

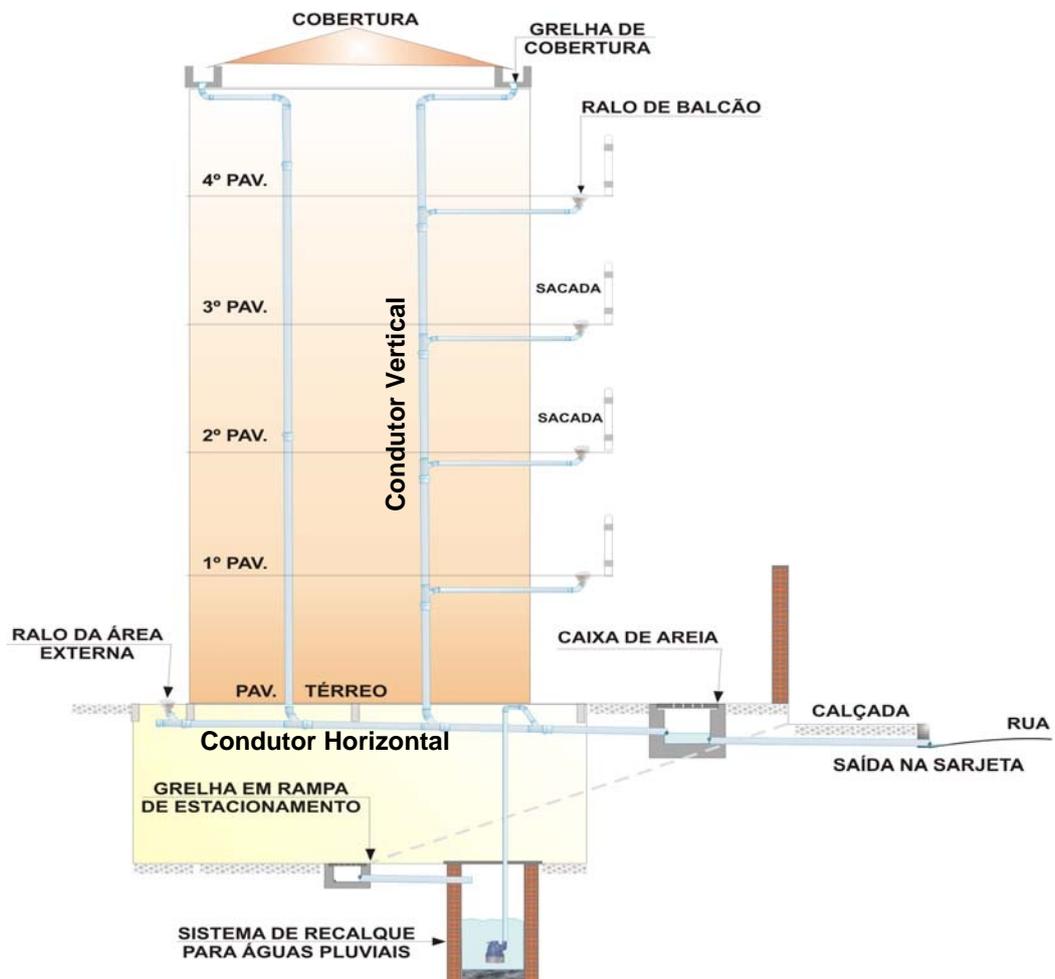
## Sistemas Prediais de Águas Pluviais (SPAP)

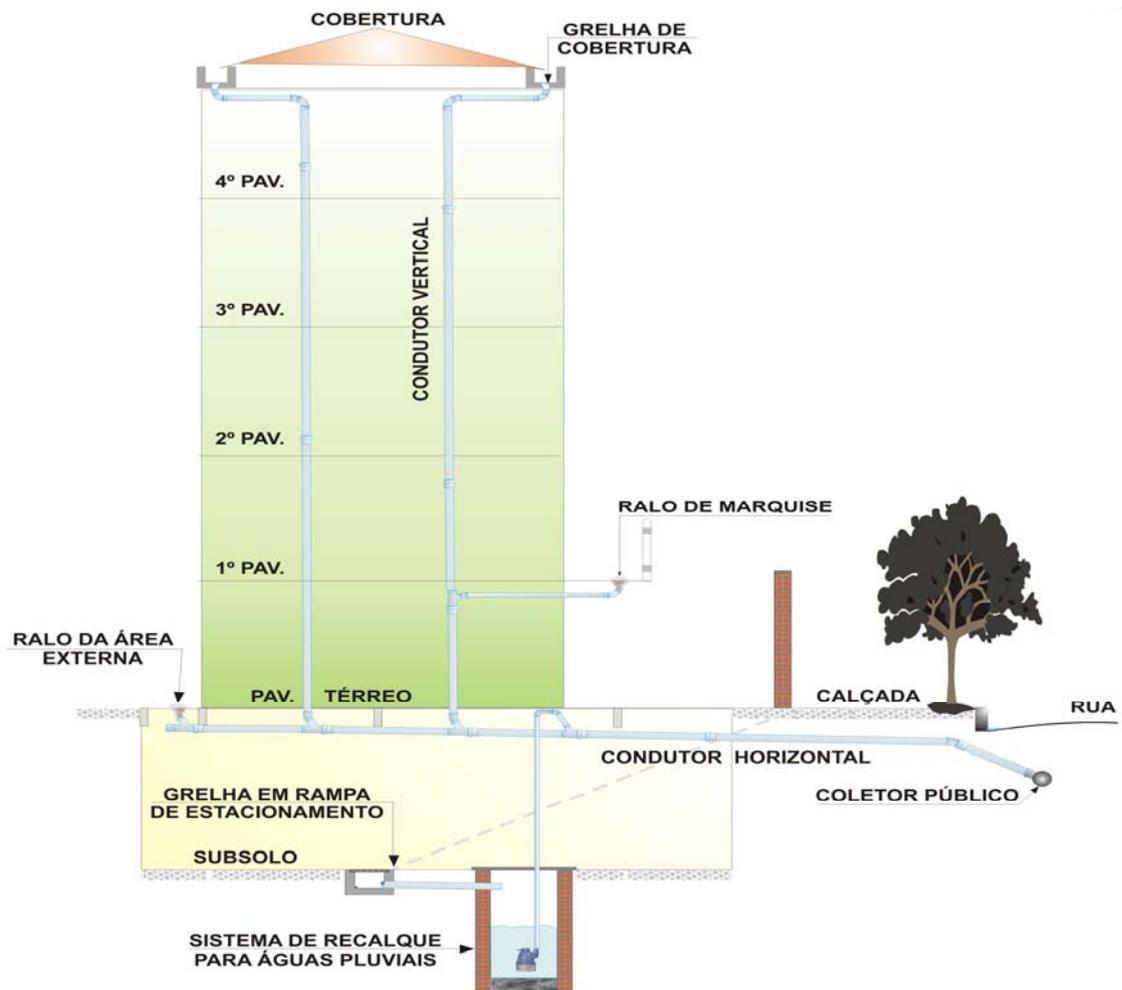
*Concepção de projeto*

*Métodos de dimensionamento dos componentes e sistemas*

*Prof. Ricardo Prado Abreu Reis*

*Goiânia - 2007*





### NBR 10844 (1989) Instalações prediais de águas pluviais

- Os condutores de águas pluviais não podem ser usados para receber efluentes 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;
- O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 75mm;
- Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme com valor mínimo de 0,5%;

## 1) DIMENSIONAMENTO

### ■ VAZÃO DE PROJETO

$$Q = c \cdot i \cdot a$$

Onde:

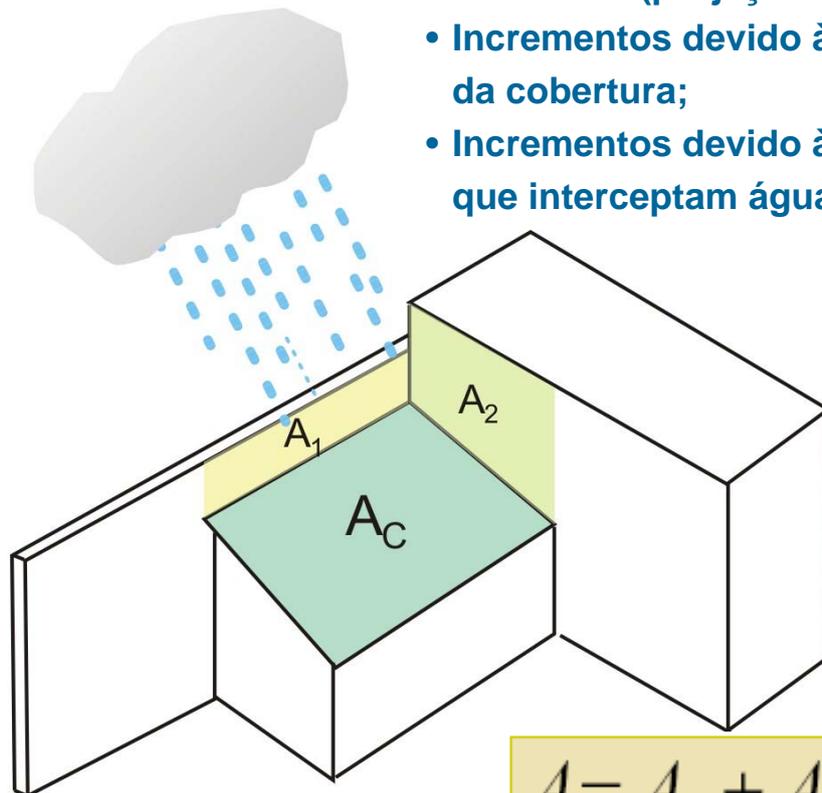
Q - Vazão de projeto em (L/h)

c - coeficiente de escoamento superficial (considera-se  $c = 1$ );

i - intensidade pluviométrica (mm/h);

a - área de contribuição ( $m^2$ );

### ■ Área de Contribuição



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

$$A = A_c + A_1 + A_2$$

■ Área de Contribuição

>> Ação do vento

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

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

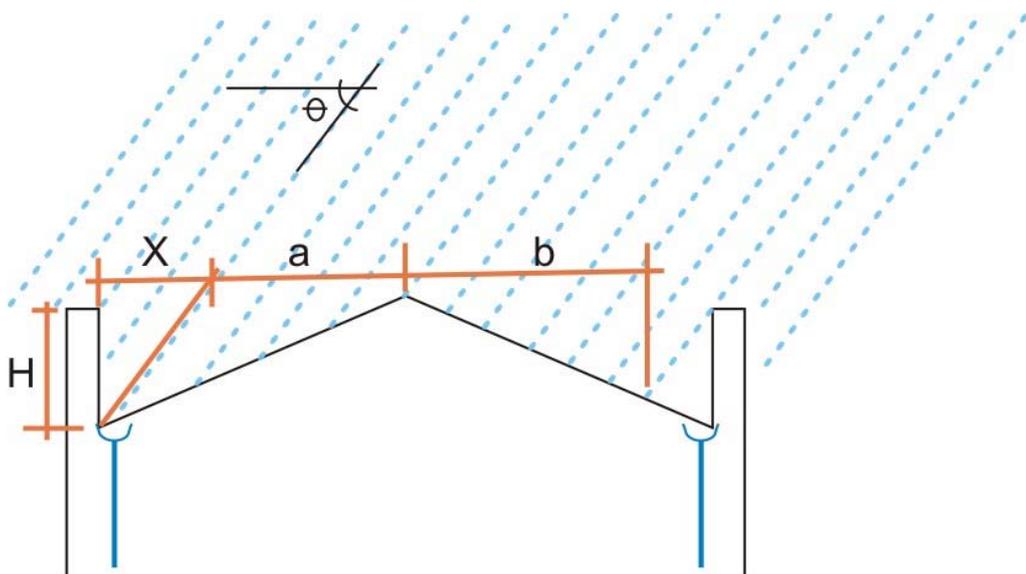
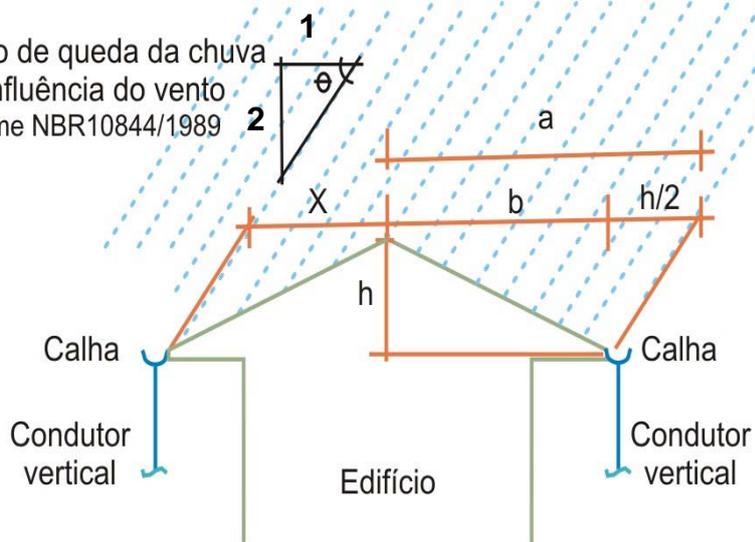
$\theta$  = ângulo de queda da chuva com influência do vento.

Ângulo de queda da chuva com influência do vento conforme NBR10844/1989

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



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

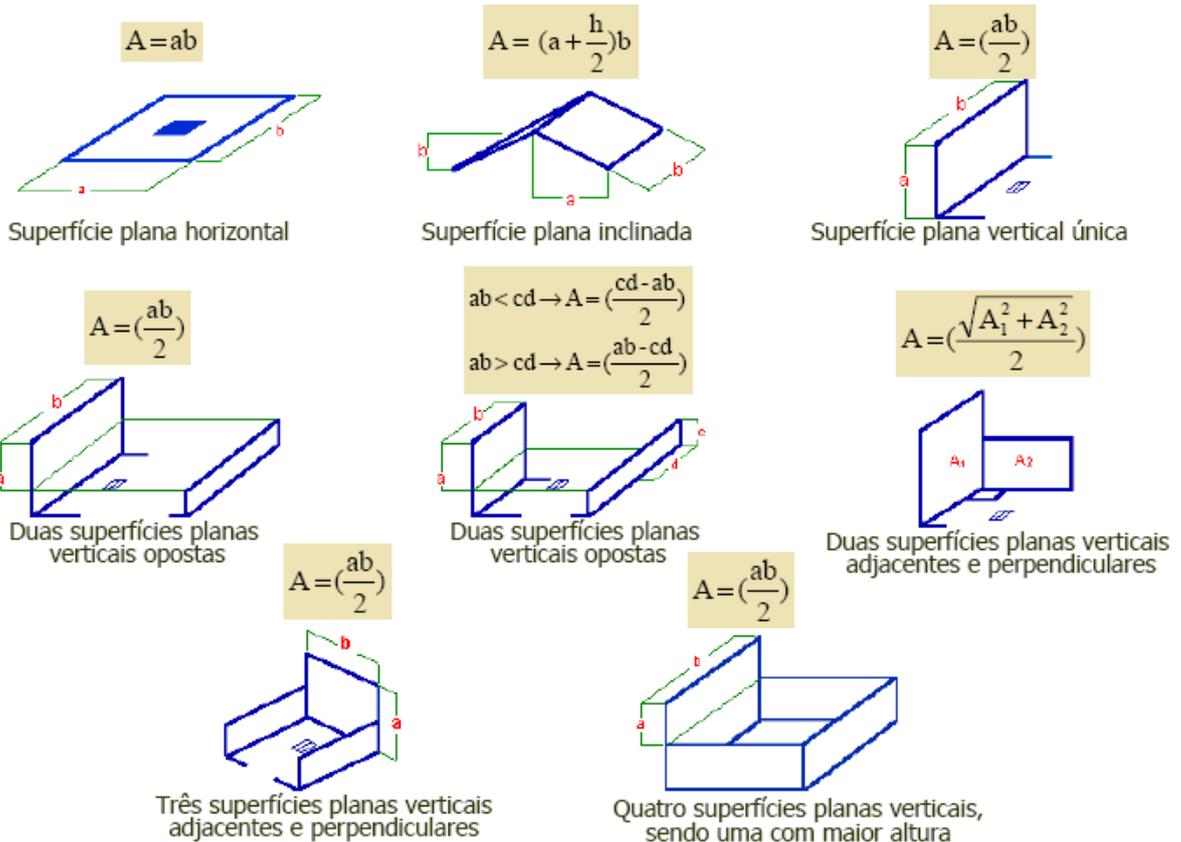


$$\theta = \text{arc} . \text{tg } 2$$

$$\text{tg } \theta = \frac{H}{X}$$

$$X = \frac{H}{2}$$

## ■ Área de Contribuição **NBR 10844 (1989)**



## ■ Intensidade Pluviométrica

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 = 1 ano** = Áreas pavimentadas (tolerância de empoçamento);

**T = 5 anos** = coberturas e terraços;

**T = 25 anos** = Coberturas e áreas onde não são permitidos empoçamentos ou extravazamento.

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

## ■ INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Com base em dados pluviométricos locais e por meio da equação de chuvas da cidade de Goiânia.

**Tabela 1 - Valores das intensidades pluviométricas para cidade de Goiânia.**

Tempo de retorno (anos)	Intensidade Pluviométrica (mm/h)
1	120
5	178
25	192

## ■ VAZÃO DE PROJETO

$$Q = \frac{(c \cdot i \cdot a)}{60}$$

Onde:

**Q** - Vazão de Projeto em (L/min)

**c** - coeficiente de escoamento superficial (considera-se  $c=1$ );

**a** - área de contribuição ( $m^2$ );

**i** - intensidade pluviométrica (mm/h).

## 1.1 - DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

### Fórmula de Manning-Strickler

$$Q = K \cdot \left( \frac{S}{n} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot R_h^{\frac{1}{2}} \cdot i$$

NBR 10844 (1989)

onde:

Q - vazão de projeto da calha (L/min);

K = 60.000 (NBR 10.844/89)

S - área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

n - coef. de rugosidade;

R<sub>h</sub> = S/P - raio hidráulico (m);

i - declividade da calha (m/m);

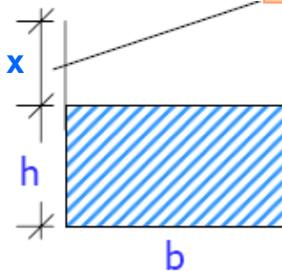
Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade para uso com a Fórmula de Manning-Strickler.

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

NBR 10844 (1989)

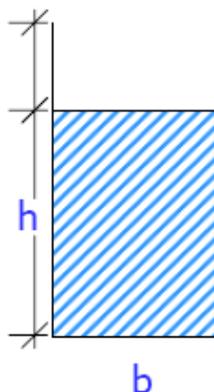
### ■ DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

Borda livre (z) : BSI  
x = 2/3 h ou 75mm



$$b = 2h$$

$$h = \left( \frac{Q_n}{75.614,37 i^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$



$$h = 2b$$

$$b = \left( \frac{Q_n}{65.160 i^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

### Observação:

Em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficiente da Tabela 3.

**Tabela 3 - Coeficiente multiplicativos da vazão de projeto.**

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4 m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

NBR 10844 (1989)

- Prever extravasores;
- Inclinação calhas → valor mínimo 0,5% (beiral e platibanda);

## ■ DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

### Seção semicircular

**Tabela 4 – Capacidade de Calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade  $n=0,011$**

Diâmetro Interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1,0%	2,0%
	Vazão (L/min)		
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

NBR 10844 (1989)

- Lâmina de água igual à metade do diâmetro Interno;
- Calculado pela fórmula de Manning-Strickler;

## 1.2 - CONDUTORES VERTICAIS

- Condutores verticais – sempre que possível projetá-los em uma única prumada;
- Desvio devem ser feitos com curva 90° raio longo ou curvas de 45°
- Prever peças de inspeção;
- Diâmetro mínimo da seção circular 70mm;

Dimensionamento → Ábacos (CSTC/1975 – Bélgica)

### Dados de entrada:

$Q$  é a vazão de projeto (L/min);

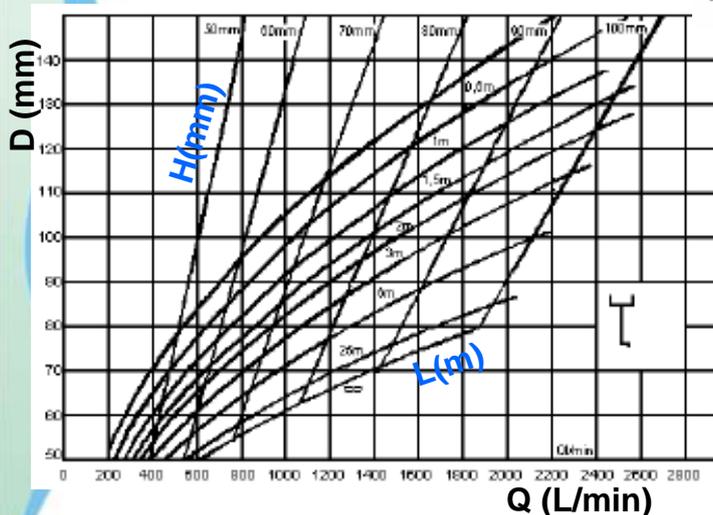
$H$  é a altura da lâmina de água na calha (mm);

$L$  é o comprimento do condutos vertical (m).

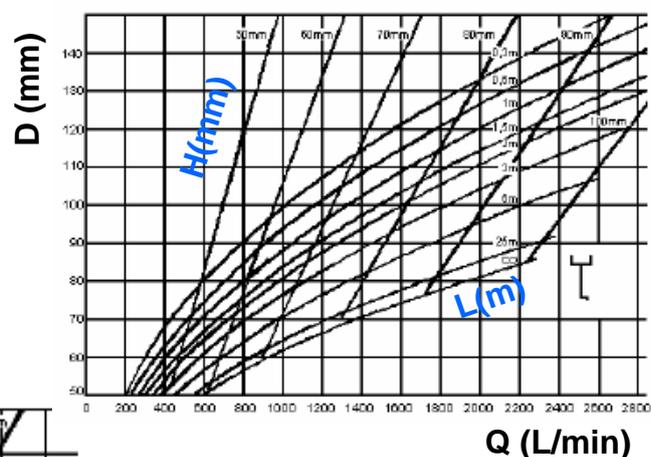
### Incógnita (dado de saída):

Diâmetro interno do condutor vertical (mm).

### Dimensionamento Condutores Verticais



Ábaco 2 - Calha com saída em aresta viva.



Ábaco 1 - Calha com funil saída.

$Q$ : é a vazão de projeto (L/min);

$H$ : é a altura da lâmina de água na calha (mm);

$L$ : é o comprimento do condutos vertical (m).

$D$ : Diâmetro interno do condutor vertical (mm).

## Verificação da máxima vazão nos condutores verticais para que o regime de escoamento não seja forçado.

### Vazão de projeto x Diâmetro do condutor vertical

$$Q = 0,019 \cdot (T_o)^{5/3} \cdot D^{8/3}$$

onde:

Q - vazão (L/min);

D - diâmetro interno do condutor vertical (mm);

$T_o = S_w / S_t$

*T<sub>o</sub>* - taxa de ocupação;

*S<sub>w</sub>* - área da seção anelar por onde escoa a água;

*S<sub>t</sub>* - área da seção transversal do condutor vertical.

Tabela 5 - Vazão máxima de condutores verticais em função da taxa de ocupação.

Taxa de ocupação (T <sub>o</sub> )	25%	30%
D <sub>int</sub> (mm)	Vazão (L/min)	
75	188,57	255,54
100	---	550,33
150	---	1.622,33
200	---	3.494,37
250	---	6.335,72

PCC-USP (2006)

Tabela 6 - Dimensionamento de condutores verticais, para áreas em projeção horizontal, em m<sup>2</sup>.

Precipitação (mm/h)	Diâmetro da Coluna Vertical			
	2"	3"	4"	5"
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

UNIFORM PLUMBING CODE (1973) apud PCC-USP(2006).

### 1.3 - CONDUTORES HORIZONTAIS

- Declividade uniforme, sendo no mínimo 0,5%;
- Escoamento com lâmina de água a uma altura  $h = 2/3 \varnothing_{\text{interno}}$ ;
- Desvio devem ser feitos com curva 90° raio longo ou curvas de 45°
- Prever peças de inspeção ou caixa de areia
  - mudança de direção;
  - a cada 20m;
  - interligação com outros condutores.

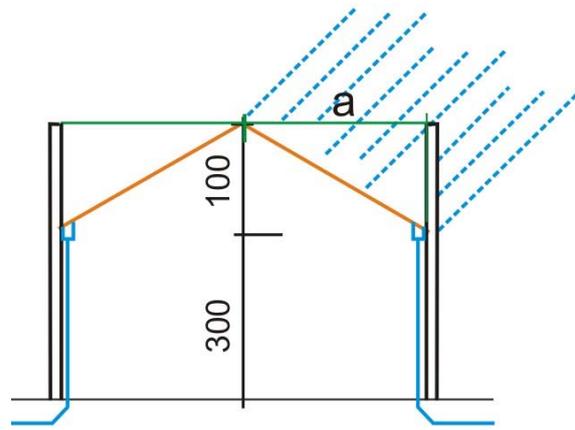
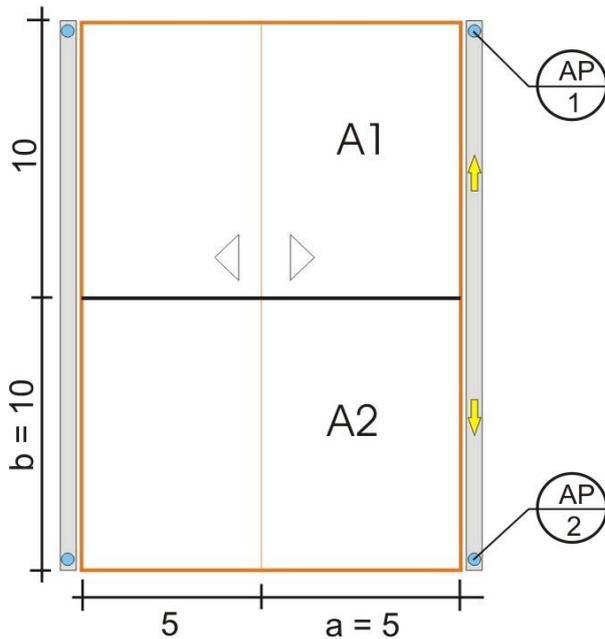
### ▪ Dimensionamento de condutores horizontais

Tabela 7 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões 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

NBR 10844 (1989)

## Exercício



1º passo: Área de Contribuição

$$a = 5\text{m} / b = 10\text{m}$$

$$A = a \cdot b$$

$$A = A1 = A2 = 50,0 \text{ m}^2$$

1º Área de Contribuição

2º passo: Intensidade pluviométrica (Goiânia)

$$i = 178 \text{ mm/h} \quad (\text{para } T = 5 \text{ anos } t=5\text{min})$$

3º passo: Determinar a vazão de projeto

$$Q = \frac{(c \cdot i \cdot a)}{60}$$

Vazão na calha e no conduto vertical

$$Q = (1 \times 178 \times 50,0)/60 \rightarrow Q = 148,3 \text{ L/min}$$

## 4º passo: Dimensionamento da calha (aço galvanizado)

$$Q = K \cdot \left( \frac{S}{n} \right) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

A declividade mínima recomendada pela NBR 10844/89 é de 0,5%.

Então adotamos  $i = 0,005$

Conforme a NBR 10844 (1989)

$K = 60000$

$n = 0,011$

Considerando-se uma calha de seção retangular com as seguintes dimensões:

Base de 10 cm

Altura útil de 5 cm

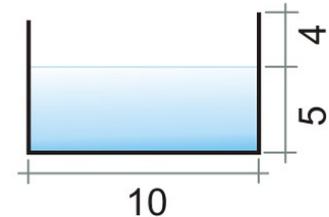
$S = 0,005 \text{ m}^2$



$e$

$P = 0,20 \text{ m}$

$R_h = (0,005/0,20) = 0,025 \text{ m}$



### PARÂMETROS OBTIDOS:

$i = 0,005$

$K = 60000$

$n = 0,011$

$S = 0,005 \text{ m}^2$

$P = 0,20 \text{ m}$

$R_h = 0,025 \text{ m}$

$Q = 148,3 \text{ L/min}$

$$Q = 60000 \times (0,005/0,011) \times (0,025)^{2/3} (0,005)^{1/2}$$

$$Q = 164,88 \text{ L/min} > Q_p = 148,3 \text{ L/min} \therefore \text{ENTÃO OK!}$$

Para  $Q = 148,3 \text{ L/min}$

$h \cong 50 \text{ mm}$  (altura da lâmina de água na calha)

## 5º passo: Cálculo do condutor vertical

$Q = 148,3 \text{ L/min}$ ,  $H = 50 \text{ mm}$  e  $L = 3,0 \text{ m}$

Para acharmos o Diâmetro utilizamos o **Ábaco 1**

$D = 75 \text{ mm}$

Para manutenção do escoamento anular  
Estipulou-se uma taxa de ocupação  $T_o$  de 30% da área da seção  
transversal do condutor vertical (Tabela 5).

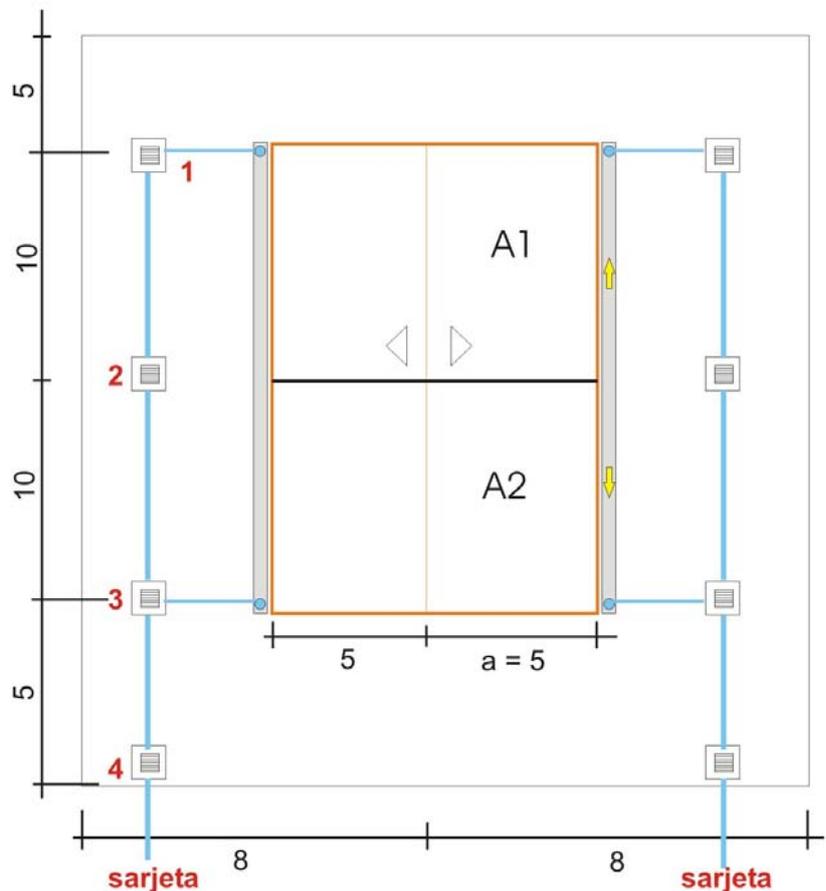
Para  $Q = 148,3 \text{ L/min}$   
 $T_o = 30\%$  tem-se:  
 $D = 75 \text{ mm}$

**OK!!**

Taxa de ocupação ( $T_o$ )	25%	30%
$D_{int} \text{ (mm)}$	Vazão máx (L/min)	
75	188,57	255,54
100	---	550,33
150	---	1.622,33
200	---	3.494,37
250	---	6.335,72

## 6º passo:

Cálculo dos condutores horizontais



## Área pavimentada

$$T = 1 \text{ ano}; I = 120 \text{ mm/h}$$

## Tubulação de PVC

$$n = 0,011$$

### Trecho 1-2

$$Q_{1-2} = A \cdot i / 60 = (8 \times 5 + 5 \times 4/2) \cdot 120/60 = 100 \text{ l/min} + 148,3 \text{ l/min}$$

$$\text{Tabela 7} \rightarrow Q = 248,3 \text{ L/min} \rightarrow D = 100 \text{ mm } i = 1,0\%$$

### Trecho 2-3

$$Q_{2-3} = (10 \times 3 + 10 \times 4/2) \cdot 120/60 + 248,3 = 348,3 \text{ L/min}$$

$$\text{Tabela 7} \rightarrow Q = 348,3 \text{ L/min} \rightarrow D = 150 \text{ mm } i = 0,5\%$$

### Trecho 3-4

$$Q_{2-3} = (10 \times 3 + 10 \times 4/2) \cdot 120/60 + 348,3 = 448,3 \text{ L/min} + 148,3 \text{ L/min}$$

$$\text{Tabela 7} \rightarrow Q = 596,6 \text{ L/min} \rightarrow D = 150 \text{ mm } i = 0,5\%$$

### Trecho 4-Sarjeta

$$Q_{2-3} = (5 \times 8 + 5 \times 4/2) \cdot 120/60 + 596,6 = 696,6 \text{ L/min}$$

$$\text{Tabela 7} \rightarrow Q = 696,6 \text{ L/min} \rightarrow D = 150 \text{ mm } i = 1,0\%$$

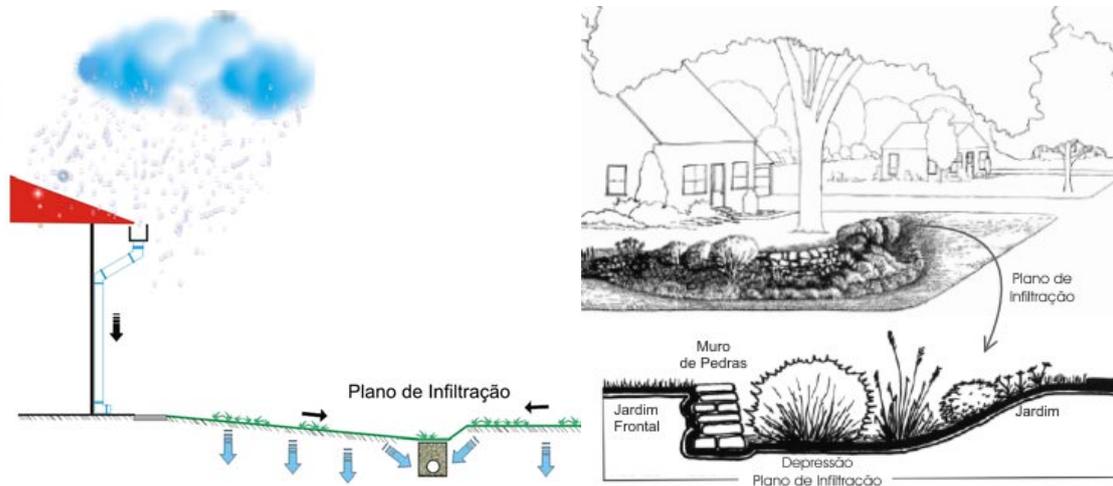
ou

$$D = (2x) 150 \text{ mm } i = 0,5\%$$

# Sistemas Prediais de Águas Pluviais

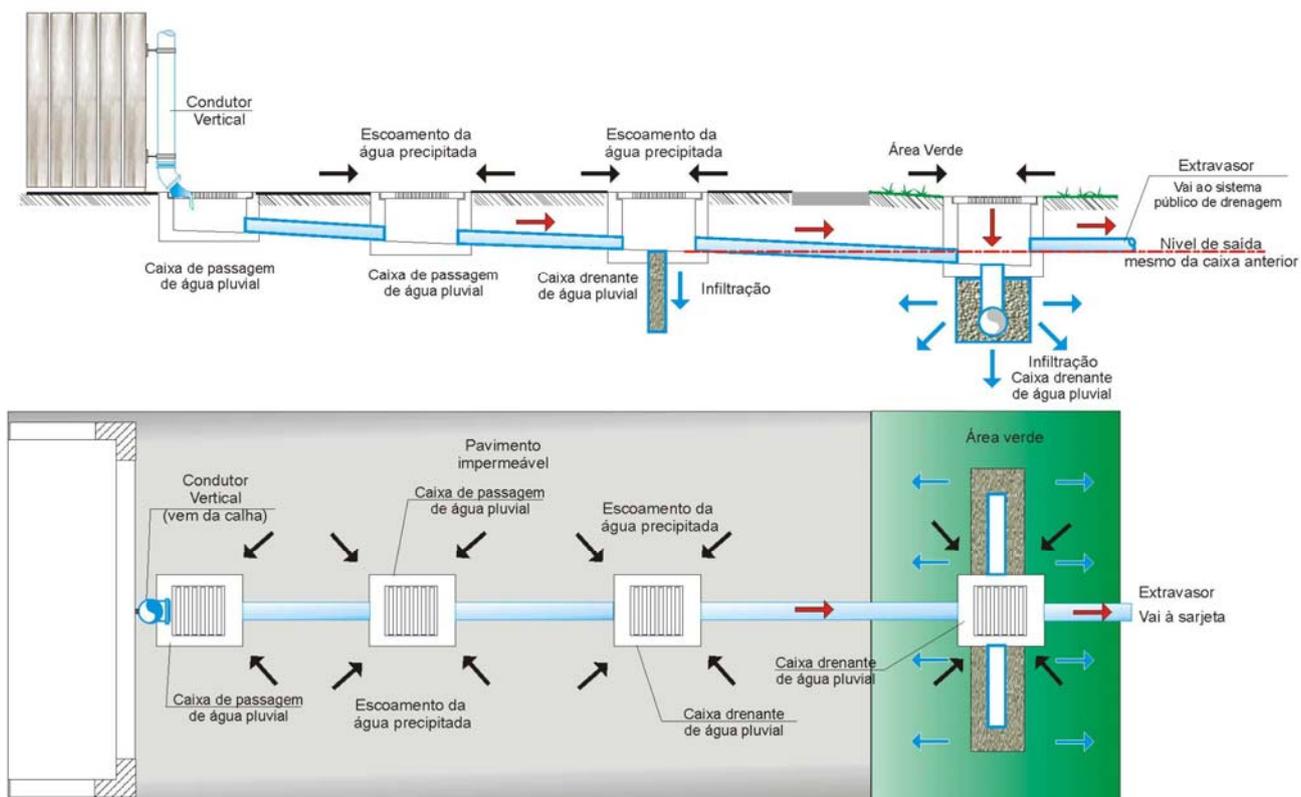
## Conceito Ambientalista em busca da Sustentabilidade

### Plano de infiltração com depressão e dreno



METROPOLITAN COUNCIL / BARR ENGINEERING CO. (2004).

### Plano de infiltração com caixas drenantes



## Pavimentos permeáveis



## Poços de Infiltração

