



Universidade Presbiteriana Mackenzie

ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL

Capítulo II

Dimensionamento de calhas e condutores

Disciplina: Estruturas de Madeira e Metálicas
Prof. Dr. Celso Antonio Abrantes
2015- 2º Semestre



Universidade São Judas Tadeu

ENGENHARIA CIVIL

Capítulo II

Dimensionamento de calhas e condutores

Disciplina: Estruturas de Madeira e Metálicas
Prof. Dr. Celso Antonio Abrantes
2015- 2º Semestre

Calhas e condutores (tubos de queda)

1) Definições:

i' = inclinação da água do telhado;

i = inclinação do trecho de calha (0,5% a 1%);

a = Comprimento do trecho de calha (metros);

b = Comprimento projetado da água (metros);

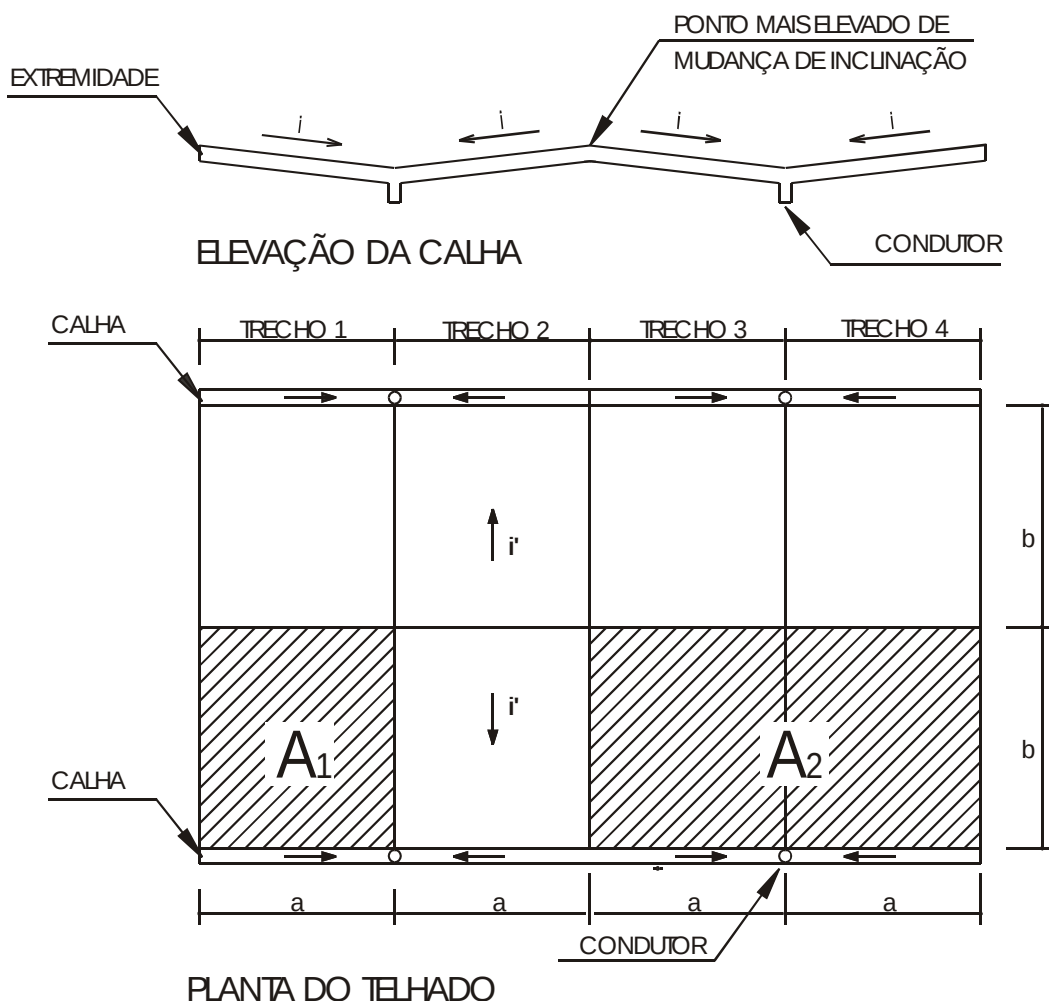
trecho de calha = trecho entre a sua extremidade e condutor ou, entre este e o ponto mais elevado da mesma, correspondente a mudança de inclinação;

$A_1 = a \cdot b \text{ (m}^2\text{)} = \text{área de contribuição para a calha, em projeção;}$

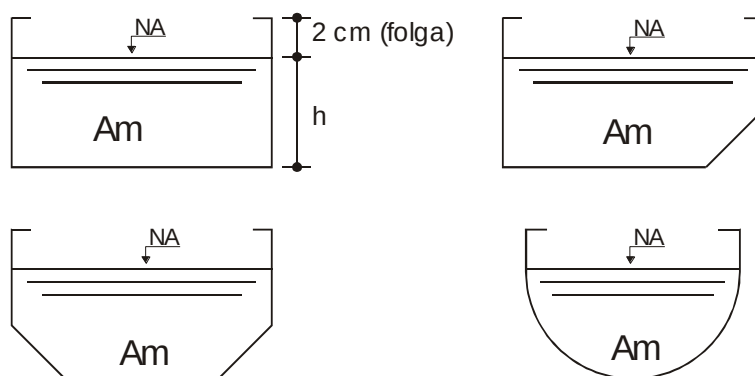
$A_2 = 2a \cdot b \text{ (m}^2\text{)} = \text{área de contribuição para o condutor, em projeção;}$

$A_m = \text{área molhada} = \text{área da seção transversal da calha, ocupada pela água;}$

$A_t = \text{área da seção transversal do tubo de queda.}$



Calhas



Am = área molhada , Na = nível da água

A partir da área molhada necessária, a geometria da calha é determinada em função do espaço disponível para a sua instalação, adotando-se uma ou mais medidas para a determinação das demais.

É aconselhável prever uma folga de aproximadamente 2 cm na altura, para evitar transbordamento.

Atualmente as calhas sob medida são fabricadas em fibra de vidro ou chapas galvanizadas dobradas.

Chapas de cobre que outrora foram muita empregadas na confecção das calhas, atualmente não são adotadas dado ao seu alto custo.

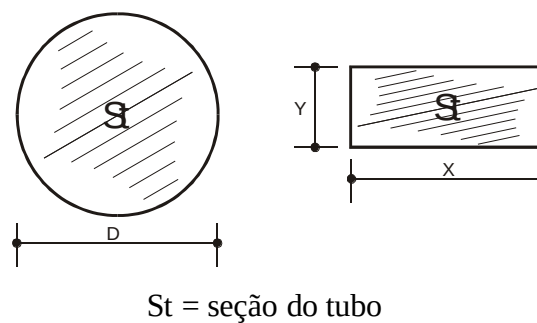
Para pequenas áreas de contribuição encontramos no mercado calhas prontas de PVC, amianto, fibra de vidro e chapa galvanizada.

Tubo de queda:

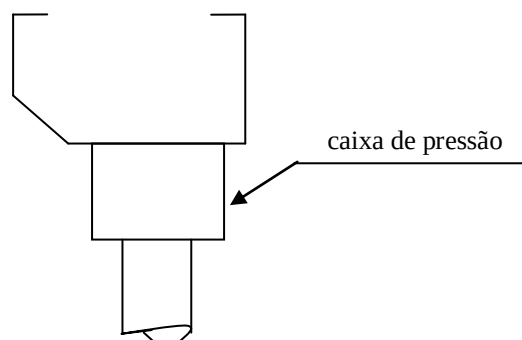
Os tubos de queda mais usados dada a sua durabilidade e facilidade de instalação, são os circulares de PVC, sendo aconselhável o emprego de diâmetro mínimo de 4” para evitar entupimentos por gravetos, folhas, etc.

Também existem tubos de chapa galvanizada, de seção retangular e circular, para pequenas áreas de contribuição, fadados ao esquecimento pela dificuldade de manutenção e substituição.

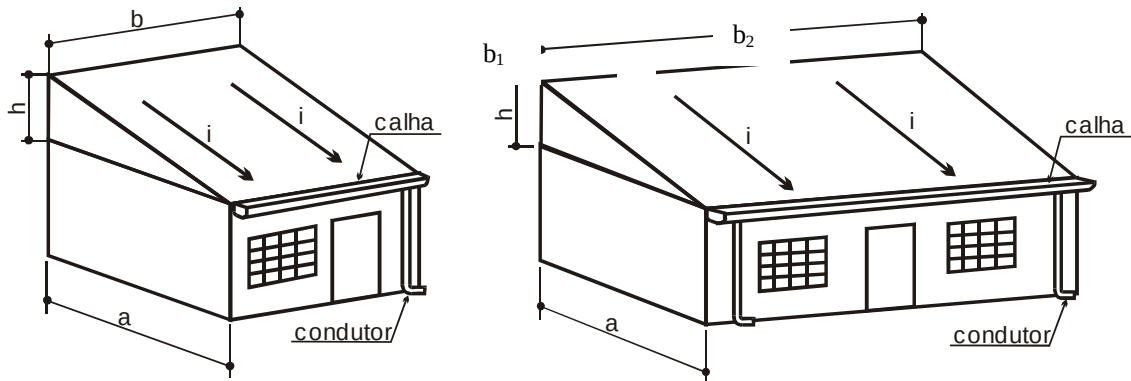
Seções transversais de tobos de queda



Caixas de pressão:



Caixas de pressão são elementos usados na transição da calha para o tubo de queda, destinados a minimizar a perda de carga característica dos “bocais” e criar pressão para facilitar o escoamento d’água nos dutos.



2. 1.2. Capacidade de Vazão da Calha (Q_K):

Fórmula de Manning :

$$Q_K = K \cdot \frac{A_m}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde: Q_K = capacidade de vazão da calha (L/min)

$K = 60.000$ (Coeficiente para transformar a vazão de m^3/s para L/min)

A_m = área molhada (m^2)

P = perímetro molhado (m)

R_h = raio hidráulico (m)

$$R_h = \frac{A_m}{p} = \frac{\text{área molhada}}{\text{perímetro molhado}}$$

I = inclinação da calha em m/m

(usual de 0,5% = 0,005 m/m a 1% = 0,01 m/m)

$n = 0,011$ (Coeficiente de rugosidade de Manning)

2. 1.3. Condição de dimensionamento:

$$Q_K > Q_p$$

2. 2. Método Empírico:

2.1) Calhas:

Adota-se 2 cm² de área molhada de calha (A_m), para cada 1 m² de sua área de contribuição projetada (A_c).

$$A_m = 2 A_c \text{ (m}^2\text{)}$$

onde: $A_c = a \times b$ = área projetada

2.2) Dutos: (condutores)

Adota-se 1 cm² de área de seção transversal de condutor, para cada 1 m² de sua área de contribuição projetada.

$$A_t \text{ (cm}^2\text{)} = 1. A_c \text{ (m}^2\text{)}$$

onde: $A_c = a \times b$ = área projetada

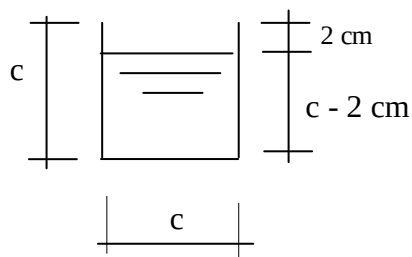
3. Exercícios resolvidos:

Exercício 3.1:

Adotando o esquema do telhado do item 1, dimensionar pelo método empírico, a seção da calha e do condutor. Adotar calha em chapa galvanizada de seção quadrada e tubo de PVC, diâmetro comercial.

Adotar:

$a = 15 \text{ m}$; $b = 5 \text{ m}$; folga da calha = 2 cm .

Solução:

Calha: $A_c = a \cdot b = 5 \cdot 15 = 75 \text{ m}^2$
 $A_m = 2 \text{ cm}^2 \cdot 75 = 150 \text{ cm}^2$ (área molhada)

Fazendo: $A_m = c \cdot (c - 2) = 150 \text{ cm}^2$, vem:

$$c^2 - 2c = 150$$

$$c^2 - 2c - 150 = 0$$

$$c = 13,3 \text{ cm} \quad \text{ou} \quad c = -11,3 \text{ cm}$$

Adota-se: $c = 13,3 \text{ cm} = 133 \text{ mm}$

Condutor: $A_c = 2 \cdot a \cdot b = 2 \cdot 5 \cdot 15 = 150 \text{ cm}^2$

$$A_t = 1 \text{ cm}^2 \cdot 150 = 150 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \geq A_t \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4 A_t}{\pi}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 150}{\pi}} = 13,82 \text{ cm}$$

Adotando-se diâmetros comerciais 4", 6", ..., onde 1" = 2,54 cm, vem:

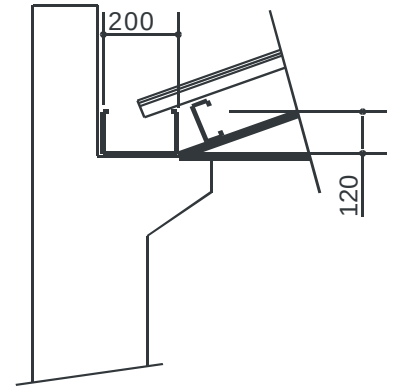
$$d \geq \frac{13,82}{2,54} = 5,44" \Rightarrow \text{adota-se } d = 6"$$

Exercício 3.2:

Projetar uma seção de calha adaptável ao espaço disponível entre a terço e a alvenaria, junto ao nó de apoio abaixo, empregando o método empírico.

Dados :

- 1) Folga de 2 cm
- 2) Área e contribuição da calha em projeção: $(a \times b) = (16 \text{ m} \times 5 \text{ m})$,
 $h = 1,6 \text{ m}$ (ver desenho da pag. 5)

**Solução :**

Espaço disponível: 120 mm x 200 mm

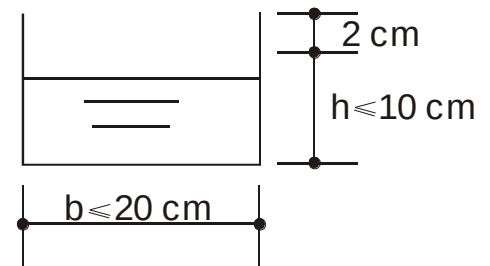
$$A_c = 5 \times 16 = 80 \text{ m}^2$$

$$A_m = 80 \times 2 \text{ cm}^2 = 160 \text{ cm}^2$$

Adotando-se $b = b_{\text{máx}} = 20 \text{ cm}$; $h = 160 / 20 = 8 \text{ cm}$

ou

Adotando-se $h = h_{\text{máx}} = 10 \text{ cm}$; $b = 160 / 10 = 16 \text{ cm}$

**Exercício 3.3:**

Verificar a suficiência da calha projetada no exercício 3.1, pelo método exato, para uma chuva crítica de grande intensidade e curta duração, adotando:

Seção da calha (calculada no exercício 3.1):

$$i = 150 \text{ mm/h}$$

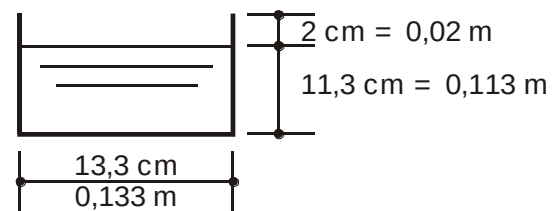
$$c = 1$$

$$I = 0,5\% = 0,005 \text{ m/m}$$

$$n = 0,011$$

$$h = 3,0 \text{ m (ver desenho pag. 5)}$$

$$a = 5 \text{ m}; b = 15 \text{ m}; \text{ folga da calha} = 2 \text{ cm. (idem exercício 3.1)}$$



Solução:

Vazão de projeto: $Q_p = \frac{c \cdot i \cdot A_c}{60}$

$$A_c = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b = \left(15 + \frac{3}{2} \right) \cdot 5 = 82,5 \text{ m}^2$$

$i = 150 \text{ mm/h}$ (chuva crítica de grande intensidade e curta duração)

$c = 1$

$$\therefore Q_p = \frac{1 \times 150 \times 82,5}{60} = 206,25 \text{ (l/min)}$$

Capacidade de vazão da calha:

$$Q_K = K \cdot \frac{A_m}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \text{ em (l/min) (Fórmula de Manning) :}$$

$K = 60.000$

$A_m = \text{área molhada} = 0,133 \times 0,133 = 0,015 \text{ (m}^2\text{)}$

$p = \text{perímetro molhado} = 0,133 + 0,133 + 0,133 = 0,359 \text{ (m)}$

$$R_h = \text{raio hidráulico} = R_h = \frac{A_m}{p} = \frac{\text{área molhada}}{\text{perímetro molhado}} = \frac{0,015}{0,359} = 0,042 \text{ (m)}$$

$I = \text{inclinação da calha: } 0,5\% = 0,005 \text{ m/m}$

$n = 0,011$

$$\therefore Q_K = K \cdot \frac{A_m}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} = 60.000 \times \frac{0,015}{0,011} \times 0,042^{2/3} \times 0,005^{1/2}$$

$$\therefore Q_K = K \cdot \frac{A_m}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} = 60.000 \times \frac{0,015}{0,011} \times 0,042^{2/3} \times 0,005^{1/2}$$

$$\therefore Q_K = 699,0 \text{ (l/min)}$$

Conclusão:

$$Q_p = 206,25 \text{ (l/min)} < Q_K = 699,0 \text{ (l/min)}$$

Como a vazão da calha é maior que a vazão do projeto, aceita-se.

Exercício 3.4:

Verificar a suficiência da calha do exercício 3.2, pelo método exato, para uma chuva crítica de grande intensidade e curta duração, adotando:

Dados:

Seção da calha (calculada no exercício 3.2, adotando $h_{\text{calha}} = 10 \text{ cm}$)

$$i = 150 \text{ mm/h}$$

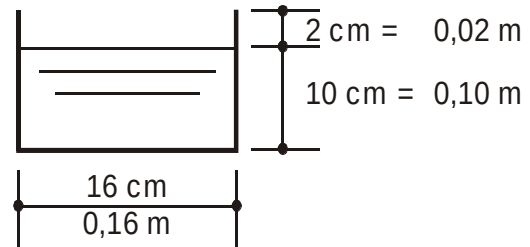
$$c = 1$$

$$I = 0,5\% = 0,005 \text{ m/m}$$

$$n = 0,011$$

$$h = 1,6 \text{ m (ver desenho pag. 5)}$$

$$a = 5 \text{ m}; b = 15 \text{ m}; \text{ folga da calha} = 2 \text{ cm. (idem exercício 3.2)}$$

**Solução:**

$$\text{Vazão de projeto: } Q_p = \frac{c \cdot i \cdot A_c}{60} \quad \therefore \quad Q_p = \frac{1 \times 150 \times 79,0}{60} = 197,5 \quad (l / \text{min})$$

$$A_c = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b = \left(15 + \frac{1,6}{2} \right) \cdot 5 = 79,0 \text{ m}^2$$

$$\text{Capacidade de vazão da calha: } Q_K = K \cdot \frac{A_m}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \text{ em } (l / \text{min})$$

$$K = 60.000 ; \quad n = 0,011$$

$$A_m = \text{área molhada} = 0,16 \times 0,10 = 0,016 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$p = \text{perímetro molhado} = 0,10 + 0,10 + 0,16 = 0,36 \text{ (m)}$$

$$R_h = \text{raio hidráulico} = R_h = \frac{A_m}{p} = \frac{\text{área molhada}}{\text{perímetro molhado}} = \frac{0,016}{0,36} = 0,044 \text{ (m)}$$

$$I = \text{inclinação da calha: } 0,5\% = 0,005 \text{ m/m}$$

$$\therefore Q_K = K \cdot \frac{A_m}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} = 60.000 \times \frac{0,016}{0,011} \times 0,044^{2/3} \times 0,005^{1/2}$$

$$\therefore Q_K = 745,6 \text{ (l / min)}$$

Conclusão:

$$Q_p = 197,5 \text{ (l / min)} < Q_K = 745,6 \text{ (l / min)}$$

Como a vazão da calha é maior que a vazão do projeto, aceita-se.

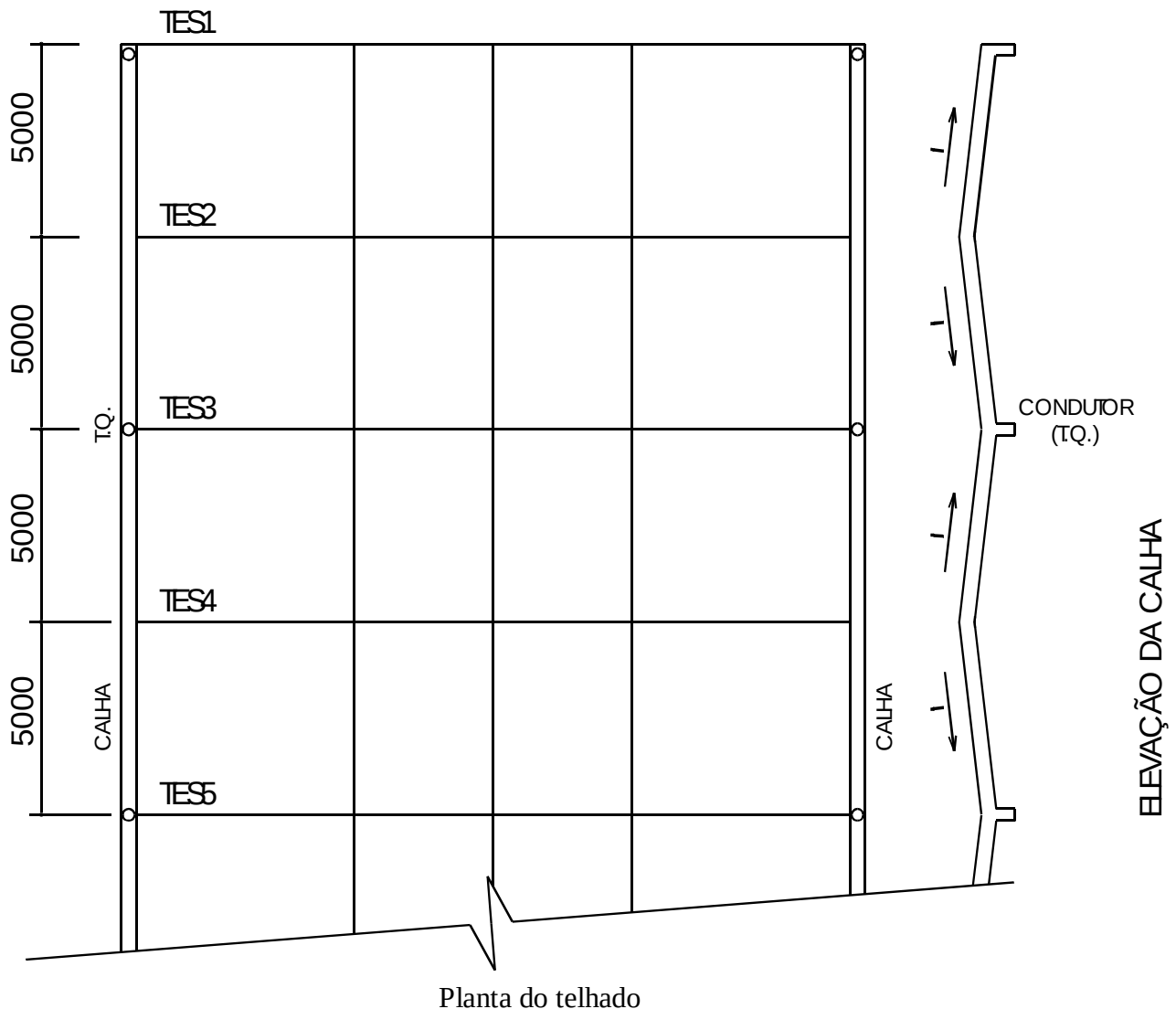
4. Exercícios propostos:**Exercício 4.1:**

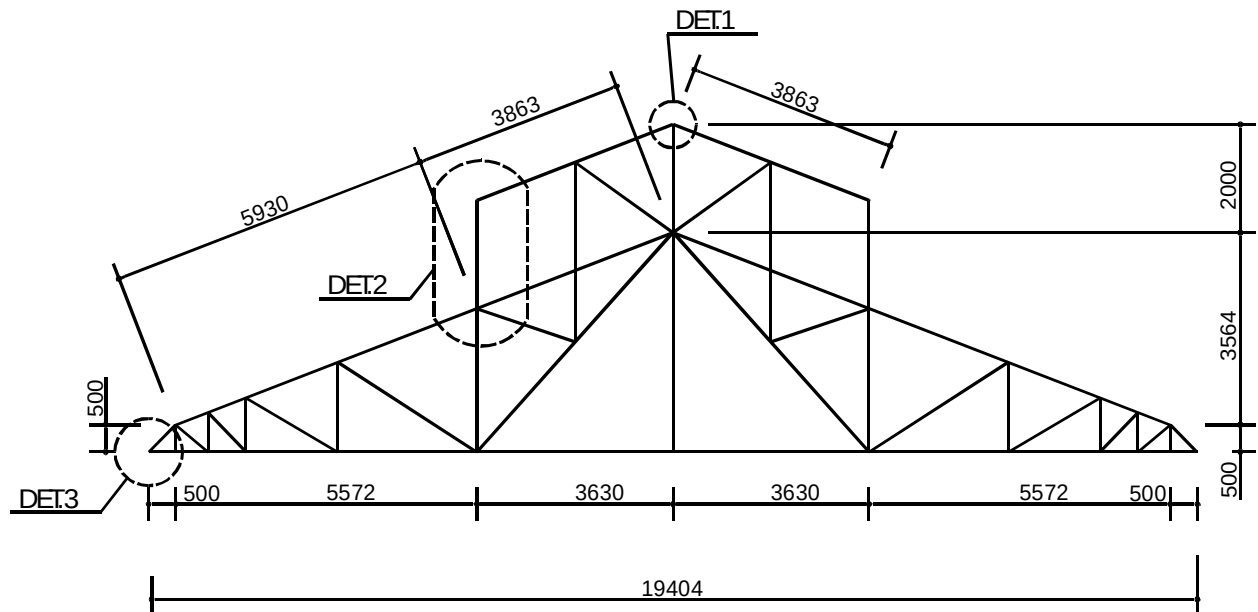
Para a estrutura de tesoura com lanternim abaixo esquematizada em planta e cortes, pede-se:

- 1) Empregando o método empírico, verificar a suficiência da calha;
- 2) Empregando o método empírico, dimensionar o condutor (tubo de queda) em PVC, adotando dentre as bitolas comerciais abaixo relacionadas, a menor que atenda a necessidade de projeto;
- 3) Empregando o método exato, verificar a suficiência da seção da calha.

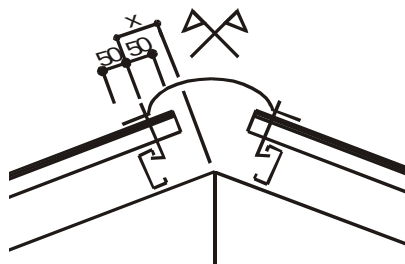
Dados:

- a) Condutores em PVC a cada 10 metros, com diâmetros comerciais de 4", 6", 8" e 10";
- b) Calha de chapa galvanizada com inclinação de 0,5%, chuvas críticas;
- c) $\theta = 20^\circ$ (inclinação do telhado);
- d) Planta do telhado, tesouras e detalhes.

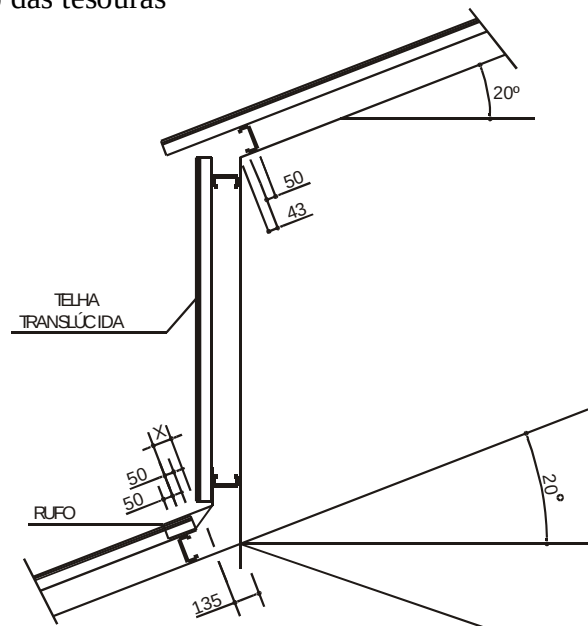




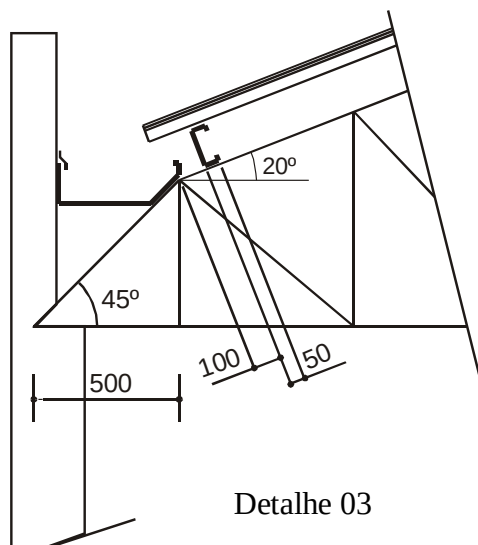
Elevação das tesouras



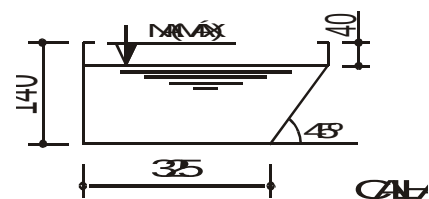
Detalhe 01



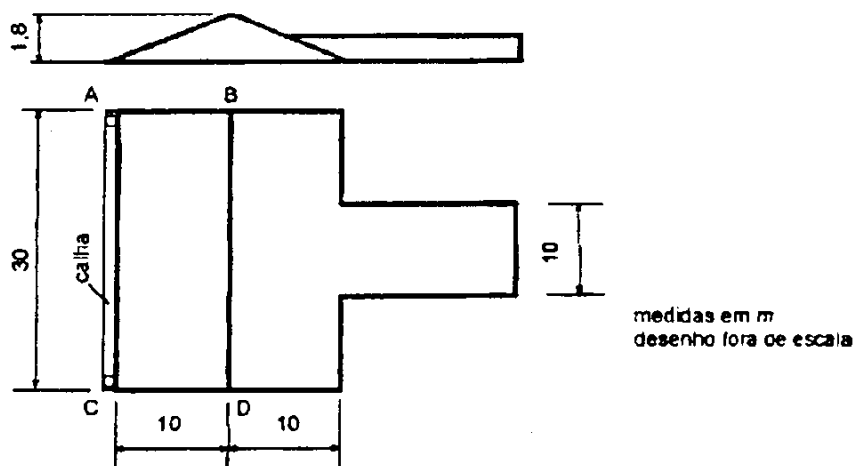
Detalhe 02



Detalhe 03



Seção da calha

Exercício 4.2: (Provão / 1999)**PROVÃO 99****ENGENHARIA CIVIL****Questão 3 (valor: 10,0 pontos)**

Considere o desenho acima, que representa um telhado em sua vista frontal e superior (incompleta), e atenda ao solicitado.

- Complete as linhas que faltam de interseção (cumeeiras e rincões) da vista superior, desempenhando-a no Caderno de Respostas.
- Dimensione a calha retangular entre os pontos A e C, encontrando a medida "c" da Figura 2, a seguir, para dar vazão às precipitações do plano ABDC.

Dados/Informações Técnicas:

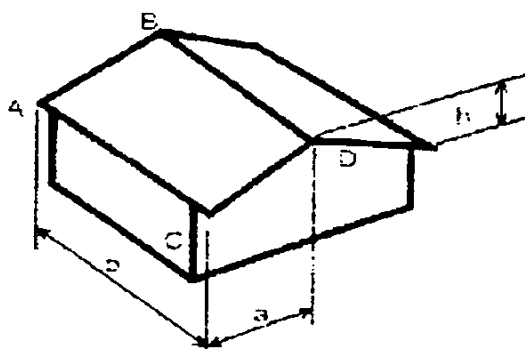


Figura 1

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

sendo A a área a considerar para todo o plano ABDC, se houver apenas um condutor vertical, com as dimensões a, h e b indicadas na figura.

$$Q = \frac{c \times i \times A_c}{60}$$

onde:

Q: vazão de projeto (L/min);

c = 1 (coeficiente de escoamento superficial);

i = 172 mm/h (precipitação atmosférica local);

A_c = área de contribuição (m^2). Para calcular a área de contribuição de um telhado inclinado, considere o desenho na página seguinte, no caso presente com dois condutores verticais para a água de chuva do plano ABDC.

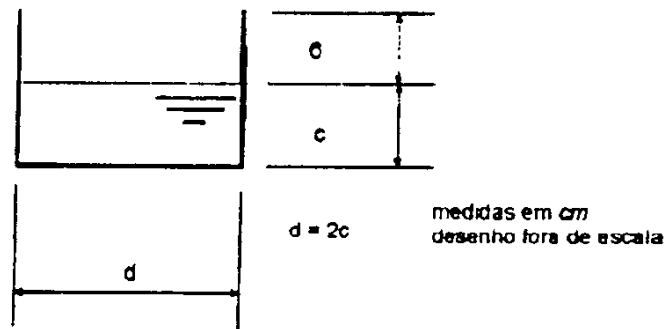


Figura 2

$$Q = K \times \frac{A}{n} \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}$$

onde:

Q: já definida (L/min);

K = 60.000 (coeficiente para transformar a vazão de m^3/s para L/min);

A = área da seção molhada da calha (m^2);

n = 0,011 (Coeficiente de Rugosidade de Manning);

R_H = raio hidráulico (m) (divisão da área pelo perímetro molhado);

I = 0,005 (m/m) (declividade da calha).