

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANITÁRIA

PHD 0313 Instalações e Equipamentos Hidráulicos

Aula 11: Instalações de Águas Pluviais

JOSÉ RODOLFO S. MARTINS

MIGUEL GUKOVAS

RONAN C. CONTRERA

PHD0313/11/1

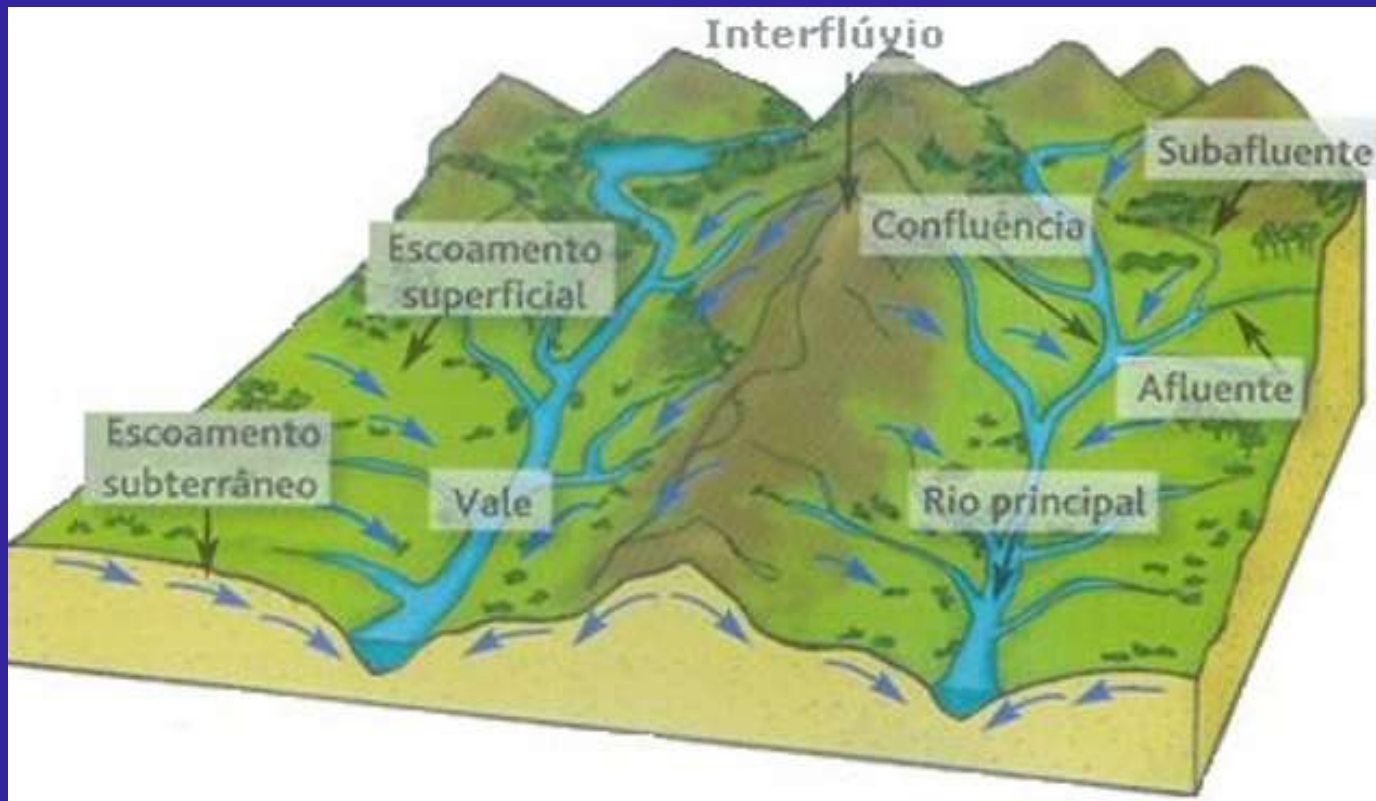
Objetivos da aula

- Discutir os conceitos de manejo das águas pluviais no interior das construções
- Descrever os sistemas de coleta e condução de águas pluviais
- Dimensionar a tubulação de AP

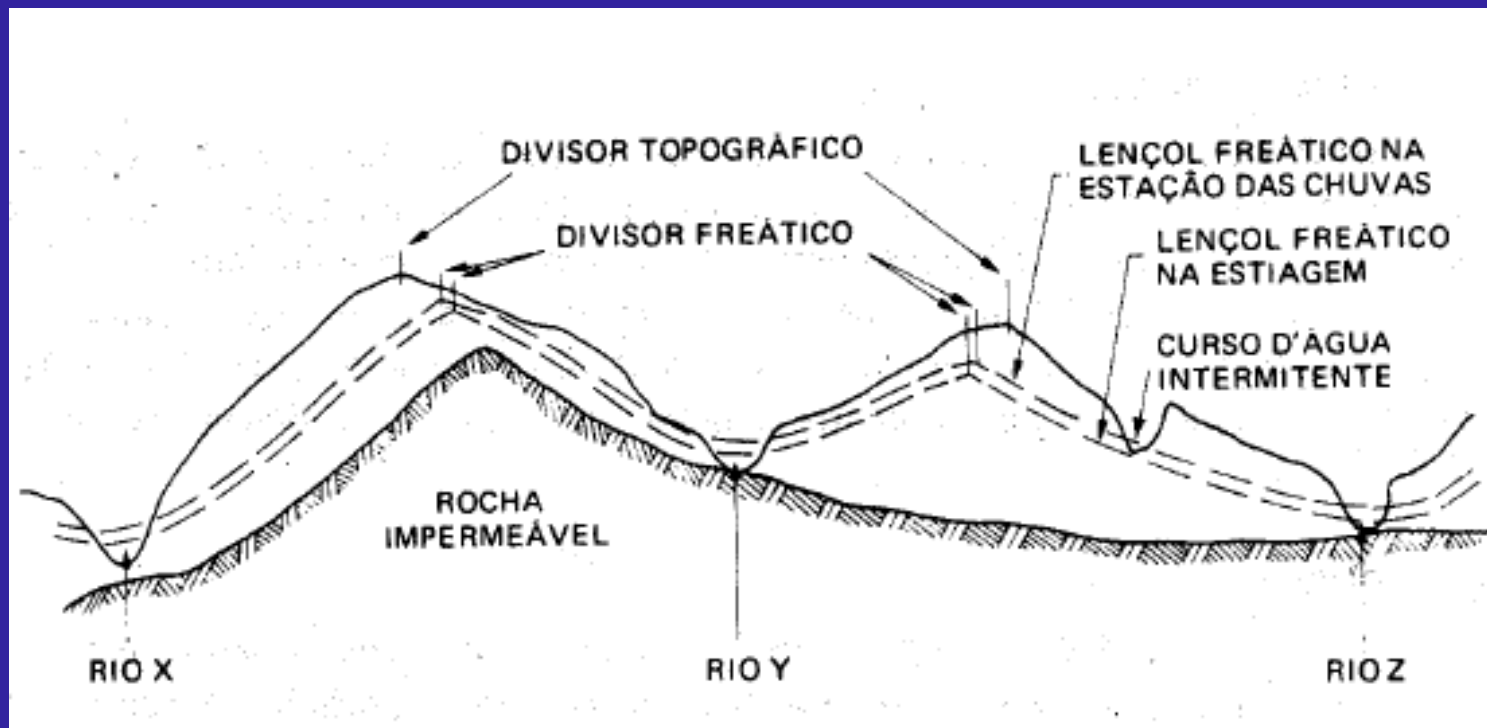
Sistemas de Águas Pluviais (AP)

- No passado:
 - Coletar e afastar rapidamente as águas pluviais de forma a reduzir os efeitos de contaminação pelo contato com as águas servidas.
- Atualmente:
 - Não causar impactos sobre a bacia hidrográfica devido a impermeabilização e uso urbano do solo.
 - Manter e contribuir para a melhoria da qualidade das águas pois o uso urbano do solo gera resíduos poluidores.
 - Permitir a recarga de aquíferos.

Bacia Hidrográfica



Bacia Hidrográfica



Grandes Bacias do Brasil



Aspectos Hidrológicos

- ALTURA PLUVIOMÉTRICA: Volume de água precipitada por unidade de área [mm]
- INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA: Altura pluviométrica precipitada num determinado tempo dividido por este intervalo [mm/h ou mm/min]
- DURAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO: Intervalo de tempo padrão para cálculo da intensidade pluviométrica.

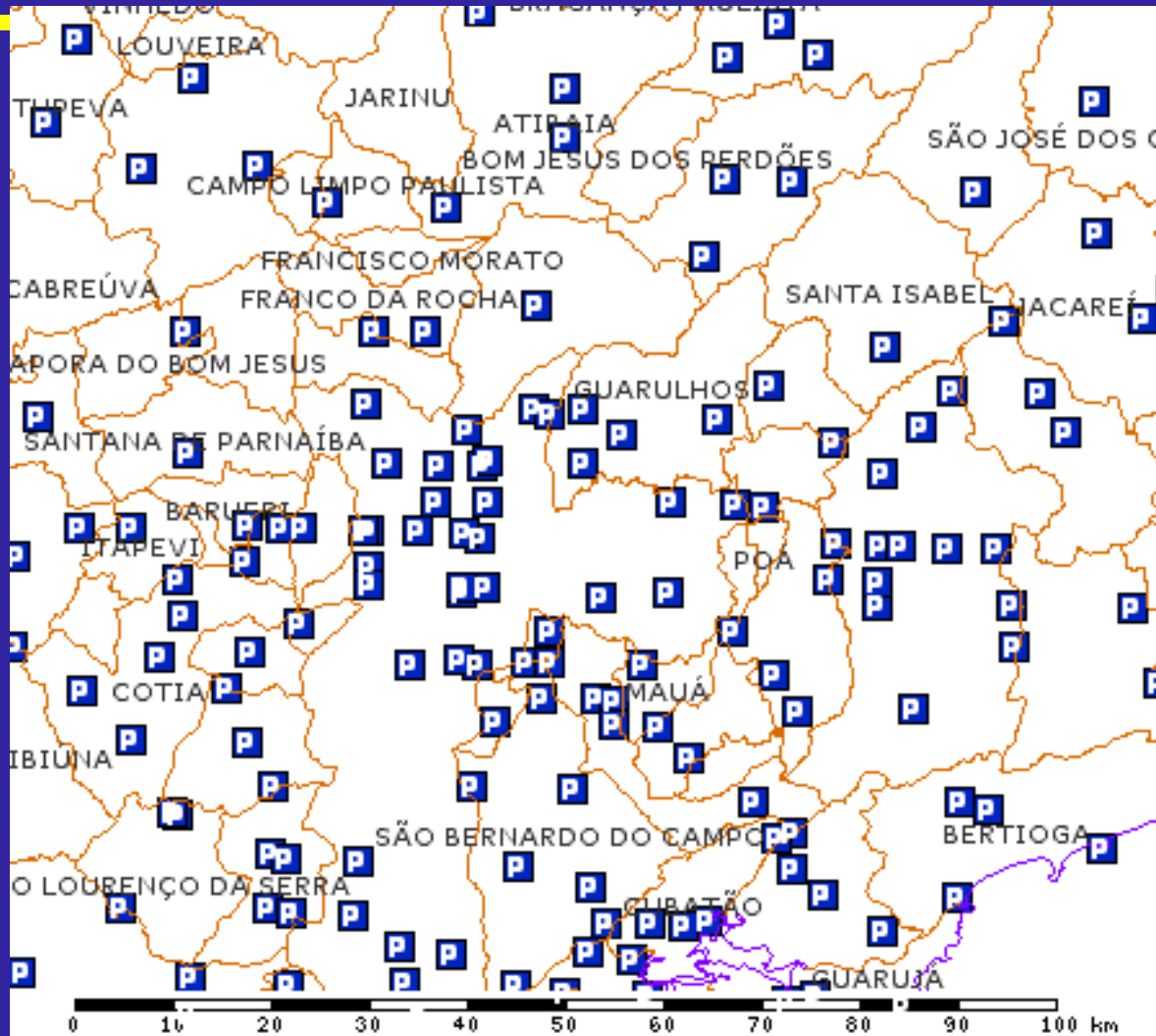
Aspectos Hidrológicos

- PERÍODO DE RETORNO: Número médio de anos para que uma intensidade pluviométrica seja superada
- ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO: Soma das áreas que interceptam chuva
- TEMPO DE CONCENTRAÇÃO: Tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para uma determinada calha ou condutor

Chuvas Intensas - Medição



www.sigrh.sp.gov.br



PHD0313/11/10

Dados pluviométricos

SIGRH - Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhn.exe/plu?prefixo=E3_035 Go Links >>

PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO >> Destaques OK

 **Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**
quinta-feira, 18 de maio de 2006 - 08:03
servidor: www.sigrh.sp.gov.br

WebMail @sigrh.sp.gov.br
Senha OK

Procurar OK [Avançada]

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
RESPEITO POR VOCE

SIGRH Comites CRH Fehidro Boletim informativo Fórum Base documental Base georreferencial

Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo

Pesquisar por: Prefixo Tipo de Dados:
 OK

Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude	Bacia
Sao Paulo	E3-035	Observatorio Iag	780 m	23°39'	46°38'	Tamanduatei

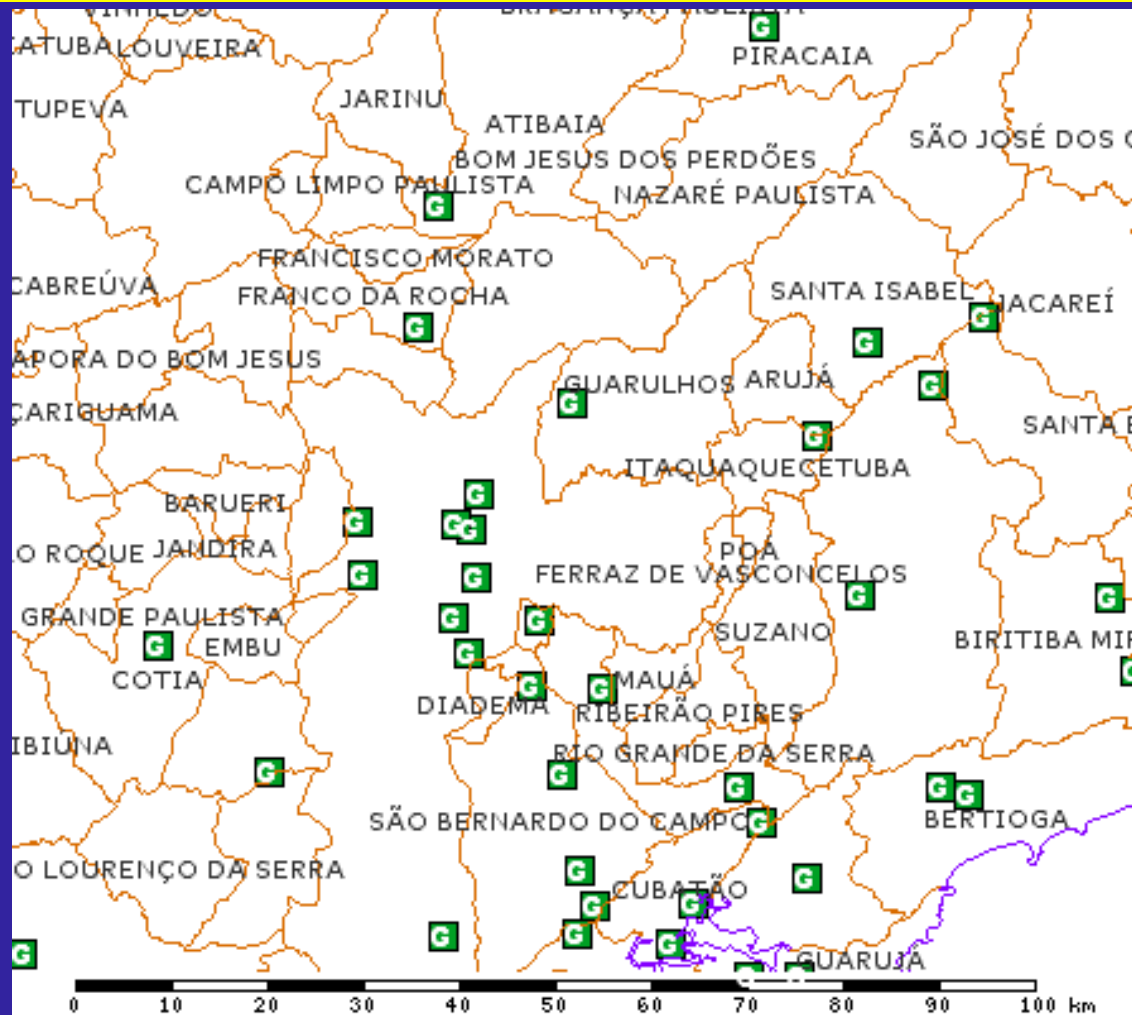
Ano: OK [Download da Série Histórica \(1935 até 2004\)](#)

CHUVA DIÁRIA (mm) - ANO: 1935

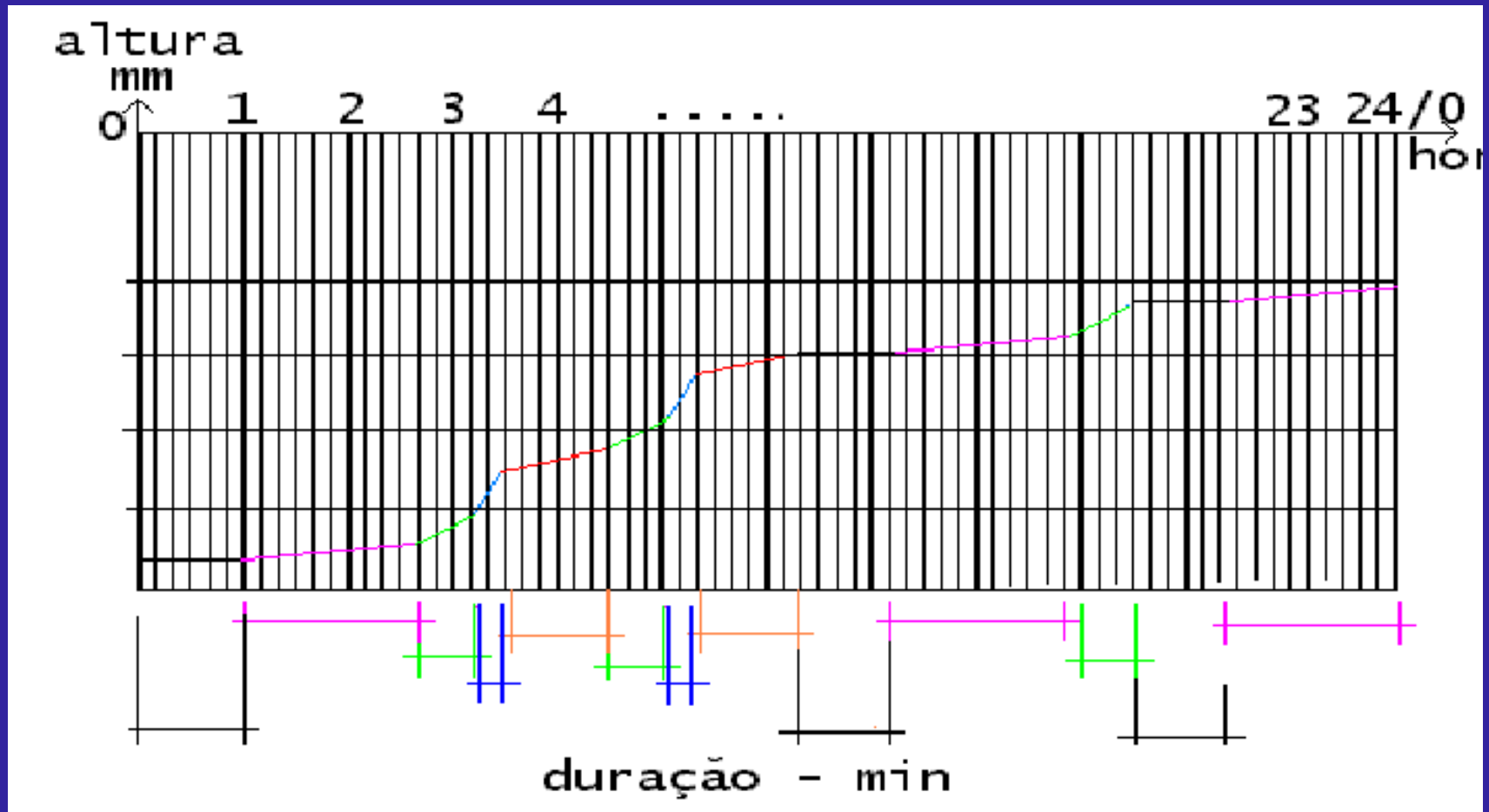
Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Start  08:02

Postos Pluviográficos



Registro Pluviográfico



Chuvas Intensas

SIGRH Comitês CRH Fehidro Boletim informativo Fórum Base documental Base georreferencial

Banco de Dados Pluviográficos do Estado de São Paulo

Pesquisar por: Prefixo Tipo de Dados:
Prefixo do Posto: E3-035 Intensidades máximas anuais OK

Município	Prefixo	Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Entidade	Início	Fim
Sao Paulo	E3-035	Observatorio lag	23°39'00"	46°38'00"	780,00	DAEE	01/01/1931	em atividade

[Download da Série Histórica de Intensidades Máximas por Evento \(1931 até 1998\)](#)

INTENSIDADES MÁXIMAS ANUAIS (mm/min)

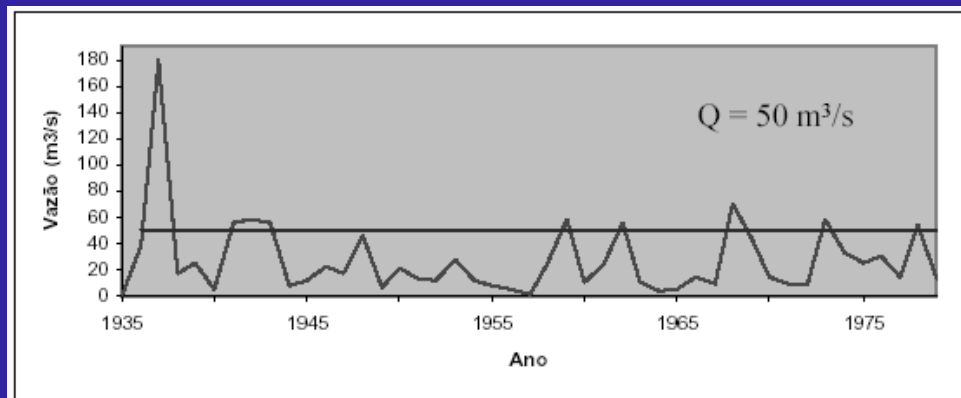
Ano	10'	20'	30'	60'	120'	180'	360'	720'	1080'	1440'
1931	1,010	0,885	0,833	0,625	0,570	0,502	0,324			
1932	1,170	1,085	0,883	0,535	0,235	0,168	0,099			
1933	1,170	0,825	0,553	0,318	0,211	0,143	0,070			
1934	1,690	0,965	0,720	0,483	0,299	0,215	0,071	0,053		
1935	1,500	1,150	0,876	0,516	0,301	0,150	0,111			
1936	1,130	0,895	0,673	0,390	0,247	0,197	0,122	0,067	0,045	0,033
1937	2,200	1,950	1,690	0,255	0,175	0,169				
1938	0,830	0,830	0,660	0,368	0,352	0,266	0,125	0,100		
1939	1,690	0,855	0,616	0,436	0,231	0,160				
1940	1,210	1,085	0,926	0,746	0,397	0,254	0,170			

Start D:\E\Poli... PHD 031... PHD 031... SIGRH - ... SIGRH - ... SIGRH - ... PT 08:04

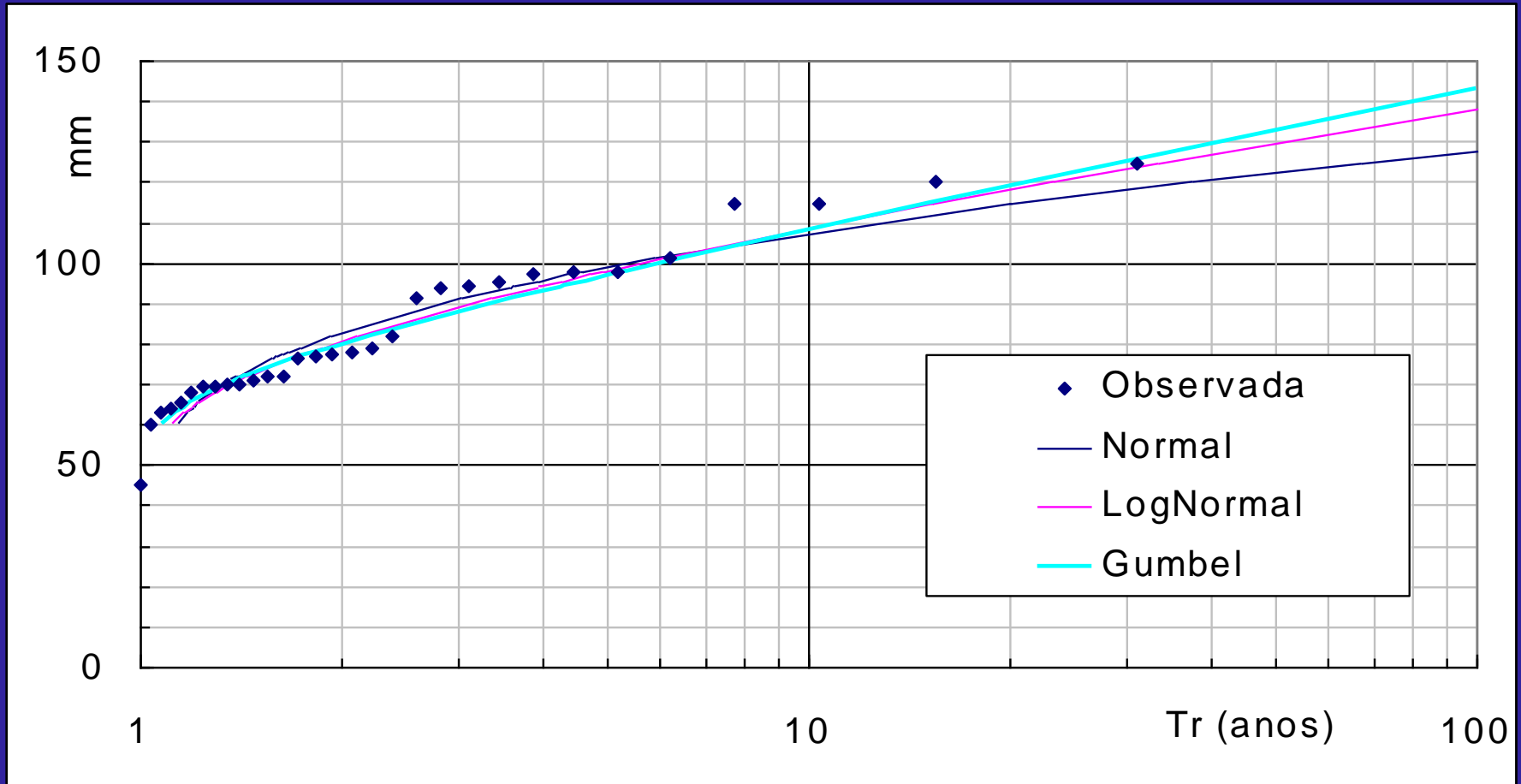
Período de Retorno

Vazões máximas anuais de 1935-1978, m³/s.

Ano	1930	1940	1950	1960	1970
0		55.9	13.3	23.7	9.2
1		58.0	12.3	55.8	9.7
2		56.0	28.4	10.8	58.5
3		7.7	11.6	4.1	33.1
4		12.3	8.6	5.7	25.2
5	38.5	22.0	4.9	15.0	30.2
6	179.0	17.9	1.7	9.8	14.1
7	17.2	46.0	25.3	70.0	54.5
8	25.4	6.9	58.3	44.3	12.7
9	4.9	20.6	10.1	15.2	



Extrapolação Estatística



Equações

Intensidade, Duração e Frequência (IDF)

$$I = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c}$$

$$i_{t,T} = 27.96T^{0,112}(t+15)^{-0,86T^{0,0144}}$$

$$i_{t,T} = 39,3015 (t+20)^{-0,9228} + 10,1767 (t+20)^{-0,8764} \cdot [-0,4653 - 0,8407 \ln \ln (T / T-1)]$$

(Martines e Magni (1982))

- A intensidade da chuva é função de sua duração (t) e sua frequência (T → período de retorno).
- As equações IDF são específicas para um determinado local

OBS: se $t \uparrow$, $i \downarrow$ e se $t \downarrow$, $i \uparrow$
se $T \uparrow$, $i \uparrow$ e se $T \downarrow$, $i \downarrow$

Projeto

- **NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**

Chuvas de Projeto

[I]=mm/h

Local	Período de Retorno (anos)		
	1	5	25
Florianópolis	114	120	144
Porto Alegre	118	146	167(21)
Curitiba	132	204	228
São Paulo	122	172	191(7)
Rio de Janeiro	122	156	174(20)

Valores entre parêntesis: Dados de chuva menores que 25 anos

Cálculo da Vazão

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

- Q : vazão;
- i : intensidade de precipitação;
- C : coeficiente de absorção ou de escoamento superficial (considera-se igual a 1,0 para telhados e áreas impermeáveis);
- A : área de contribuição.

Coeficiente C

Natureza da Superfície	Valores de C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas e em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeio de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Coeficiente de Absorção

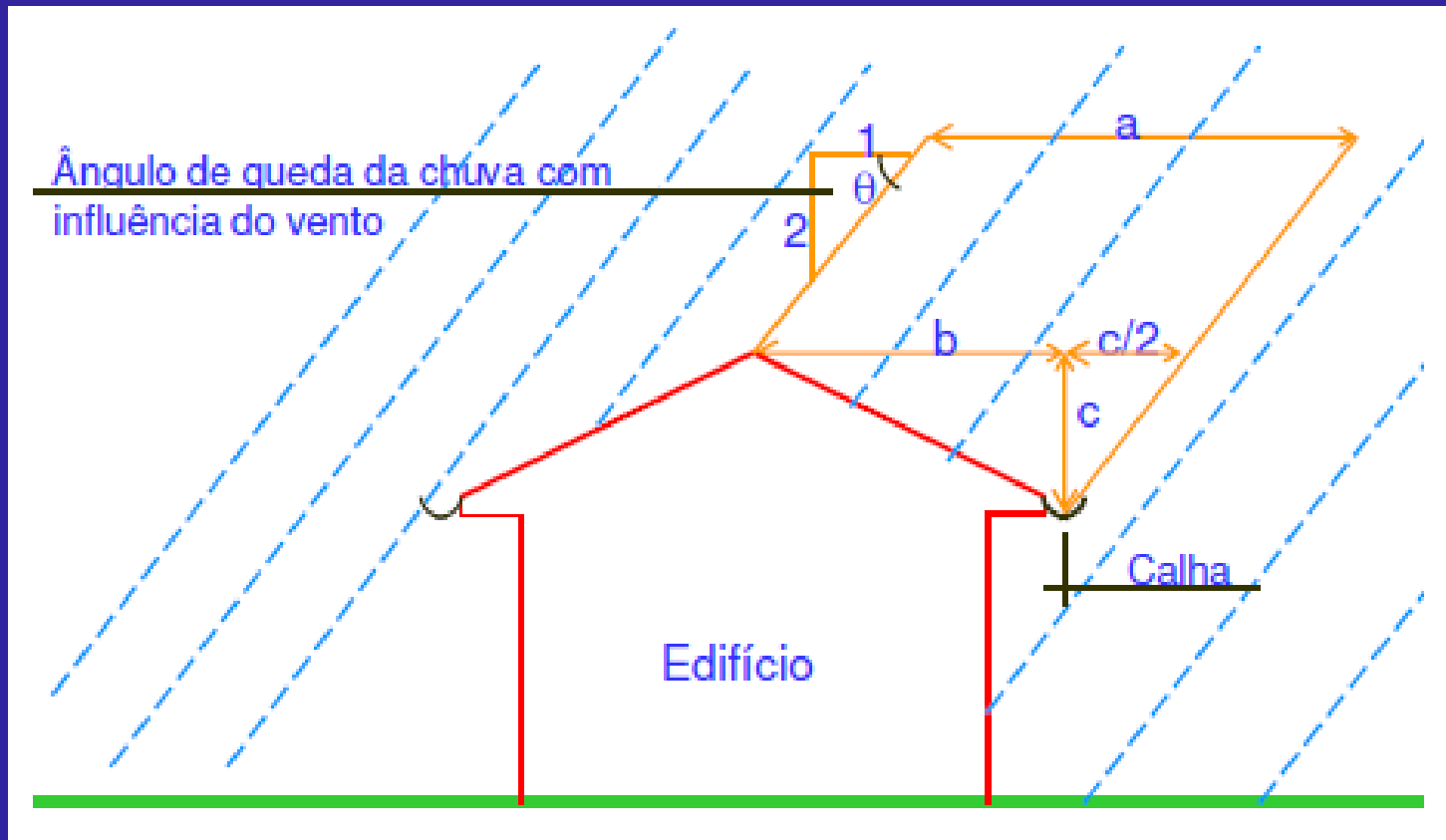
Tipo de Área	Valor
Telhados, Áreas Cobertas, Terraços e Pisos pavimentados	0,70 a 0.99
Áreas Internas em Pavimentos Porosos, paralelepípedos e etc	0.75 a 0.85
Jardins e Área Gramadas	0.05 a 0.65

- **Para áreas impermeáveis e regulares adotar:**
 $C = 1,0$

Área de Contribuição

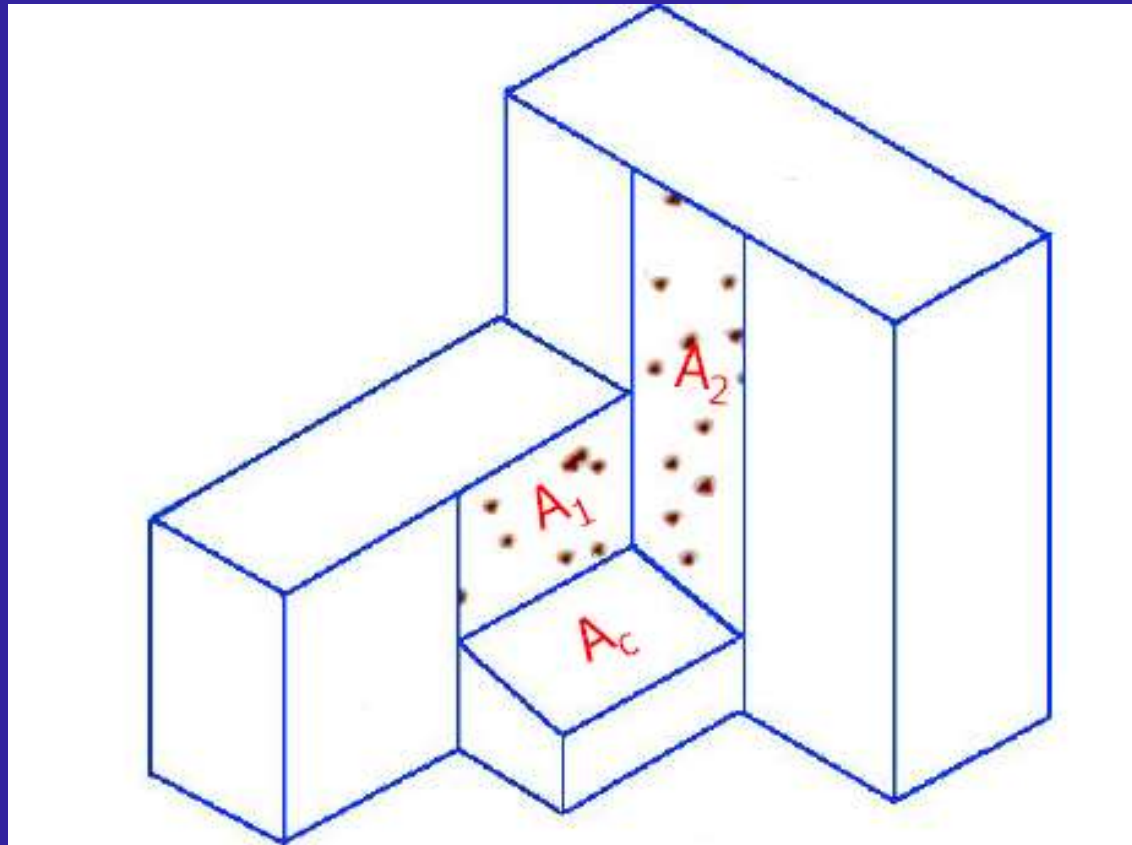
- Cobertura → Considera-se projeção horizontal;
- Consideram-se Incrementos devido à inclinação da chuva;
- Consideram-se incrementos devido às paredes que interceptam água de chuva.

Inclinação da Chuva - Vento



$$\theta = \text{arc tg } (2)$$

Interferências



$$A = A_c + A_1 + A_2$$

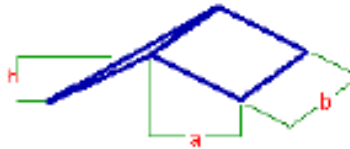
Interferências

$$A = ab$$



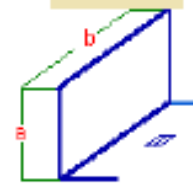
Superfície plana horizontal

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right)b$$



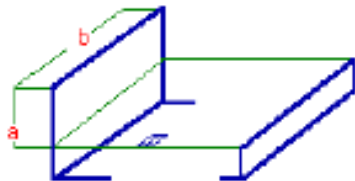
Superfície plana inclinada

$$A = \left(\frac{ab}{2}\right)$$



Superfície plana vertical única

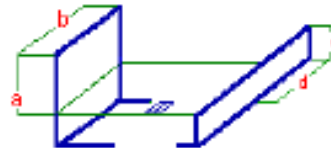
$$A = \left(\frac{ab}{2}\right)$$



Duas superfícies planas verticais opostas

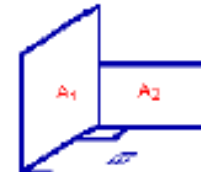
$$ab < cd \rightarrow A = \left(\frac{cd - ab}{2}\right)$$

$$ab > cd \rightarrow A = \left(\frac{ab - cd}{2}\right)$$



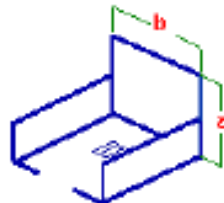
Duas superfícies planas verticais opostas

$$A = \left(\frac{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}}{2}\right)$$



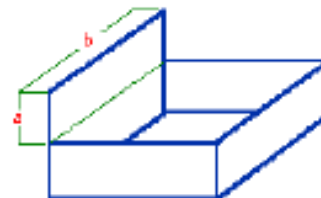
Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares

$$A = \left(\frac{ab}{2}\right)$$



Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares

$$A = \left(\frac{ab}{2}\right)$$



Quatro superfícies planas verticais, sendo uma com maior altura

Intensidade Pluviométrica (i)

- **Baseada em dados pluviométricos locais:**
 - Fixar duração da precipitação ($t = 5 \text{ min}$);
 - Período de retorno (T).

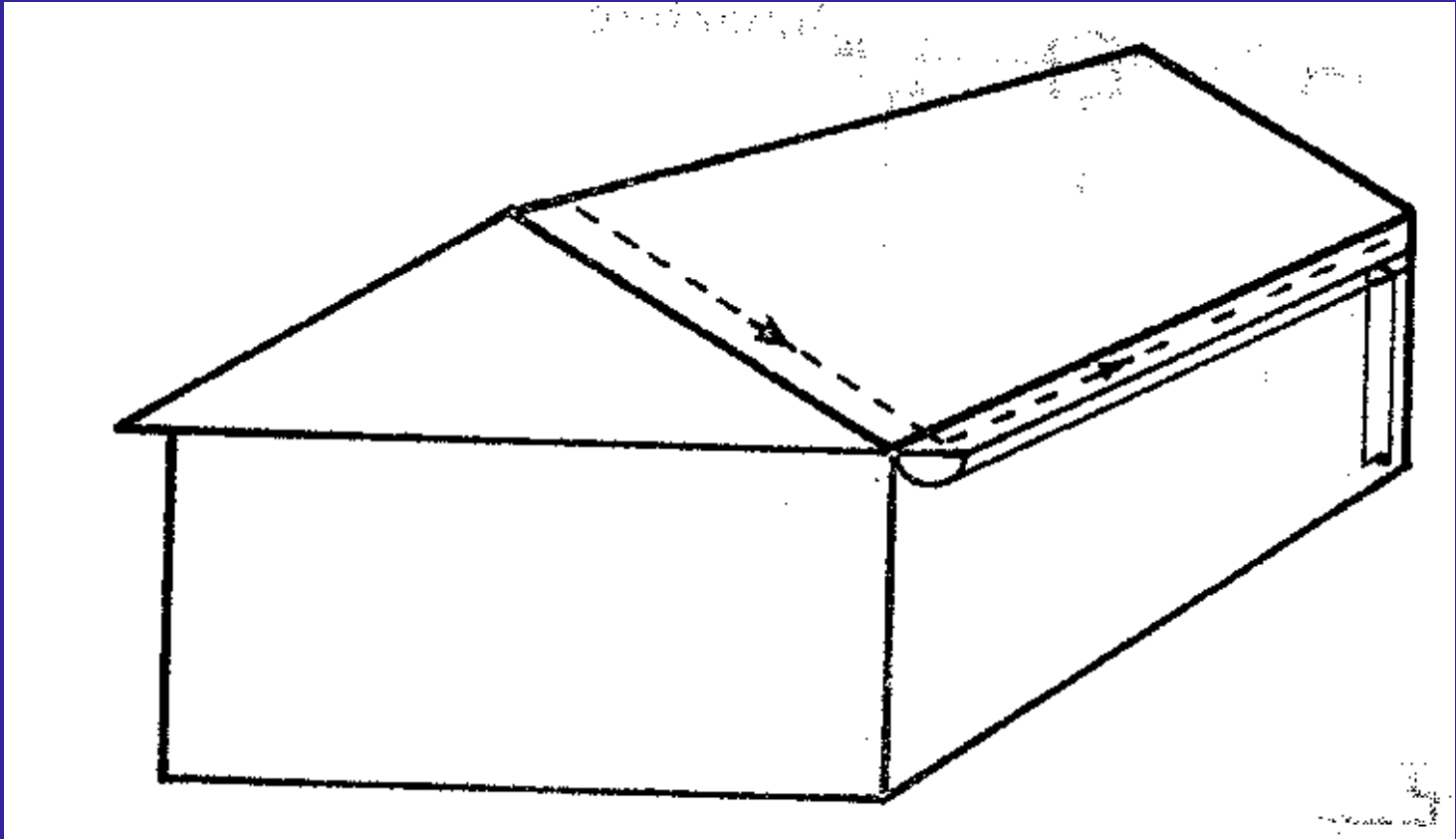
T = 1 ano - Áreas pavimentadas (tolerância de empoçamento);

T = 5 anos - coberturas e / ou terraços;

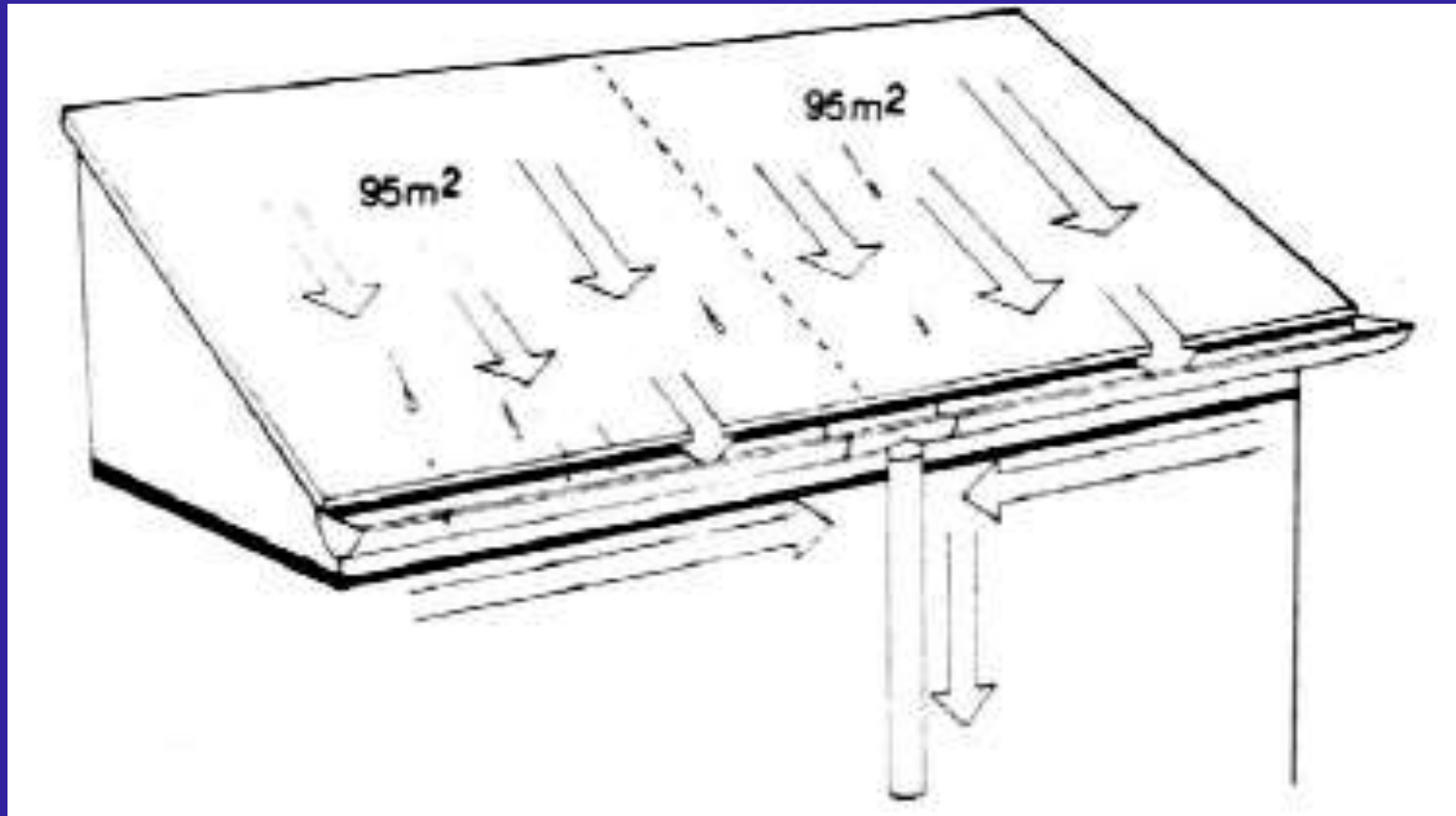
T = 25 anos - coberturas e áreas onde não são permitidos empoçamentos ou extravazamento.

Obs.: Para construções de até 100 m^2 (projeção horizontal), salvo em casos especiais, pode-se adotar $i = 150 \text{ mm/h}$.

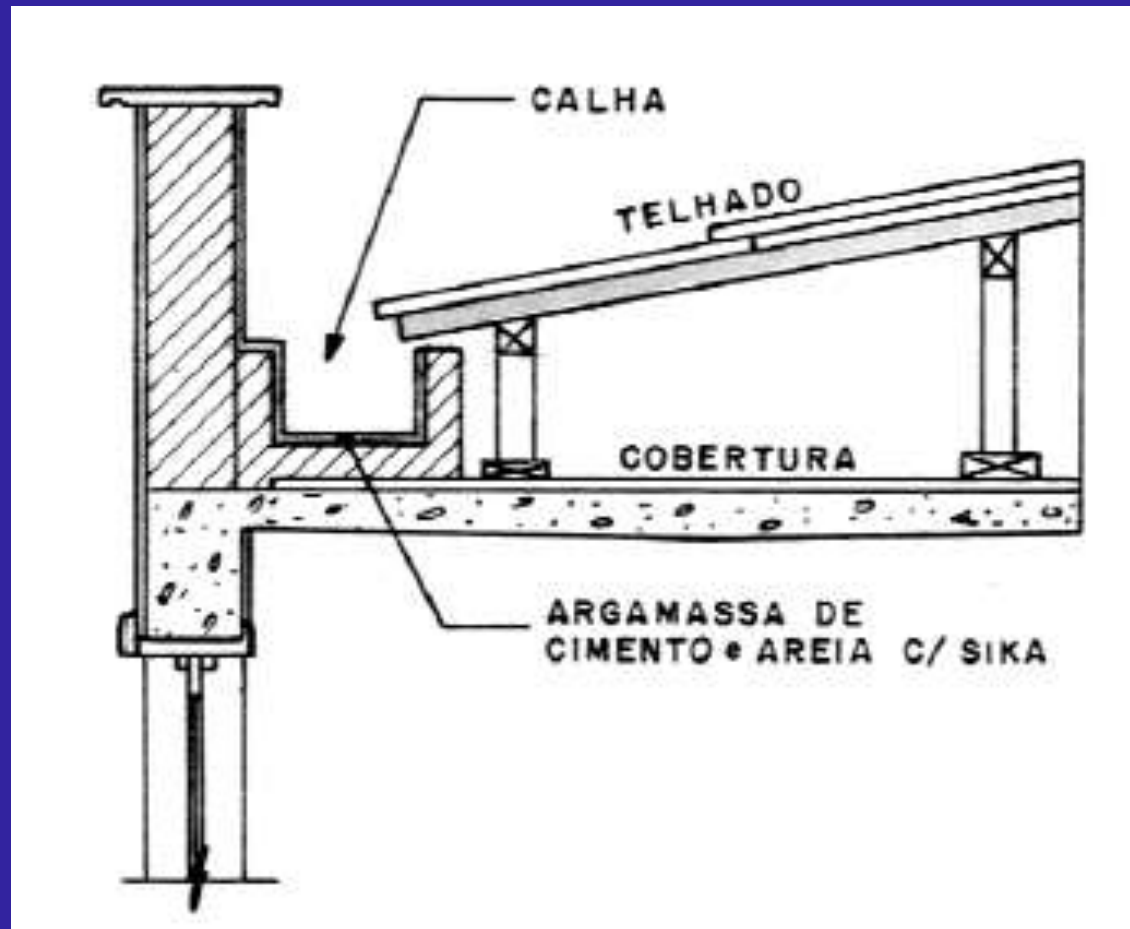
Sistemas de AP-1



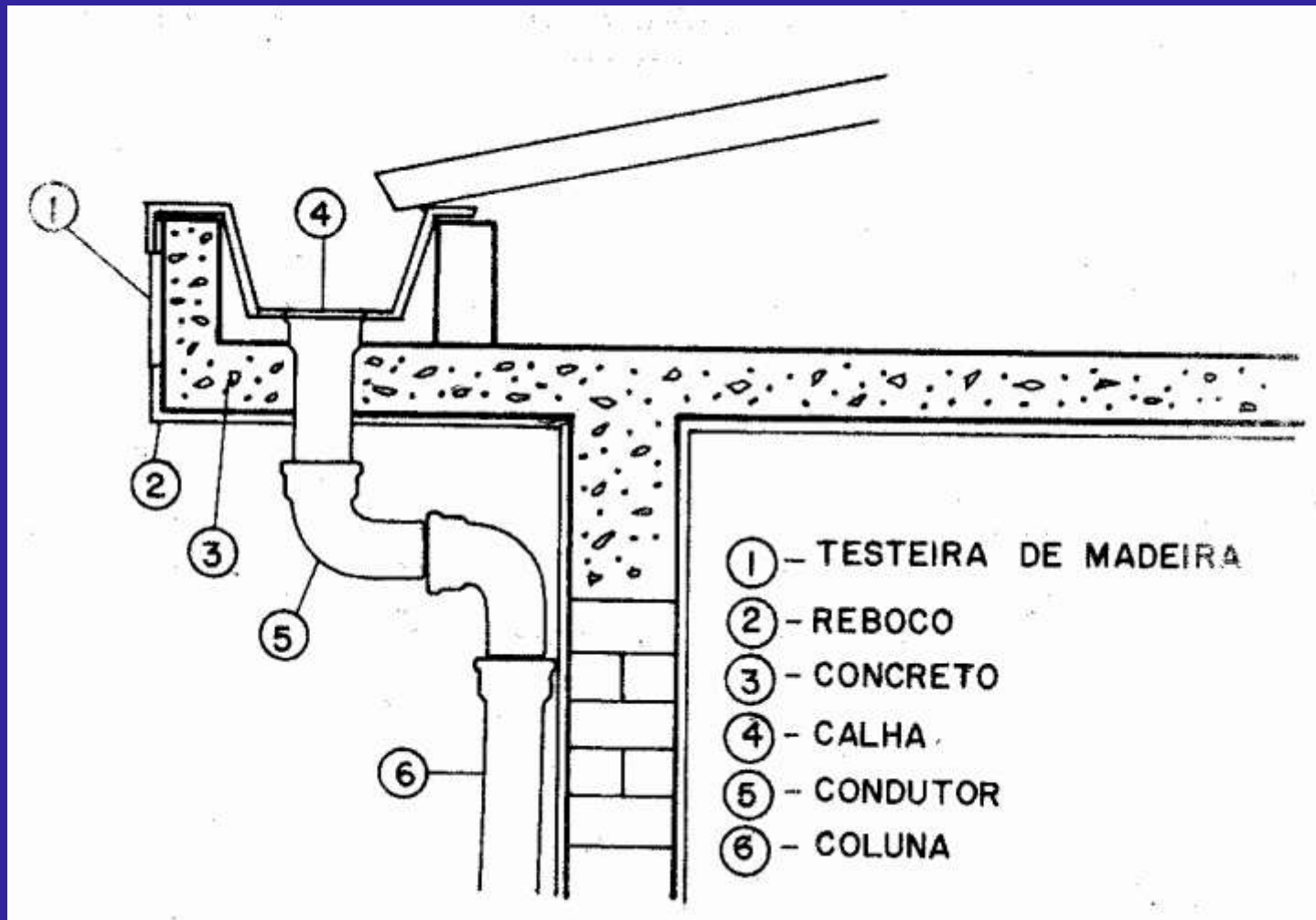
Sistemas de AP-2



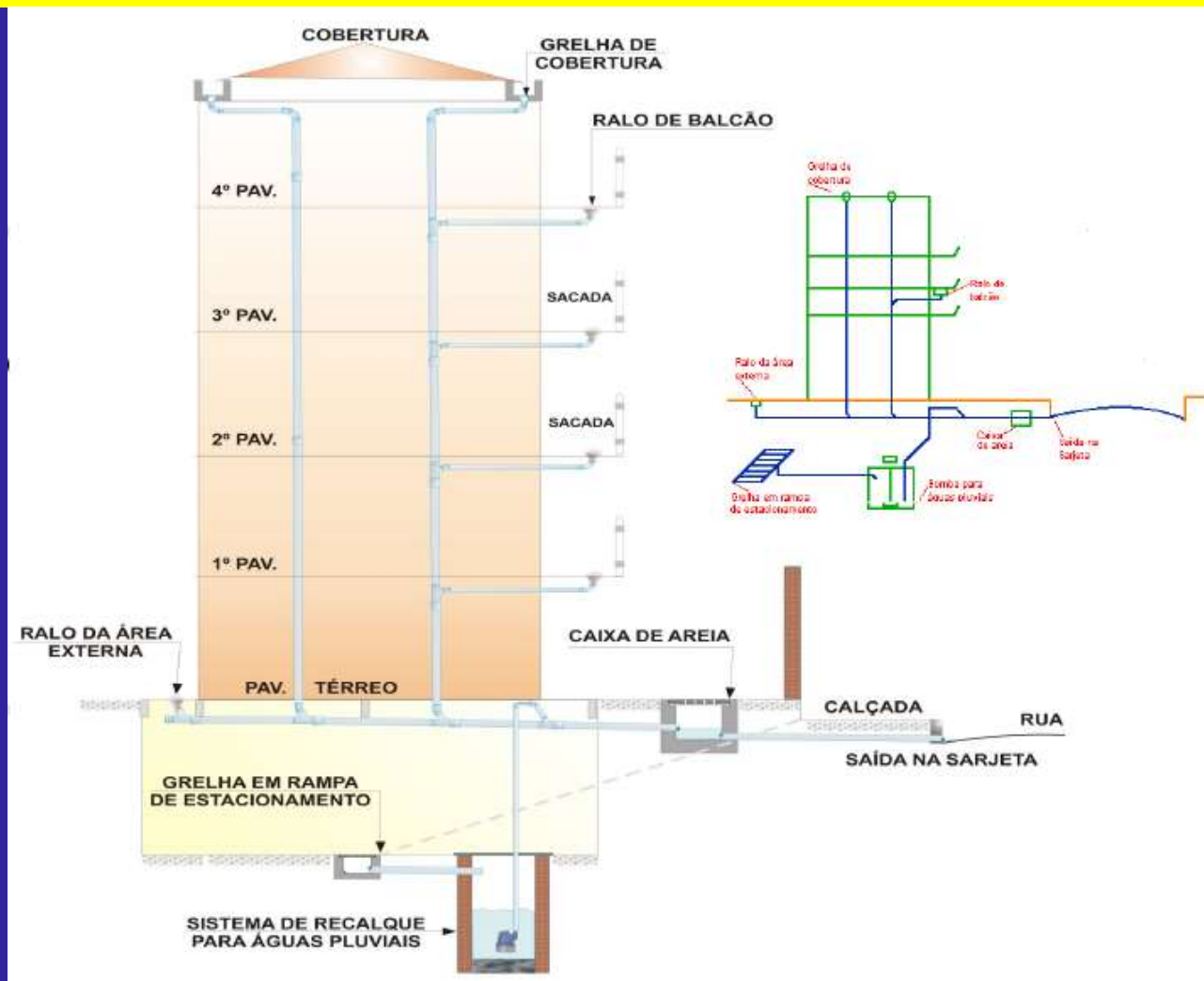
Sistema Convencional



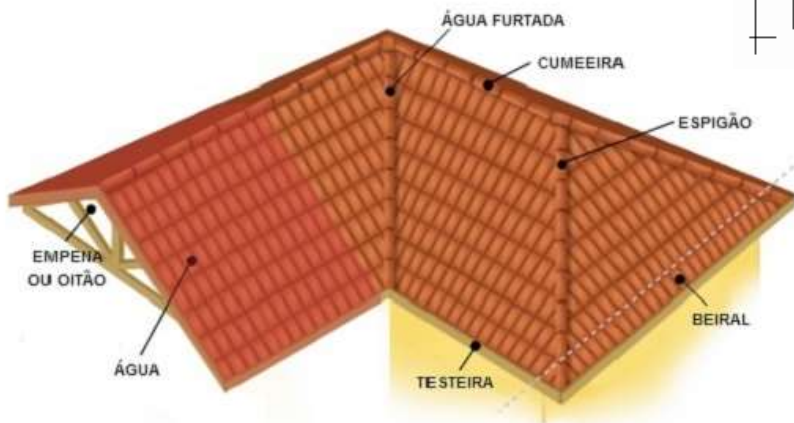
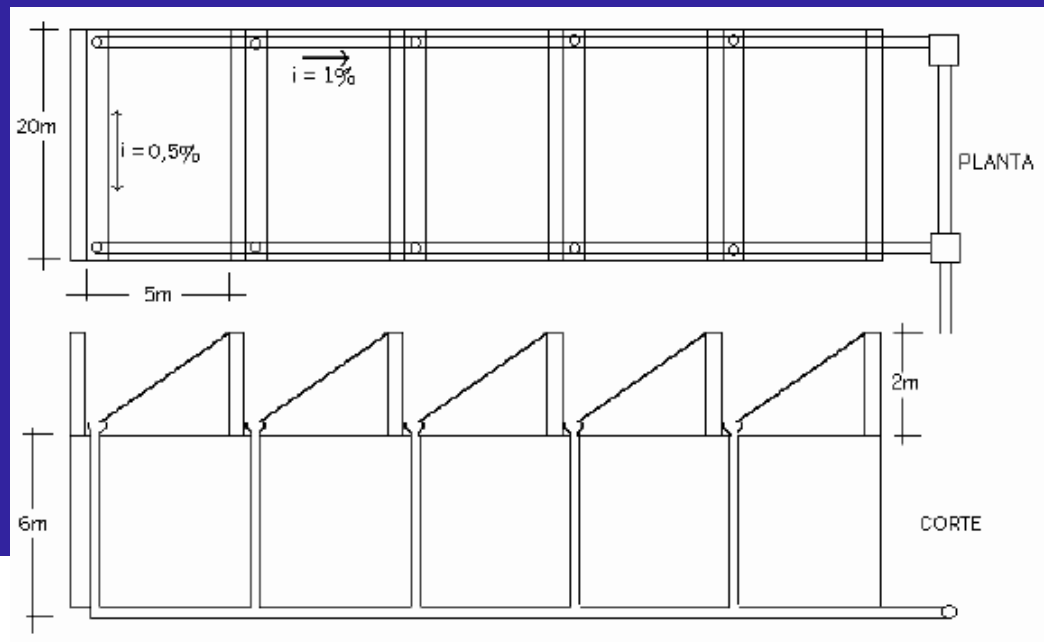
Partes do Sistema



Sistema Com Recalque



Água Furtada



Calhas e Canaletas

$$Q = A \cdot \frac{\sqrt{I_0}}{n} \cdot R_h^{2/3}$$

Coeficientes de rugosidade:

Material	n
- plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
- ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
- cerâmica, concreto não-alisado	0,013
- alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Calhas Semi-circulares

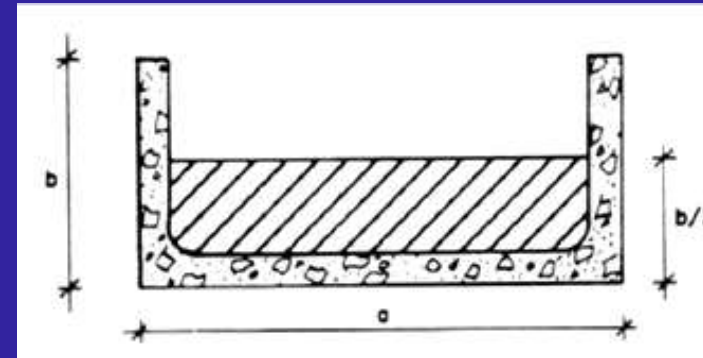
Vazão em l/s em Calhas Circulares de PVC

D (mm)	Declividade (%)					
	0.2	0.3	0.5	1	1.5	2
75	0.63	0.78	1.00	1.42	1.74	2.00
100	1.36	1.67	2.16	3.05	3.74	4.32
125	2.47	3.03	3.91	5.53	6.78	7.83
150	4.02	4.93	6.36	9.00	11.02	12.73
200	8.67	10.61	13.70	19.38	23.73	27.41
250	15.71	19.25	24.85	35.14	43.03	49.69

Peças em PVC

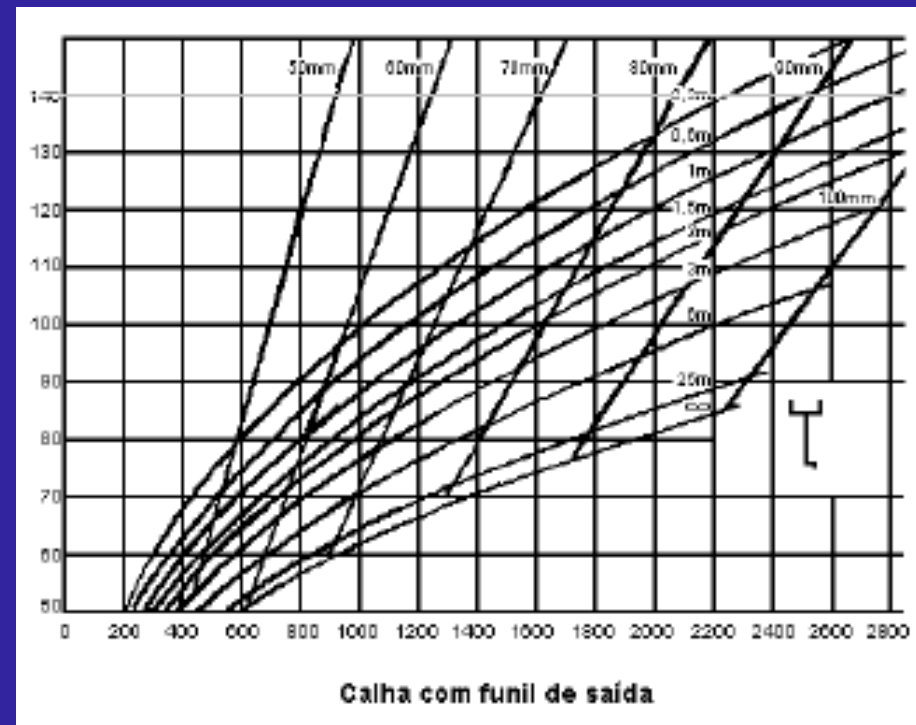
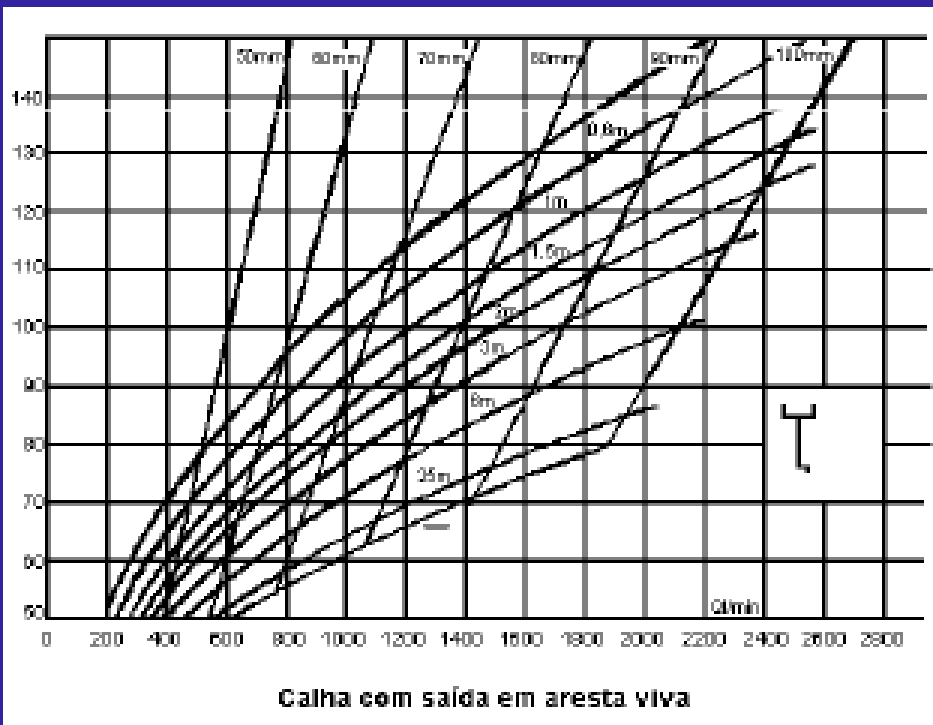


Canaletas retangulares



Dimensões (cm)		Declividade					
a	b	0.50%	0.75%	1.00%	1.25%	1.50%	2.00%
10	10	2.33	2.85	3.29	3.68	4.03	4.65
15	10	3.94	4.82	5.57	6.23	6.82	7.88
20	10	5.63	6.90	7.97	8.91	9.76	11.27
15	15	6.86	8.40	9.70	10.84	11.87	13.71
20	15	9.99	12.24	14.13	15.80	17.31	19.98
30	15	16.61	20.34	23.49	26.26	28.77	33.22
20	20	14.76	18.08	20.88	23.34	25.57	29.53
30	20	25.01	30.63	35.37	39.54	43.32	50.02
40	20	35.77	43.81	50.59	56.56	61.96	71.54

Condutores Verticais



Dados:

Q = vazão de projeto (l/min);

H = altura da lâmina de água na calha (mm);

L = comprimento do condutor vertical (m).



Determina-se:

D = diâmetro do condutor (mm)

OBS: $D \geq 75$ mm

Condutores Verticais

- Máxima vazão que pode escoar pelo condutor vertical, sem que este funcione como conduto forçado

$$Q = 0.19 \left(\frac{S_a}{S_t} \right)^{\frac{5}{3}} D^{\frac{8}{3}}$$

S_a = área da seção anular por onde escoa a água;

S_t = área da seção transversal do condutor vertical.

Condutores Circulares



Vazão em Condutores Horizontais

- Declividade mínima = 0,5%
- y/D máximo = 2/3

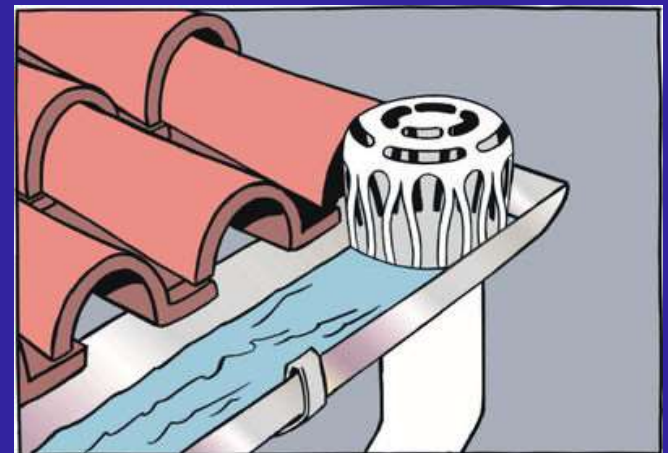
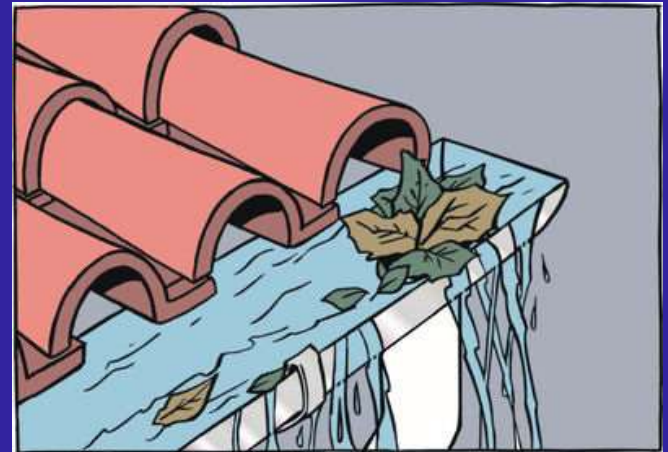
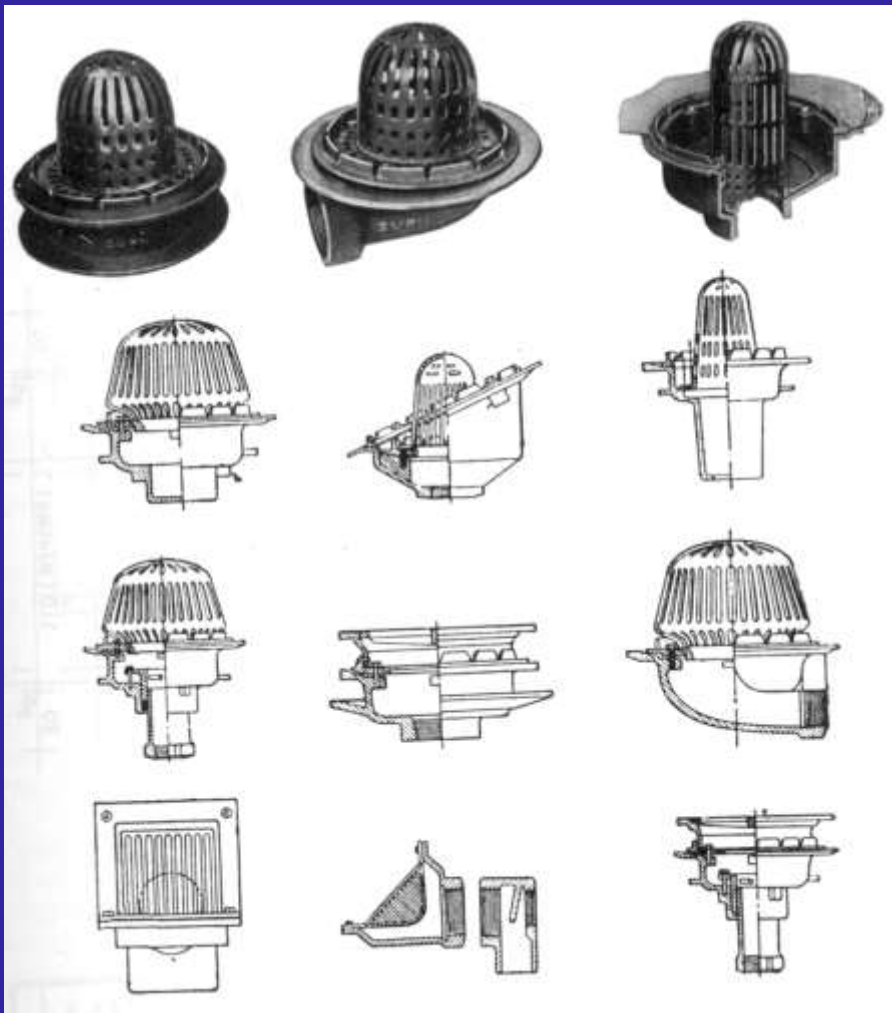
diâmetro interno	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
mm	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
63	59	84	118	168	55	77	108	154	50	71	100	142
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	110	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

(vazão em L/min)

Grelhas

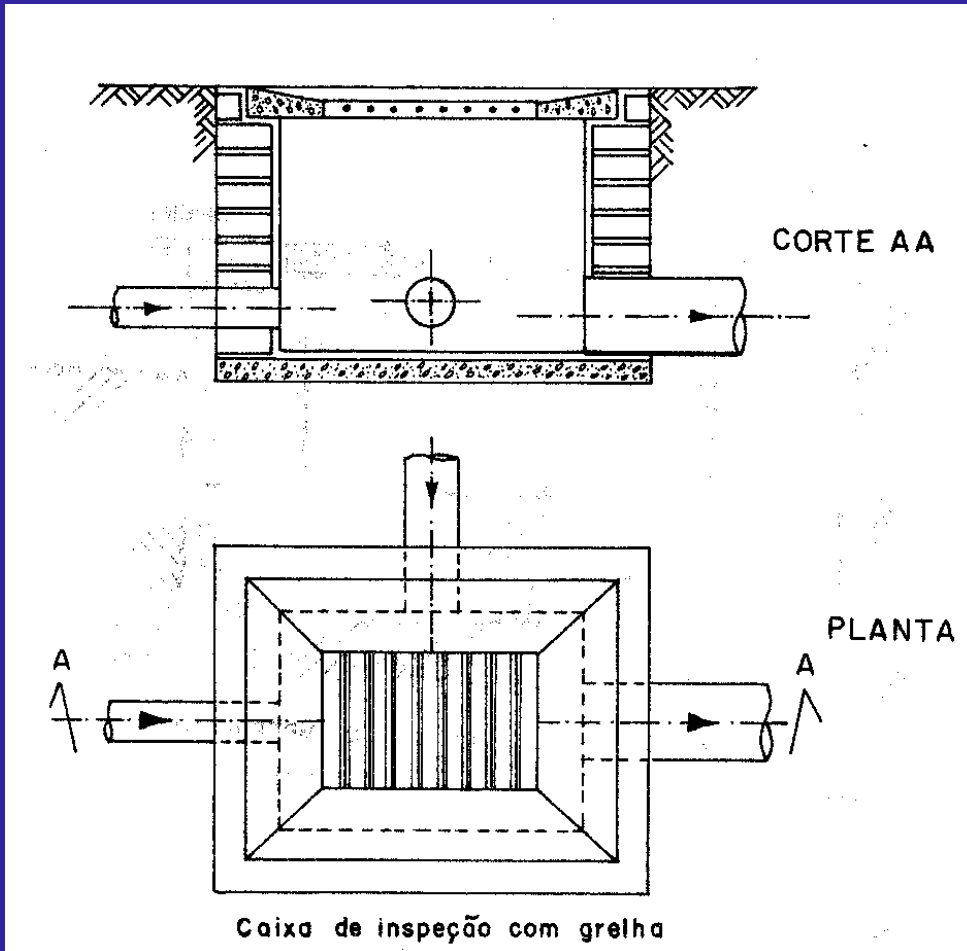


Grelha Hemisférica



Fonte: www.tigre.com.br

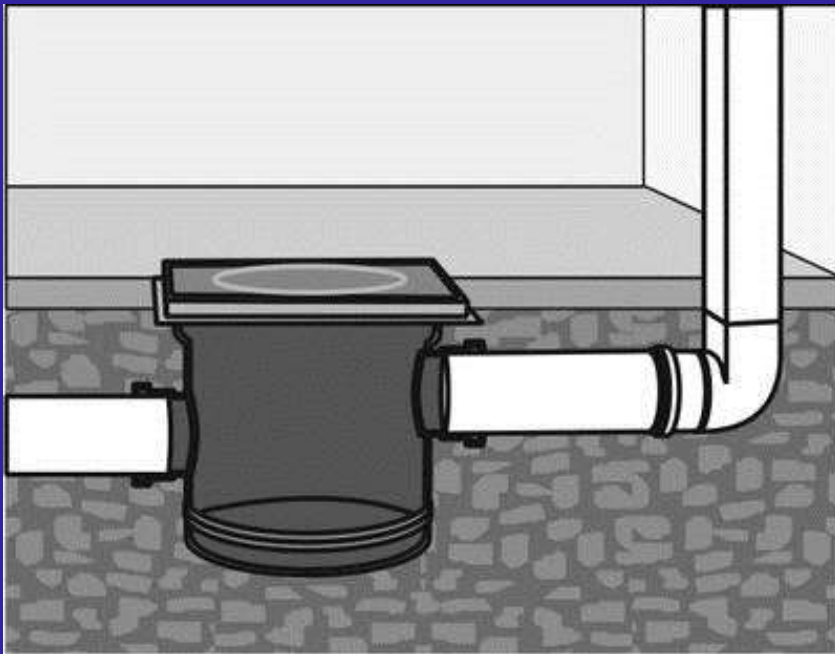
Caixa de Inspeção



OBS:

- Utilizar na reunião de tubos, mudanças de direção, declividade ou diâmetro.
- Não utilizar conexões em tubulações enterradas.

Caixa de Inspeção



Fonte: www.tigre.com.br

OBS:

- Utilizar na reunião de tubos, mudanças de direção, declividade ou diâmetro.
- Não utilizar conexões em tubulações enterradas.