimensionamento do **vertedor**

DAEE, Instrução DPO 02/2007

Maior altura do barramento H (m)	Sem risco para habitações ou pessoas a jusante	Com risco para habitações ou pessoas a jusante
$H \leq 5$	100	500
$5 < H \leq 10$	500	1.000
$H > 10$	1.000	10.000



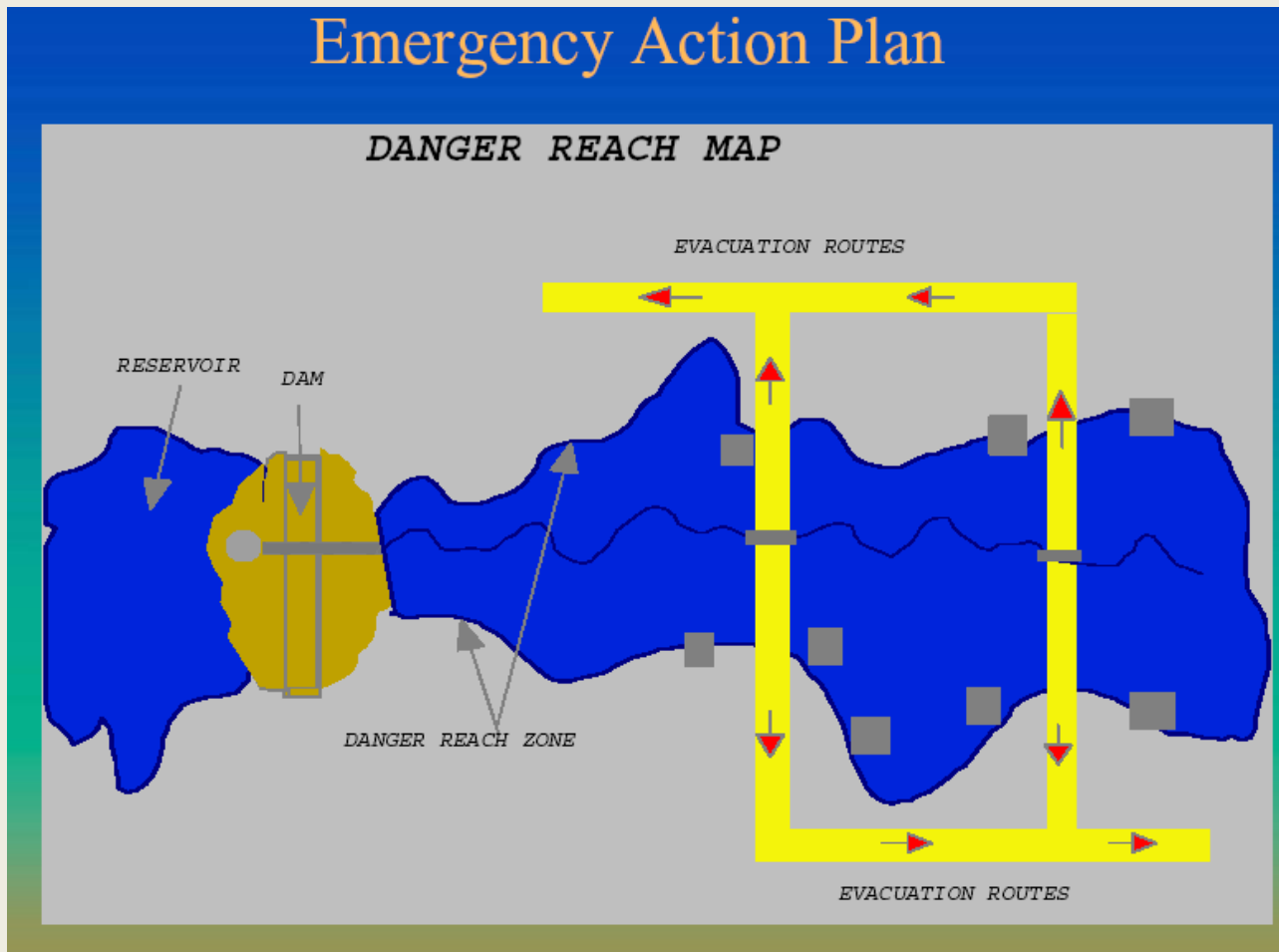
# Instrução DPO 002/ 2007 DAEE

Obra hidráulica	Folga ( <i>freeboard</i> ) $f$ (m)
Canalização aberta ou fechada e galerias	$f \geq 0,20 h$
Pontes	$f \geq 0,20 h$ com $f \geq 0,40m$
Barramento	$f \geq 0,10 h$ com $f \geq 0,50m$
Bueiro	Não tem recomendação

# Lei Federal 12.334 de 20 de setembro de 2010

- Estabelece a política nacional de segurança de barragens.
- Barragens altura maior ou igual a 15m
- Maior ou igual a 3milhões de m<sup>3</sup>
- Contenha resíduos perigosos
- Risco médio e alto
- Nota: estudos de segurança

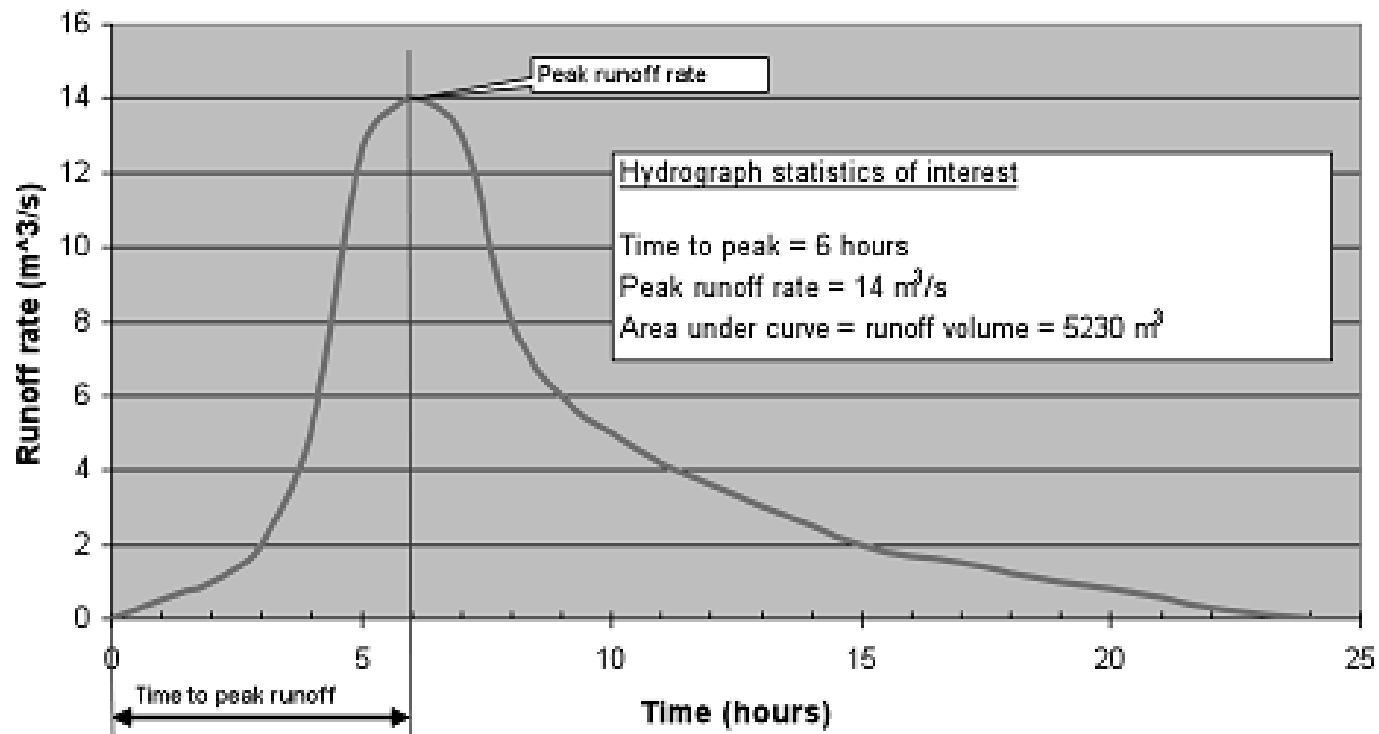
# Plano de evacuação



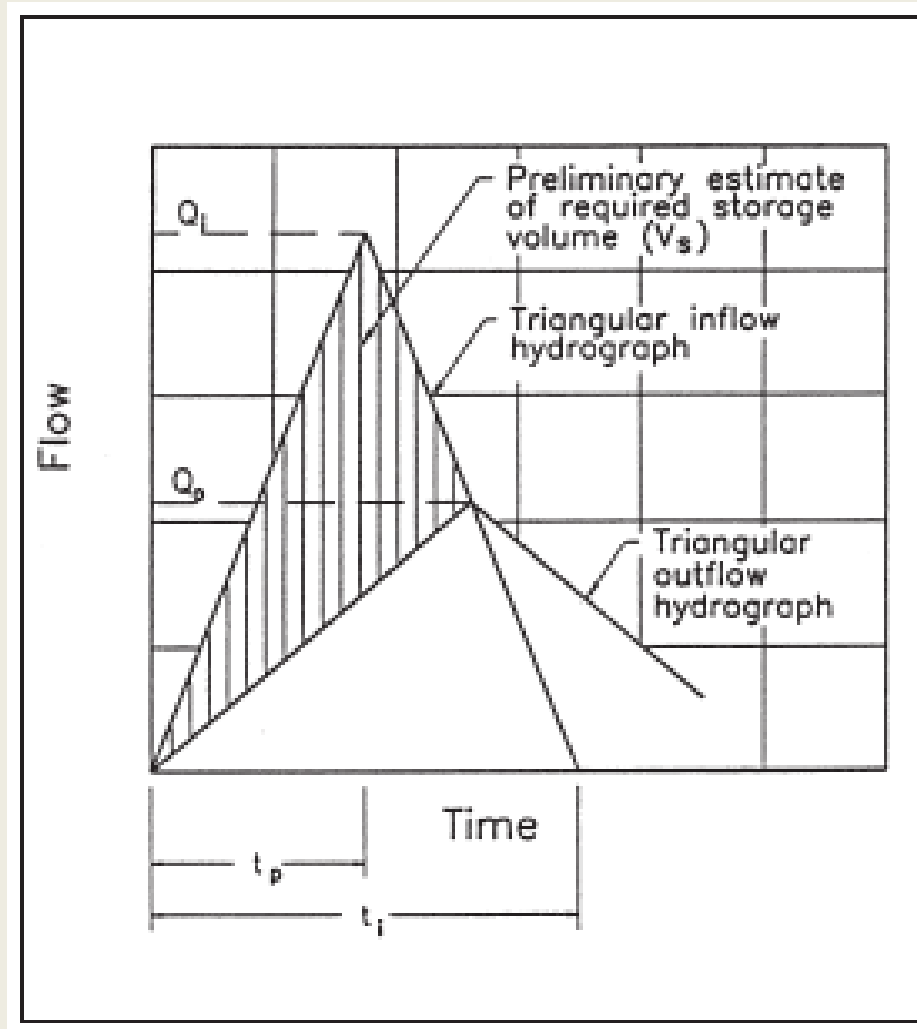
# Horizonte de projeto

- Horizonte de projeto: 30anos
- Não há normas técnicas da ABNT para drenagem de águas pluviais em logradouros públicos (somente instalações de águas pluviais **prediais** possuem norma)

# Hidrograma obtido



$Q_{pos}$ ,  $Q_{pré}$ ,  $t_b = 2,67 \cdot t_c$



# Reservatório de detenção

(Método Racional)

- **$V = 0,5 \times (Q_{\text{pós}} - Q_{\text{pré}}) t_b \times 60$**
- Sendo:
- $V$  = volume de detenção ( $\text{m}^3$ )
- $Q_{\text{pós}}$  = vazão de pico no pós-desenvolvimento ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $Q_{\text{pré}}$  = vazão de pico no pré-desenvolvimento ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $t_c$  = tempo de concentração no pós desenvolvimento (min)
- $t_b = 2,67 \times t_c$

# Reservatório de detenção

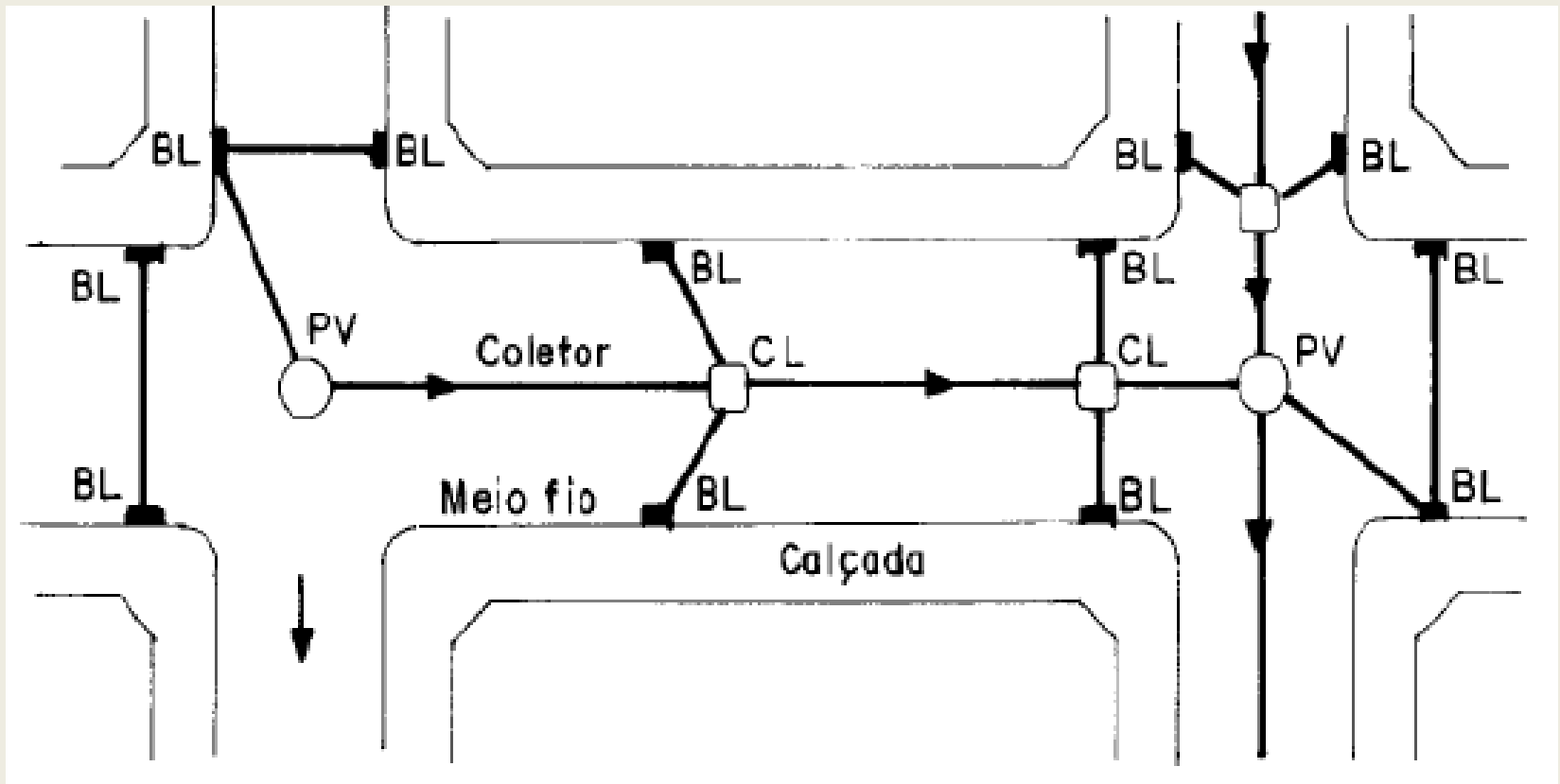
(exemplo) Area bacía  $\leq 3\text{km}^2$

- $V = 0,5 \times (Q_{\text{pós}} - Q_{\text{pré}}) \times t_b \times 60$
- Exemplo:
- $t_c = 15\text{min}$                        $t_b = 2,67 \times t_c = 40,5\text{min}$
- $Q_{\text{pré}} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$                        $Q_{\text{pós}} = 65 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = 0,5 \times (Q_{\text{pós}} - Q_{\text{pré}}) \times t_c \text{ pós} \times 60$
- $V = 0,5 \times (65 - 13) \times 45 \times 60 = 63.751 \text{ m}^3$
- O orifício só deixará passar  $Q_{\text{pré}} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$



# Microdrenagem

Poços de visita, galerias, caixa de ligação, boca de lobo  
ASCE, 1992: boas práticas- a água não chegar na rua próxima



# Discussões sobre microdrenagem

- Velocidade mínima  $\geq 0,75\text{m/s}$  (0,90m/s  $v/D=1$  FHWA)
- Velocidade máxima  $\leq 5\text{m/s}$ . Nota  $<7\text{m/s}$  em trecho muito curto.
- Diâmetro mínimo : 0,30m ou 0,40m ou **0,60m**
- Tubos a seção plena (PMSP, Porto Alegre, FHWA); 0,80D (Plínio) ou 2/3 D (instalações prediais pluviais)
- **Não há normas da ABNT**
- Período de retorno: 10, **25** ou 50 anos ; 30 anos (Inglaterra-mudanças climáticas)
- Adotar conforme o risco do local: hospital, edifícios públicos, etc. São Paulo:  $Tr=50\text{anos}$

# Linha Amanco Novafort GD (velocidade máxima= 7m/s) Escavações menores Deflexão: 3 graus Até 600mm: encaixe manual

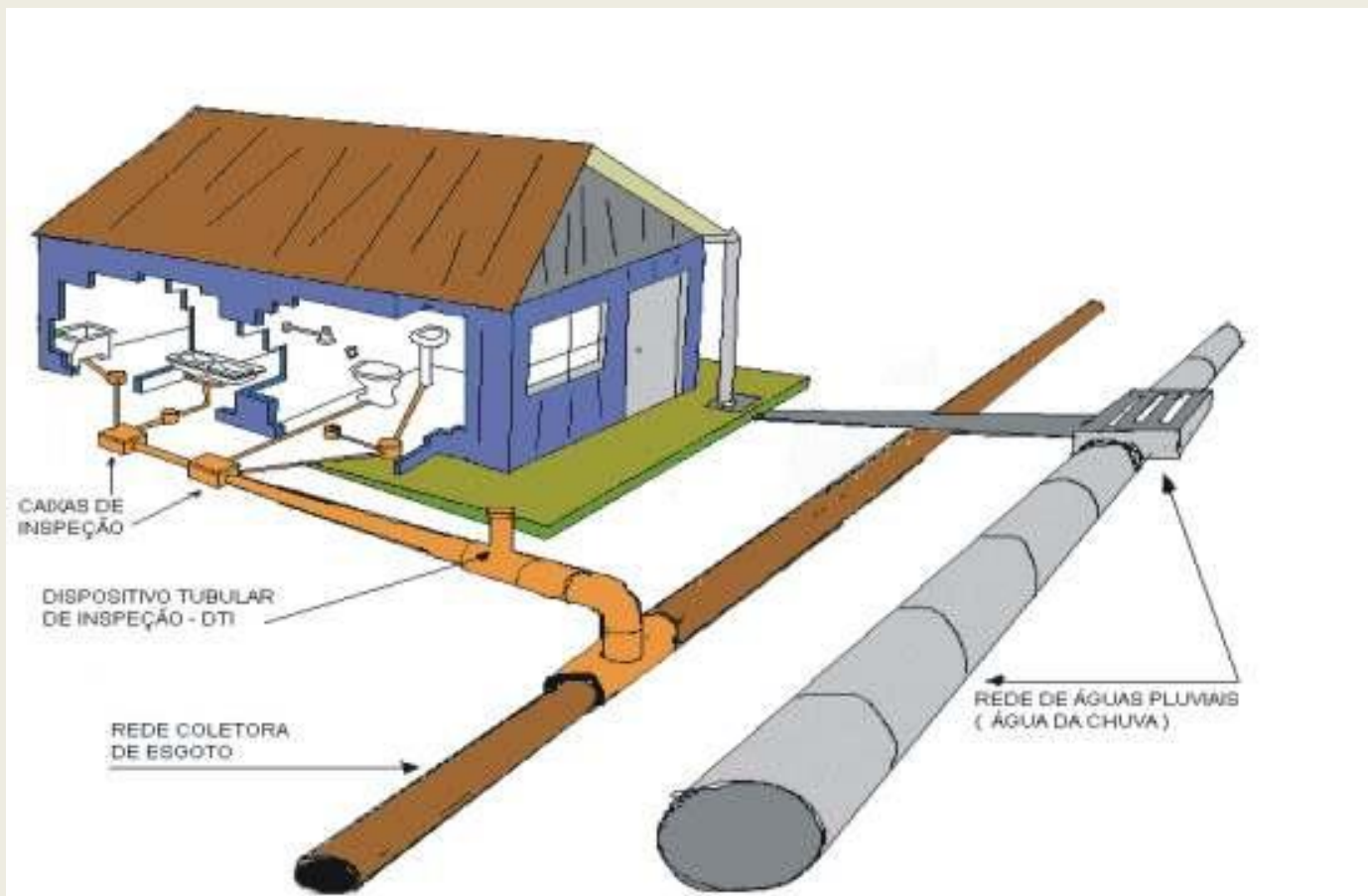


500 mm  
630 mm  
800 mm  
1000 mm

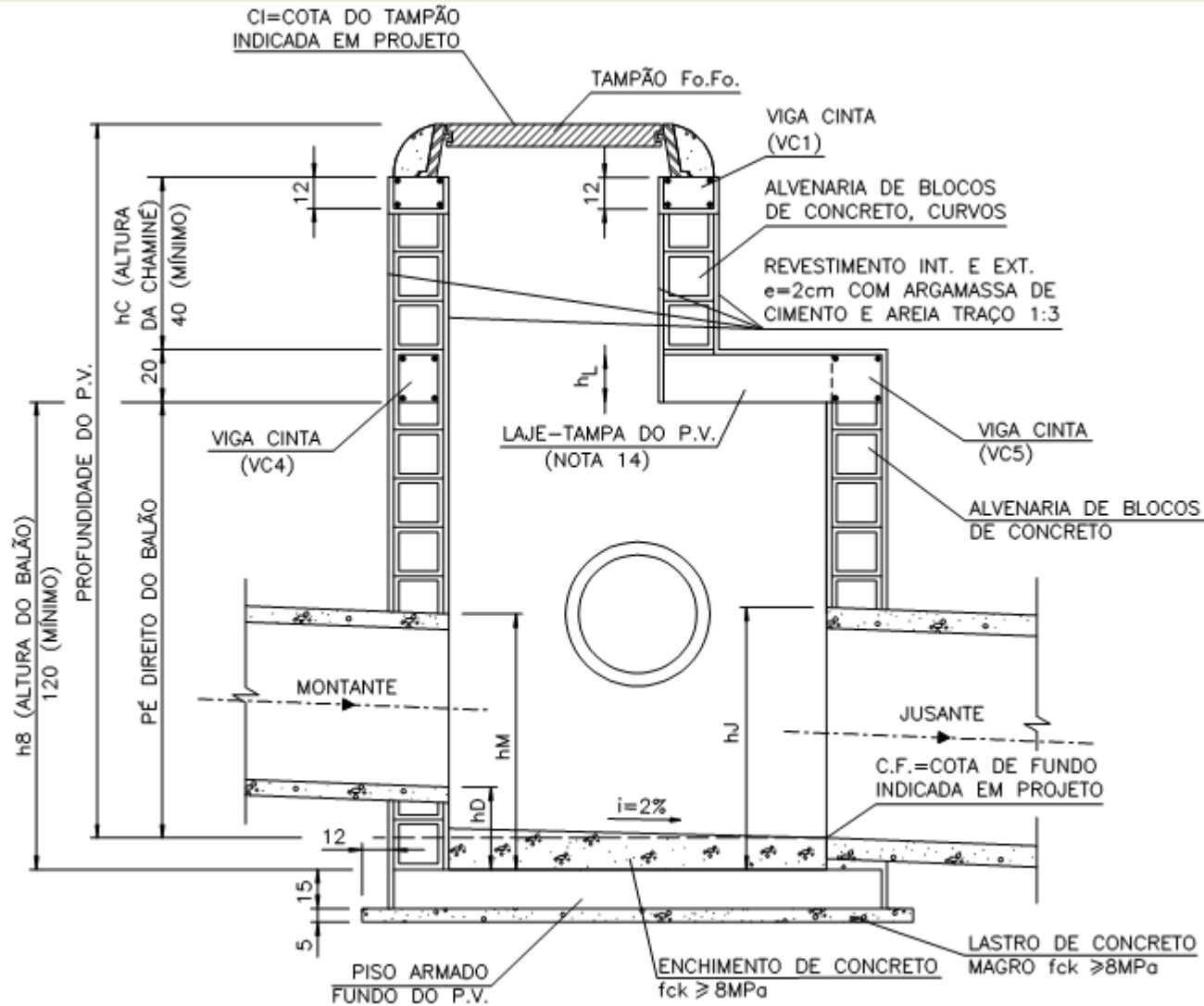


# Ligações de esgoto sanitário e águas pluviais

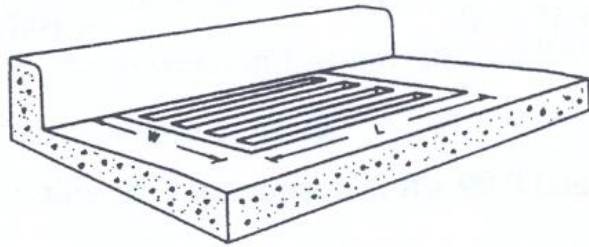
Brasil adota sistema separador absoluto, isto é, esgoto separado das águas pluviais



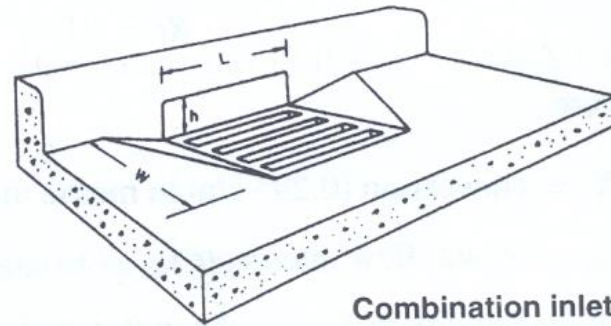
# PV padrão PMSP



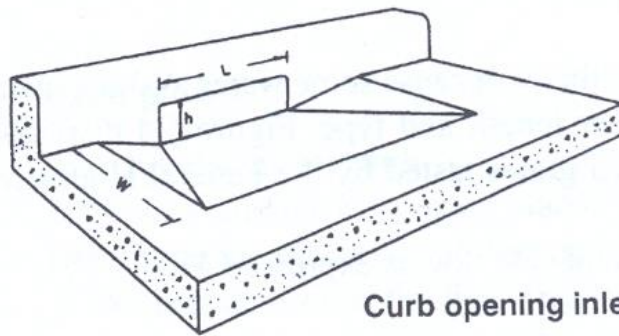
# Grade; Boca de leão Boca de lobo; *slotted*



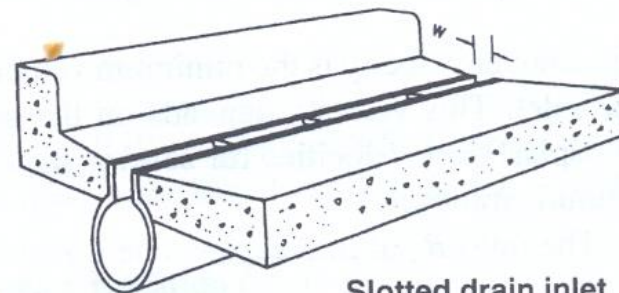
Grate inlet



Combination inlet



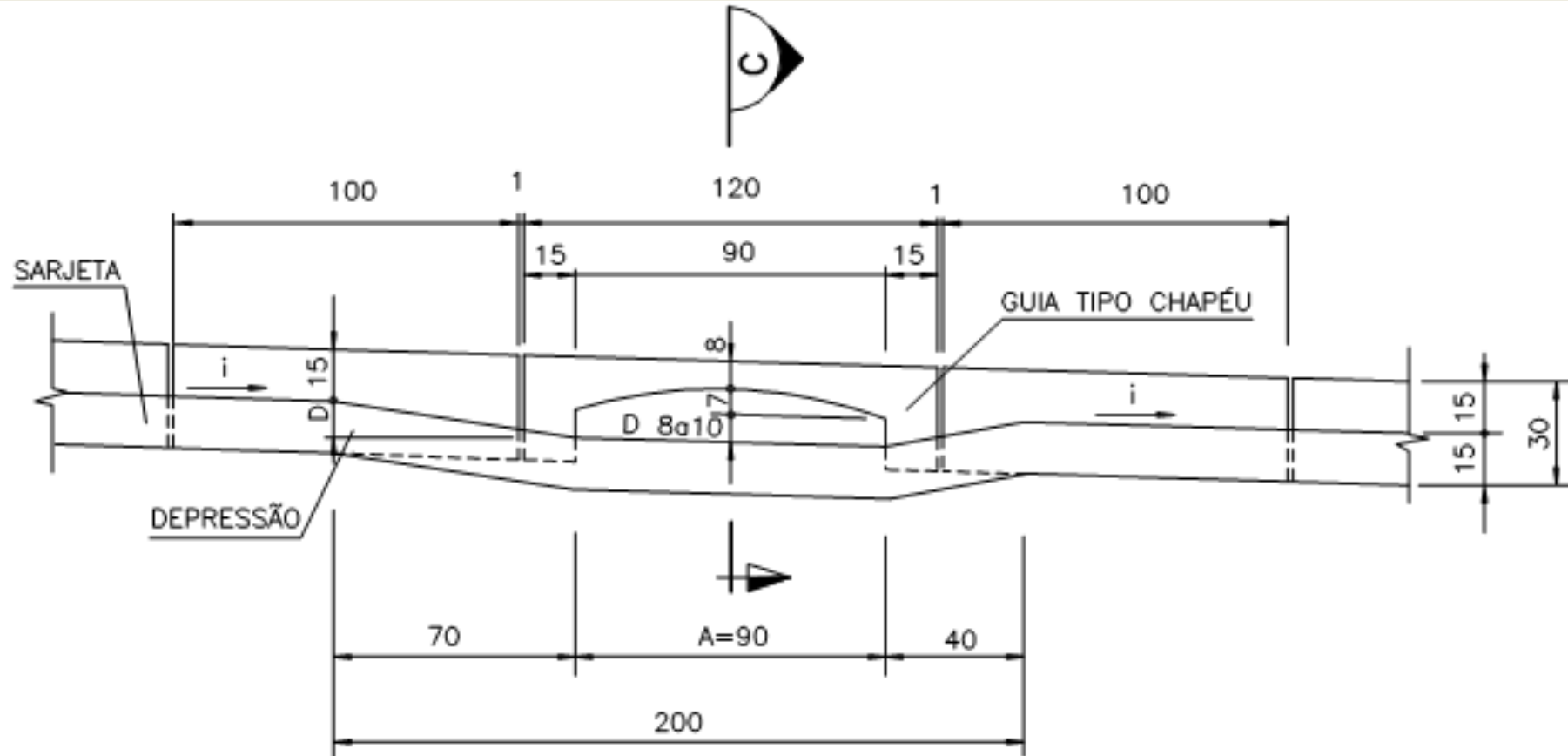
Curb opening inlet



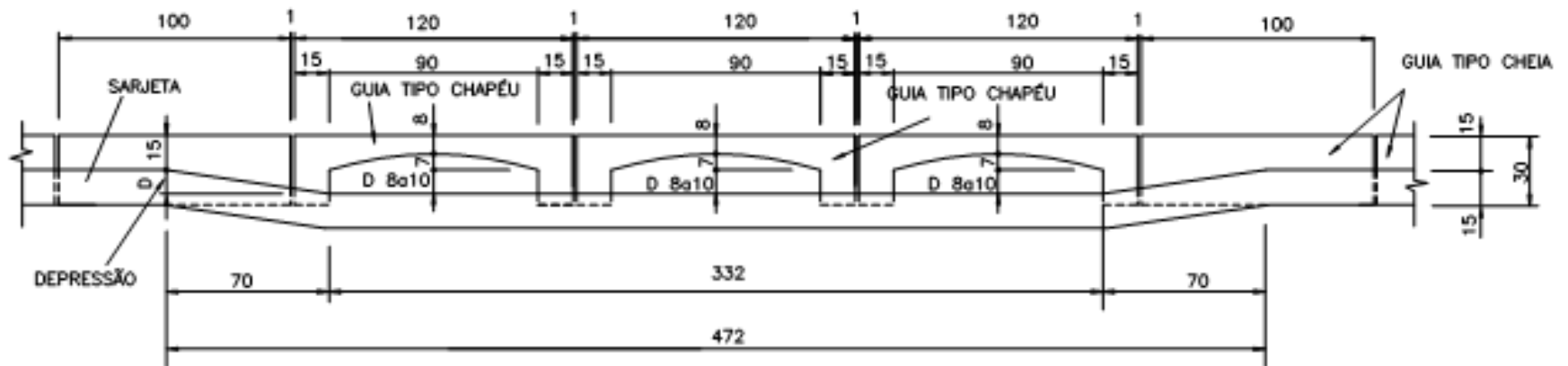
Slotted drain inlet

# Boca de lobo

## Padrão PMSP



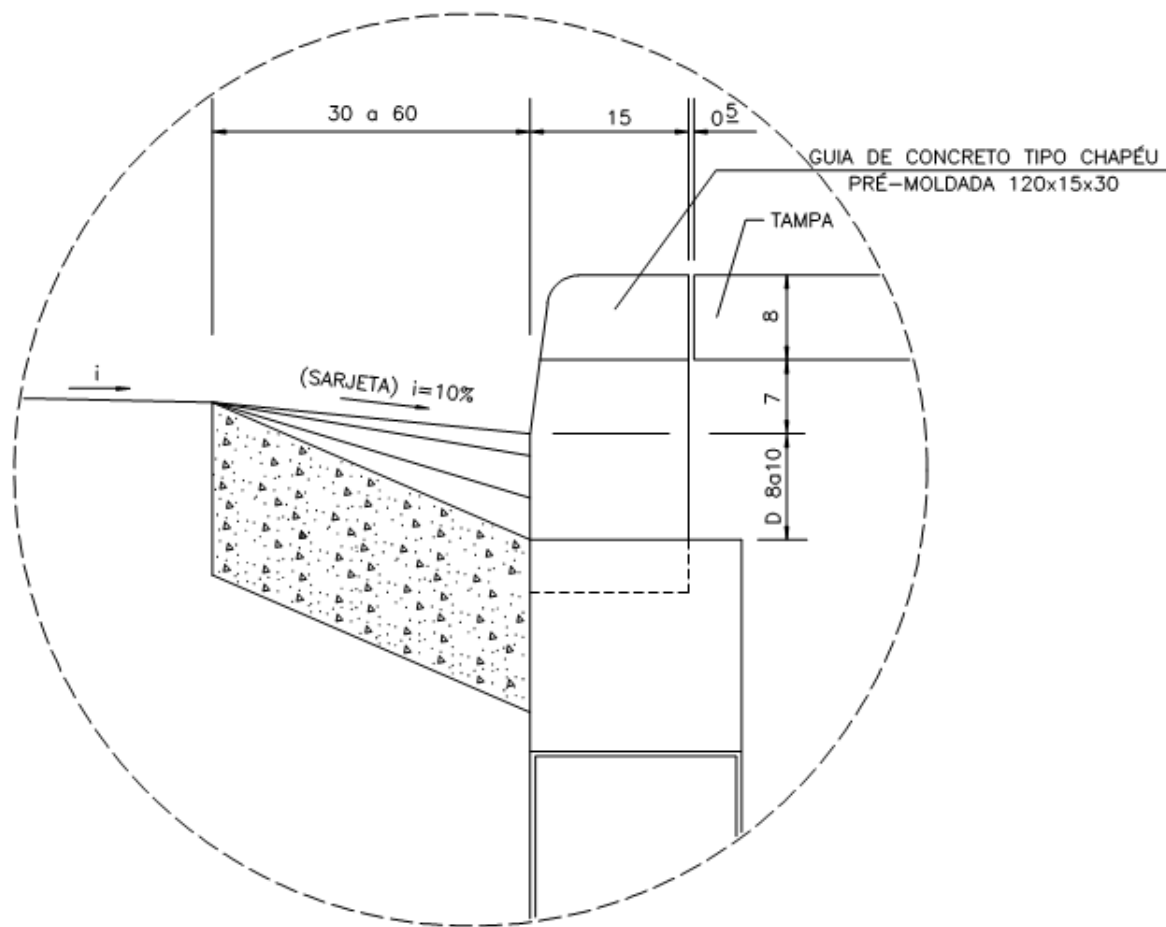
# Boca de lobo tripla padrão PMSP



VISTA FRONTAL



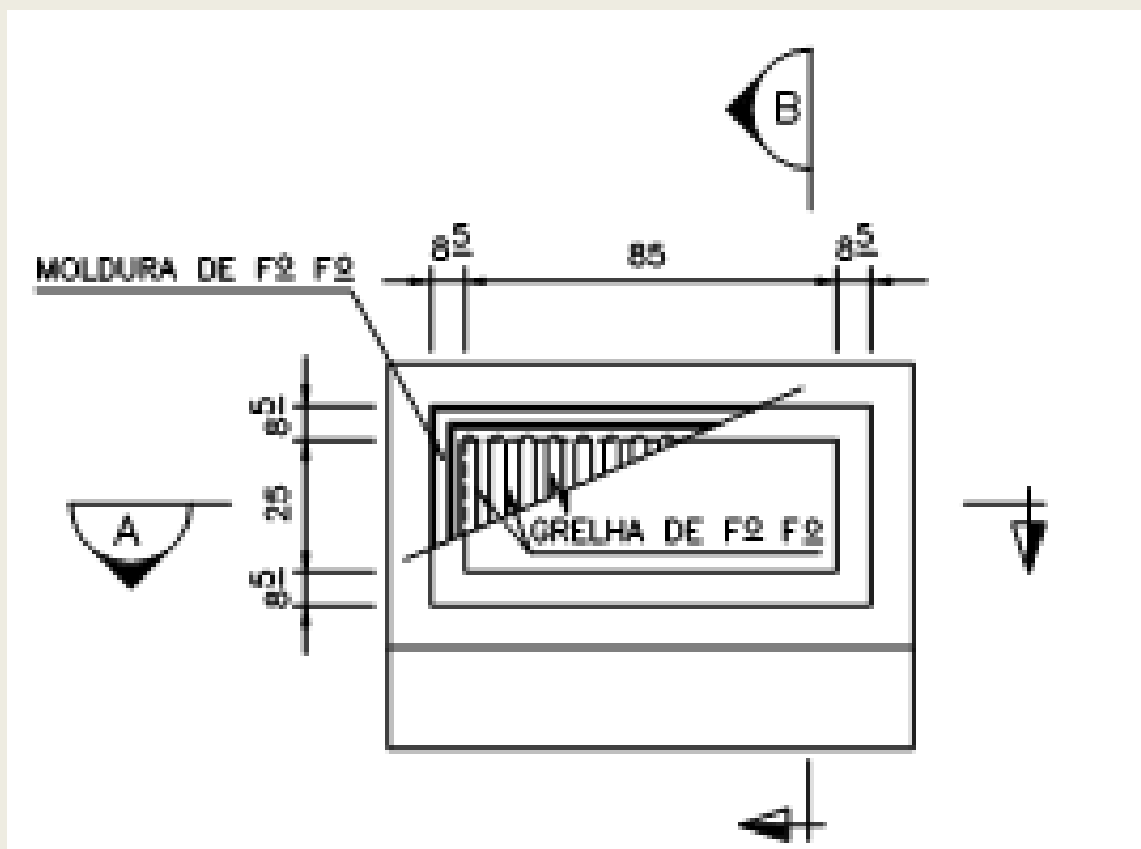
# Sarjeta padrão PMSP



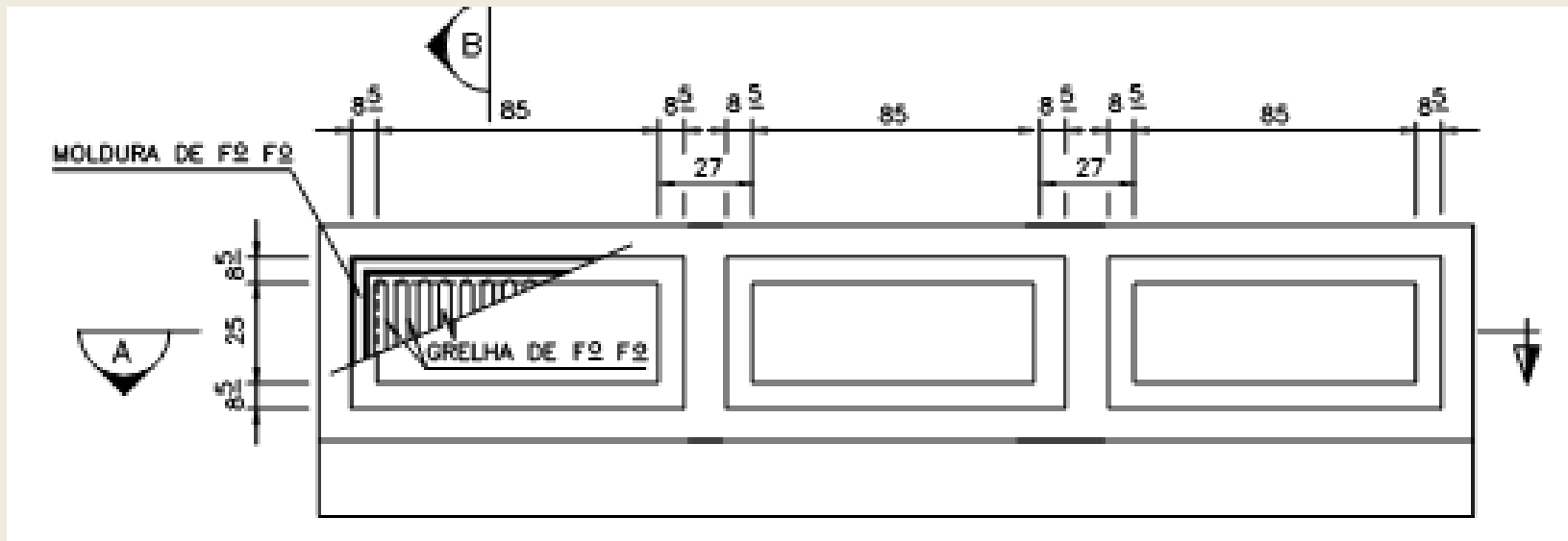
# Boca de leão simples

## Padrão PMSP

Instalada no rebaixo de entrada de veículos

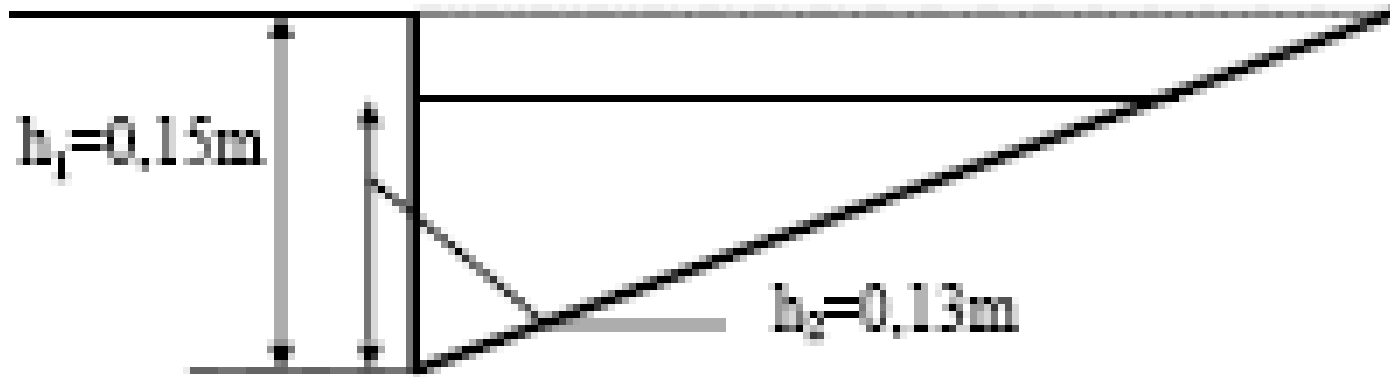


# Boca de leão tripla Padrão PMSP



# Guia e Sarjeta

velocidade na sarjeta = **3,0m** (P.S.W.) 3,5m/s ou 4m/s  
(entrada máxima **15cm** Cuidado !!!)

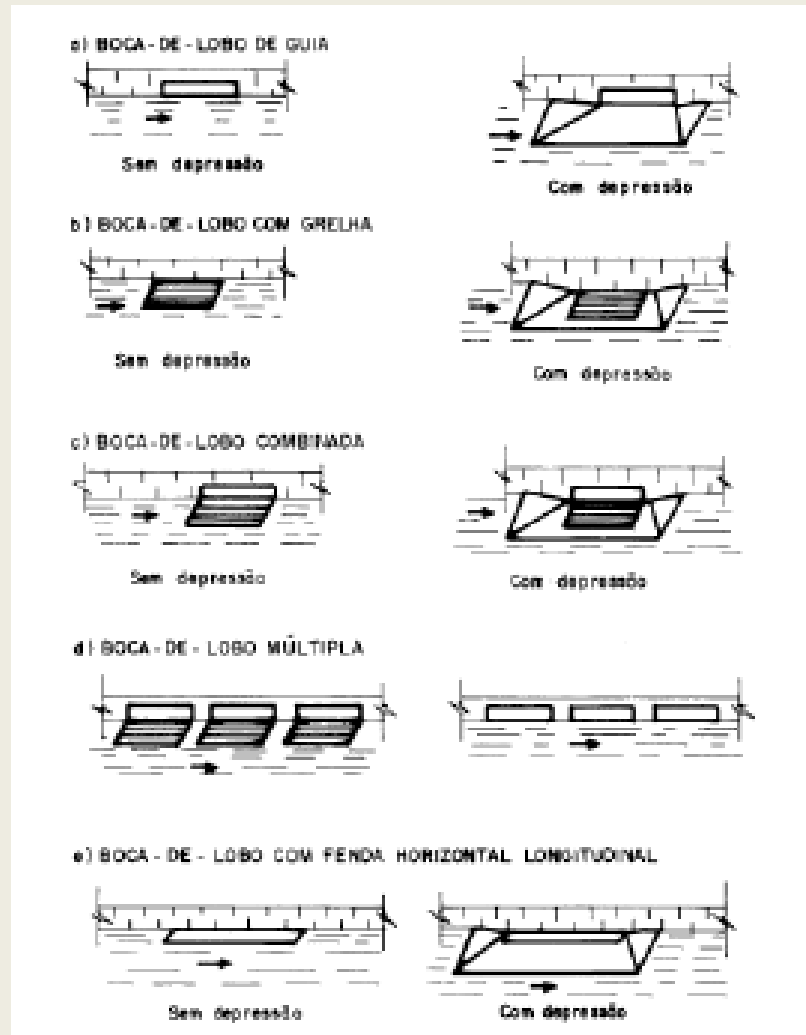


# Dados práticos

- Altura da guia normalmente adotado= 0,15m
- Altura da guia tipo Alphaville= 0,075m
- Altura de água na boca de lobo normalmente adotada= 0,10m a 0,12m
  
- Declividade lateral  $S_x$  normalmente adotado: 2% ou 3%

# Tipos de boca de lobo (*Curb*)

simples, com grelha e combinadas



## Capacidade das boca de lobo e boca de leão (boca de lobo +grelha)

- Boca de lobo simples: 50 L/s
- Boca de lobo dupla: 100 L/s
- Boca de lobo tripla: 150 L/s
- Grelha simples: 100 L/s
- Grelha dupla: 200 L/s
- Grelha tripla: 300 L/s
- Boca de leão (grelha): 150 L/s
- Boca de leão dupla: 300 L/s
- Sugestão: padronizar as bocas de lobo

# Espaçamento de poços de visita

- **Conduto livre (Manning)**
- **Prática: 30 a 40m**
- Mudança de direção ou de declividade
- **Conduto forçado.**
- Lançamento em praias com variação da maré.  
Fórmula de Hazen-Willians para conduto forçado. A água não deve chegar a 0,30m da tampa do PV.
- Redes pressurizadas e sem PV nas curvas (USA)



# Critérios de perigosidade

- **Zona sem perigo:  $V.D < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$  (Cor verde):**  
**Risco baixo para a vida humana e aquaplanagem**
- **Zona de transição  $0,5 \leq V.D \leq 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$  (cor amarela) Risco médio para a vida humana**
- **Zona perigosa  $V.D > 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$  (cor vermelha)**
- **Alto Risco para a vida humana**
-

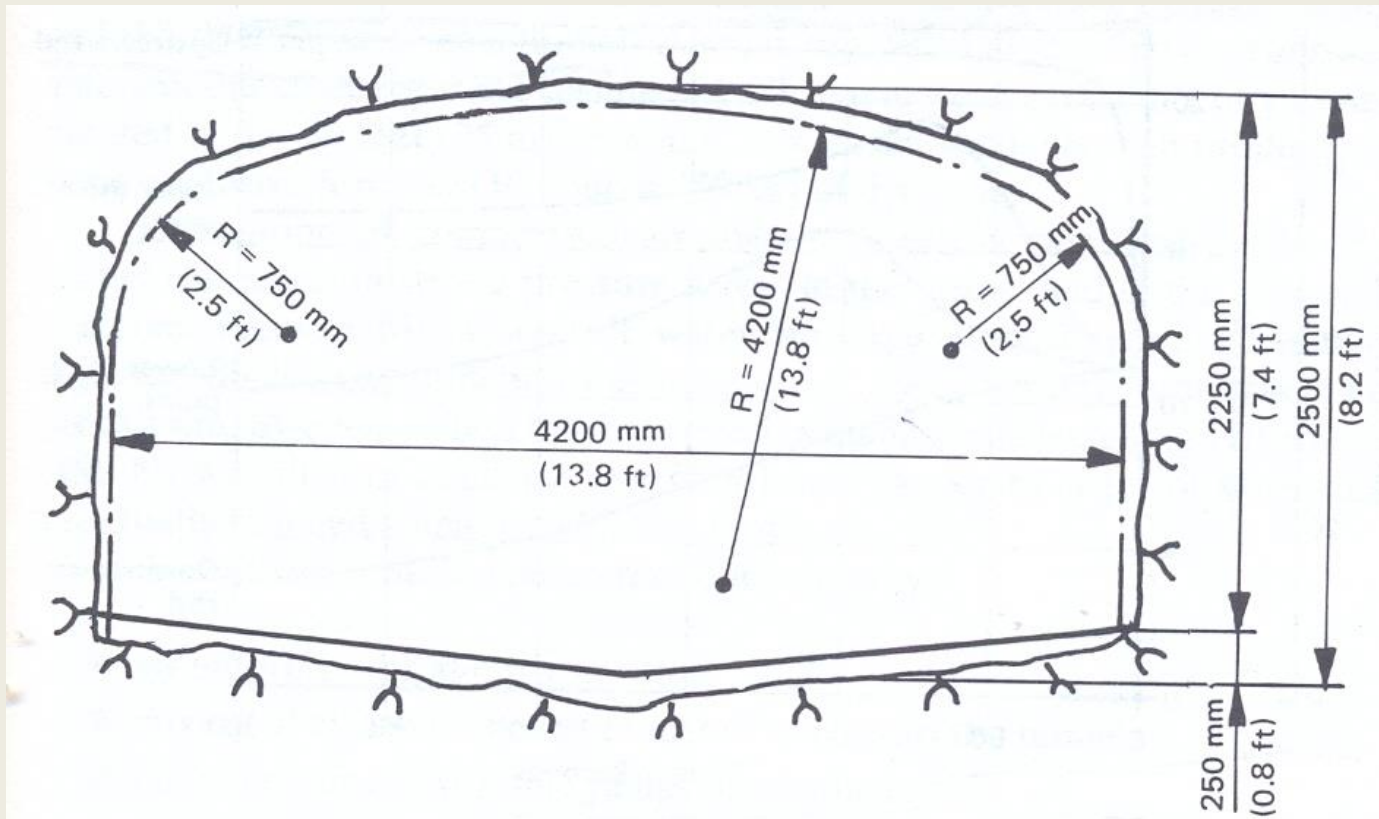
- Exemplo: verificar se o pedestre pode ser levado pela enxurrada se a velocidade na guia e sarjeta for 3,5m/s e altura do nível de água 0,15m +0,05m (acima da guia)=0,20m.
- **V.D= 3,5 x 0,20= 0,7 > 0,5 m<sup>2</sup>/s** será levado pela enxurrada
- **Altura da água= 0,13m**
- **V.D= 3,5 x 0,13= 0,46 < 0,5 m<sup>2</sup>/s** **OK** Não haverá aquaplanagem

# Grande problema em microdrenagem

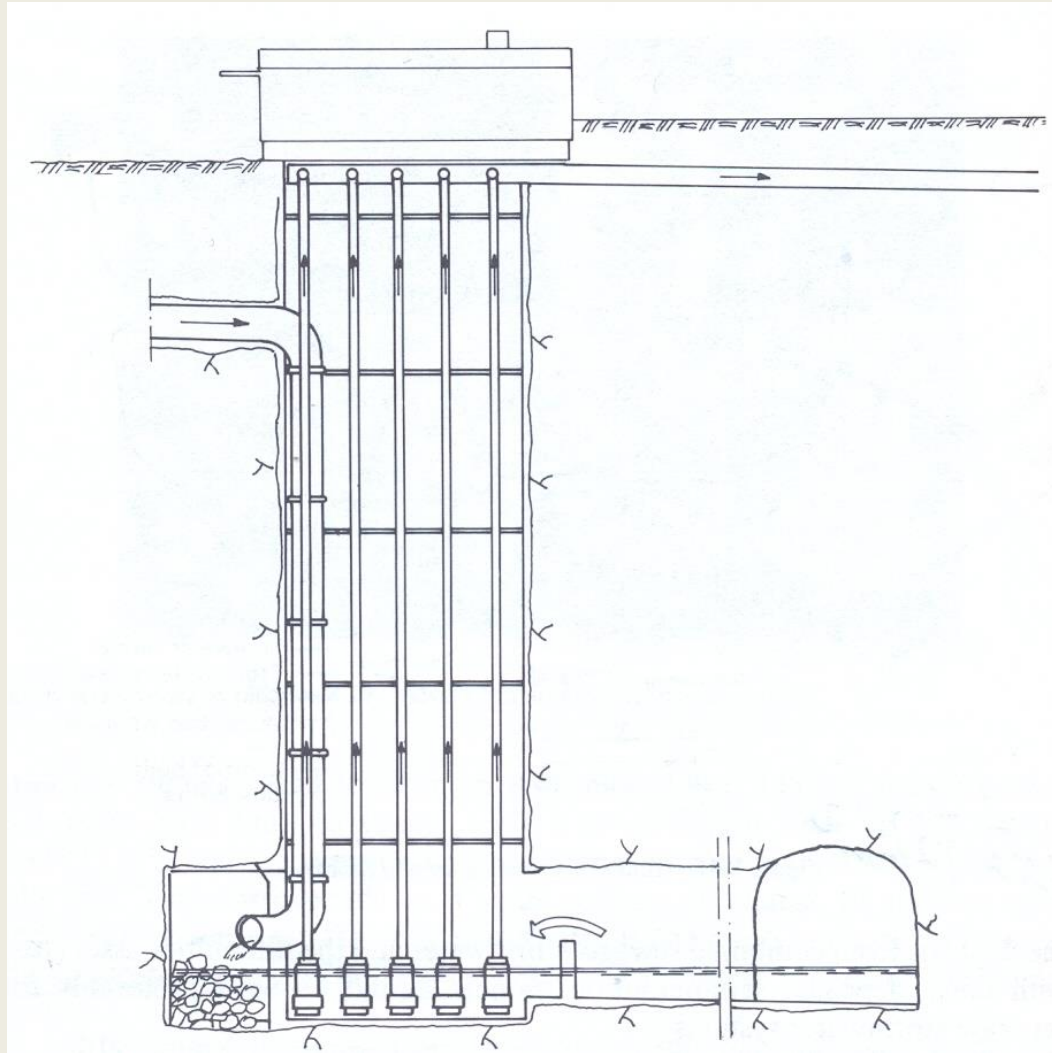
- Não há normas da ABNT
- Cada cidade faz o que quer
- Mortes: processo para os engenheiros responsáveis pela manutenção (boca de lobo, inundação, sistema superficial)
- Processos na Comissão de Meio Ambiente do CREA-SP : não se pode fazer nada
- Necessidade de projeto de norma de águas pluviais.

- Armazenamento em túneis

# Seção típica de túnel



# Bombeamento para fora do túnel



# Túnel em Hong Kong

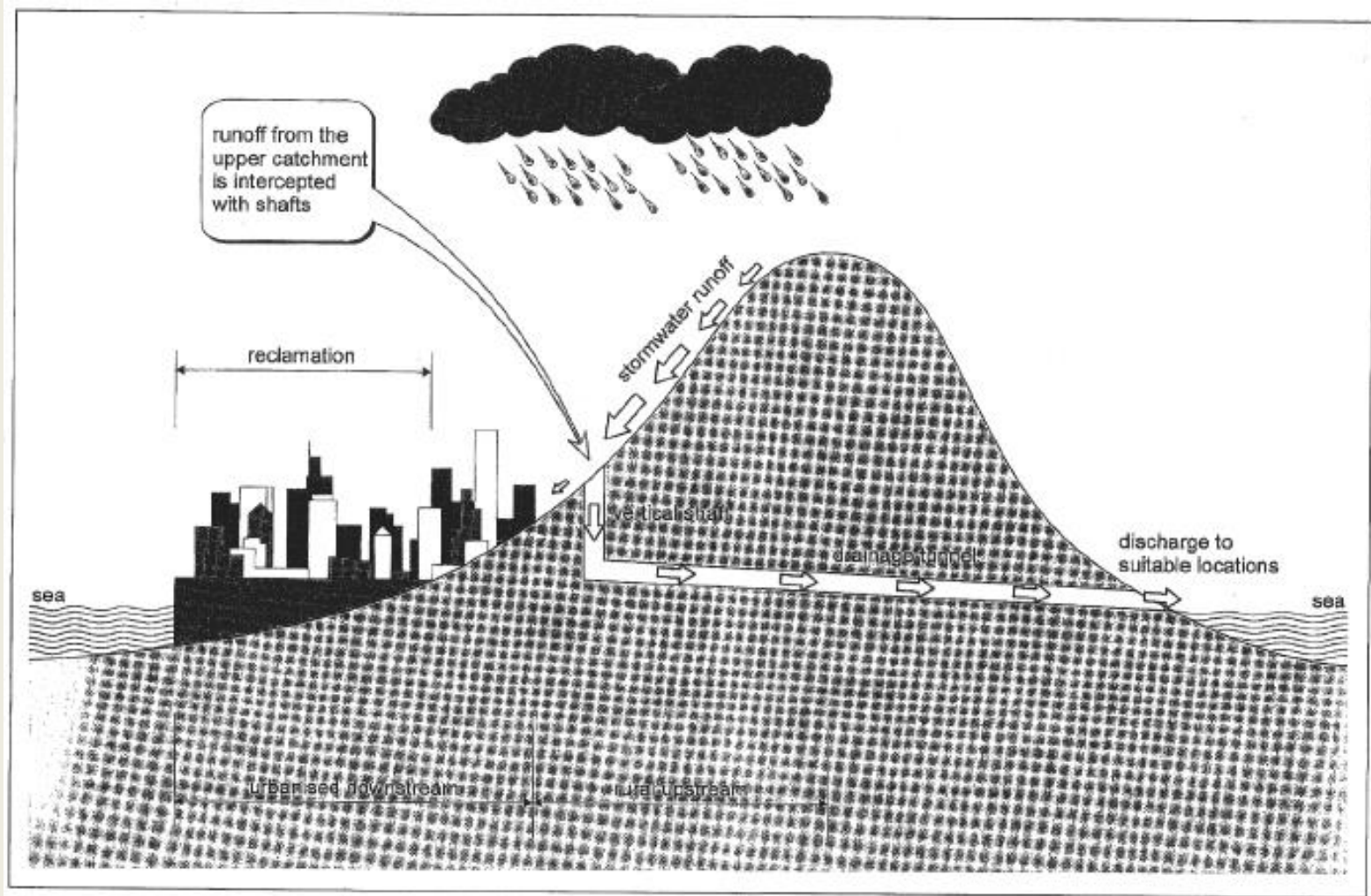
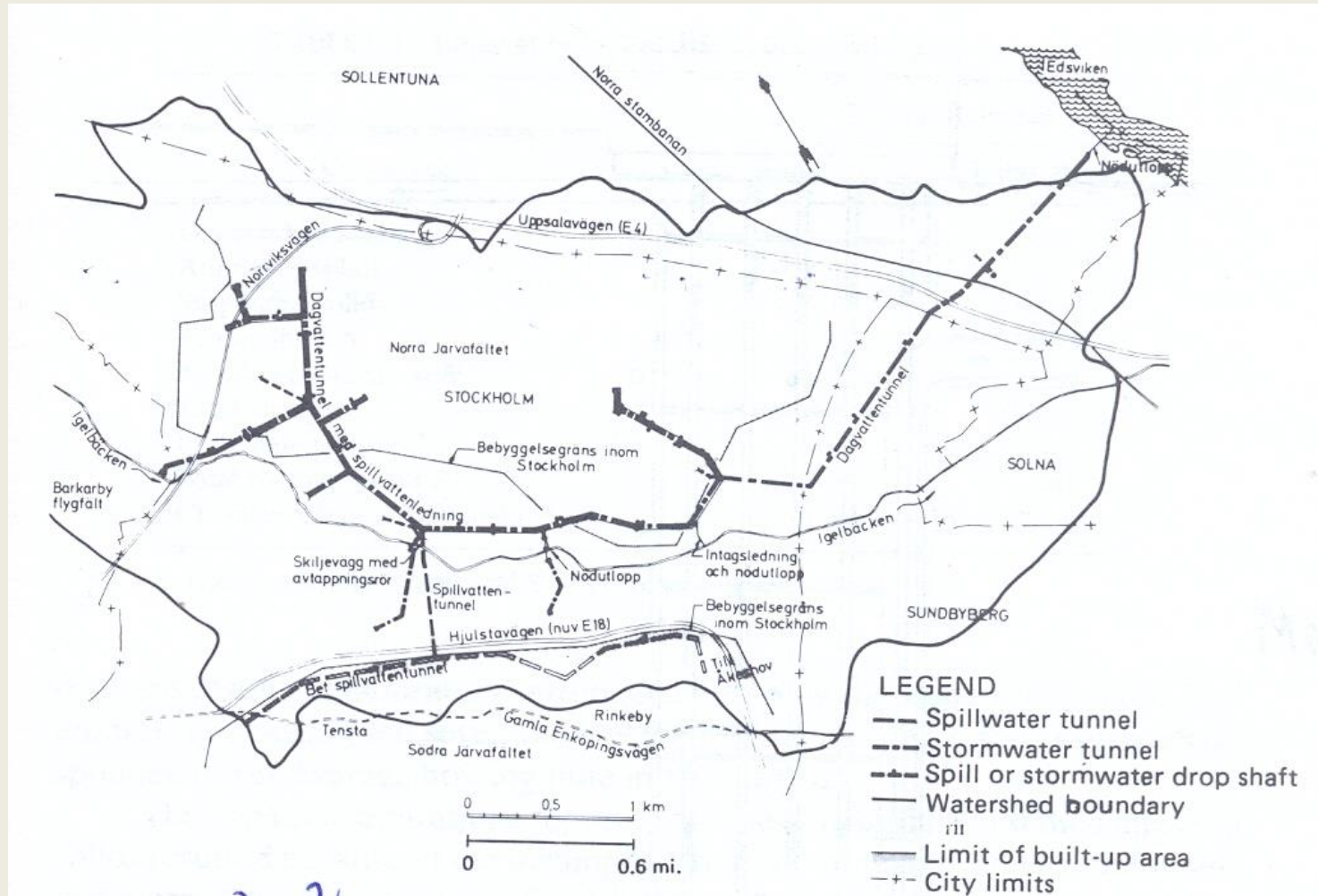


Figure 1. Schematic layout of stormwater drainage system in Hong Kong

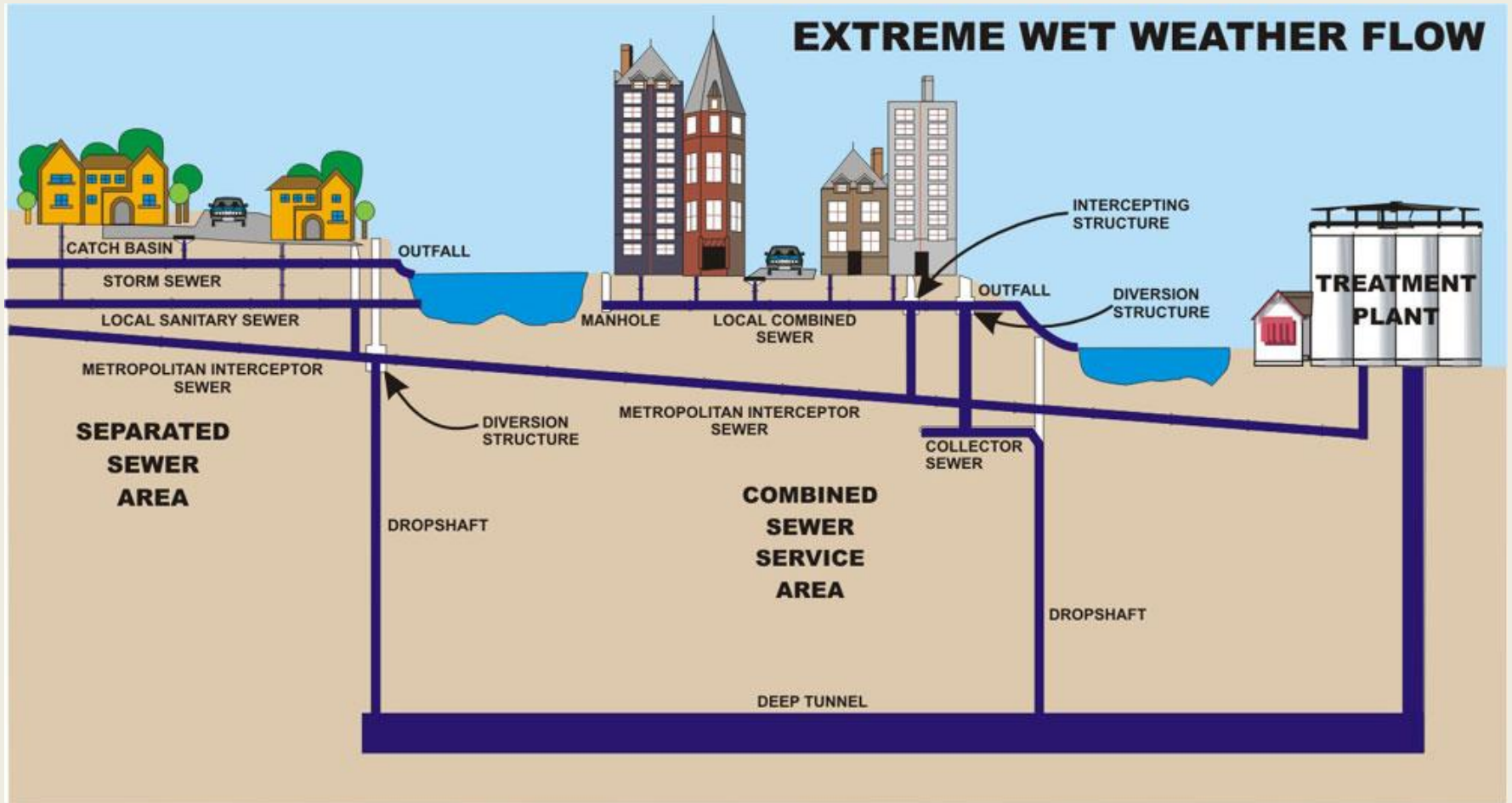
# Túneis na Suécia- Peter Stahre e Ben Urbonas

Área= 12km<sup>2</sup> 12km de túneis e área transversal de 25m<sup>2</sup>





)  
Abaixo: *Milwaukee/USA- Tunnel Storage*



- Bueiros (*culvert*)

# Dimensionamento **errado** do bueiro

(máximo duas seções conforme FHWA) Quantidade



# São Paulo- Renato Zucollo

Fusca Rolha



# Manutenção nos bueiros

## Quantidade

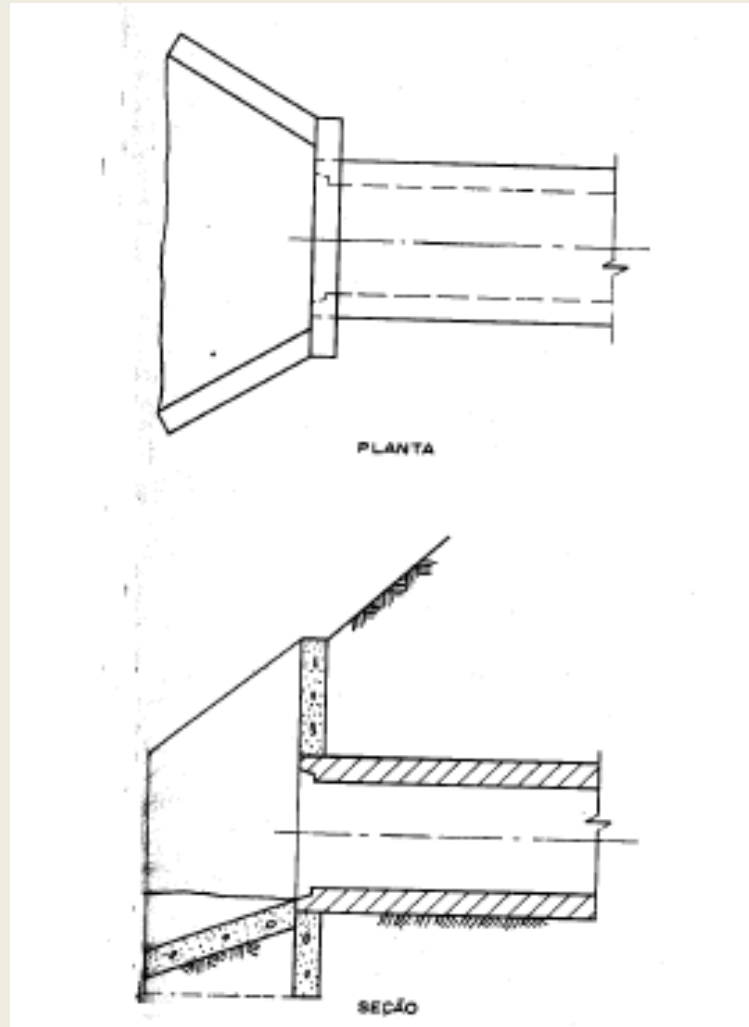


# FHWA: bueiro c/máximo duas células

Casos: entupimento na entrada



# Entrada com muro de testa e muro de ala



# Bueiro ou travessias

travessias: ruas, estradas rodagem, ferrovias, passagens de animais,  
passagens de peixes





# Bueiro com passagem de peixes e pequenos animais na parte superior

## Box culvert with fish passage



Fall 2009

CE154

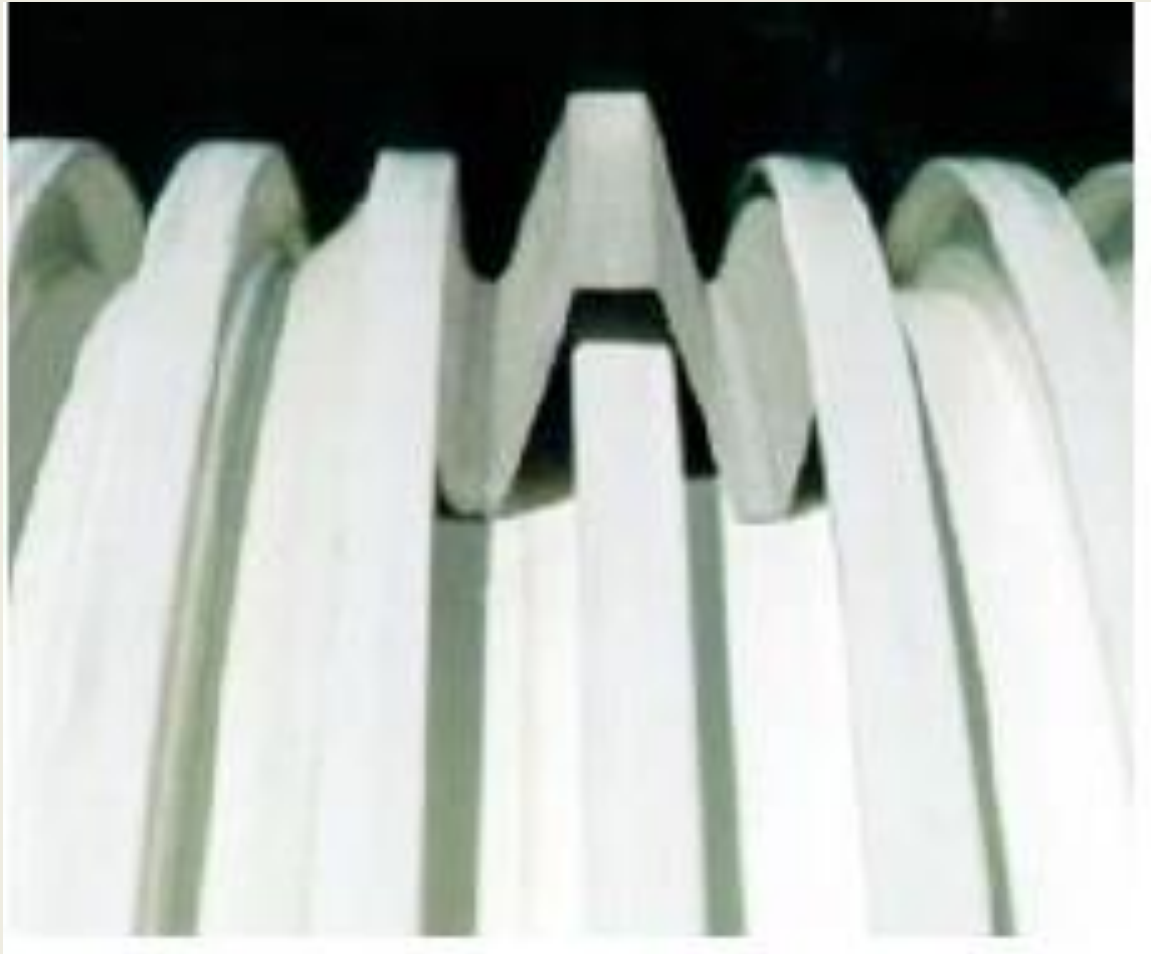
6

# Na saída do bueiro

- Podemos ter no fim do bueiro:
  - 1. Degrau
  - 2. Rip-rap
  - 3. Escada hidráulica
  - 4. Dissipador de energia (impacto)
  - 5. Não precisar de nada

- Ribloc
- Ribloc steel

# Ribloc steel



# Bueiro em Ribloc

(tecnologia Australiana. Ainda não temos normas da ABNT. Usado: Sabesp, Petrobras

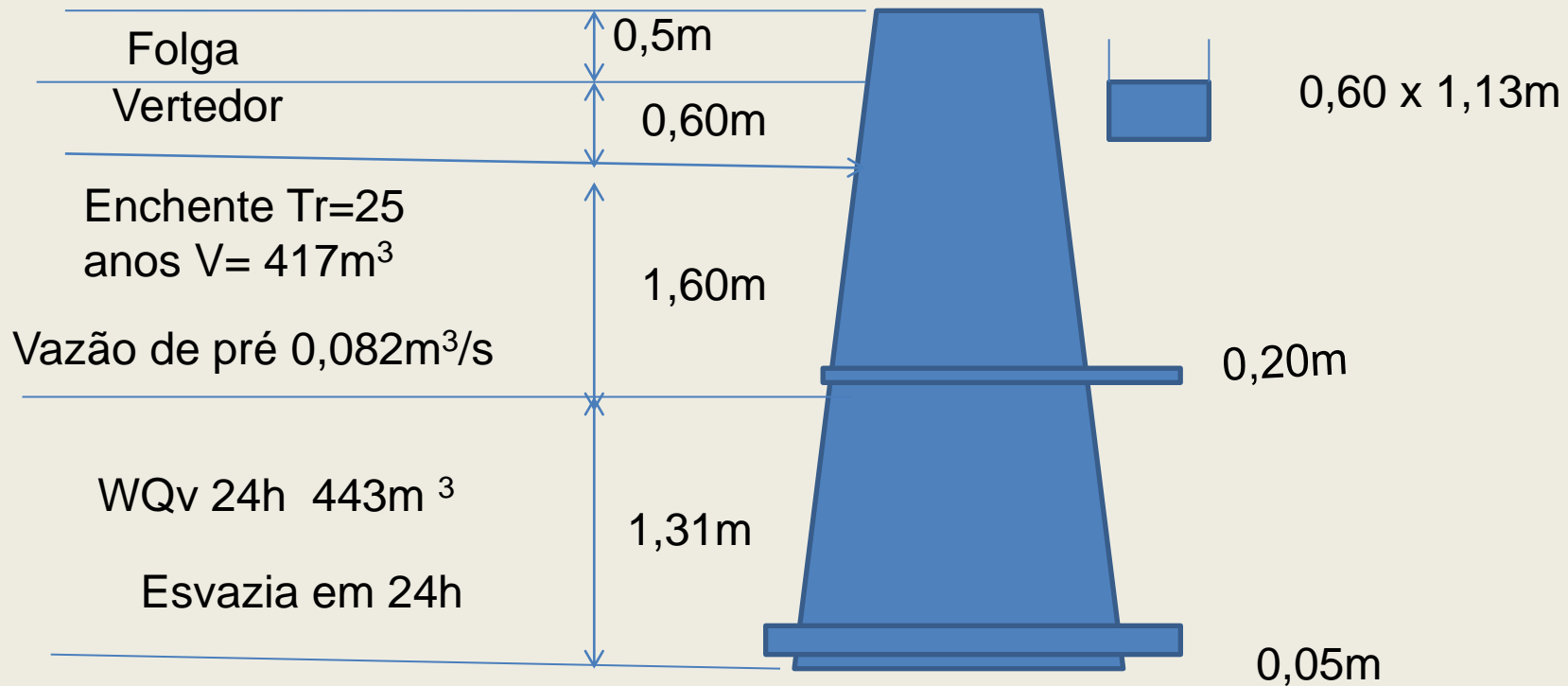


# Reservatório de detenção estendido

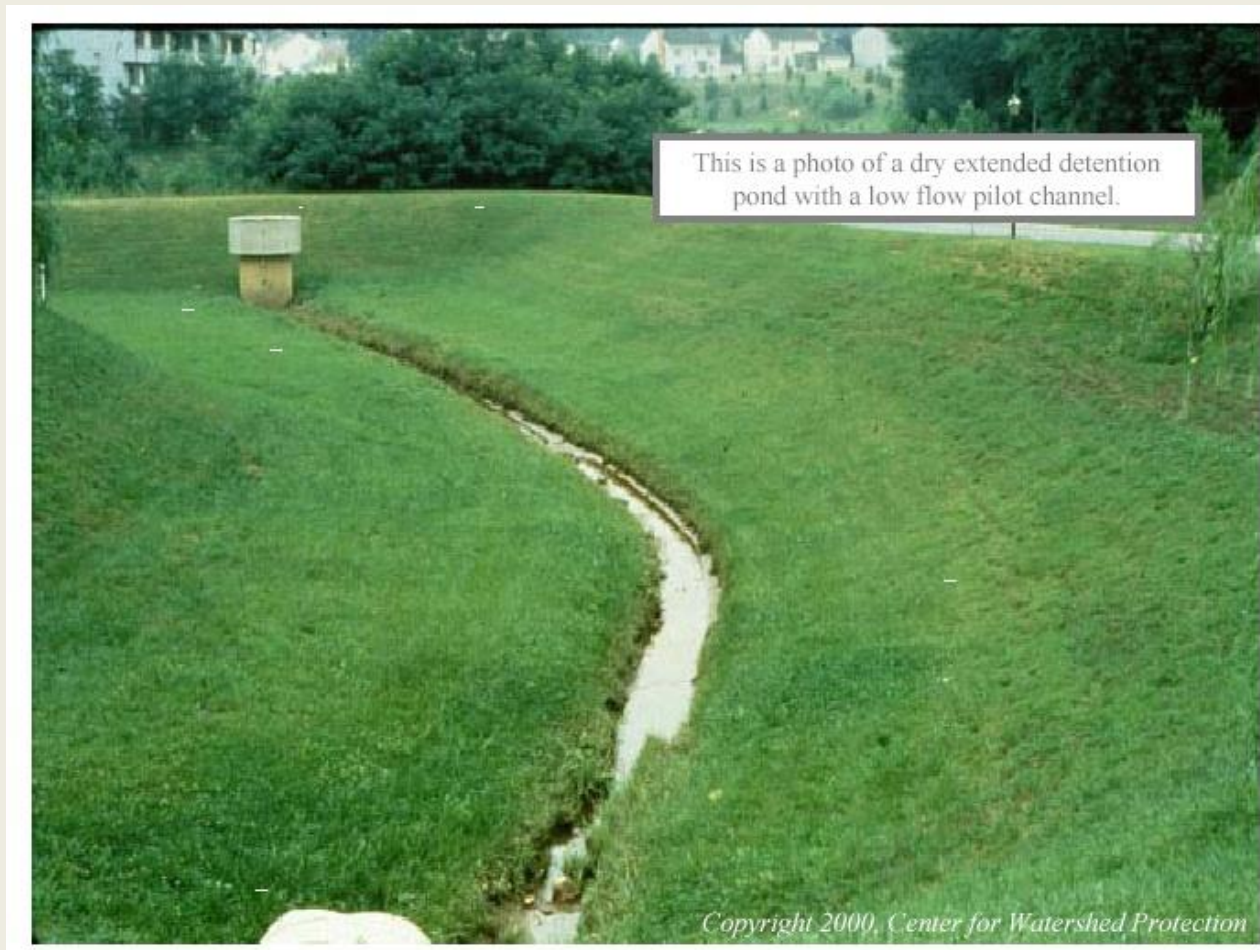
- Dupla função: Enchentes e Qualidade
- Detem a enchente e parte do reservatório esvazia em 24h através de orifício e parte esvazia conforme  $Q_{pré}$ .
- Muito usado nos USA e Europa

# Reservatório para melhoria da qualidade da águas pluviais usando WQv e enchente $Tr=23$ anos

Notar tubo de 0,05m para escoamento em 24horas.



# Reservatório de detenção estendido (enchente+melhoria da qualidade das águas pluviais)





# Reservatório de detenção estendido



# Reservatório de detenção estendido



# Reservatório de detenção estendido



# Lei das piscininhas

esvaziamento em 1 h com bombas ?

- Histórico: cidade de São Paulo (2002); Estado de São Paulo (2007); várias cidades do Brasil.
- **$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$**
- V= volume do reservatório (m<sup>3</sup>)
- A<sub>i</sub>= área impermeável (m<sup>2</sup>)
- IP= índice pluviométrico igual a 0,06mh
- t= tempo de duração da chuva igual a 1h
- Guarulhos: usa 6 L/m<sup>2</sup> de toda a área para área >5000m<sup>2</sup>
- **Novidade**: PMSP: pré-desenvolvimento= 25 L/s x ha
- Supondo Tr=10anos. Automaticamente o volume será aumentado para poder sair no máximo 25 L/sxha

# Para áreas até 100 ha- RMSP (Plinio)

- $Tr = 25$  anos
- $V = 5,42 \cdot A \cdot AI$  para  $Tr = 25$  anos
  - Sendo:
  - $V =$  volume ( $m^3$ )
  - $A =$  área da bacia (ha)  $\leq 100$ ha
  - $AI =$  área impermeável (%)

**$Q_n = 28 \text{ L/s} \times \text{ha}$**

**Exemplo:  $AI = 70\%$   $A = 100$  ha**

**$V = 5,42 \times 70 \times 100 = 37.940 \text{ m}^3$**

**Vazão pré-desenvolvimento =  $28 \times 100 = 2800 \text{ L/s} = 2,8 \text{ m}^3/\text{s}$**

# Volume de detenção

RMSP PARA AREAS ATÉ 100 ha

Período de retorno Tr (anos)	Vazão de pré- desenvolvimento (L/s x ha)	Coefficiente K	Volume de detenção (m <sup>3</sup> ) AI (%)
1	16	3,02	V= 3,02xAlxA
2	18	3,45	V= 3,45xAlxA
10	24	4,63	V= 4,63xAlxA
25	28	5,42	V= 5,42xAlxA
100	36	6,78	V= 6,78xAlxA

- **Itatiba**
- **Muito obrigado!**
- Engenheiro civil Plínio Tomaz  
Guarulhos, 19 de maio de 2016  
[www.pliniotomaz.com.br](http://www.pliniotomaz.com.br)  
[pliniotomaz@uol.com.br](mailto:pliniotomaz@uol.com.br)