

## AULA 4

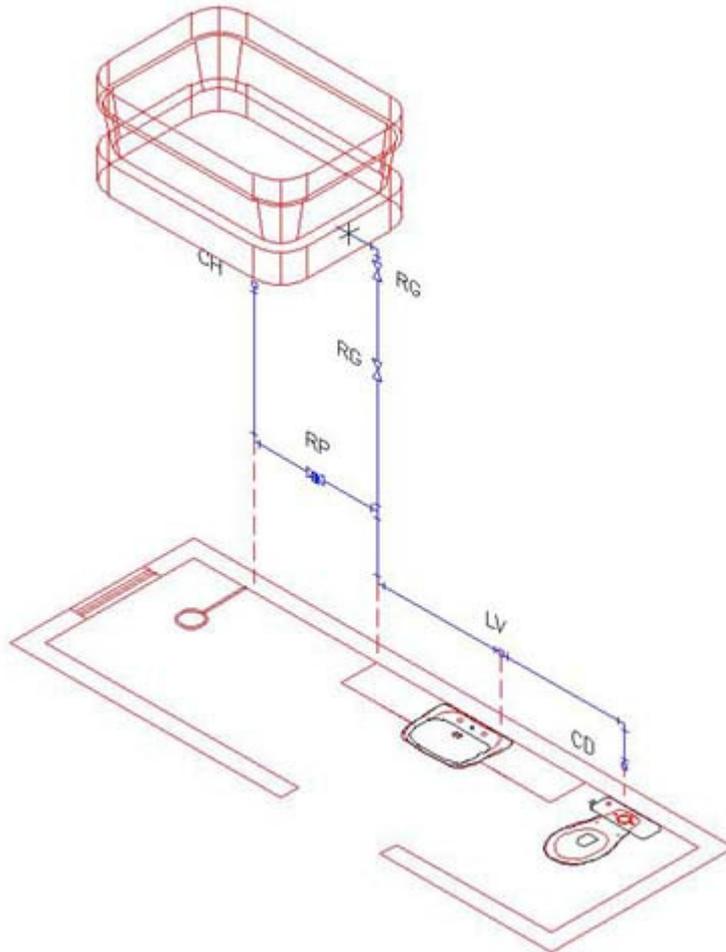
[<clique aqui>](#) para ter acesso às tabelas e ábacos de cálculo

# 5. Cálculo da Perda de Carga ( $h_f$ ) e da Pressão dinâmica ( $P_d$ )

---

### Cálculo da Perda de Carga - Exemplo

Calcular a perda de carga do trecho mais desfavorável da tubulação abaixo utilizando a fórmula de *Fair-Whipple-Hsiao* e o método dos comprimentos equivalentes.



Perspectiva Isométrica



### 5.2.1. Cálculo da Vazão do Ramal do Banheiro

Cada aparelho possui uma vazão específica e um peso relativo, como apresentados na tabela abaixo:

aparelho	vazão Q (l/s)	peso relativo (P)
Chuveiro	0,20	0,40
Lavatório	0,15	0,30
Bacia com caixa acoplada	0,15	0,30
<b>TOTAL</b>	<b>0.50</b>	<b>1,00</b>

obs: Para saber a vazão e o peso de outros aparelhos, consulte a tabela completa

Se somarmos as Vazões de todos os aparelhos, estaremos afirmando que todos os aparelhos funcionam simultaneamente, o que não é verdade e estaremos superdimensionando a tubulação.

Os aparelhos, estatisticamente, são utilizados em intervalos de tempo diferentes e durante períodos de tempo diferentes.

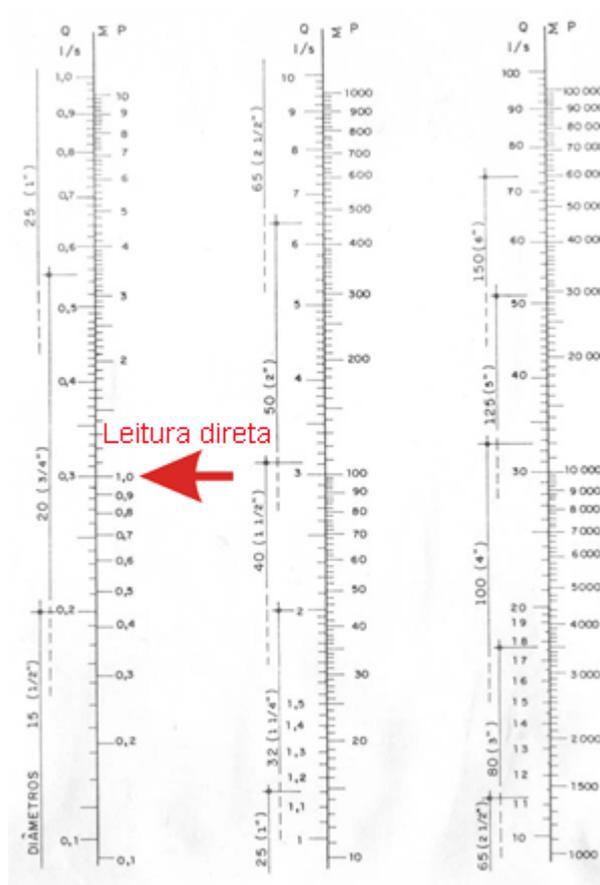
Um chuveiro, por exemplo pode ser utilizado de duas a quatro vezes por dia e cada banho pode durar de 15 a 20 minutos. Diferente de um lavatório que pode ser utilizado 5 a 10 vezes por dia por 20 a 30 segundos cada. Existe a probabilidade de se utilizar o chuveiro e o lavatório ao mesmo tempo e esta probabilidade também pode ser calculada estatisticamente.

Hunter, percebeu isso e mediu todos os períodos e intervalos de tempo de todos os aparelhos, estabelecendo a cada um pesos relativos. Utilizando esses pesos relativos estaremos dimensionando a tubulação de uma forma muito mais realista, sem superdimensionar o sistema.

Para calcular a vazão a partir dos pesos relativos podemos utilizar a fórmula abaixo:

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P}$$

Ou utilizar a tabela de vazões (Q) x pesos (P) x diâmetro das tubulações e obter os valores por leitura direta. Somatória de pesos 1,0 - vazão Q = 0,3 l/s.



### 5.2.2. Pré-dimensionamento do tubo do Ramal do Banheiro

A leitura direta do ábaco anterior também permite o pré-dimensionamento do diâmetro do tubo do ramal do banheiro. Diâmetro do tubo  $d=20\text{mm}$ .

## 5.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SUB-RAMAL DO CHUVEIRO

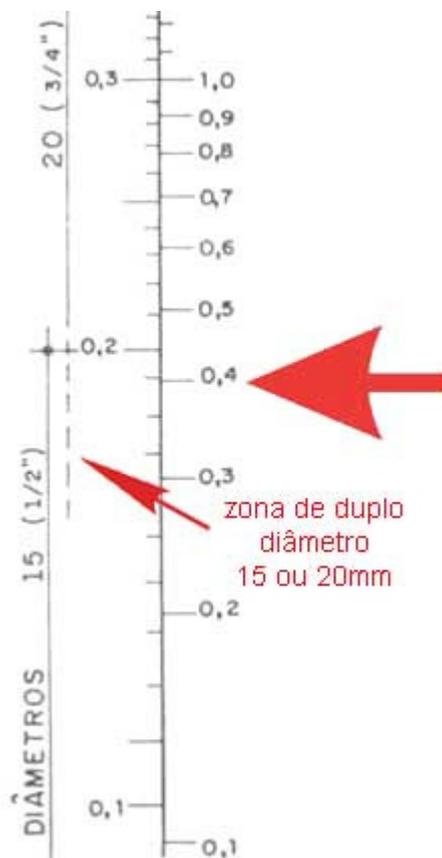
### 5.3.1. Cálculo da Vazão do Sub-ramal do Chuveiro

aparelho	vazão Q (l/s)	peso relativo (P)
Chuveiro	0,20	0,40
<b>TOTAL</b>	<b>0.20</b>	<b>0,40</b>

Como só existe um aparelho atendendo o sub-ramal do chuveiro, a vazão do trecho é a vazão do equipamento,  $Q = 0,20\text{ l/s}$  ou  $0,19\text{ l/s}$  se consultar o ábaco ou utilizar a fórmula.

### 5.3.2. Pré-dimensionamento do tubo do Ramal do Banheiro

A leitura direta do ábaco também permite o pré-dimensionamento do diâmetro do tubo do sub-ramal do chuveiro. Porém agora caímos no que chamamos de zona de duplo diâmetro. O diâmetro do tubo pode ser de 15 ou de 20mm.



Mas qual é o critério utilizado para escolher o diâmetro do tubo quando o valor cai em uma zona de duplo diâmetro? Se o tubo que está sendo pré-dimensionado estiver em uma região do edifício com pouca pressão estática, deve-se adotar o maior valor (lembre-se: quanto maior o diâmetro, menor a perda de carga). Se o tubo estiver em uma região com boa pressão estática (o pavimento térreo de uma sobrado, por exemplo), podemos adotar o menor valor.

No nosso exemplo, o chuveiro está bem próximo do reservatório, em uma região com pouca pressão estática, logo vamos adotar o maior valor  $d=20\text{mm}$

#### 5.4. CÁLCULO DA PERDA DE CARGA UNITÁRIA ( J )

Relembrando: as perdas de carga em uma tubulação se originam do atrito do fluido contra as paredes dos trechos retilíneos e do atrito do fluido contra as singularidades (conexões, válvulas, etc.) de uma tubulação.

O método que vai ser utilizado para calcular a perda de carga é o de *Fair-Whipple-Hsiao*. O ábaco de *Fair-Whipple-Hsiao* contém 4 variáveis hidráulicas:

- **J** - perda de carga unitária dada em m.c.a/m de tubulação retilínea
- **v** - velocidade dada em m/s
- **Q** - vazão dada em l/s
- **DN** - diâmetro nominal do tubo dado em mm ou polegadas

Se soubermos 2 das 4 variáveis, conseguimos calcular as outras 2. Já temos o pré-dimensionamento dos tubos dos ramais e sub-ramais e as vazões dos mesmos trechos, logo conseguiremos calcular a perda de carga unitária e as velocidades.

#### 5.4.1. Cálculo da perda de carga no ramal do banheiro

DADOS:

Vazão -  $Q = 0,3 \text{ l/s}$

Diâmetro -  $DN = 20 \text{ mm}$

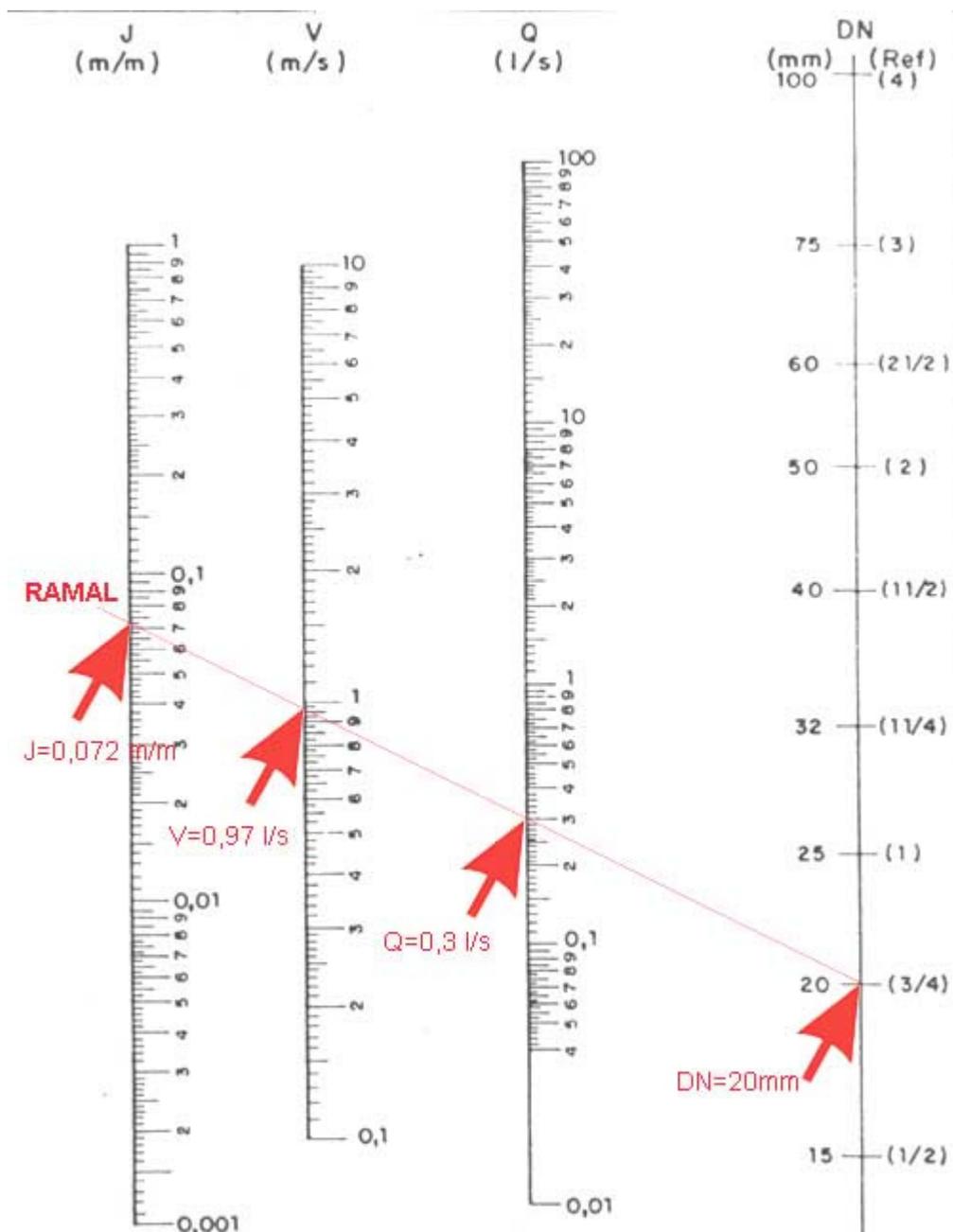
Para fazer a leitura direta no ábaco, é só criar uma linha entre os pontos  $DN=20$  e  $Q=0,3$ . O prolongamento dessa linha em direção aos ábacos de perda de carga unitária e da velocidade, darão os seus valores. Cuidado: a escala do ábaco não é linear, ela é logarítmica. Fazendo a leitura direta no ábaco, teremos:

$J = 0,072 \text{ m.c.a./m}$  - No ramal há uma perda de carga de  $0,072 \text{ m.c.a.}$  de pressão a cada metro linear de tubulação do ramal do banheiro.

$v = 0,97 \text{ m/s}$  - a velocidade não deve ultrapassar  $3 \text{ m/s}$ .

O comprimento do tubo do ramal é chamado de comprimento real (CR). O CR do ramal é:

$CR = 0,25 + 0,25 + 0,10 + 0,40 + 1,10 \rightarrow CR=2,10\text{m}$



#### 5.4.2. Cálculo da perda de carga no sub-ramal do chuveiro

DADOS:

$Q = 0,19 \text{ l/s}$

$DN = 20 \text{ mm}$

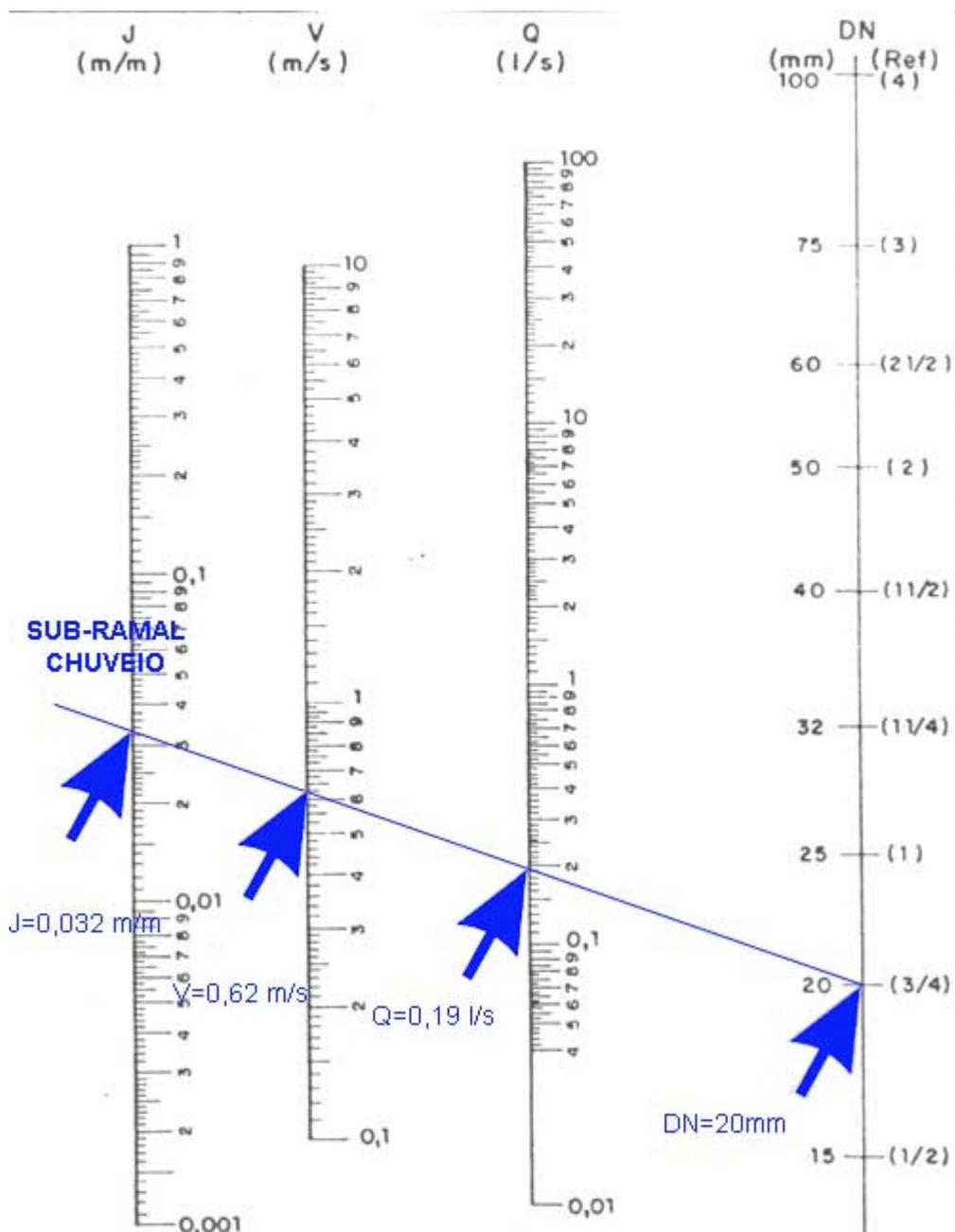
Fazendo a leitura direto no ábaco, temos:

$J = 0,032 \text{ mca/m}$  - Há uma perda de pressão de 0,032 m.c.a. a cada metro linear de tubulação do sub-ramal do chuveiro.

$v = 0,62 \text{ m/s}$  - a velocidade não pode ultrapassar 3 m/s

O comprimento do tubo do sub-ramal também é chamado de comprimento real (CR). O CR do sub-ramal do chuveiro é:

$$CR = 1,00 + 1,10 \rightarrow CR=2,10m$$



## 5.5. CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Lembrando: as perdas de carga localizadas são aquelas provenientes das singularidades da tubulação: curvas, derivações, registros de gaveta, registros de pressão e saídas de reservatório.

O método que será utilizado será o dos comprimentos equivalentes (CE)

### 5.5.1. Cálculo das perdas de carga localizadas no Ramal do Banheiro

peças (DN=20mm)	Comprimento Equivalente (CE)
1 Entrada de Borda	1,00
1 Curva de 90 (joelho de 90)	1,20
2 Registros de Gaveta abertos	0,40
<b>TOTAL</b>	<b>2,60</b>

### 5.5.2. Cálculo das perdas de carga localizadas no sub-ramal do chuveiro

peças (DN=20mm)	Comprimento Equivalente (CE)
1 Tê de saída lateral	2,40
1 Registro de Globo aberto	11,40
2 Curvas de 90 (joelhos de 90)	2,40
<b>TOTAL</b>	<b>16,20</b>

### 5.6. Cálculo das Perdas de Carga Totais ( hf )

A perda de carga total é a soma das perdas de cargas nos trechos retilíneos de tubulação e das perdas de carga localizadas.

Para isso vamos montar a seguinte tabela, onde colocaremos os comprimentos reais dos trechos retilíneos de tubulação, os comprimentos equivalentes e a perda de carga unitária.

O comprimento total é a soma dos comprimentos reais e dos comprimentos equivalentes (CT=CR+CE)

A perda de carga total é a multiplicação da perda de carga unitária (J) pelo comprimento total (CR)

$$hf = CT \cdot J$$

TRECHO	Comp. Real (CR)	Comp. Equivalente (CE)	Comp. Total (CT)	Perda de Carga Unitária ( J ) m/m	Perda de Carga total ( hf ) m.c.a.
Ramal	2,10	2,60	4,70	0,072	0,34
Sub-ramal	2,10	16,20	18,30	0,032	0,59
				<b>TOTAL</b>	<b>0,93</b>

### CONCLUSÃO:

A perda de carga total do projeto, entre a saída do reservatório e o ponto do chuveiro é de 0,93 m.c.a. de pressão

## .7. Cálculo da Pressão dinâmica no ponto do Chuveiro

A pressão dinâmica no ponto do chuveiro é a diferença entre a pressão estática e a perda de carga total no sistema

$$P_d = P_e - h_f$$

Através do conceito de Stevin, podemos determinar a pressão estática ( $P_e$ ). A  $P_e$  é a diferença de altura entre a saída do reservatório e o ponto do chuveiro.

$$P_e = 0,25 + 0,10 + 0,40 \rightarrow P_e = 0,75 \text{ m.c.a.}$$

Portanto:

$$P_d = 0,75 - 0,93$$

$$P_d = -0,18 \text{ m.c.a.}$$

Conclusão: A pressão dinâmica é menor que a pressão mínima de serviço de um chuveiro que é de 0,50 m.c.a., logo o chuveiro não funcionará adequadamente