



POLITÉCNICA
ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PCC3461 - SISTEMAS PREDIAIS I

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Professores:

Lúcia Helena de Oliveira

Moacyr Eduardo Alves da Graça

Orestes Marraccini Gonçalves

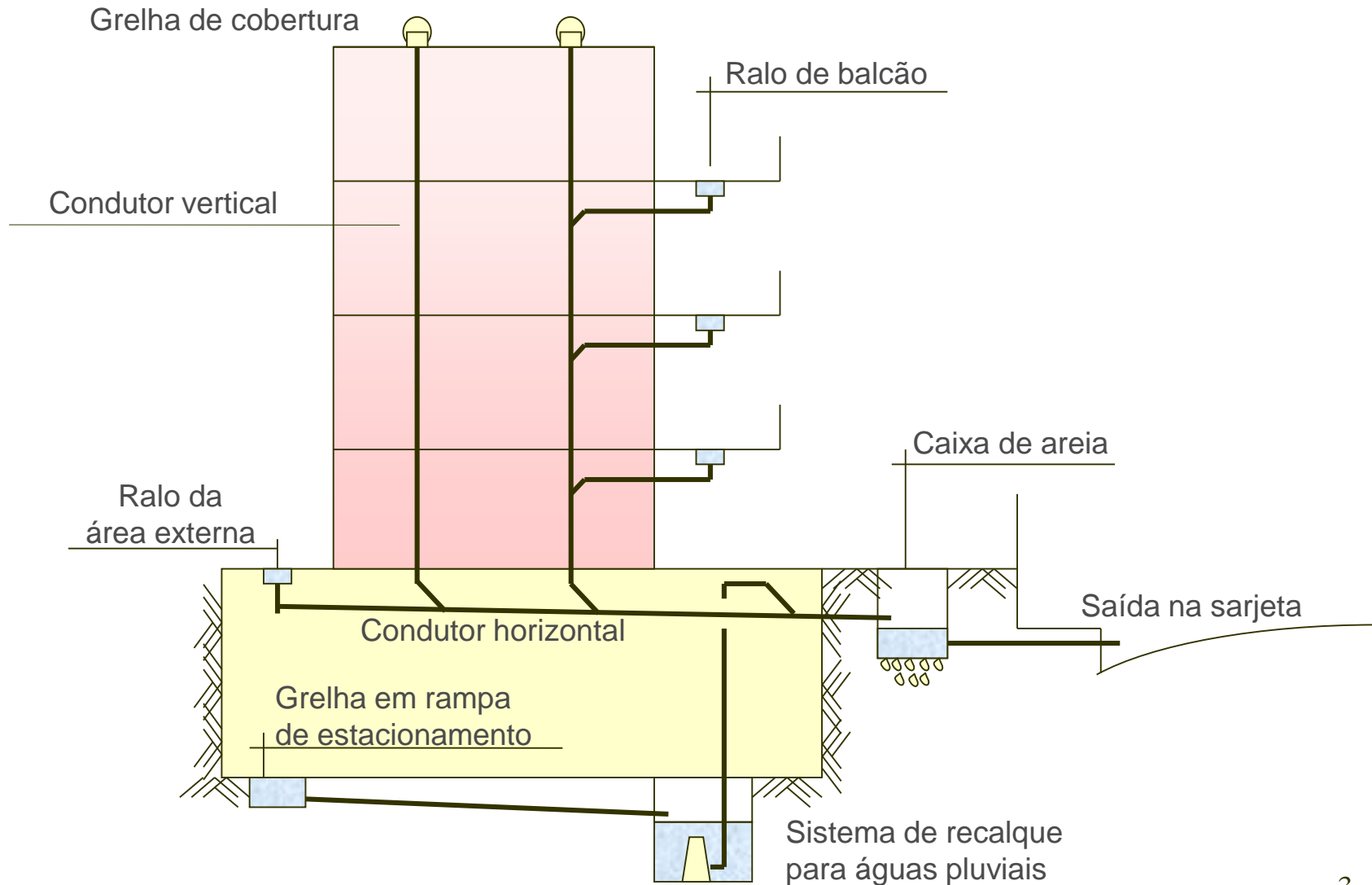
São Paulo, 2019.

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

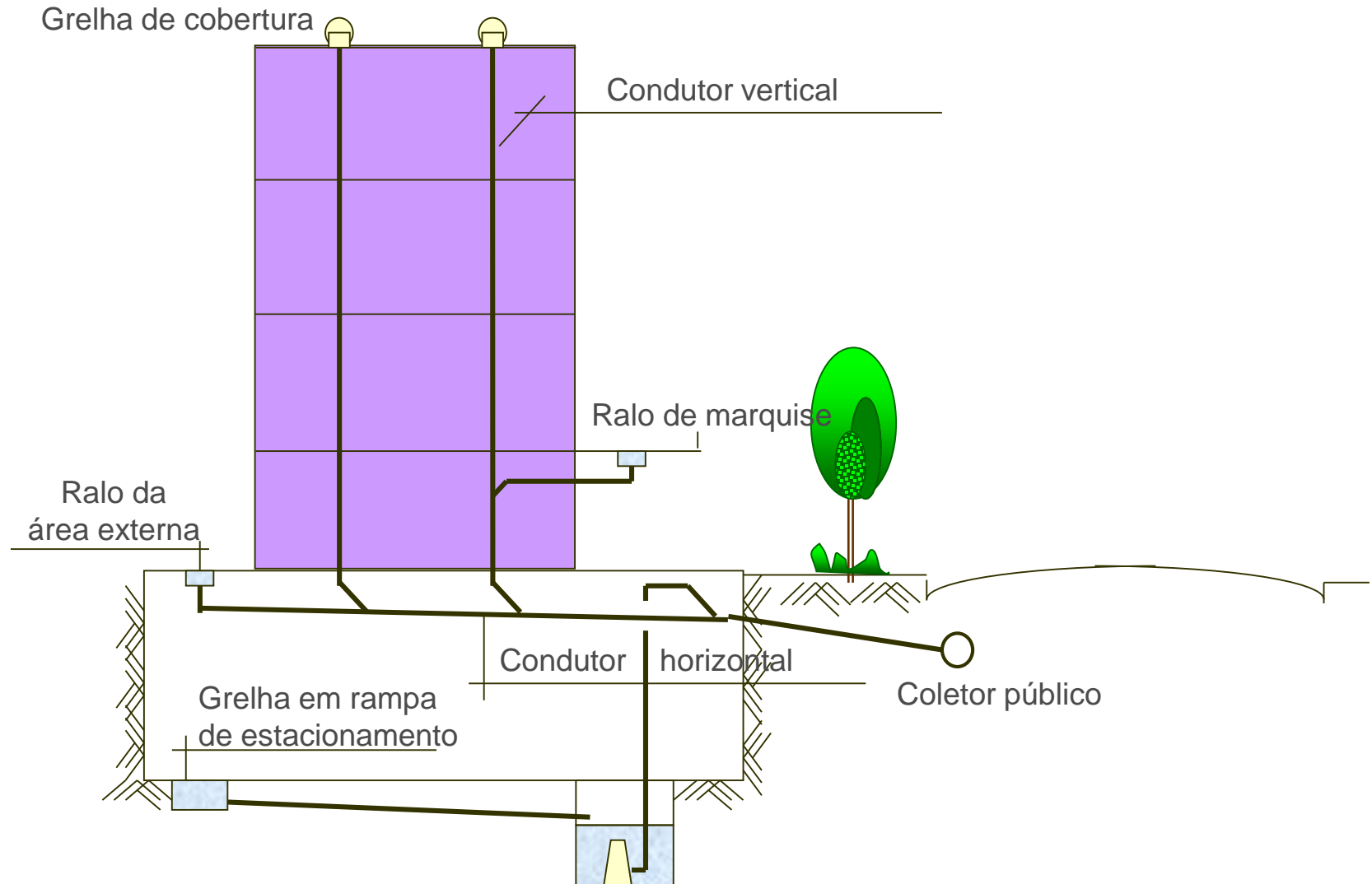
Assuntos:

- Tipos de sistemas
- Elementos e componentes de SPAP
- Representação gráfica
- Dimensionamento do sistema

Sistemas Prediais de Águas Pluviais



Sistemas Prediais de Águas Pluviais



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Requisitos de desempenho

- Ser estanques.
- Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação.
- Absorver esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidos.
- Não provocar ruídos excessivos.
- Resistir às pressões a que podem estar sujeitos.

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Normalização: NBR 10844/1989

- Os condutores de águas pluviais não podem ser usados para receber efluentes de esgotos sanitários ou como tubos de ventilação do sistema predial de esgotos sanitários.
- As superfícies horizontais de lajes devem ter uma declividade mínima de 0,5% que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem previstos.
- A declividade das calhas deve ser uniforme com valor mínimo de 0,5%.
- O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm.
- Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme com valor mínimo de 0,5%.

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Dimensionamento

$$Q = C \cdot A \cdot I$$

Em que:

C é o coeficiente de escoamento superficial (razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume precipitado - considera-se $C = 1$);

A é a área de contribuição (m^2);

I é a intensidade pluviométrica (mm/h).

Área de contribuição (A)

- cobertura (projeção horizontal);
- incrementos devido à inclinação;
- incrementos devido às paredes que interceptam água de chuva.

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Ação dos Ventos

Devido à ação dos ventos, considerar um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal de:

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

Em que:

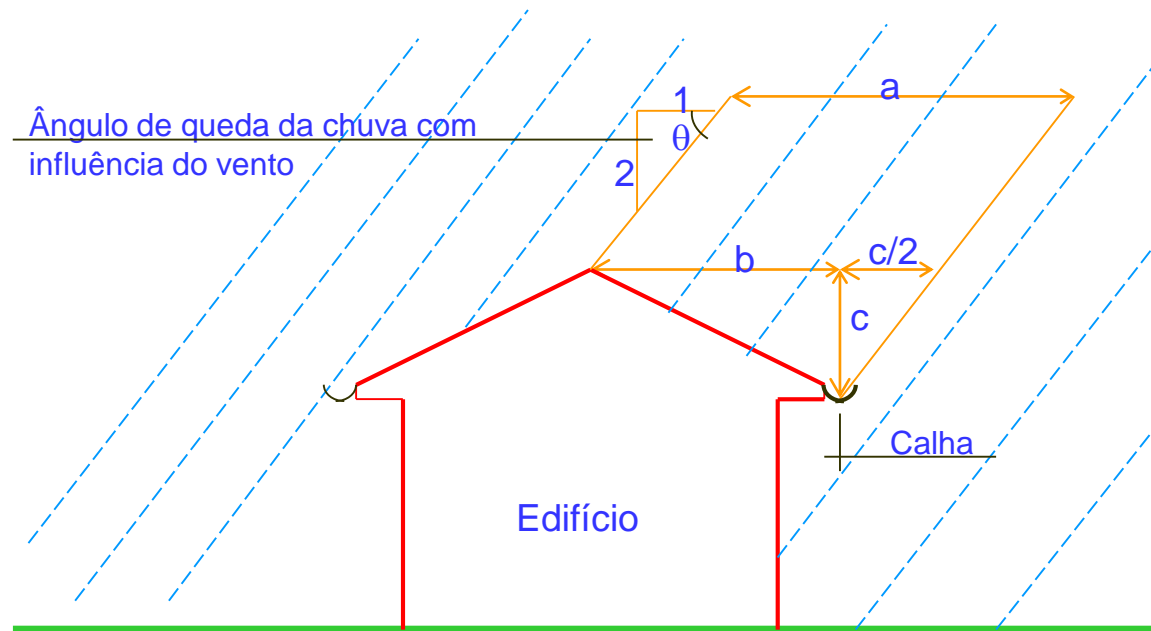
θ é o ângulo de queda da chuva com influência do vento

Influência do vento na inclinação da chuva

$$a = b + \frac{c}{\text{tg } \theta}$$

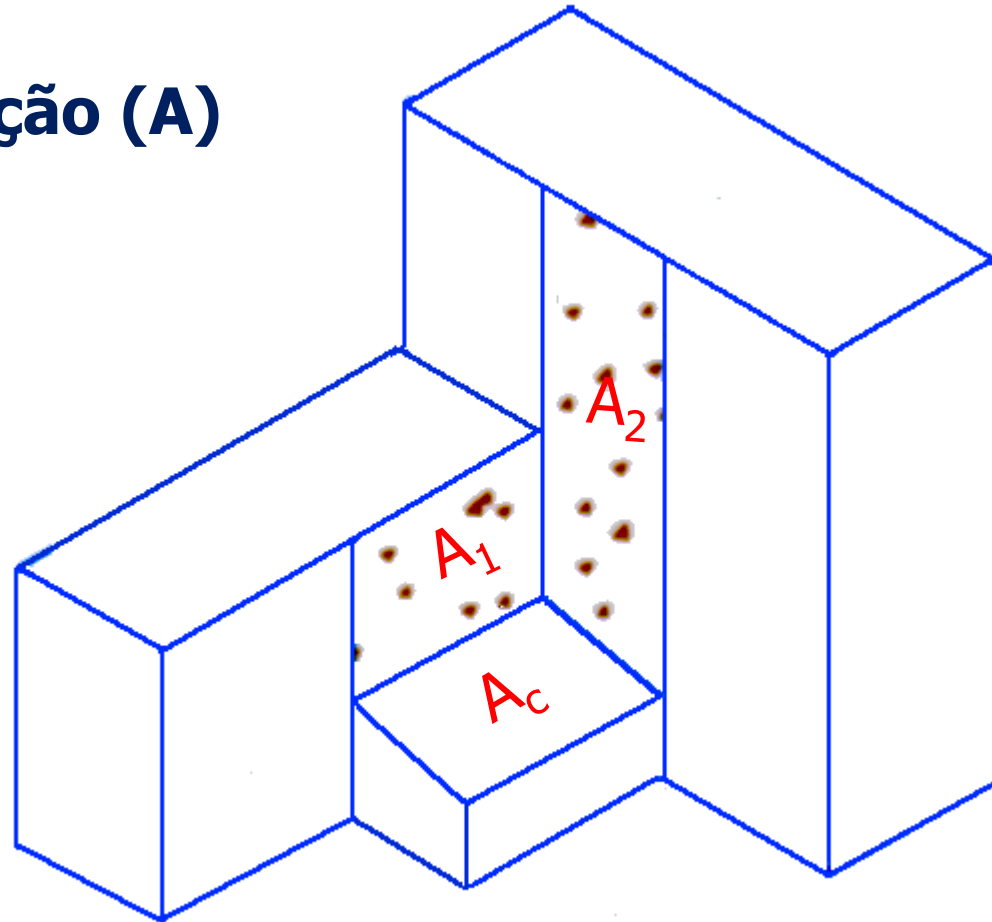


$$a = b + \frac{c}{2}$$



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Área de contribuição (A)



$$A = A_c + A_1 + A_2$$

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

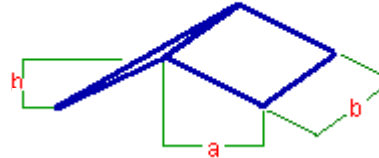
Indicações para Cálculo da Área de Contribuição – NBR 10844/1989

$$A = ab$$



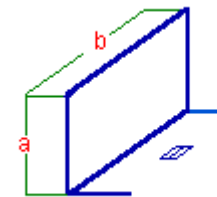
Superfície plana horizontal

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



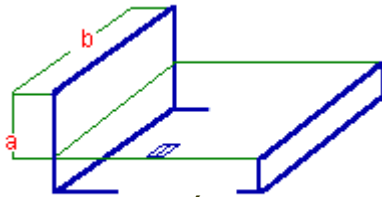
Superfície plana inclinada

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



Superfície plana vertical única

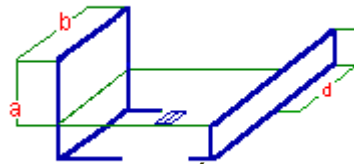
$$A = \left(\frac{ab}{2}\right)$$



Duas superfícies planas verticais opostas

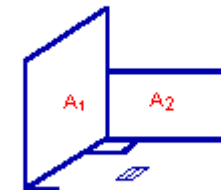
$$ab < cd \rightarrow A = \left(\frac{cd - ab}{2}\right)$$

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



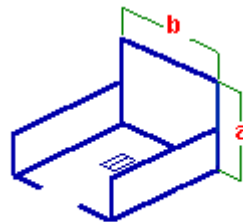
Duas superfícies planas verticais opostas

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



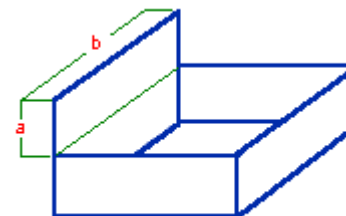
Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares

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



Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares

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



Quatro superfícies planas verticais, sendo uma com maior altura

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Intensidade Pluviométrica (I)

Obtida com base em dados pluviométricos locais. Deve ser determinada a partir:

- da fixação da duração de precipitação ($t=5$ min);
- do período de retorno (**T**).

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 Prediais de Águas Pluviais

Valores das precipitações para São Paulo

Tempo de retorno (anos)	Precipitações (mm/h)
1	122
5	172
25	208

Vazão de Projeto (Q)

$$Q = \frac{(C \cdot I \cdot A)}{60}$$

Em que:

Q = vazão de projeto (L/min);

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

A = área de contribuição de contribuição (m²);

C = coeficiente de escoamento superficial.

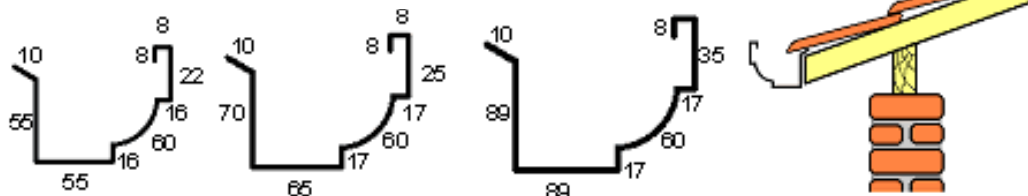
Sistemas Prediais de Águas Pluviais



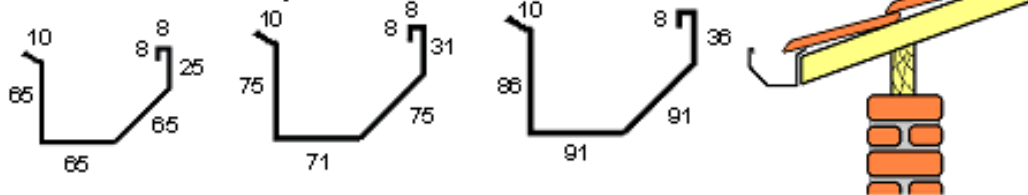
Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Calhas

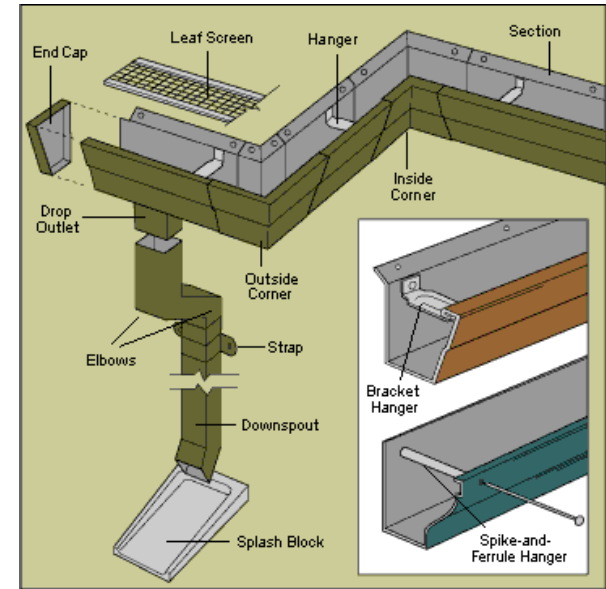
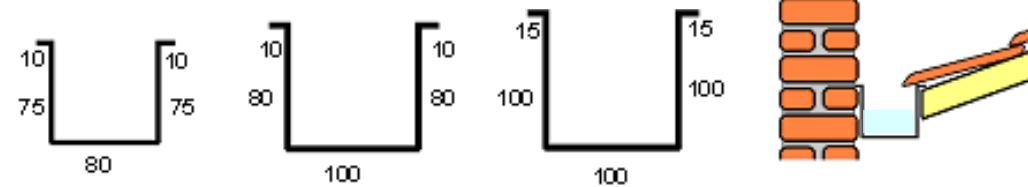
Calhas para beiral



Calha americana para beiral



Calhas para platibanda



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Dimensionamento de Calhas

Fórmula de Manning-Strickler

$$Q = K (S / n) (R_H)^{\frac{2}{3}} (i)^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

Q = vazão de projeto (L/min);

S = área da seção molhada (m²);

n = coeficiente de rugosidade (Tabela 2);

R_H = S/P = raio hidráulico (m), sendo P = perímetro molhado (m);

i = declividade da calha (m/m);

K = 60.000



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Em calhas de beiral ou de platibanda, quando a saída estiver a menos de 4 m de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficiente da Tabela 1.

Tabela 1

Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tipo de Curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2m e 4m da saída da calha
canto reto	1,20	1,10
canto arredondado	1,10	1,05

Tabela 2

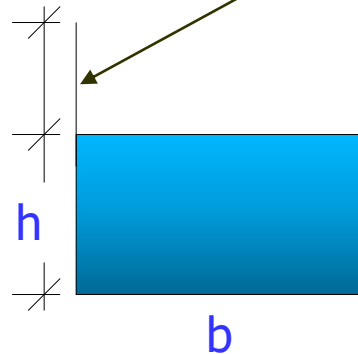
Coeficientes de rugosidade para uso com a Fórmula de Manning-Strickler

Plástico, Fibrocimento, Alumínio, Aço Inoxidável, Aço Galvanizado, Cobre e Latão	0,011
Ferro fundido, concreto alisado e alvenaria revestida	0,012
Cerâmica e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de Tijolos não revestida	0,015

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

borda livre = 2/3 h ou 75mm (BSI)

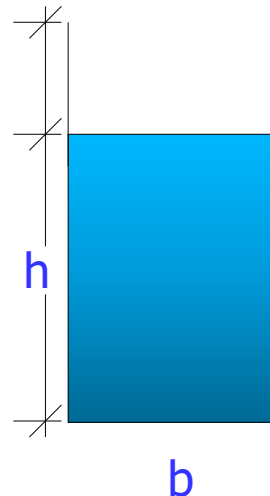
1º Caso



$$b = 2 h$$

$$h \left(\frac{Q \cdot n}{75614,37 i^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

2º Caso



$$h = 2 b$$

$$b \left(\frac{Q \cdot n}{65146,02 i^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Condutores verticais



Fonte: <http://dicasparaconstrucao.com>

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Condutores verticais



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Dimensionamento de Condutores Verticais

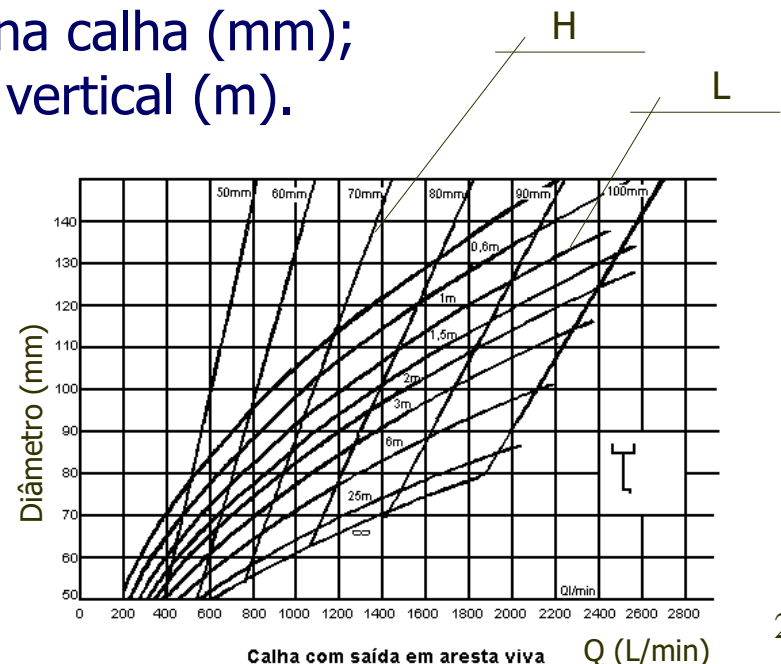
ÁBACOS (CSTC / 1975 - Bélgica)

Dados:

- Q = vazão de projeto (L/min);
- H = altura da lâmina de água na calha (mm);
- L = comprimento do condutor vertical (m).

Incógnita:

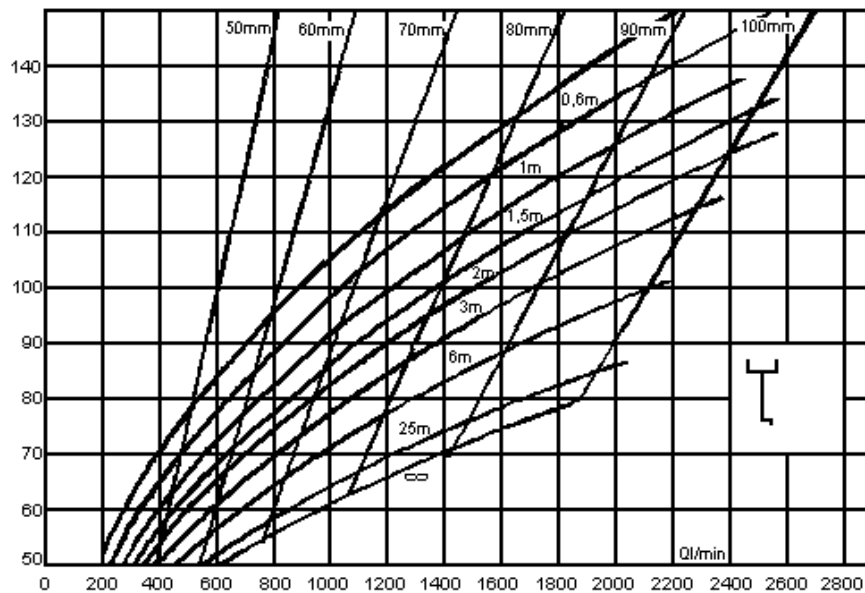
- D = Diâmetro interno (mm)



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

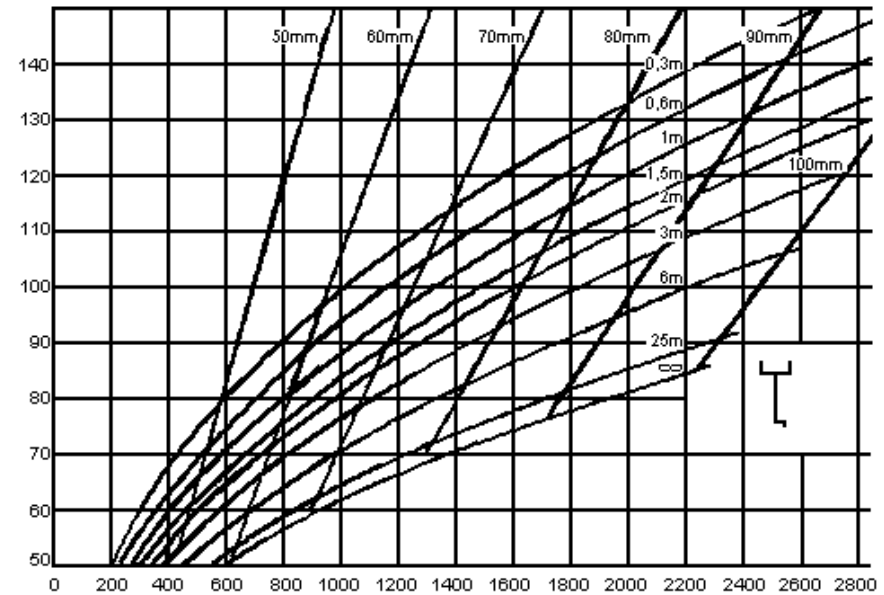
Dimensionamento de Condutores Verticais

Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais



Calha com saída em aresta viva

(1)



Calha com funil de saída

(2)

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Relação Vazão x Diâmetro do Condutor Vertical

“Máxima vazão que pode escoar pelo condutor vertical, sem que este funcione como conduto forçado”.

Para $k = 0,3$:

$$Q_w = 0,019 (rs)^{\frac{5}{3}} D^{\frac{8}{3}}$$

Para $k = 0,015$:

$$Q_w = 0,0294 (rs)^{\frac{5}{3}} D^{\frac{8}{3}}$$

Em que:

Q_w = vazão, L/min;

D = diâmetro interno do condutor vertical, mm;

$rs = (S_w/S_t)$

rs = taxa de enchimento;

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

S_t = área da seção transversal do condutor vertical.

Para $k = 0,3$

rs	25%	30%
D(mm)	Vazão L/min	
50	63,96	86,68
75	188,57	255,54
100	---	550,33
150	---	1622,55
200	---	3494,37
250	---	6335,72

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Dimensionamento de condutores verticais, para áreas em projeção horizontal, em m² (*UNIFORM PLUMBING CODE, 1973*).

Precipitação (mm/h)	Diâmetro do Conductor Vertical			
	50	75	100	125
25	267,8	818,4	1711,2	3217,8
50	135,9	409,2	855,6	1608,9
76	89,3	272,5	570,1	1072,3
101	67,0	204,6	427,8	804,5
127	53,5	168,7	342,2	648,6
152	44,6	136,7	283,5	536,1
178	38,1	117,2	244,6	439,9
203	33,5	102,3	213,9	402,2
229	29,8	91,1	190,2	357,6
254	27,0	81,1	171,1	321,8
279	24,2	74,4	155,8	292,5
305	22,3	67,9	142,3	267,8

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Dimensionamento de Condutores Horizontais

- Declividade uniforme mínima

$$i_{\min} = 0,5\%$$

- Altura da lâmina de água

$$H = \left(\frac{2}{3}\right) D_{\text{interno}}$$

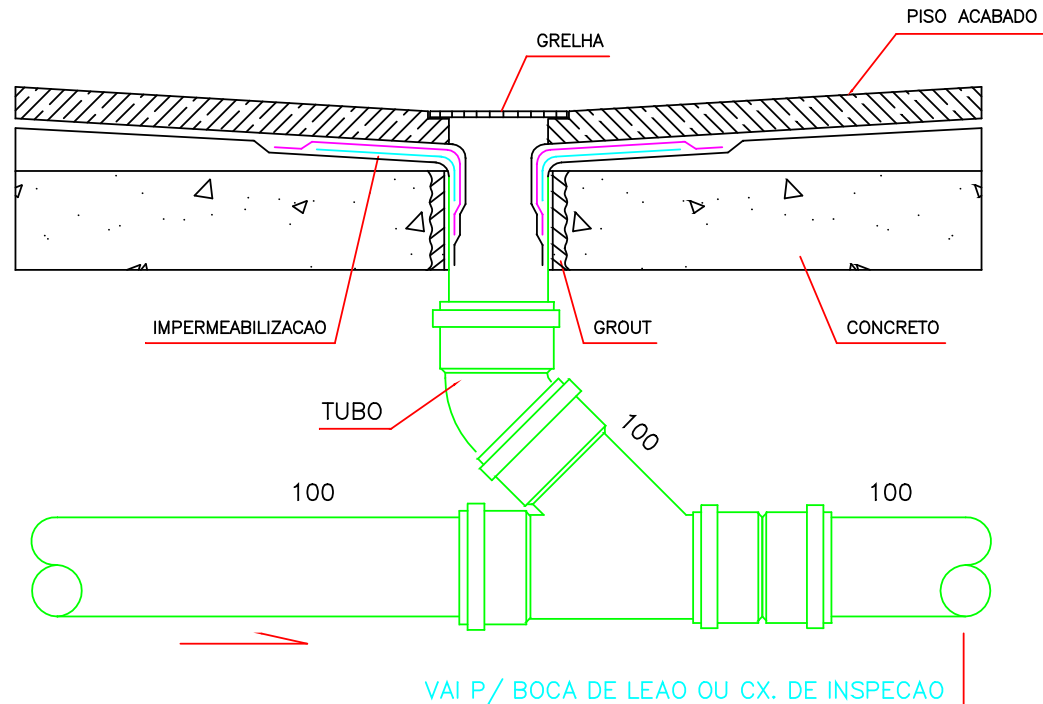
Tabela 4 - NBR 10844 (1989)

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Capacidade de Condutores Horizontais de Seção Circular (Q em L/min)

diâmetro interno	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	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

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

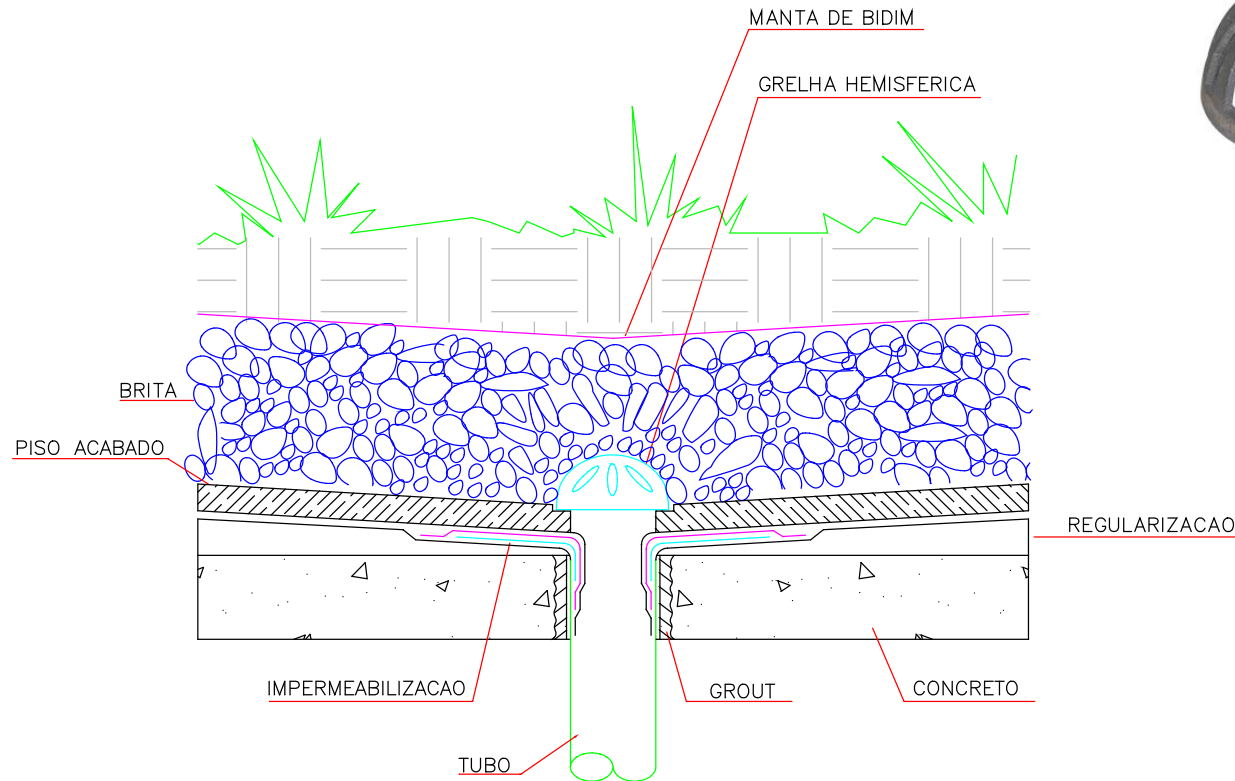


DETALHE "X3"
DET. GENERICO DE CAPTACAO

S/ESCALA

Captação de água pluviais em piso

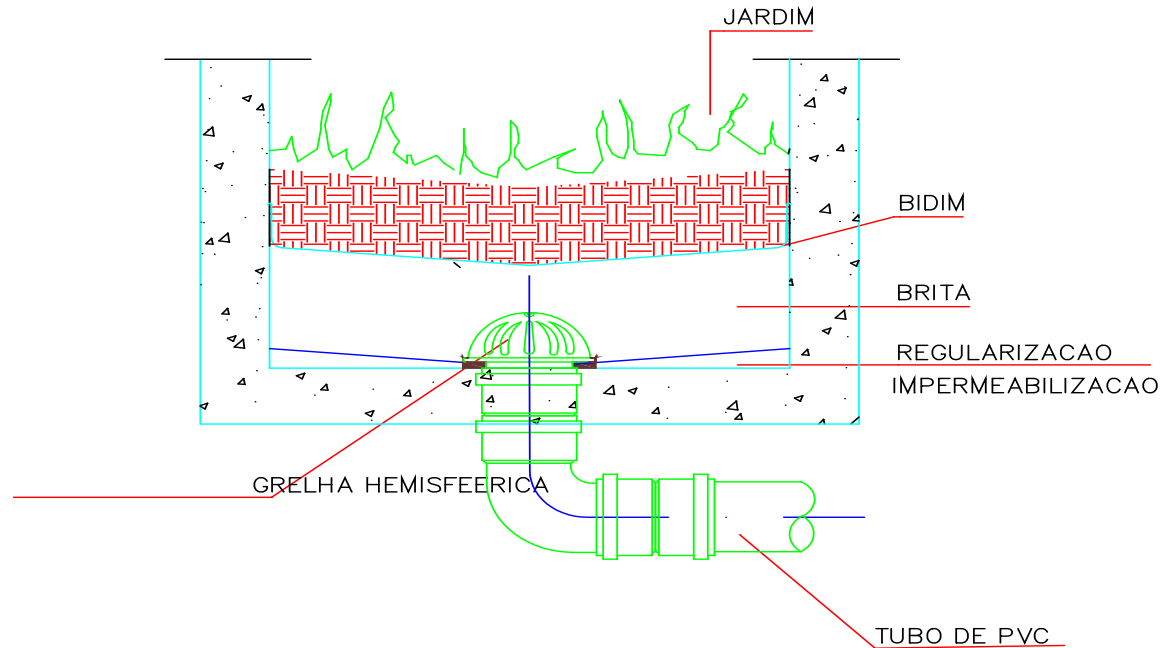
Sistemas Prediais de Águas Pluviais



DETALHE "P2"
CAPTACAO DE A.PLUVIAIS NO JARDIM
SEM ESCALA

Captação de água pluviais no jardim

Sistemas Prediais de Águas Pluviais



Detalhe genérico para floreira

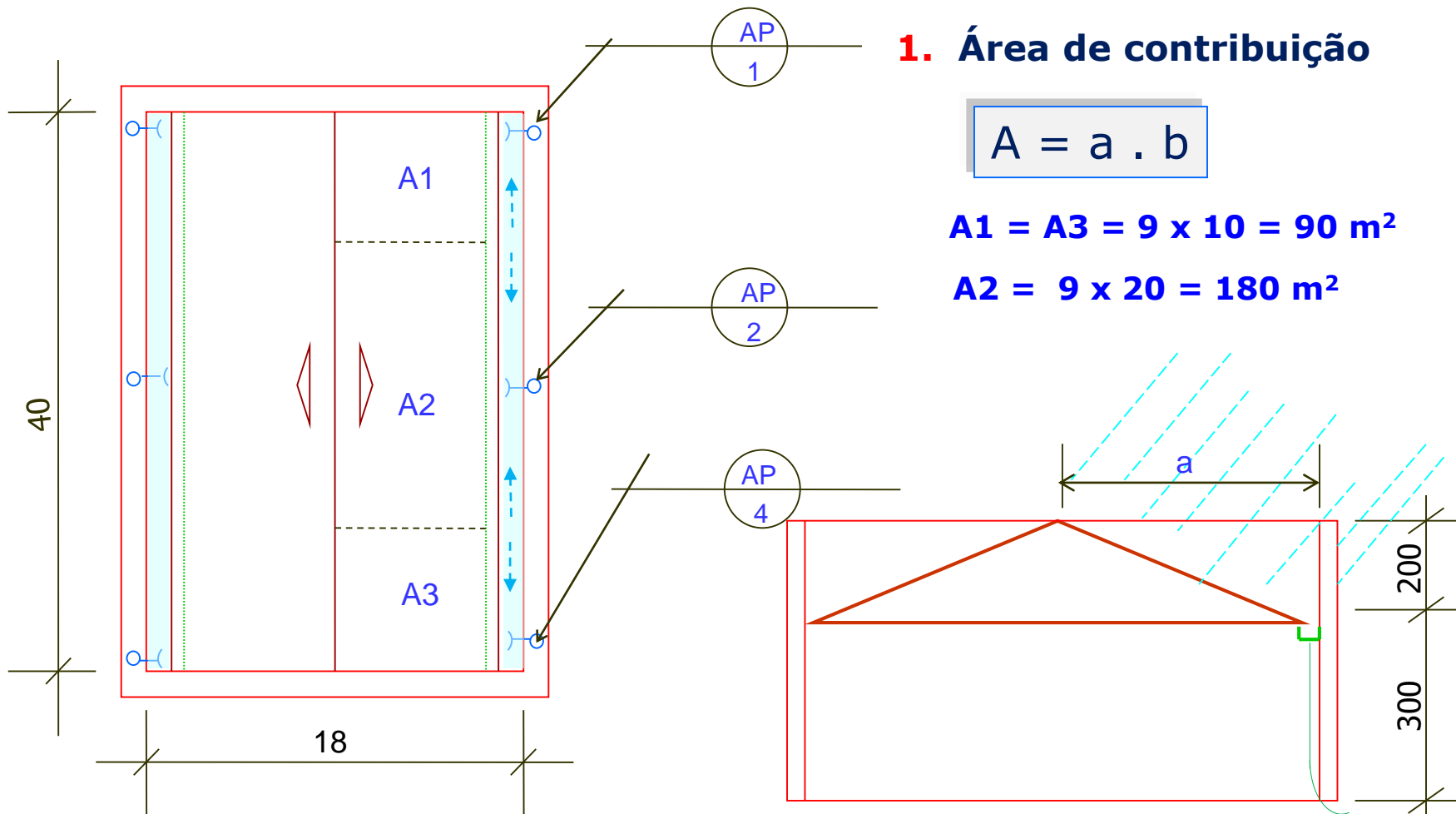


Exercício



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Dimensionar as **calhas** e os **condutores verticais** da figura abaixo. O sistema será executado na cidade de São Paulo. Considerar calha de aresta viva em chapa de aço galvanizado e $c=1$.



Sistemas Prediais de Águas Pluviais

2. Intensidade Pluviométrica (São Paulo)

$$I = 172 \text{ mm / h} \quad \text{para} \quad T = 5 \text{ anos}$$

3. Vazão de Projeto

$$Q = \frac{C \times I \times A}{60}$$

3.1 Calha

$$Q_1 = Q_3 = \frac{(1 \times 172 \times 90)}{60} \quad Q_2 = \frac{(1 \times 172 \times 180 / 2)}{60}$$

$$Q_1 = Q_3 = 258 \text{ L / min}$$

$$Q_2 = 258 \text{ L / min}$$

3.2 Condutor vertical

$$Q_1 = Q_3 = \frac{(172 \times 90)}{60}$$

$$Q_1 = Q_3 = 258 \text{ L / min}$$

$$Q_2 = \frac{(1 \times 172 \times 180)}{60}$$

$$Q_2 = 516 \text{ L / min}$$

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

4. Dimensionamento da Calha (Aço Galvanizado)

Para uma calha com altura útil de 10 cm x 8 cm tem-se:

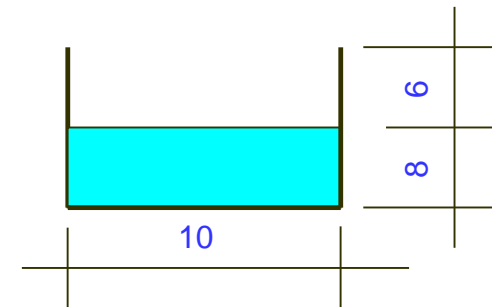
$$S = 0,008\text{m}^2 \quad \text{e} \quad P = 0,26\text{m}$$

$$I = 0,5\%$$

$$n = 0,011 \quad \text{e} \quad K = 60000$$

$$Q = 60000 \times \left(\frac{0,008}{0,011}\right) \times \left(\frac{0,008}{0,26}\right)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{0,5}{100}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 302,98 \text{ l/min} > Q_{\text{nec}} \quad \text{OK!}$$



Mas, para $Q = 258 \text{ L/min}$ \longrightarrow $H \cong 71\text{mm}$

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

5. Dimensionamento dos condutores verticais

$$Q1 = Q3 = 258 \text{ L/min}$$

$$H = 71\text{mm}$$

$$L = 3,0\text{m}$$

$$D = ?$$

$$\text{Ábaco 1} = 75\text{mm}$$

$$Q2 = 516 \text{ L/min}$$

$$H = 71\text{mm}$$

$$L = 3,0\text{m}$$

$$D = ?$$

$$\text{Ábaco 1} = 75\text{mm}$$

Para que não ocorra a mudança do regime de escoamento anular com o consequente aparecimento de *ruídos, turbulências e flutuações de pressão*, limitamos a espessura do anel de água a um *máximo de 30%* da área da seção transversal.

Para $Q = 258 \text{ L/min}$ e $To = 30\%$ tem-se: $D = 100 \text{ mm}$

Para $Q = 516 \text{ L/min}$ e $To = 30\%$ tem-se: $D = 100 \text{ mm}$

Sistemas Prediais de Águas Pluviais

Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas**, Guanabara Dois, Rio de Janeiro.

DEL CONTI. C. GRAÇA, M.E.A. **Estudo sobre o Dimensionamento de Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Pluviais de Cobertura e Pequenas Áreas Pavimentadas** BT/PCC/103 . Disponível em <http://publicacoes.pcc.usp.br/lista.htm#boletins%20técnicos>

Material complementar:

<http://moodle.pcc.usp.br/file.php/10/html/aguapluvial.html>