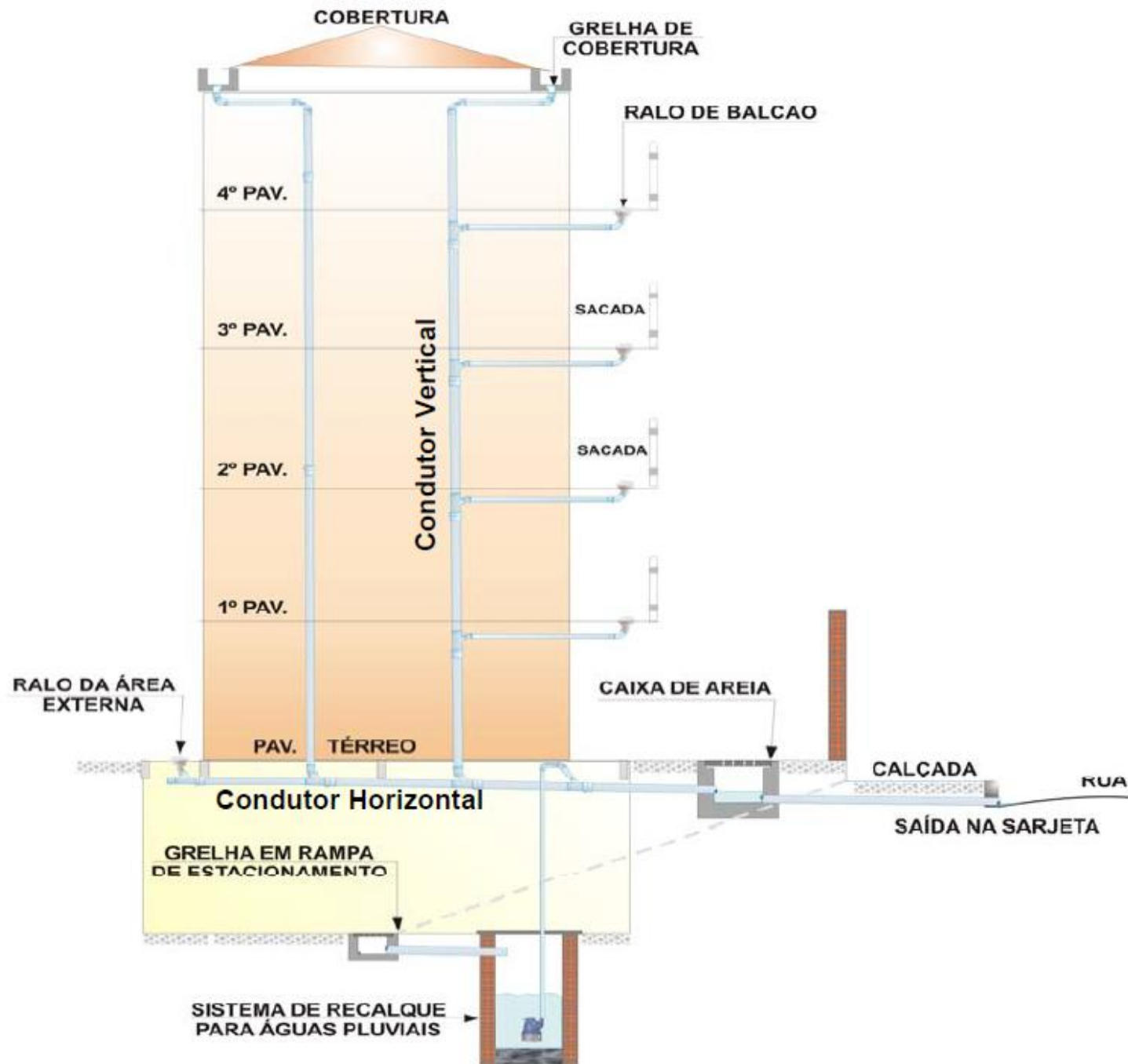
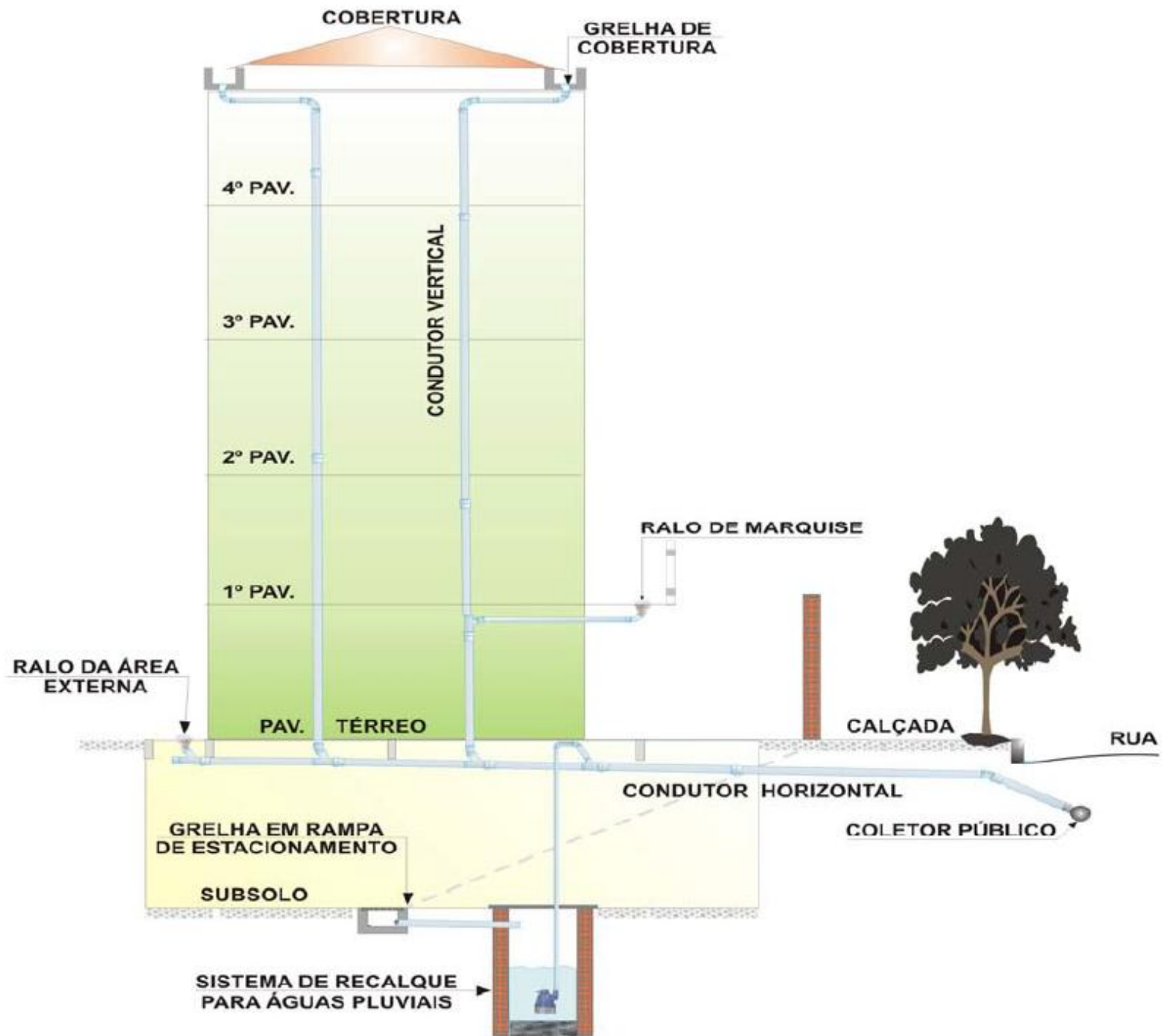


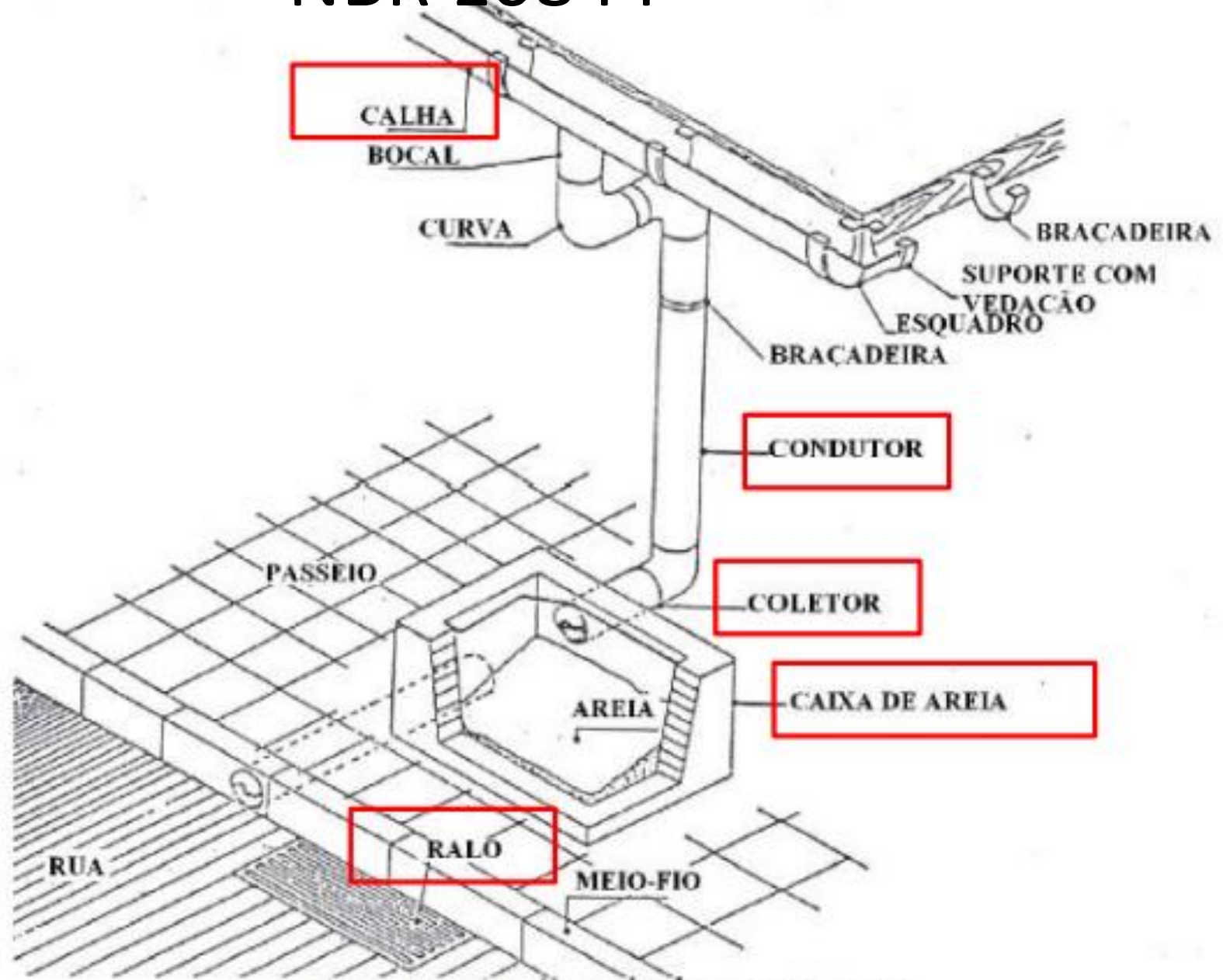
# Instalações prediais de águas pluviais

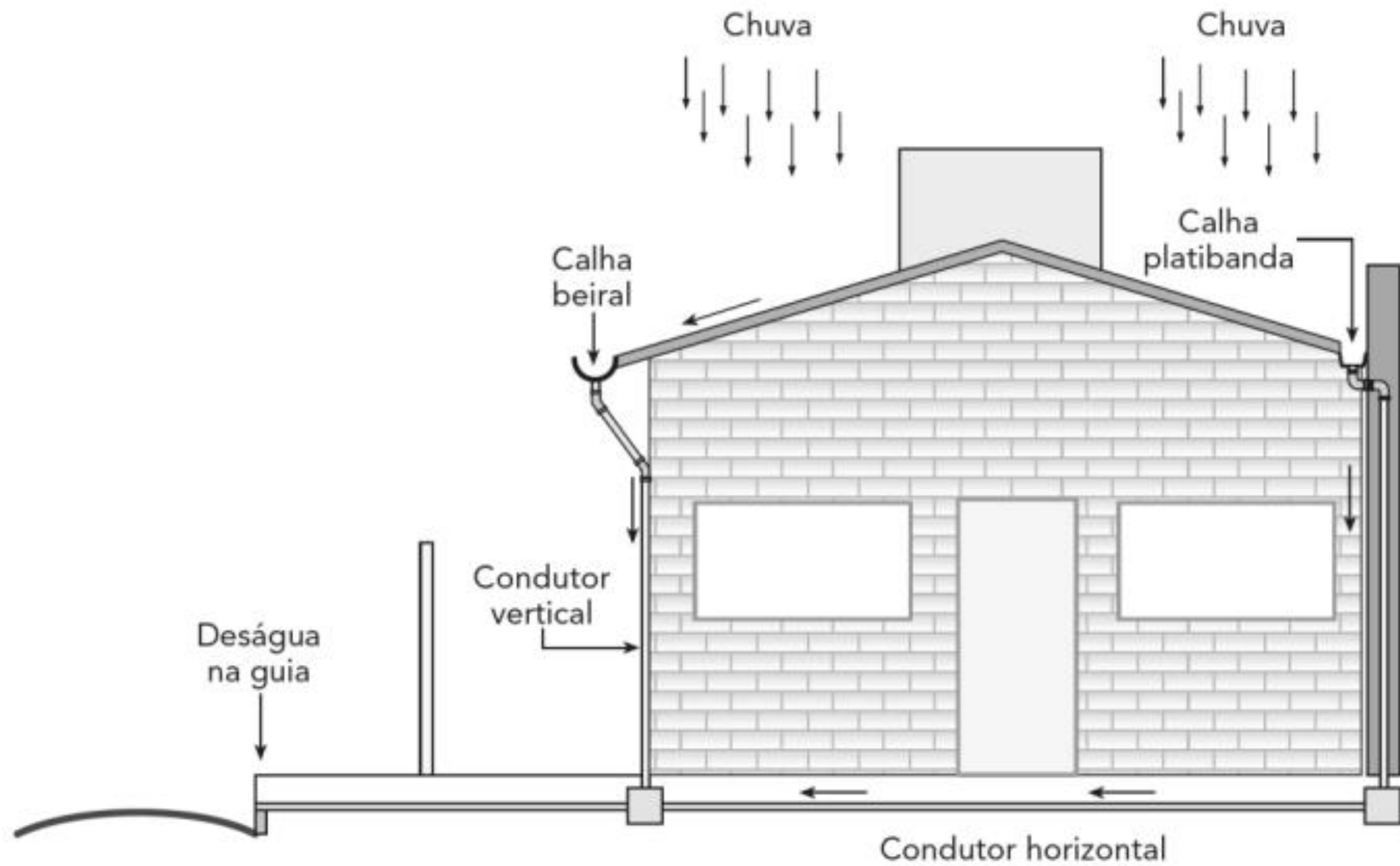
Professora: Patrícia Andrade





# NBR 10844





# Dimensionamento - Fatores meteorológicos

- A determinação da intensidade pluviométrica “ $i$ ”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno.
- Tomam-se como base dados pluviométricos locais.

# Dimensionamento - Fatores meteorológicos

- O período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo ao estabelecido a seguir:
  - $T = 1$  ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;
  - $T = 5$  anos, para coberturas e/ou terraços;
  - $T = 25$  anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.
  - A duração de precipitação deve ser fixada em  $t = 5$  min

# Dimensionamento - Fatores meteorológicos

- Para construção até 100m<sup>2</sup> de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar:  $i = 150\text{mm/h}$
- Tabela de chuvas intensas
- Equação de chuvas intensas ou Intensidade-Duração-Frequência (IDF)

# Tabela de chuvas intensas

- Para as demais construções utilizar a Tabela

| Tabela 4.1 Chuvas intensas no Brasil. |                       |                                  |         |          |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------|----------|
| Local                                 |                       | Intensidade pluviométrica (mm/h) |         |          |
|                                       |                       | Período de retorno (anos)        |         |          |
|                                       |                       | 1                                | 5       | 25       |
| 1                                     | Alegrete – RS         | 174                              | 238     | 313 (17) |
| 2                                     | Alto Itatiaia – RJ    | 124                              | 164     | 240      |
| 3                                     | Alto Tapajós – PA     | 168                              | 229     | 267 (21) |
| 4                                     | Alto Teresópolis – RJ | 114                              | 137 (3) | —        |
| 5                                     | Aracaju – SE          | 116                              | 122     | 126      |
| 6                                     | Avaré – SP            | 115                              | 144     | 170      |
| 7                                     | Bagé – RJ             | 126                              | 204     | 234 (10) |
| 8                                     | Barbacena – MG        | 156                              | 222     | 265 (12) |
| 9                                     | Barra do Corda – MA   | 120                              | 128     | 152 (20) |
| 10                                    | Bauru – SP            | 110                              | 120     | 148 (9)  |
| 11                                    | Belém – PA            | 138                              | 157     | 185 (20) |
| 12                                    | Belo Horizonte – MG   | 132                              | 227     | 230 (12) |
| 13                                    | Blumenau – SC         | 120                              | 125     | 152 (15) |
| 14                                    | Bonsucesso – MG       | 143                              | 196     | —        |
| 15                                    | Cabo Frio – RJ        | 113                              | 146     | 218      |
| 16                                    | Campos – RJ           | 132                              | 206     | 240      |

| Local |                                  | Intensidade pluviométrica (mm/h) |     |          |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|-----|----------|
|       |                                  | Período de retorno (anos)        |     |          |
|       |                                  | 1                                | 5   | 25       |
| 71    | Santa Vitória do Palmar – RS     | 120                              | 126 | 152 (18) |
| 72    | Santos – Itapema – SP            | 120                              | 174 | 204 (21) |
| 73    | Santos – SP                      | 136                              | 198 | 240      |
| 74    | São Carlos – SP                  | 120                              | 178 | 161 (10) |
| 75    | São Francisco do Sul – SC        | 118                              | 132 | 167 (18) |
| 76    | São Gonçalo – PB                 | 120                              | 124 | 152 (15) |
| 77    | São Luís – MA                    | 120                              | 126 | 152 (21) |
| 78    | São Luís Gonzaga – RS            | 158                              | 209 | 253 (21) |
| 79    | São Paulo – SP (Congonhas)       | 122                              | 132 | –        |
| 80    | São Paulo – SP (Mirante Santana) | 122                              | 172 | 191 (7)  |
| 81    | São Simão – MG                   | 116                              | 148 | 175      |
| 82    | Sena Madureira – AC              | 120                              | 160 | 170 (7)  |
| 83    | Sete Lagoas – MG                 | 122                              | 182 | 281 (19) |
| 84    | Soure – PA                       | 149                              | 162 | 212 (18) |
| 85    | Taperinha – PA                   | 149                              | 202 | 241      |
| 86    | Taubaté – SP                     | 122                              | 172 | 208 (6)  |
| 87    | Teófilo Otoni – MG               | 108                              | 121 | 154 (6)  |
| 88    | Teresina – PI                    | 154                              | 240 | 262 (23) |
| 89    | Teresópolis – RJ                 | 115                              | 149 | 176      |
| 90    | Tupi – SP                        | 122                              | 154 | –        |
| 91    | Turiaçu – MG                     | 126                              | 162 | 230      |
| 92    | Uauapés – AM                     | 144                              | 203 | 230 (17) |
| 93    | Ubatuba – SP                     | 122                              | 149 | 184 (7)  |
| 94    | Uruguaiana – RS                  | 120                              | 142 | 161 (17) |
| 95    | Vassouras – RS                   | 125                              | 179 | 222      |
| 96    | Viamão – RS                      | 114                              | 126 | 152 (15) |
| 97    | Vitória – ES                     | 102                              | 156 | 210      |
| 98    | Volta Redonda – RJ               | 156                              | 216 | 265 (13) |

1. Para locais não mencionados nesta tabela, deve-se procurar correlação com dados dos postos mais próximos que tenham condições meteorológicas semelhantes às do local em questão.

2. Os valores entre parênteses indicam os períodos a que se referem as intensidades pluviométricas, em vez de 5 ou 25 anos, em virtude de os períodos de observação dos postos não terem sido suficientes.

3. Os dados apresentados foram obtidos do trabalho de Otto Pfafstetter, *Chuvas intensas no Brasil*, Ministério da Viação e Obras Públicas, DNOS, 1957.

# equação de chuvas intensas (IDF)

dimensionar obras hidráulicas e urbanas, permitindo calcular a intensidade da chuva para diferentes durações e períodos de retorno.

relaciona a intensidade da chuva (mm/h), a duração da chuva (minutos) e o período de retorno (anos) através de uma equação matemática

a para melhor representar a relação entre intensidade, duração e frequência das chuvas observadas.

# A equação de chuvas intensas

Elaboração da equação IDF:

## **1.1. Dados de Precipitação:**

São coletados dados de chuva, geralmente de pluviógrafos, para um período de tempo considerável.

## **2.2. Análise Estatística:**

As chuvas são analisadas estatisticamente para identificar a intensidade máxima para diferentes durações e períodos de retorno.

## **3.3. Ajuste da Equação:**

A equação IDF é ajustada para melhor representar a relação entre intensidade, duração e frequência das chuvas observadas.

# equação de chuvas intensas: Importância da equação IDF

- **Dimensionamento de Obras:**

Permite calcular a vazão máxima esperada em um sistema de drenagem, garantindo que as obras sejam dimensionadas para suportar as chuvas mais intensas.

- **Planejamento Urbano:**

Ajuda a identificar áreas sujeitas a inundações e a planejar medidas de prevenção e mitigação.

- **Estudos de Impacto Ambiental:**

Permite avaliar o impacto das chuvas intensas em áreas urbanas e rurais, auxiliando na tomada de decisões sobre projetos de engenharia e planejamento ambiental.

- **Segurança em Barragens:**

Permite dimensionar barragens de forma a garantir sua segurança em face de chuvas intensas.

# VAZÃO DO RIO DAS ANTAS SUPEROU ESTIMATIVA DE RECORRÊNCIA DE DEZ MIL ANOS

Vazão do Rio das Antas que levou à enchente catastrófica do Taquari superou cálculos probabilísticos mais pessimistas de engenharia



Autor: **METSUL.COM**



A UHE (Usina Hidrelétrica de Energia) Castro Alves, mantida pela CERAN (Companhia Energética Rio das Antas) tem uma vazão média de longo período de 162 metros cúbicos por segundo. Já a chamada vazão decamilenar (10 mil anos) estimada por complexos cálculos de engenharia é de 9.011 metros cúbicos por segundo. Na segunda-feira (4/9), a UHE Castro Alves teve vazão afluente registrada de 9.783 metros cúbicos por segundo às 18h.

A vazão afluente espantosa do fim da tarde de segunda-feira, portanto, ficou acima da vazão decamilenar projetada. A vazão decamilenar é aquela cujo período de retorno ou tempo de recorrência (TR) estimado de 10.000 anos. Isso significa que, em teoria, o valor pode ser igualado ou superado a cada dez mil anos, pelas estimativas de probabilidade. A probabilidade de ocorrência deste evento é igual ao inverso do TR, ou seja, 0,01%.



# Dimensionamento - Fatores meteorológicos

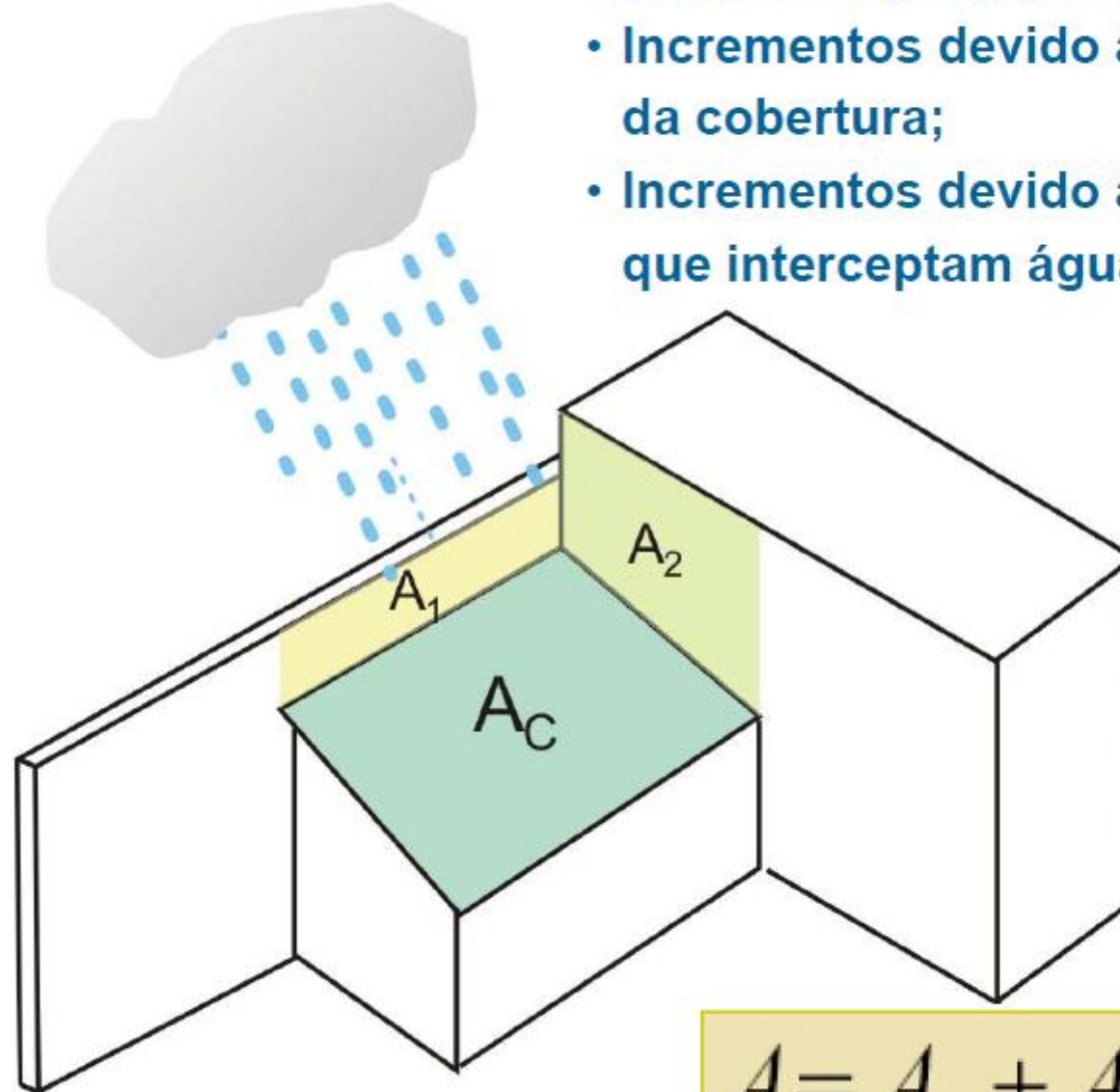
- Para locais não mencionados na Tabela 5 da NBR 10844/1989 (Tabela do slide anterior), deve-se procurar correlação com dados dos postos mais próximos que tenha condições meteorológicas semelhantes às do local em questão.
- - Os valores entre parênteses indicam os períodos de retorno, a que se referem as intensidades pluviométricas, em vez de 5 ou 25 anos.

$$I = \frac{807,801 * TR^{0,1443}}{(t + 5,67)^{0,742 * TR^{-0,0280}}}$$

onde: I=intensidade pluviométrica (mm/h); t=duração (min); TR=período de retorno (anos).

## ■ 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

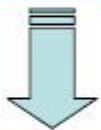
Devido à ação dos ventos, considerar um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal de:

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

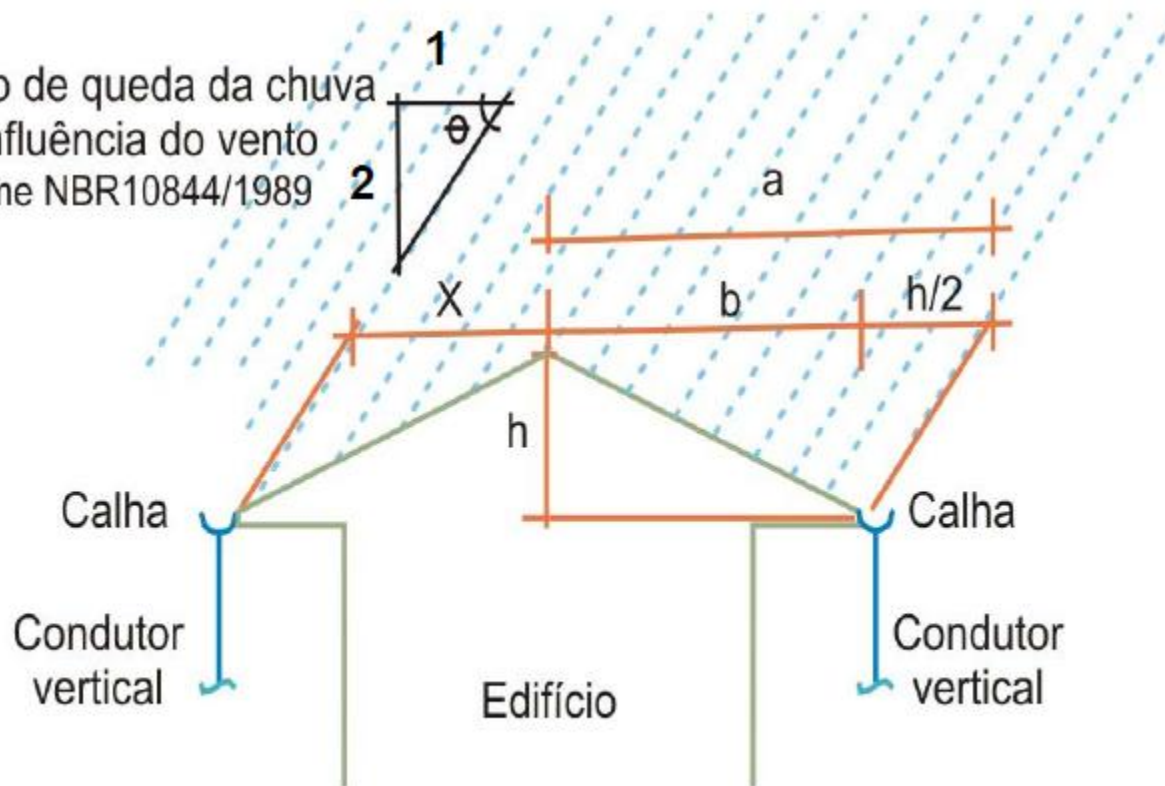
$\theta$  = ângulo de queda da chuva com influência do vento.

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

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

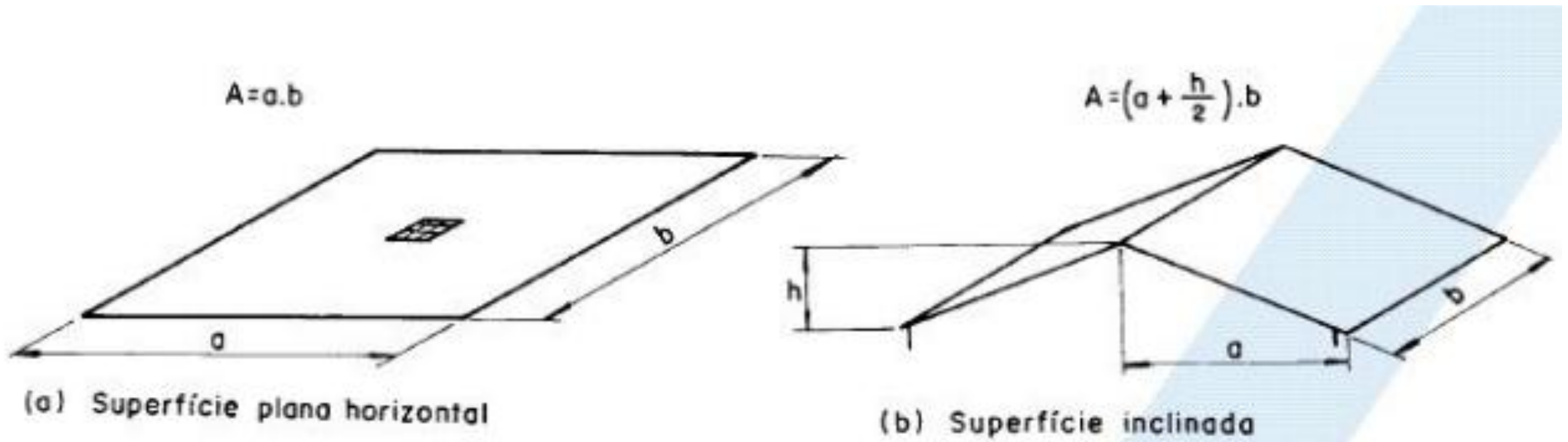


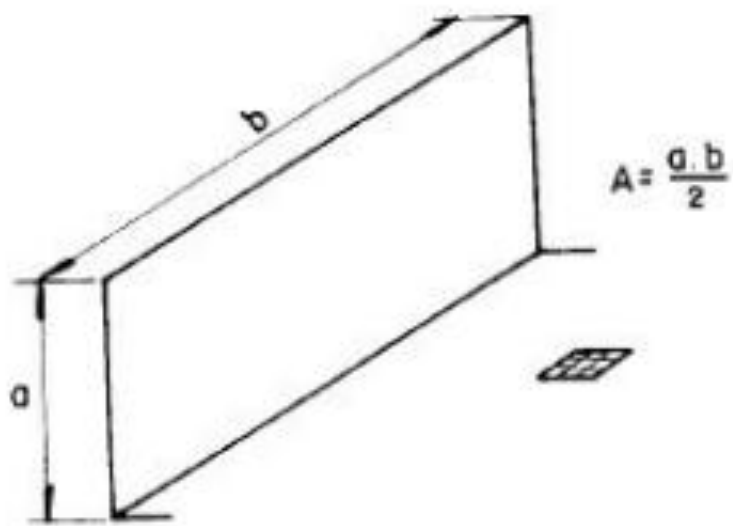
$$a = b + \frac{h}{2}$$



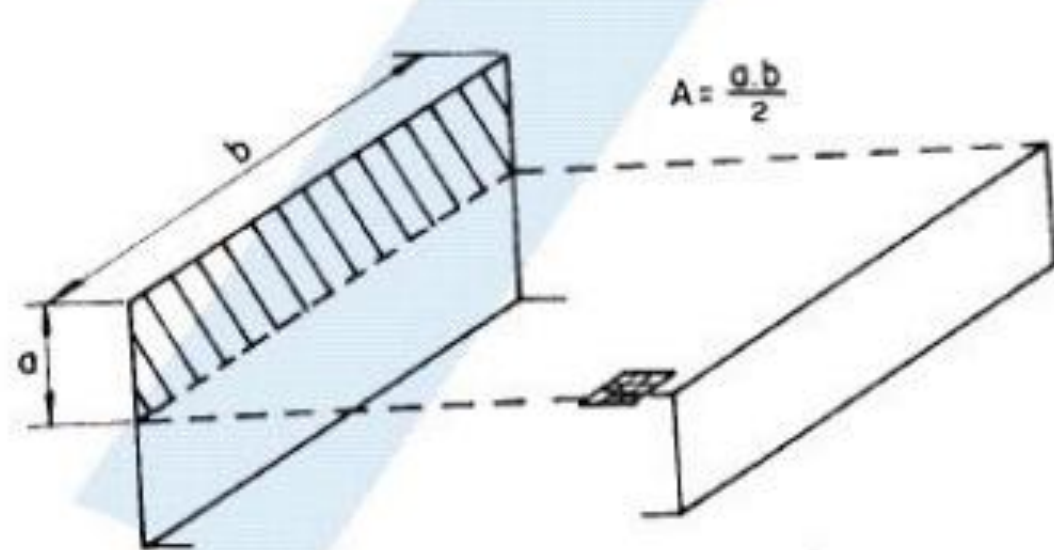
# Dimensionamento - Área de contribuição

- No cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura

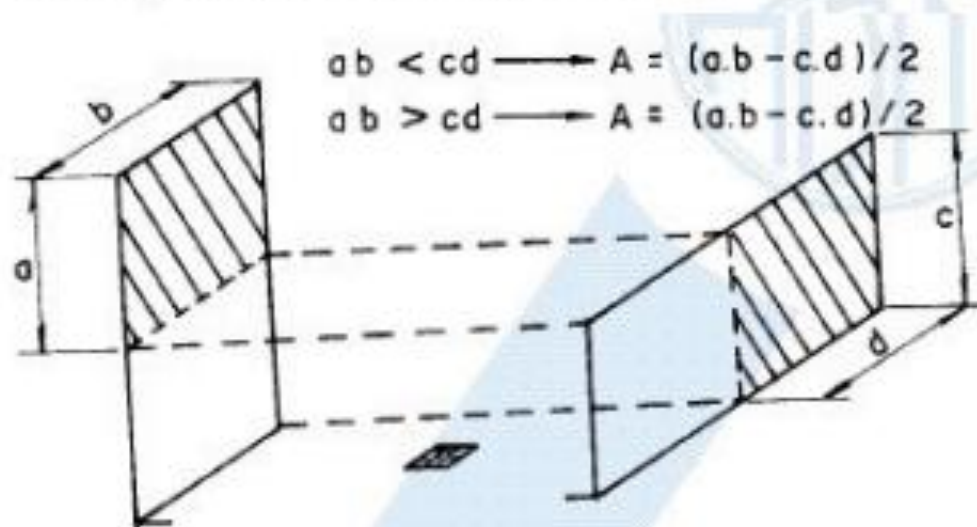




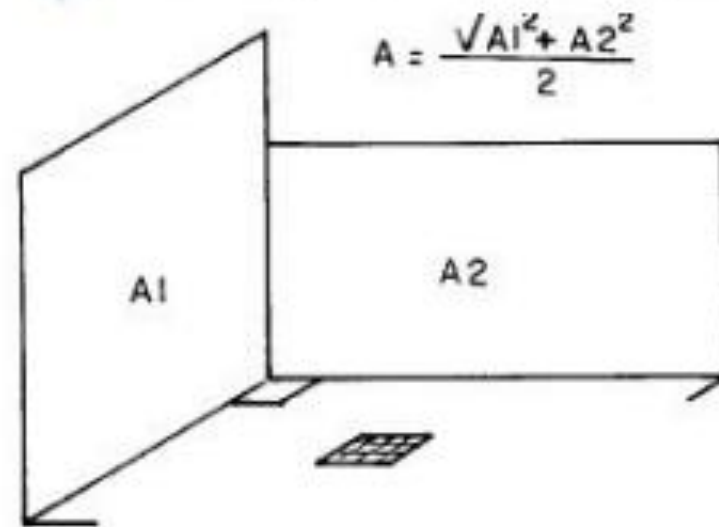
(c) Superfície plana vertical única



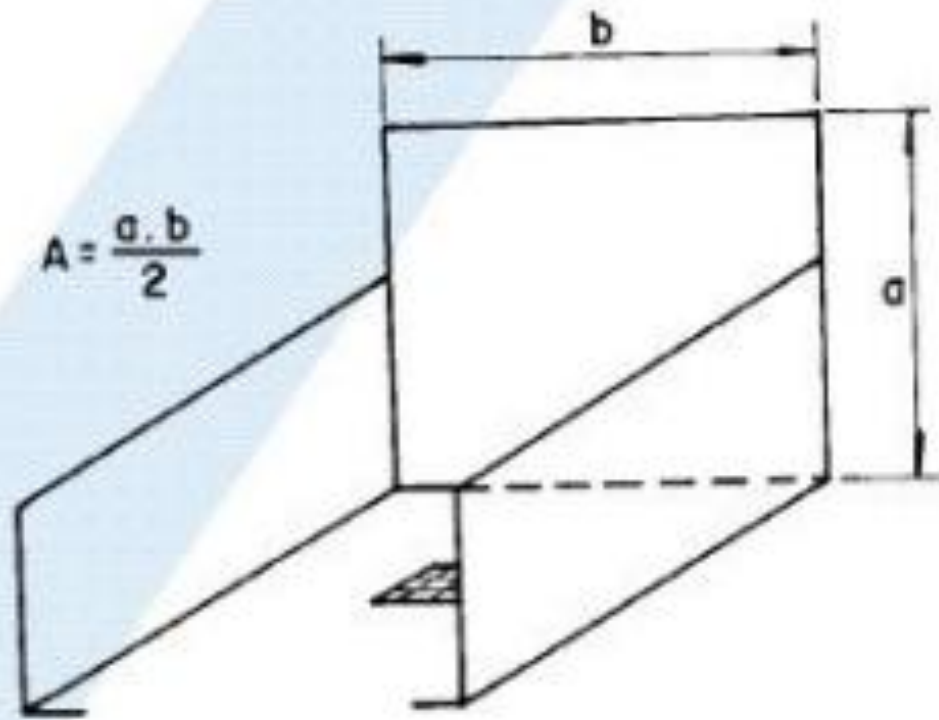
(d) Duas superfícies planas verticais opostas



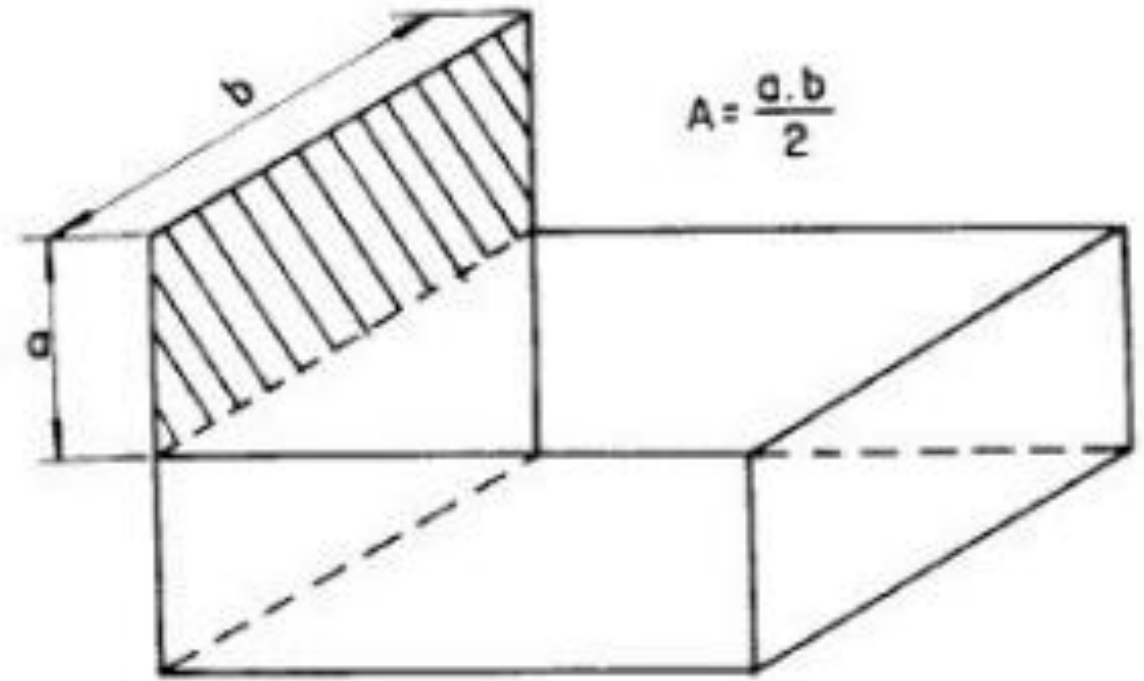
(e) Duas superfícies planas verticais opostas



(f) Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares



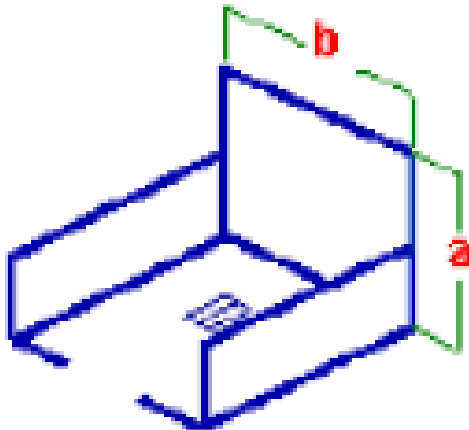
(g) Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares, sendo as duas opostas adjacentes



(h) Quatro superfícies planas verticais, sendo uma com maior altura

postas

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

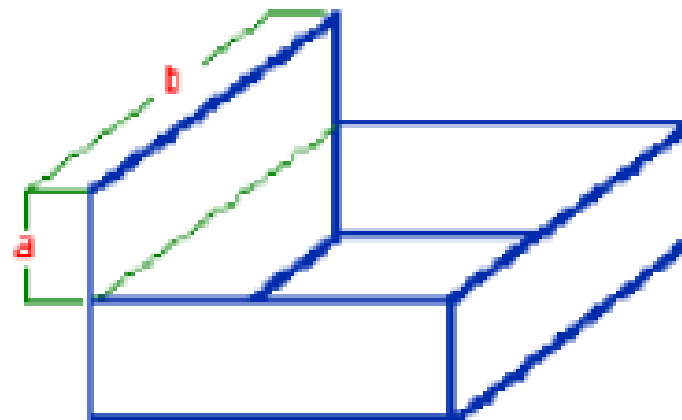


Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares

postas

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

adjacentes e |



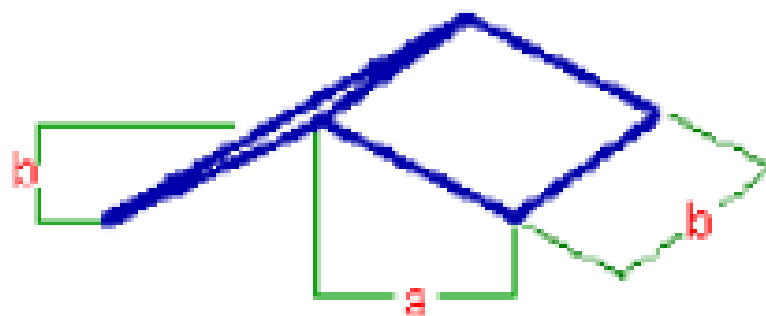
Quatro superfícies planas verticais, sendo uma com maior altura

$$A = ab$$



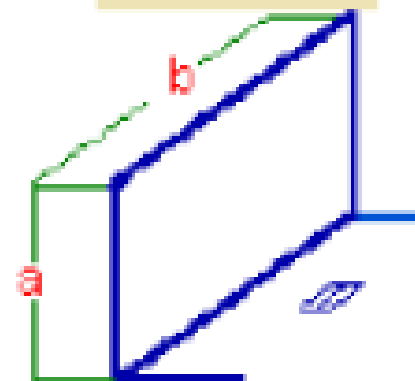
Superfície plana horizontal

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



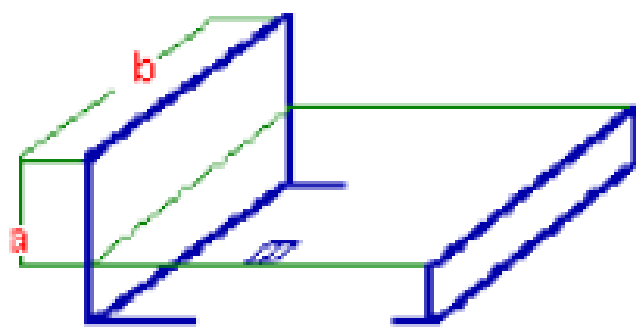
Superfície plana inclinada

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



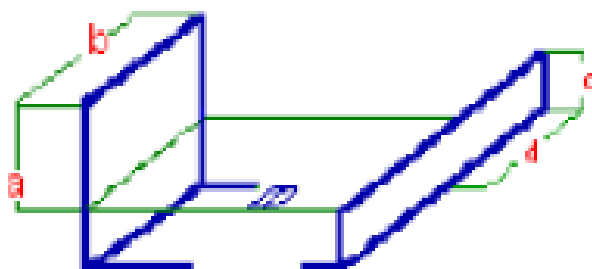
Superfície plana vertical única

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



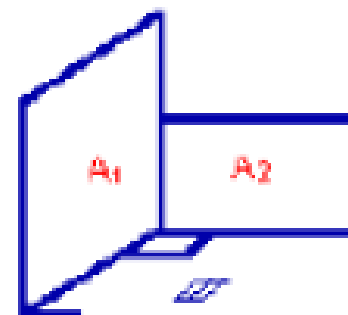
Duas superfícies planas verticais opostas

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



Duas superfícies planas verticais opostas

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



Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares

# Dimensionamento - Vazão de projeto

- A vazão de projeto deve ser calculada da seguinte maneira:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

- onde:
- Q = vazão de projeto (L/min);
- I = intensidade pluviométrica (mm/h);
- A = área de contribuição (m<sup>2</sup>).

$$d = \frac{b}{(N_c - 1)}$$

d: distância entre condutores (m)  
 b: comprimento total do plano do telhado (m)  
 Nc: Número de condutores

| Localidades         | At - Área de telhado que um bocal retangular pode escoar (m <sup>2</sup> ) | At - Área de telhado que um bocal circular pode escoar (m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|--|--|
| Aracaju - SE        | 137,7  | 175,8  |
| Belém - PA          | 107,01   | 136,61   |
| Belo Horizonte - MG | 74,01  | 94,49  |
| Cuiabá - MT         | 88,42  | 112,89   |
| Curitiba - PR       | 82,35  | 105,14   |
| Florianópolis - SC  | 140  | 178,74   |
| Fortaleza - CE      | 107,69   | 137,49   |
| Goiânia - GO        | 94,38  | 120,5  |
| João Pessoa - PB    | 120  | 153,2  |
| Maceió - AL         | 137,7  | 175,8  |
| Manaus - AM         | 93,33  | 119,16   |
| Natal - RN          | 140  | 178,74   |
| Porto Alegre - RS   | 115,07   | 146,91   |
| Porto Velho - RO    | 100,6  | 128,43   |
| Rio Branco - AC     | 120,86   | 154,3  |
| Rio de Janeiro - RJ | 96,55  | 123,27   |
| Salvador - BA       | 137,7  | 178,8  |
| São Luís - MA       | 133,33   | 170,22   |
| São Paulo - SP      | 97,67  | 124,7  |
| Teresina - PI       | 70   | 89,37  |
| Vitória - ES        | 107,69   | 137,49   |

# Atenção

- Para simplificar os cálculos, pode-se utilizar a seguinte orientação:

Cada 1 cm<sup>2</sup> de área de condutor vertical tem capacidade para escoar 1 m<sup>2</sup> de área de contribuição.

Z cm<sup>2</sup> área de condutor = 1 m<sup>2</sup> de área de contribuição.

Para calcular a área do condutor circular, utilize a seguinte fórmula:  $A = \pi R^2$  A: Área do condutor : 3,14 (valor padrão) R: raio do tubo

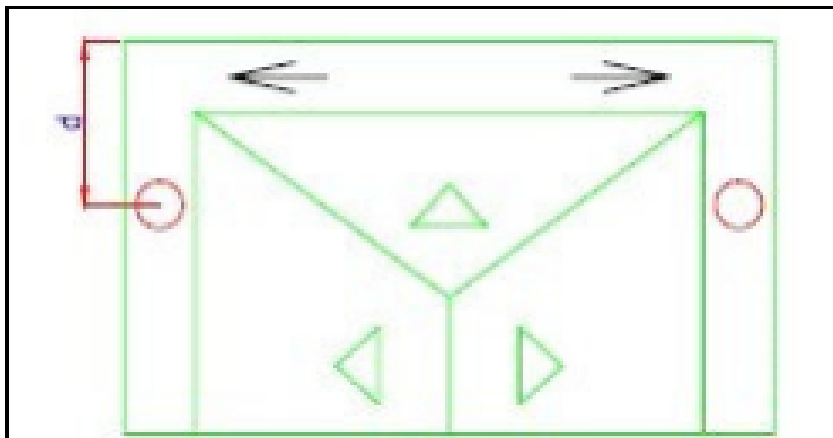
# Dimensionamento - Calhas

- A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%.
- As calhas de água-furtada têm inclinação de acordo com o projeto da cobertura.
- Quando não se pode tolerar nenhum transbordamento ao longo da calha, extravasores podem ser previstos como medida adicional de segurança. Nestes casos, eles devem descarregar em locais adequados.

# Dimensionamento - Calhas

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

Tabela Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.

|  | <b>Tipo de Curva</b> | <b>Curva a menos de 2 m da saída da calha</b> | <b>Curva entre 2 e 4 m da saída da calha</b> |
|--|----------------------|---|--|
|  | Canto reto           | 1,2   | 1,1  |
|  | Canto arredondado    | 1,1   | 1,05   |

# Dimensionamento - Calhas

- O dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

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

**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);

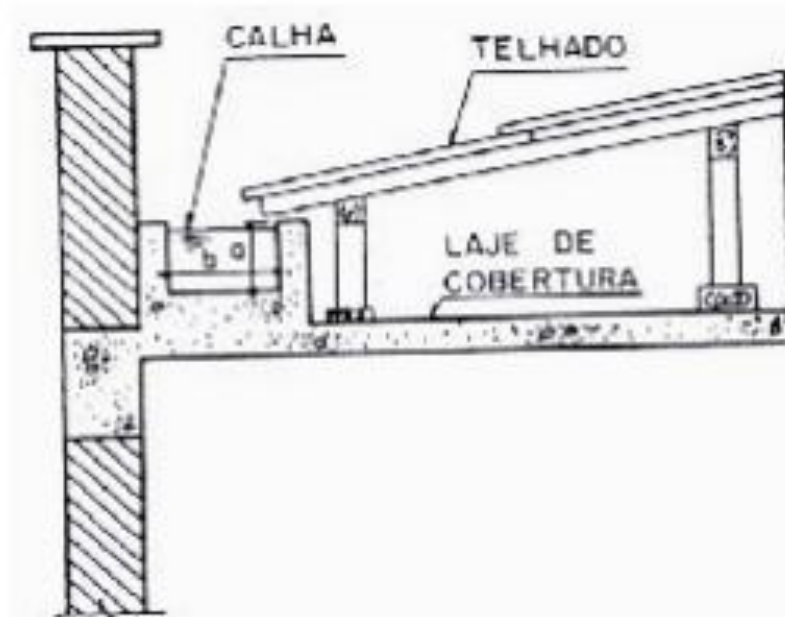
Tabela . Coeficientes de rugosidade

| Material   | n     |
|--|-------|
| PVC, fibrocimento, aço, metais não ferroso           | 0,011 |
| Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012 |
| Cerâmico, concreto não alisado                       | 0,013 |
| Alvenaria de tijolos não revestida                   | 0,015 |

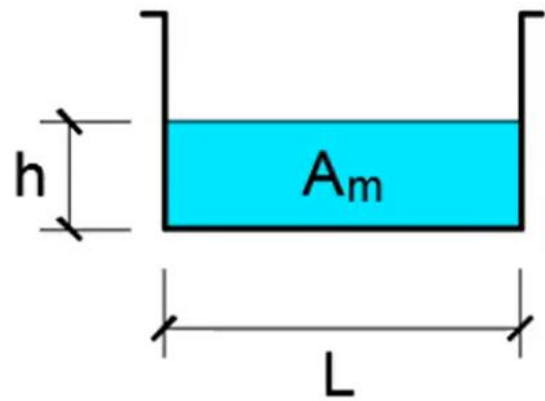
# Dimensionamento - Calhas

- A figura ilustra uma calha de seção retangular. O cálculo do raio hidráulico é obtido dividindo-se a área molhada pelo perímetro molhado.

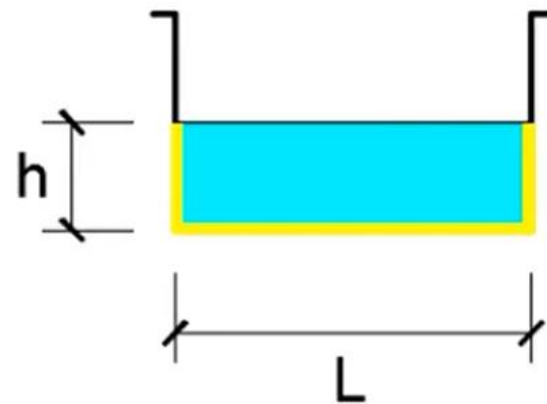
$$R_H = \frac{a \cdot b}{b + 2a}$$



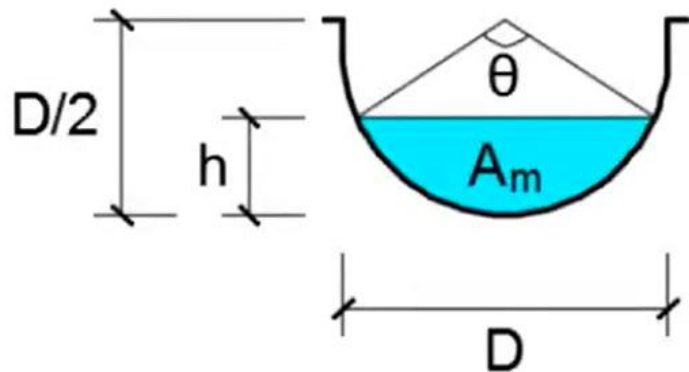
**A seção retangular mais favorável ao escoamento ocorre quando a base é o dobro da altura d'água no canal, isto é, para valores de  $b = 2a$ .**



$$A_m = h \cdot L$$

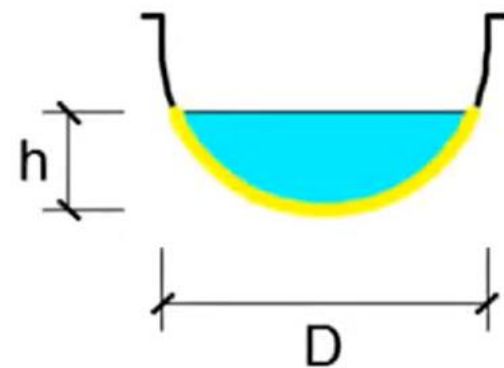


$$P_m = 2h + L$$



$$A_m = \frac{D^2 \cdot (\theta - \sin \theta)}{8}$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$

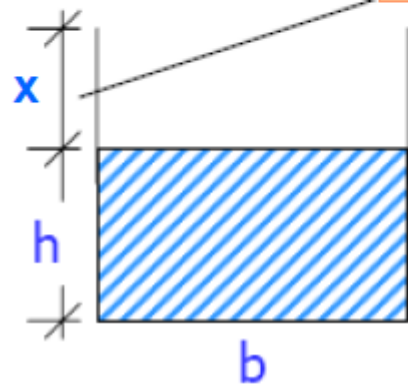


$$P_m = \frac{\theta \cdot D}{2}$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$

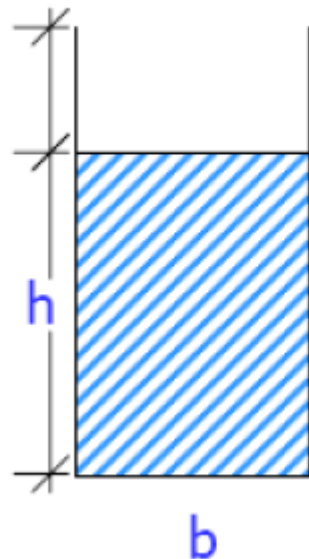
## ■ DIMENSIONAMENTO DE CALHAS

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



$$b = 2h$$

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



$$h = 2b$$

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

# Dimensionamento - Calhas

- A Tabela fornece as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$  para alguns valores de declividade.
- **Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.**

Tabela Capacidades de calhas semicirculares com  $n = 0,011$

| Diâmetro Interno (mm) | Vazões (L/min) |       |       |
|-----------------------|----------------|-------|-------|
|                       | Declividade    |       |       |
|                       | 0,5 %          | 1,0 % | 2,0 % |
| 100                   | 130            | 183   | 256   |
| 125                   | 236            | 333   | 466   |
| 150                   | 384            | 541   | 757   |
| 200                   | 829            | 1167  | 1634  |

# Dimensionamento - Calhas

**Tabela 4.6 Dimensões da calha em função do comprimento do telhado.**

| Comprimento do telhado (m) | Largura da calha (m) |
|----------------------------|----------------------|
| Até 5                      | 0,15                 |
| 5 a 10                     | 0,20                 |
| 10 a 15                    | 0,30                 |
| 15 a 20                    | 0,40                 |
| 20 a 25                    | 0,50                 |
| 25 a 30                    | 0,60                 |

### 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.**

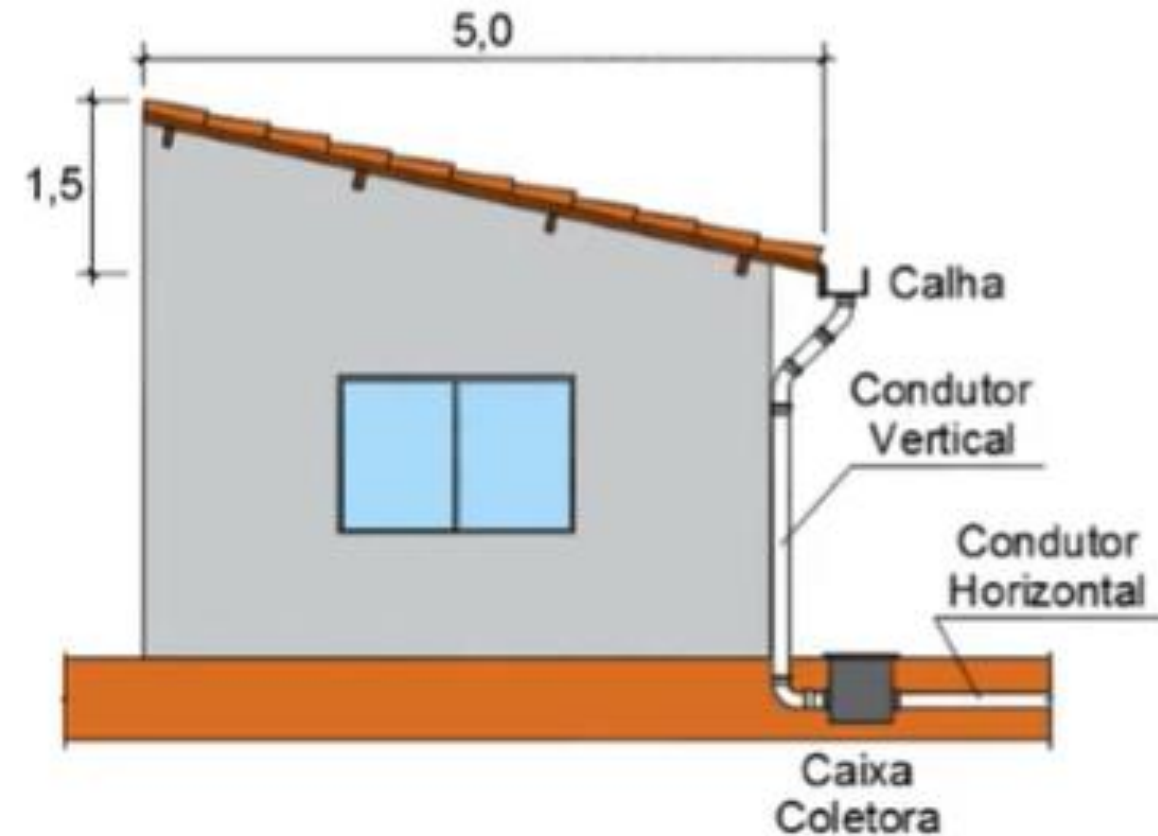
| Tipo de curva     | Curva a menos de 2m da saída da calha | Curva entre 2 e 4 m da saída da calha |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Canto reto        | 1,2                                   | 1,1                               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

NBR 10844 (1989)

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

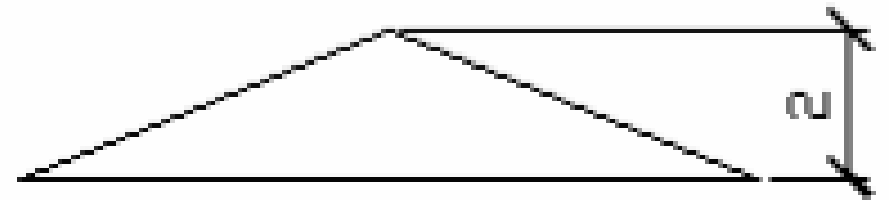
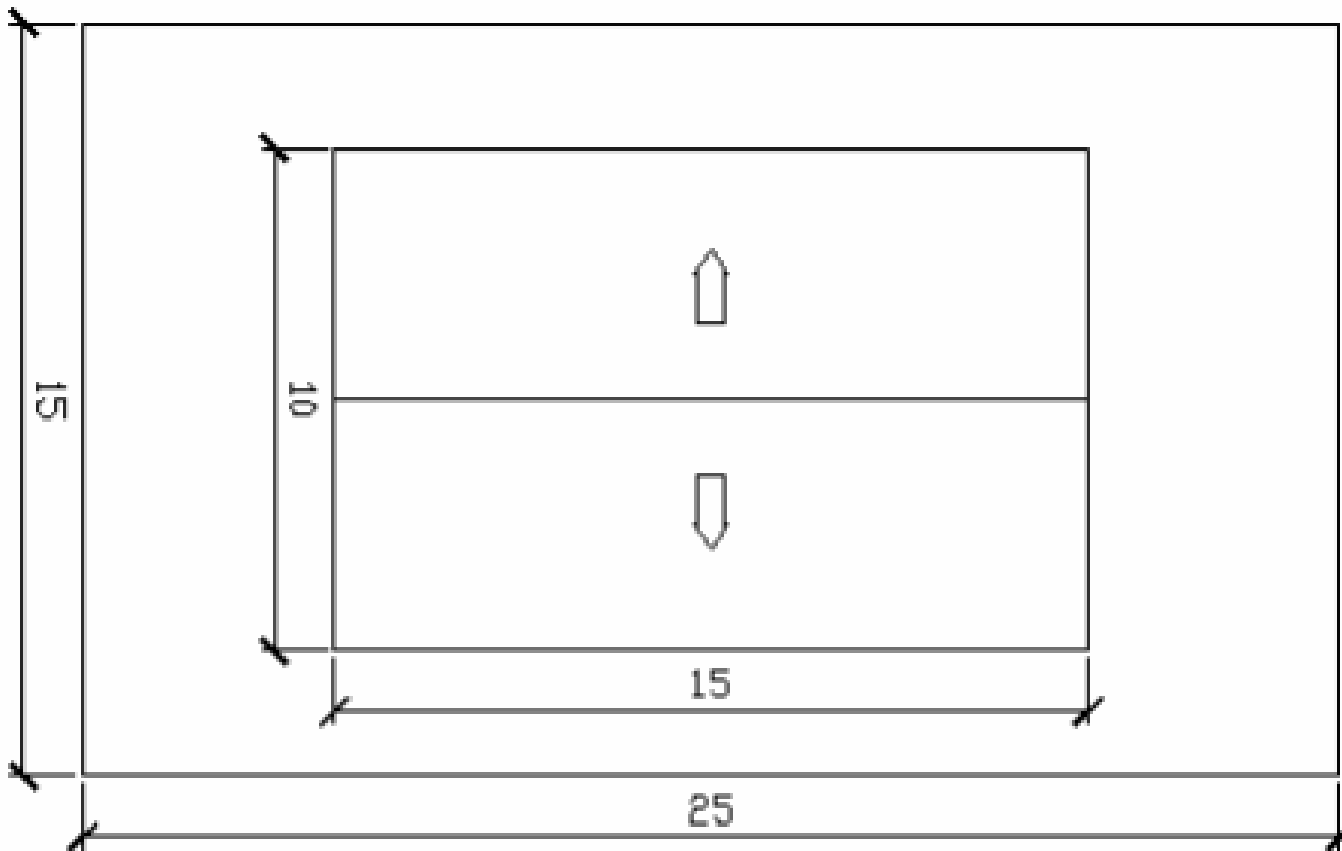
# Exercício

- Dimensione uma calha com seção transversal retangular que seja capaz de drenar a vazão de chuva que precipita sobre um telhado com as seguintes dimensões: 5m de largura, 15m de comprimento e 1,5m de altura. Considere que intensidade pluviométrica da região onde se encontra o telhado é de 200mm/h



# Exemplo

- Projetar e dimensionar a calha, considerando a seguinte situação:



# Condutores verticais

- Podem ser colocados externa e internamente ao edifício, dependendo de considerações de projeto, do uso e da ocupação do edifício e do material dos condutores.
- Os condutores verticais podem ser ligados na sua extremidade superior a uma calha (casa com telhado) ou receber um ralo quando se trata de terraços.
  - Quando a ligação entre a calha e o condutor vertical for uma ligação vertical, deve ser prevista a colocação de ralos hemisféricos na extremidade superior do condutor vertical.

# Condutores verticais

- Devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada.
- Quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas:
  - curvas de 90º de raio longo
  - ou curvas de 45º e devem ser previstas peças de inspeção.

# Condutores verticais

## Capacidade de vazão dos condutores verticais

$$Q = \frac{0,000187 \cdot t_0^{5/3} \cdot D^{8/3}}{n}$$

Onde: Q = Capacidade de vazão em litros/min  
t<sub>0</sub> = Taxa de ocupação  
D = Diâmetro interno do condutor em mm  
n = Coeficiente de rugosidade

## 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);

$T_o = S_w / S_t$

$T_o$  - taxa de ocupação;

$S_w$  - área da seção anelar por onde escoa a água;

$S_t$  - área da seção transversal do condutor vertical.

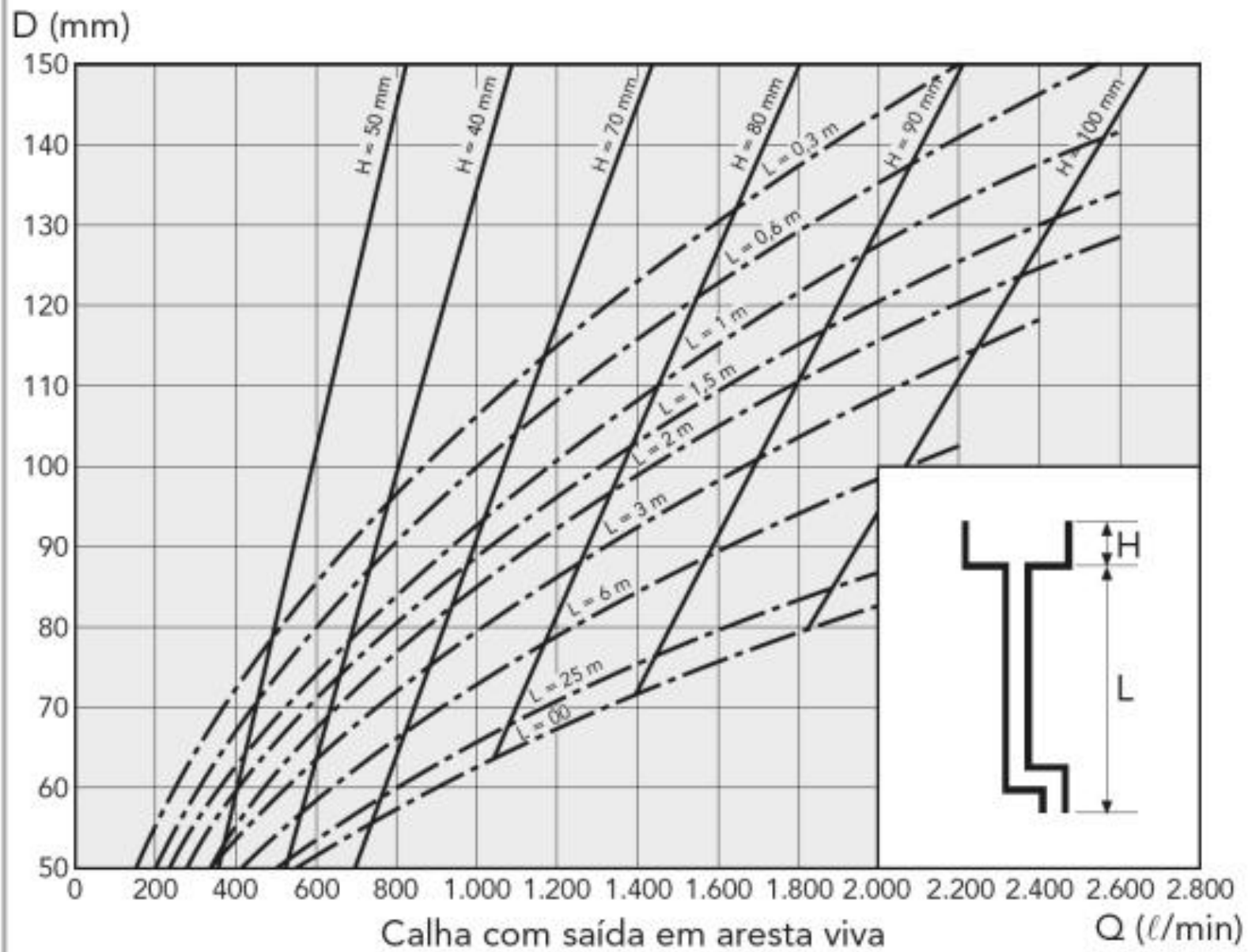
Tabela 5 - Vazão máxima de condutores verticais em função da taxa de ocupação.

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

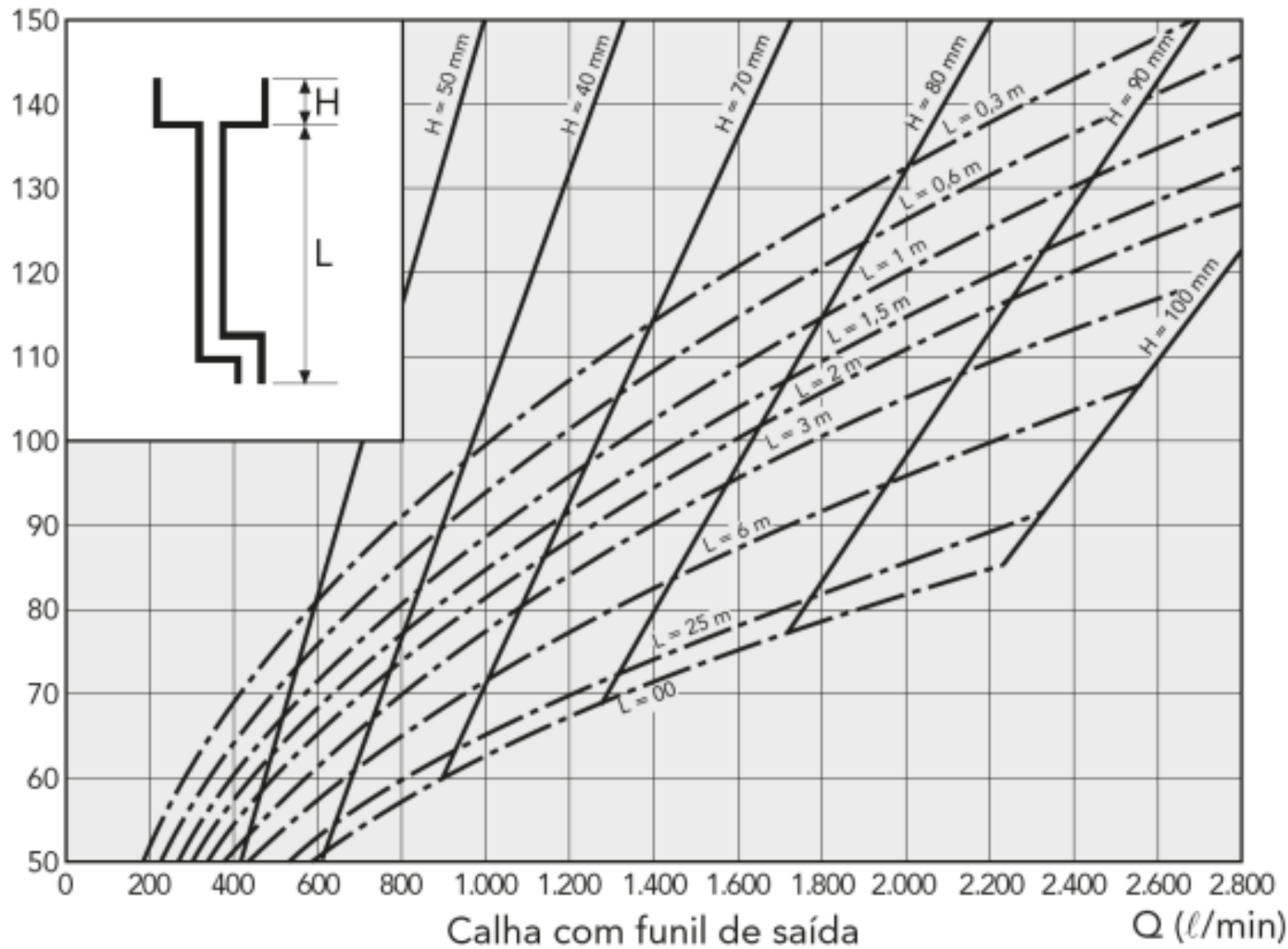
PCC-USP (2006)

# Condutores verticais

- O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm, ou seja, 75 mm comercial.
- Como os condutores são verticais, seu dimensionamento não pode ser feito pelas fórmulas do escoamento em canal.
- A NBR 10844/89 apresenta ábacos específicos para o dimensionamento dos condutores verticais a partir dos seguintes dados:
  - $Q$  = Vazão de projeto, em L/min
  - $H$  = altura da lâmina de água na calha, em mm
  - $L$  = comprimento do condutor vertical, em m



D (mm)



# Condutores verticais

Tabela Área de cobertura para condutores verticais de seção circular

| <b>Diâmetro (mm)</b> | <b>Vazão (L/s)</b> | <b>Área de cobertura (m<sup>2</sup>)</b> |
|----------------------|--------------------|--|
| 50                   | 0,57               | 17                                       |
| 75                   | 1,76               | 53                                       |
| 100                  | 3,78               | 114                                      |
| 125                  | 7,00               | 212                                      |
| 150                  | 11,53              | 348                                      |
| 200                  | 25,18              | 760                                      |

Fonte: Adaptado de BOTELHO & RIBEIRO Jr. (1998).

# Condutores horizontais

- Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.
- **O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a  $2/3$  do diâmetro interno (D) do tubo.**
- **Pode ser calculada usando a formula de manning-stickner**

# Condutores horizontais

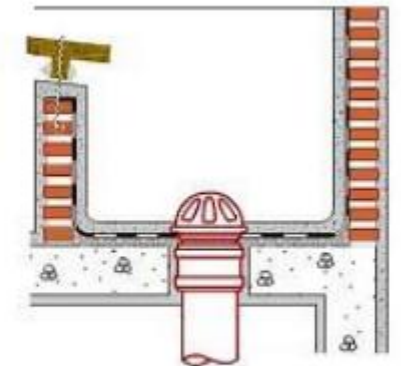
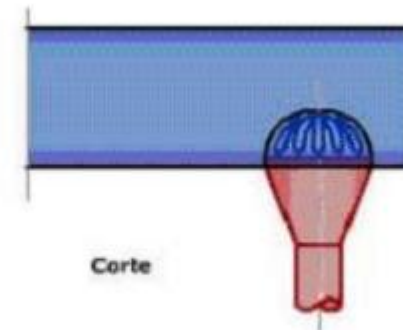
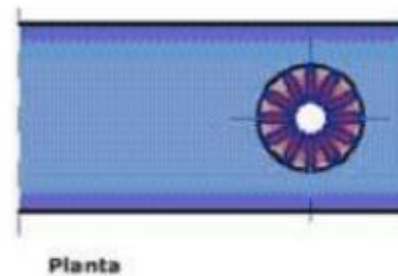
- as vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicadas na Tabela.

Tabela Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

| D<br>(mm) | Vazão (L/min) |          |          |          |           |          |          |          |           |          |          |          |
|-----------|---------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
|           | n = 0,011     |          |          |          | n = 0,012 |          |          |          | n = 0,013 |          |          |          |
|           | 0,5<br>%      | 1,0<br>% | 2,0<br>% | 4,0<br>% | 0,5<br>%  | 1,0<br>% | 2,0<br>% | 4,0<br>% | 0,5<br>%  | 1,0<br>% | 2,0<br>% | 4,0<br>% |
| 50        | 32            | 45       | 64       | 90       | 29        | 41       | 59       | 83       | 27        | 38       | 54       | 76       |
| 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      | 1100     | 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     |

# Ralos

- Nos locais de onde se pretende esgotar águas pluviais, usam-se ralos que coletam a água de áreas cobertas ou de calhas, canaletas e sarjetas, permitindo sua entrada em condutores e coletores.
- O ralo compreende duas partes:
- a) caixa
- b) grelha (ralo propriamente dito). As grelhas podem ser planas ou hemisféricas (também chamadas “cogumelo” ou “abacaxi”).



Ralo Abacaxi

# Caixa de areia e de inspeção

**Nas tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que:**

- houver conexões com outra tubulação
- mudança de declividade
- mudança de direção
- a cada trecho de 20 m nos percursos retilíneos.
- A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo,

# Caixa de areia e de inspeção

**Nas tubulações enterradas, devem ser previstas caixas de areia sempre que houver**

- conexões com outra tubulação
  - mudança de declividade
  - mudança de direção
  - cada trecho de 20 m nos percursos retilíneos.
- 
- A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo,

Figura 4.14 Caixa de inspeção de águas pluviais.

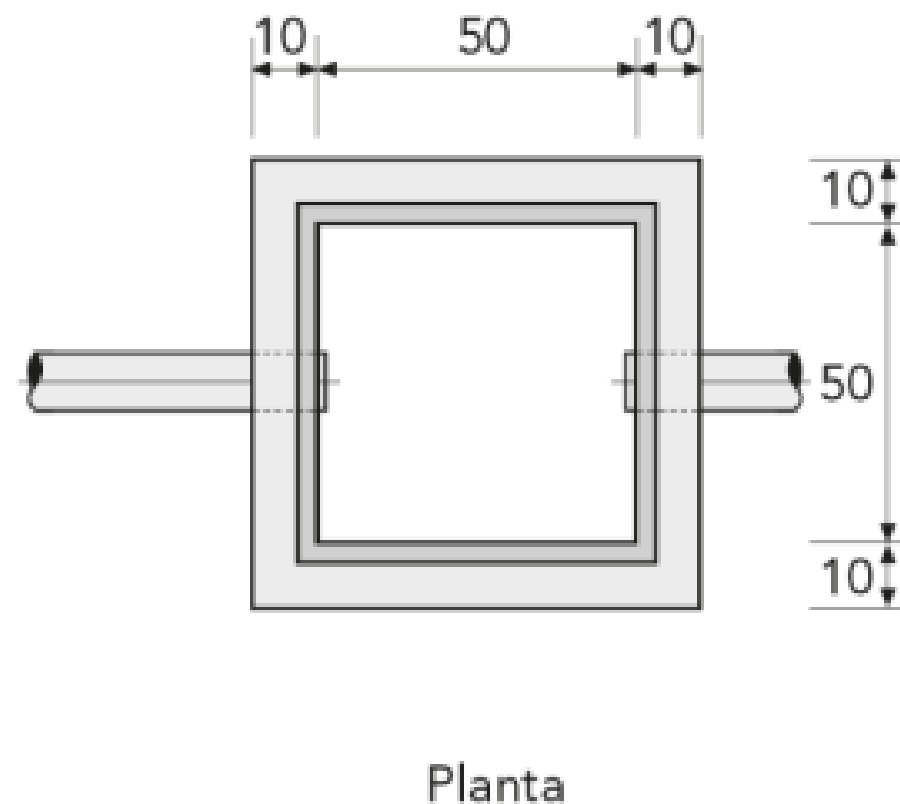
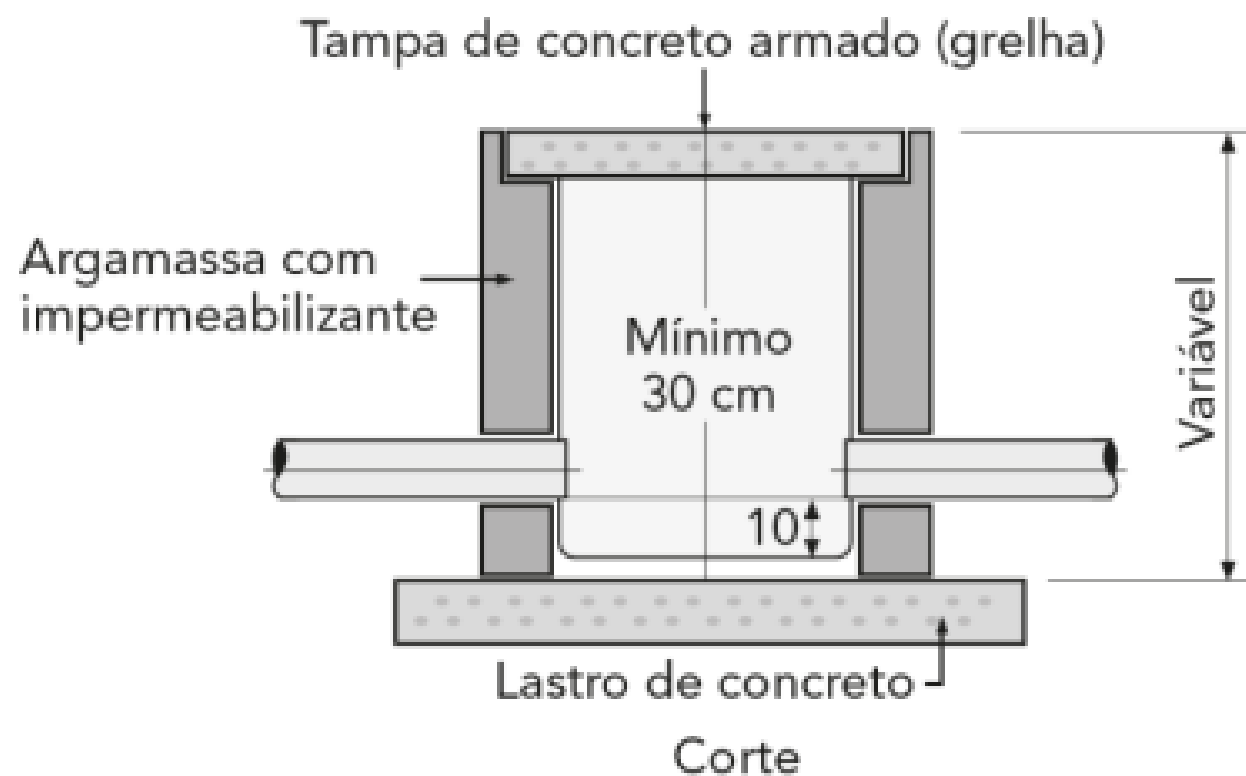
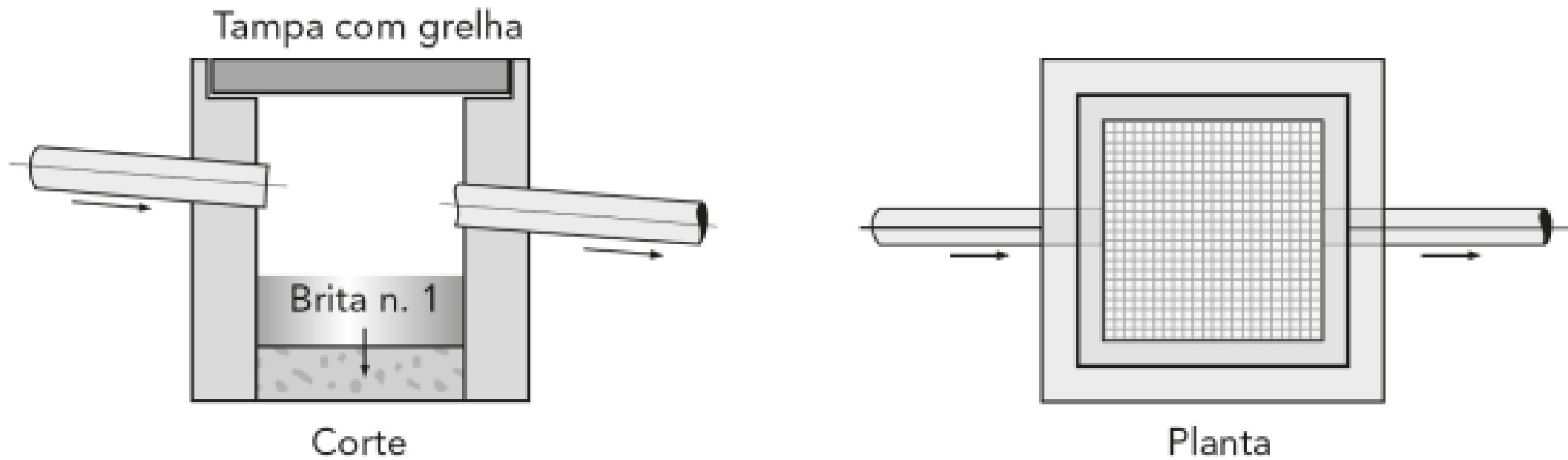


Figura 4.15 Caixa de areia.



## 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).*

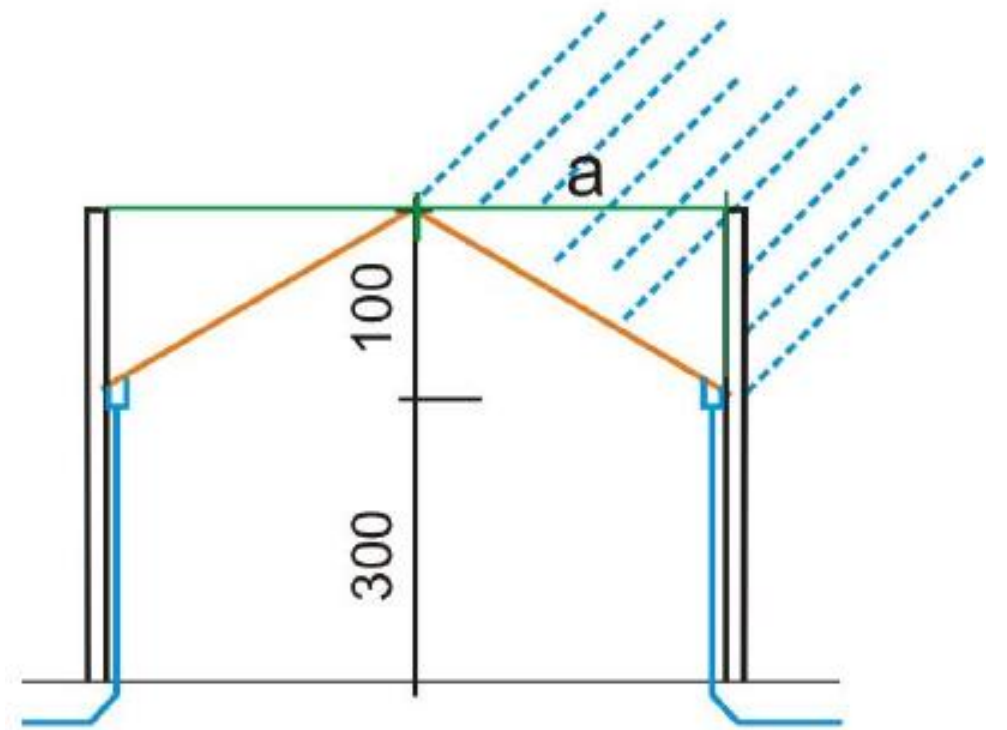
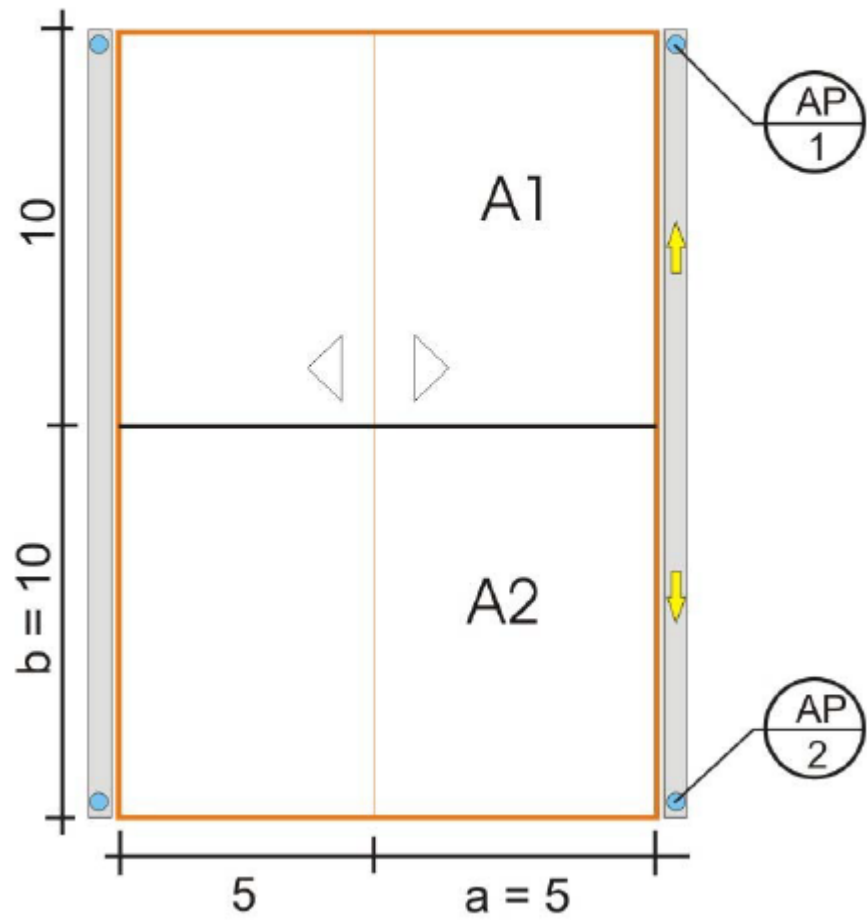
- **Dimensionamento de condutores horizontais**

**Tabela 7 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).**

| diâmetro interno | n = 0,011 |      |      |       | n = 0,012 |      |      |      | n = 0,013 |      |      |      |
|------------------|-----------|------|------|-------|-----------|------|------|------|-----------|------|------|------|
|                  | mm        | 0,5% | 1%   | 2%    | 4%        | 0,5% | 1%   | 2%   | 4%        | 0,5% | 1%   | 2%   |
| 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 Área de Contribuição

2º passo: Intensidade pluviométrica (Goiânia)

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

3º passo: Determinar a vazão de projeto

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

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:

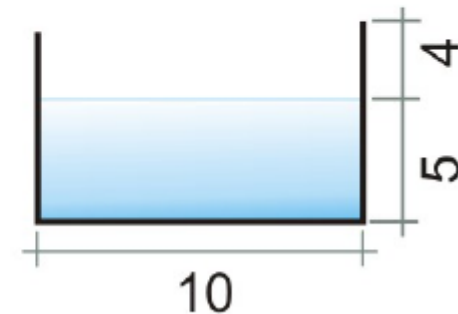
Base de 10 cm

Altura útil de 5 cm

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



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



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

## PARÂMETROS OBTIDOS:

$$i = 0,005$$

$$K = 60000$$

$$n = 0,011$$

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

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

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

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

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

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

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%      |
|----------------------------|-------------------|----------|
| $D_{int}$ (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 |



## 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

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

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

### Trecho 4-Sarjeta

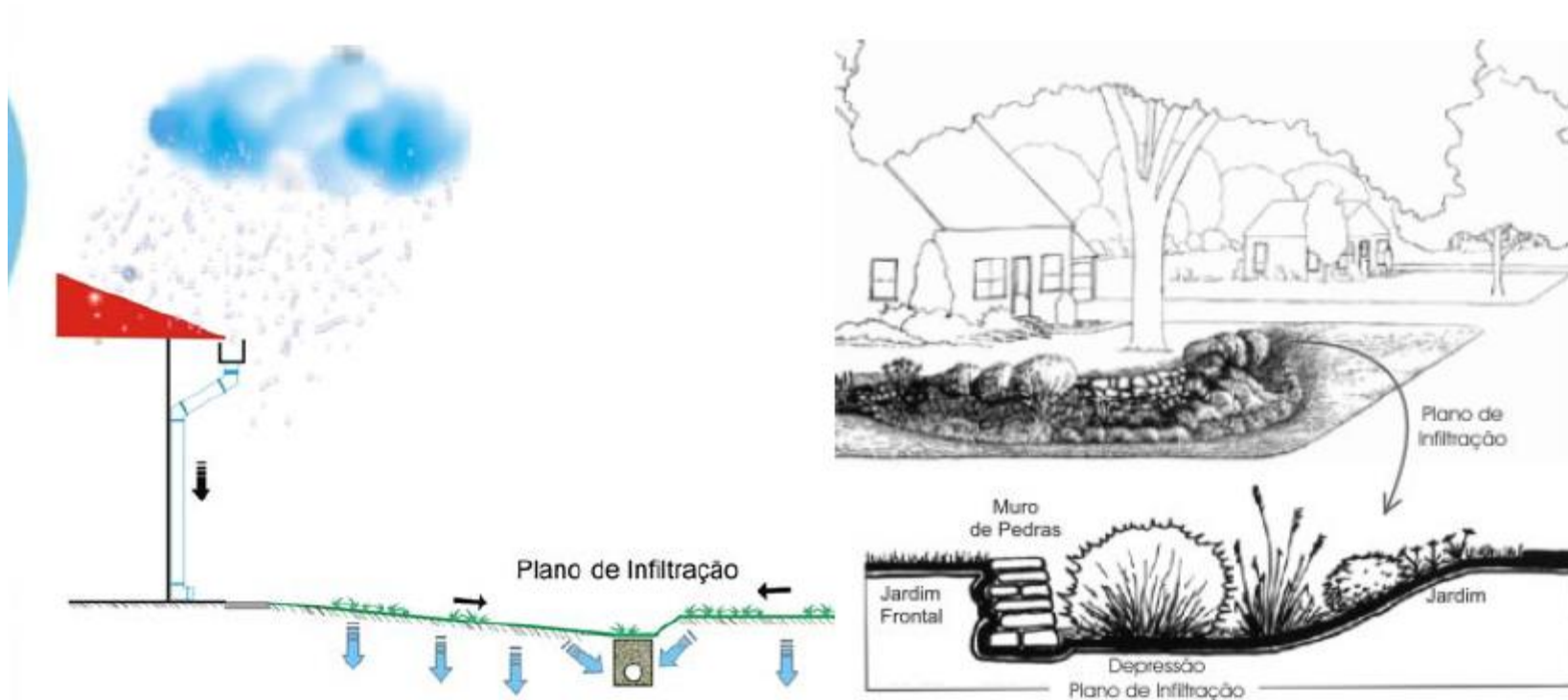
$$Q_{2-3} = (5 \times 8 + 5 \times 4/2) \cdot 120/60 + 596,6 = 696,6 \text{ L/min}$$

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

ou

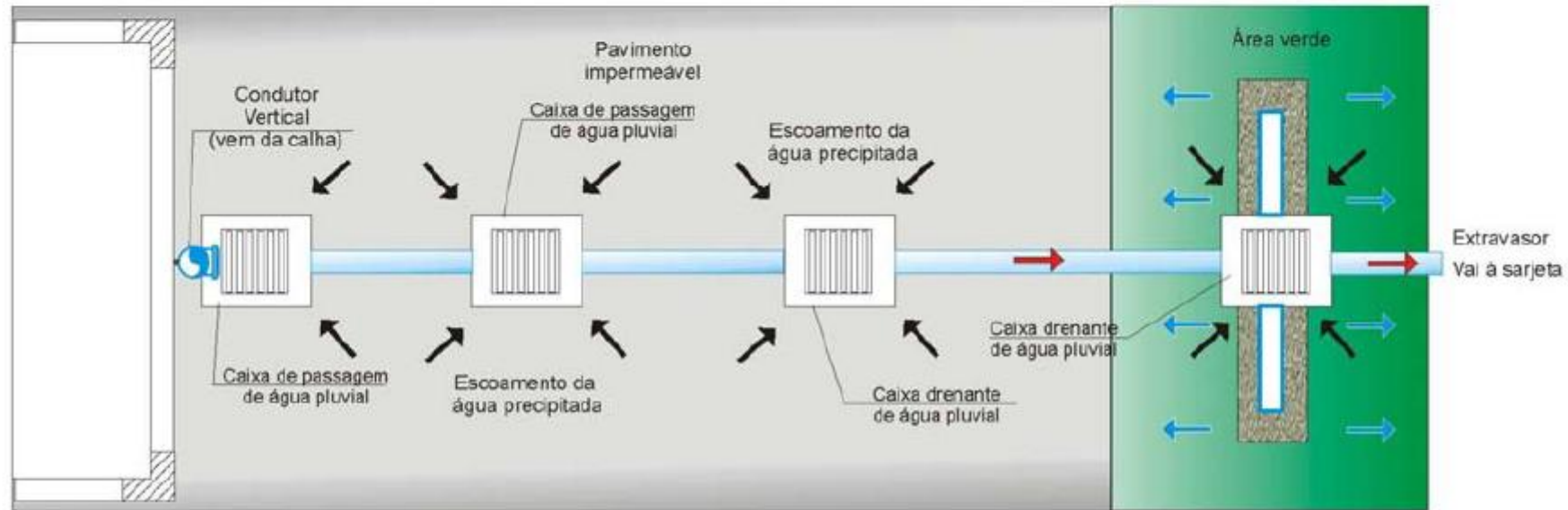
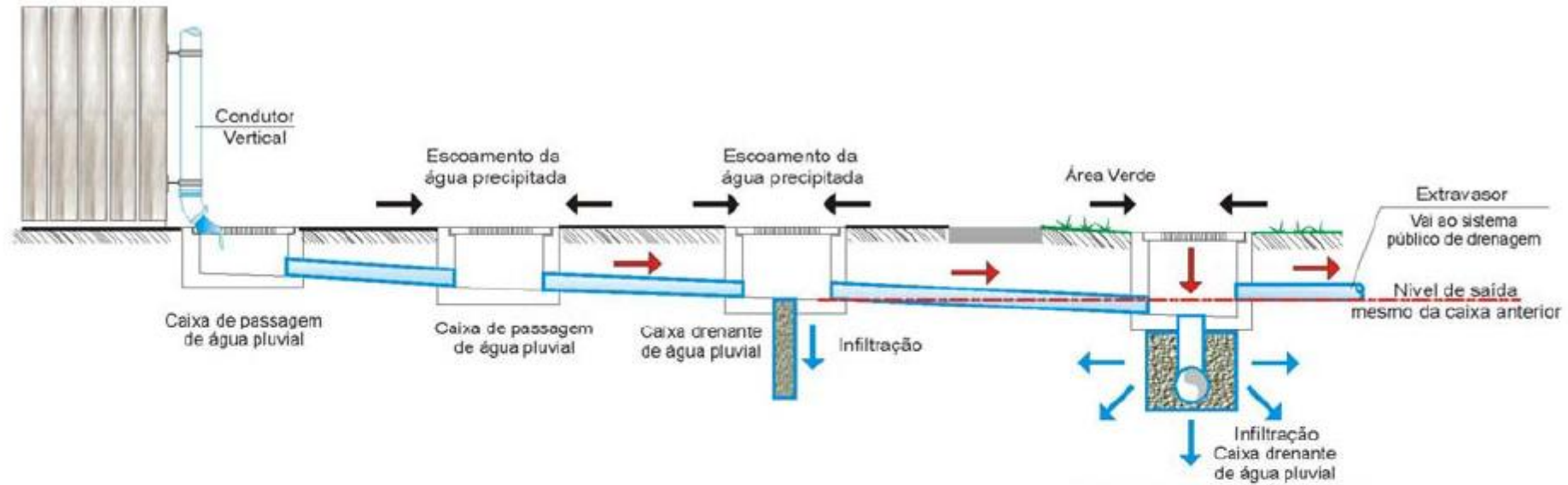
$D = (2x) 150 \text{ mm } i = 0,5\%$

## Plano de infiltração com depressão e dreno



METROPOLITAN COUNCIL / BARR ENGINEERING CO. (2004).

# Plano de infiltração com caixas drenantes



## Pavimentos permeáveis



# Exercício

- Seu Nestor mora em Teresina (Piauí). Ele precisa saber quantos condutores vai precisar para sua residência e qual a distância que deve haver entre eles. A casa tem telhado de 2 águas, cada uma delas com 5 m de comprimento e 36 m de largura



Dimensione as instalações de águas pluviais de um galpão (calha e condutores), cuja planta de cobertura está sendo mostrada na ilustração abaixo. Para isso, considere uma chuva com intensidade de 200mm/h

