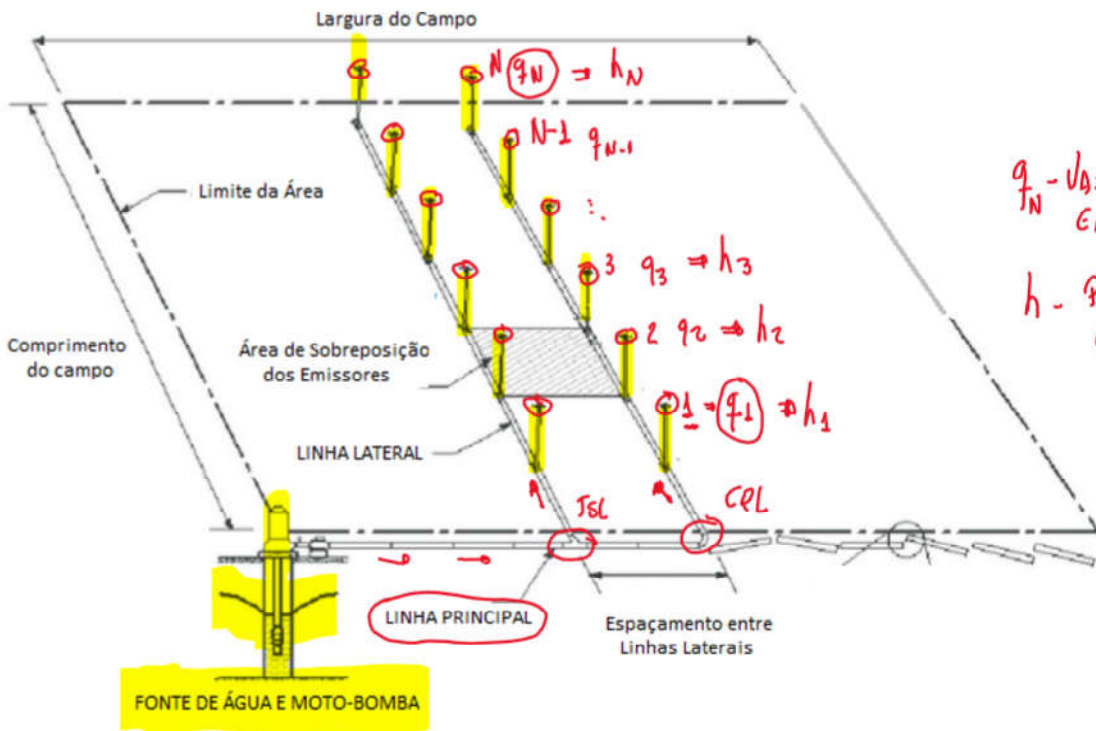


# Aula 10 - Perda de Carga em Linhas com Múltiplas Saídas

a) Considerações: Linhas Laterais de Múltiplas Saídas / Sistemas de Irrigação



$q_N$  - Vazão do Emissor

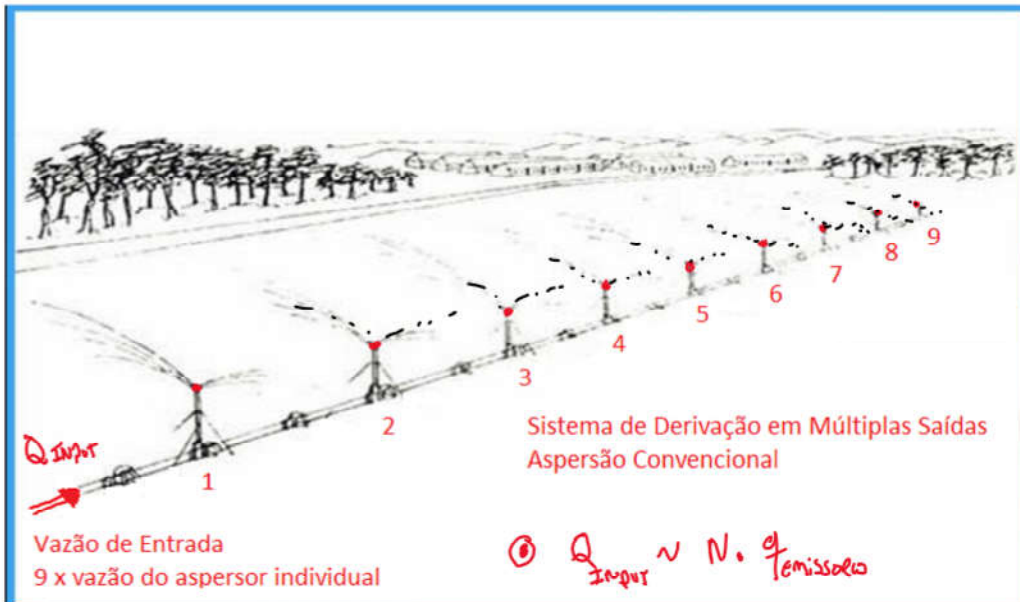
$h$  - Pressão no Emissor

TERRENO EM NÍVEL

$$h_1 > h_N$$

↳ EMISSORES IDÊNTICOS  
D MESMO BOCAL

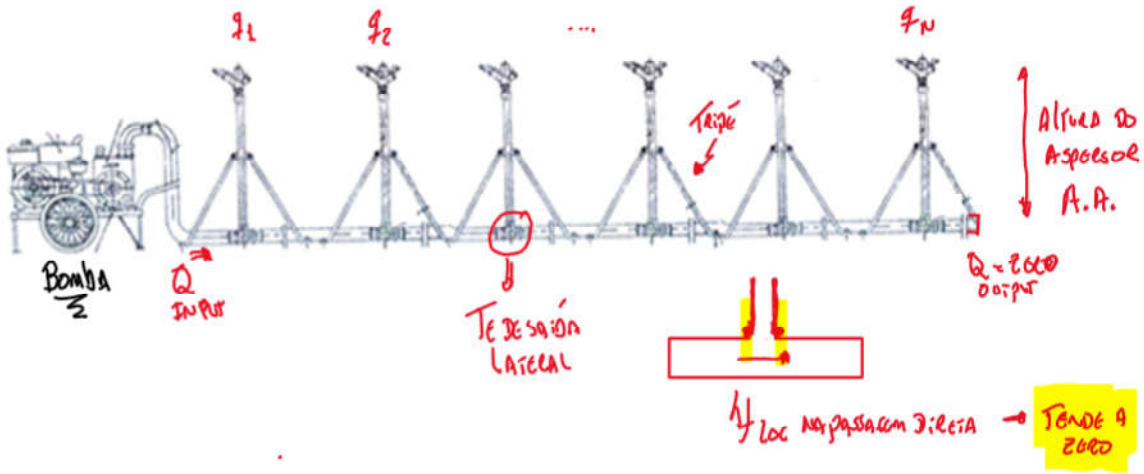
$$q_1 > q_N$$



Vazão de Entrada  
9 x vazão do aspersor individual

$$Q_{input} \sim N \cdot q_{emissora}$$

$$Q_{input} = \sum_{i=1}^N q_i$$



$hf_{loc}$  no gotejador  $\Rightarrow$  + significativo

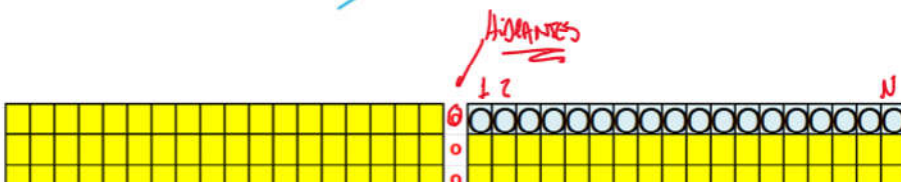
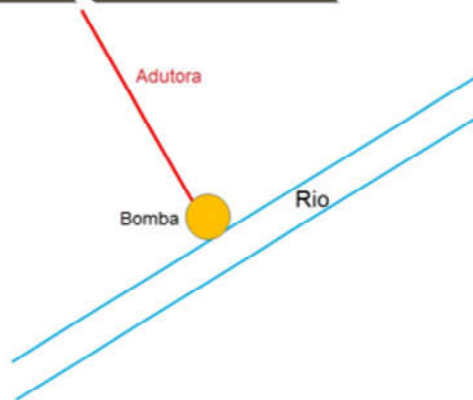
0,20  $\rightarrow$  0,85 metros equivalentes por gotejador.

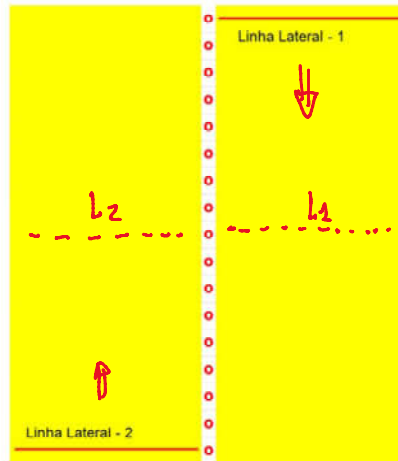
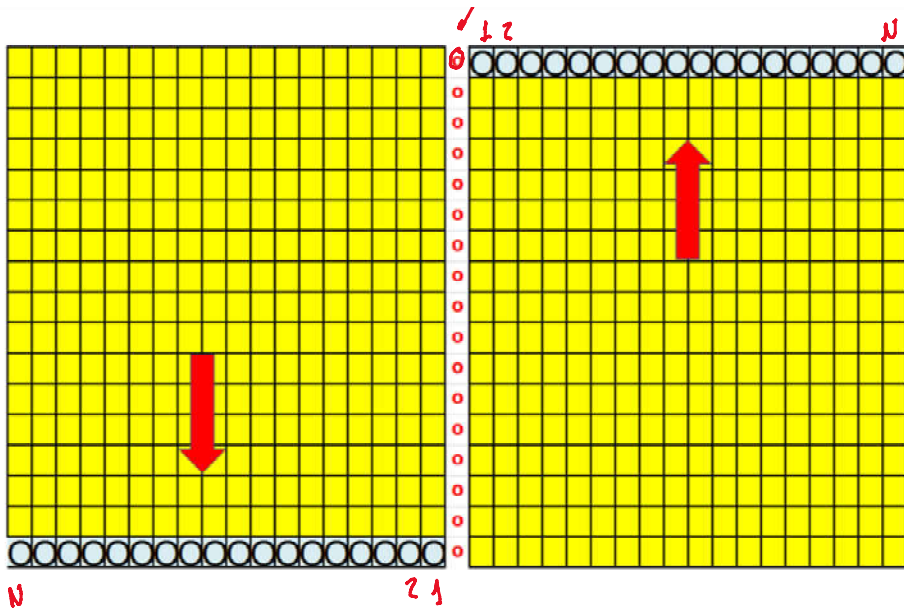
Tipos : 1) Vazões derivadas constantes - Irrigação por gotejamento / aspersão convencional

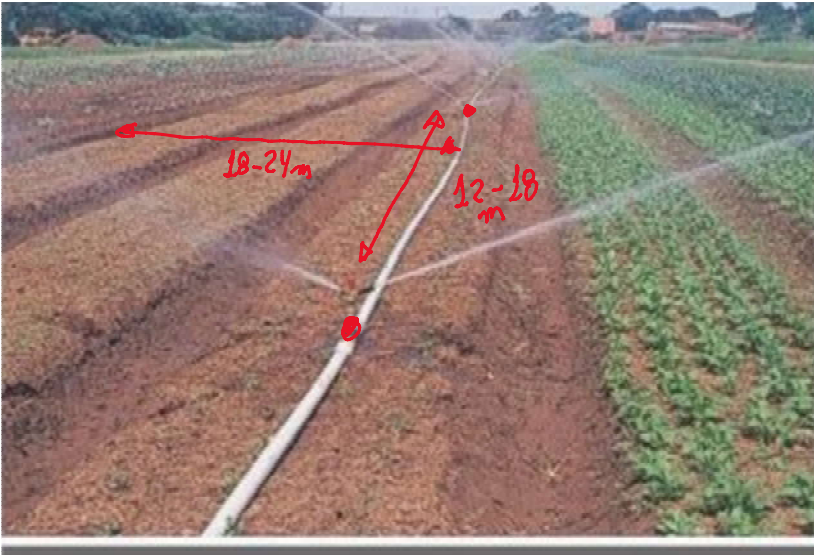
2) Vazões derivadas crescentes em direção ao final da tubulação - Pivô Central em função da área irrigada do anel concêntrico ao equipamento

Tipo : 1) Vazões derivadas constantes - Irrigação por gotejamento / aspersão convencional

18	17
19	16
20	15
21	14
22	13
23	12
24	11
25	10
26	9
27	8
28	7
29	6
30	5
31	4
32	3
33	2
34	1







VIDEO - Irrigação por Aspersão Convencional

[Hand Move Irrigation System](#)  
murrfarms



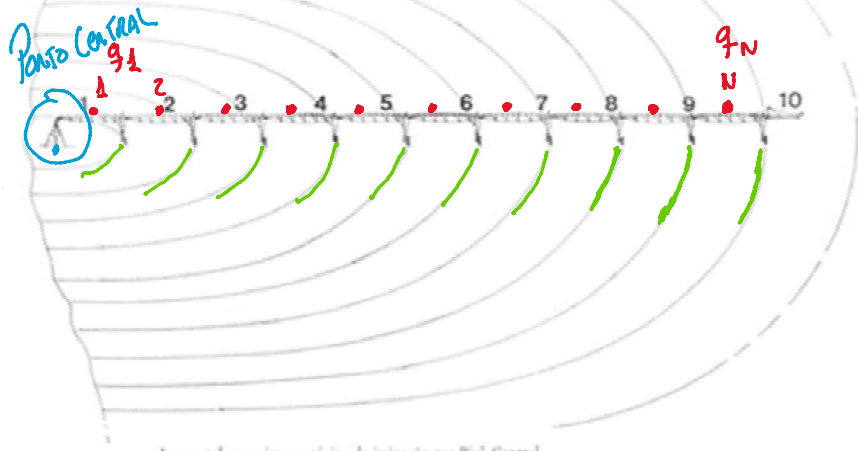
[Sprinkler Irrigation System - Borewell taro pumps 7.5 HP with 8 Stage and 13 Sprinklers](#)  
Next Generation Education & Farmers



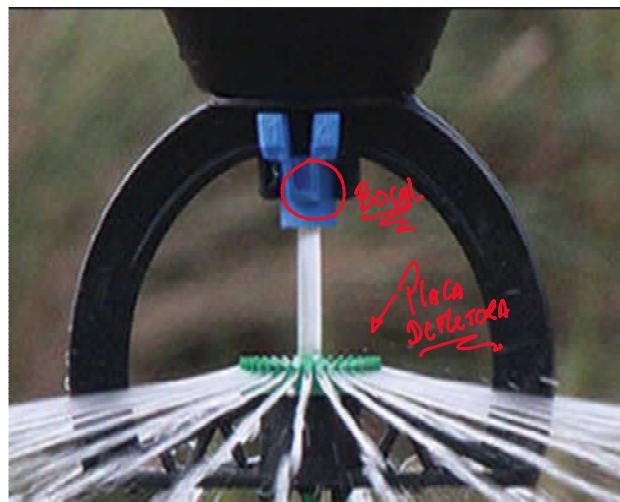
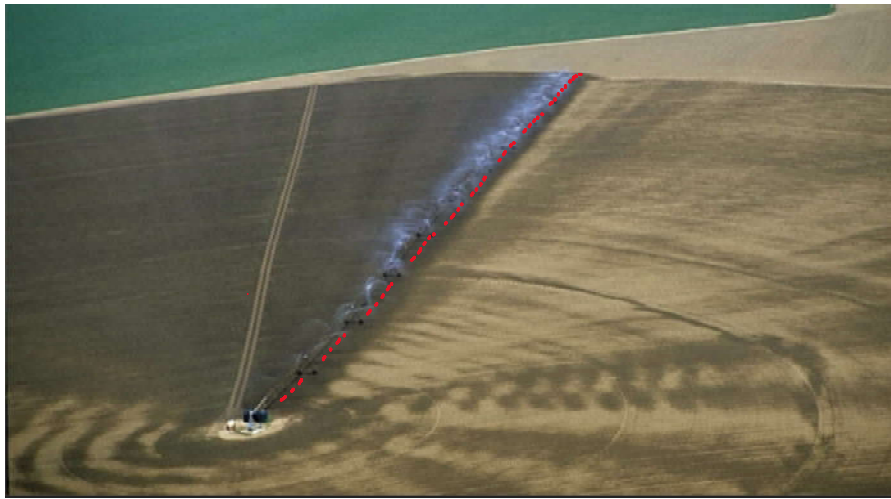
Tipo 2) Vazões derivadas crescentes em direção ao final da tubulação  
Irrigação por Pivô Central

$$q_N > q_{N-1} > \dots > q_2 > q_1$$

$$q_N > q_{N-1} > \dots > q_2 > q_1$$



Lay-out de um sistema típico de irrigação por Pivô Central.





[Droning a Pivot Irrigation System](#)

Dusty Huntington



**B) Cálculo de Perda de Carga em Linhas Laterais de Múltiplas Saídas**

Metodologias 1) Fator  $F_n$

2) Trecho a Trecho

Metodologia 1 • Perda de carga em tubulações  $\Rightarrow$  FATOR  $F_n$

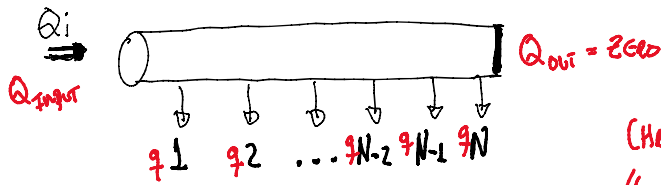


↳ Fórmula de Hazen Williams

Ex:  $h_{f_{Tubo\ Liso}} = 10\text{ mCA}$

Flamant  
Univertal  
Maximo.

- Múltiplas saídas  $\Rightarrow$  VAZÃO DERIVADA CONSTANTE



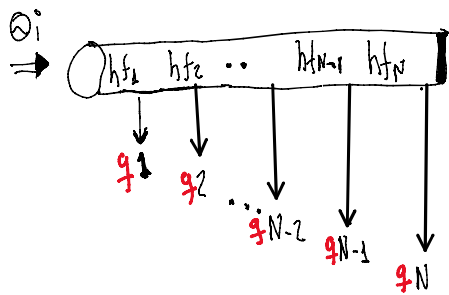
$$q_1 = q_2 = \dots = q_N$$

(CHRISTIANSON (1942))

$$F_N \approx 0,34 \quad \left[ \begin{array}{l} h_f = 3,40 \text{ mca} \\ 10 \end{array} \right]$$

$$h_{f_N} = h_{f \text{ sem saída}} \cdot F_N$$

- Múltiplas saídas  $\Rightarrow$  VAZÃO DERIVADA FUNÇÃO DA ÁREA DO ANEL MCHADO



$$F_N = 0,548$$

$$h_{f \text{ Pivô}} = 5,48 \text{ mca}$$

Aspersas CONVENCIONAL

Pivô T

$$h_{f_{N \text{ pivô}}} = h_{f \text{ sem saída}} \cdot F_{N \text{ pivô}}$$

$F_N 0,34$  e  $F_N 0,548 \Rightarrow$  Valem somente PARA 2 DIÂMETROS

$\hookrightarrow$  Para tubulações telescópica (+ 2 diâmetros)

$\hookrightarrow$  Cálculo do  $F_N$  bem mais complexo e difícil

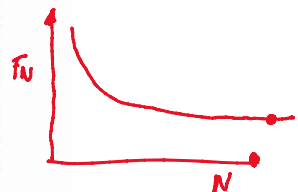
**Equações e Tabelas de  $F_N$  para derivações de vazões constantes:**

**Tabela 1 - Primeiro espaçamento igual aos demais espaçamentos**

**Tabela 2 - Primeiro espaçamento metade dos demais espaçamentos**

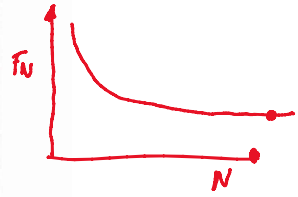
VALORES DO COEFICIENTE (F) PARA CÁLCULO DA PERDA DE CARGA E DIMENSIONAMENTO DE CANALIZAÇÕES COM MÚLTIPLAS SAÍDAS EQUIDISTANTES (\*)

Nº de saídas N	m = 1,75 Flamant	m = 1,80 Veronese	m = 1,852 Hazen-Williams	m = 1,90 Scobey	m = 2,00 Darcy-Weisbach
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440
6	0,451	0,445	0,438	0,433	0,421
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370
16	0,395	0,389	0,383	0,377	0,365



VALORES DO COEFICIENTE (F) PARA CÁLCULO DA PERDA DE CARGA E DIMENSIONAMENTO DE CANALIZAÇÕES COM MÚLTIPLAS SAÍDAS EQUIDISTANTES (\*)

Nº de saídas N	m = 1,75 Flamant	m = 1,80 Veronese	m = 1,852 Hazen-Williams	m = 1,90 Scobey	m = 2,00 Darcy-Weisbach
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440
6	0,451	0,445	0,438	0,433	0,421
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370
16	0,395	0,389	0,383	0,377	0,365
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357
24	0,385	0,378	0,372	0,366	0,355
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350
32	0,379	0,373	0,366	0,361	0,349
34	0,378	0,372	0,365	0,360	0,348
36	0,378	0,371	0,364	0,359	0,347
38	0,377	0,371	0,364	0,358	0,346
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342
70	0,371	0,364	0,358	0,352	0,340
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,339
90	0,369	0,363	0,356	0,350	0,339
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
200	0,366	0,360	0,353	0,347	0,335




(\*)  $F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$  (CHRISTIANSEN, J.E. 1942)

$\left\{ \begin{array}{l} N = \text{nº de saídas} \\ m = \text{expoente da velocidade na equação considerada.} \end{array} \right.$



\* \*

VALORES DO COEFICIENTE (F) PARA CÁLCULO DA PERDA DE CARGA E DIMENSIONAMENTO DE CANALIZAÇÕES COM MÚLTIPLAS SAÍDAS EQUIDISTANTES, ONDE A PRIMEIRA SAÍDA ESTÁ À METADE DO ESPAÇAMENTO. (4)



Nº de saídas	m = 1,75 Flamant	m = 1,80 Veronese	m = 1,852 Hazen-Williams	m = 1,90 Soobey	m = 2,00 Darcy-Weisbach
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.533	0.526	0.519	0.512	0.500
3	0.456	0.448	0.441	0.435	0.422
4	0.426	0.419	0.412	0.405	0.393
5	0.410	0.403	0.396	0.390	0.378
6	0.401	0.394	0.387	0.381	0.369
7	0.395	0.388	0.381	0.375	0.363
8	0.390	0.383	0.377	0.370	0.358
9	0.387	0.380	0.373	0.367	0.355
10	0.384	0.378	0.371	0.365	0.353
12	0.380	0.374	0.367	0.361	0.349
14	0.378	0.371	0.364	0.358	0.347
16	0.376	0.369	0.363	0.357	0.345
18	0.374	0.368	0.361	0.355	0.343
20	0.373	0.367	0.360	0.354	0.342
22	0.372	0.366	0.359	0.353	0.341
24	0.372	0.365	0.358	0.352	0.341
26	0.371	0.364	0.358	0.352	0.340
28	0.370	0.364	0.357	0.351	0.340
30	0.370	0.363	0.357	0.351	0.339
32	0.370	0.363	0.356	0.350	0.339
34	0.369	0.363	0.356	0.350	0.339
36	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338
38	0.369	0.362	0.355	0.350	0.338
40	0.368	0.362	0.355	0.349	0.338
50	0.367	0.361	0.354	0.348	0.337
60	0.367	0.360	0.354	0.348	0.337
70	0.366	0.360	0.353	0.347	0.336
80	0.366	0.359	0.353	0.347	0.336
90	0.366	0.359	0.353	0.347	0.335
100	0.365	0.359	0.353	0.347	0.335
200	0.365	0.358	0.352	0.346	0.334

$$F = \frac{2N}{2N - 1} \left[ \left( \frac{1}{m + 1} \right) + \frac{\sqrt{m - 1}}{m N^2} \right]$$

onde: N = Nº de saídas;  
 m = expoente da velocidade ou vazão na equação considerada.

## B) Cálculo de Perda de Carga em Linhas Laterais de Múltiplas Saídas

### Metodologia 2) Trecho a Trecho: Software EPANET - Free (USA)



Environmental Topics    Laws & Regulations    About EPA

Search EPA.gov

Related Topics: [Water Research](#)

CONTACT US    SHARE   

# EPANET

## Application for Modeling Drinking Water Distribution Systems

EPANET is a software application used throughout the world to model water distribution systems. It was developed as a tool for understanding the movement and fate of drinking water constituents within distribution systems, and can be used for many different types of applications in distribution systems analysis. Today, engineers and consultants use EPANET to design and size new water infrastructure, retrofit existing aging infrastructure, optimize operations of tanks and pumps, reduce energy usage, investigate water quality problems, and prepare for emergencies. It can also be used to model contamination threats and evaluate resilience to security threats or natural disasters.

### Software, Compatibility, and Manuals

EPANET is public domain software that can be freely copied and distributed. It is a Windows®-based program that will work with all versions of Windows. Continued development and bug

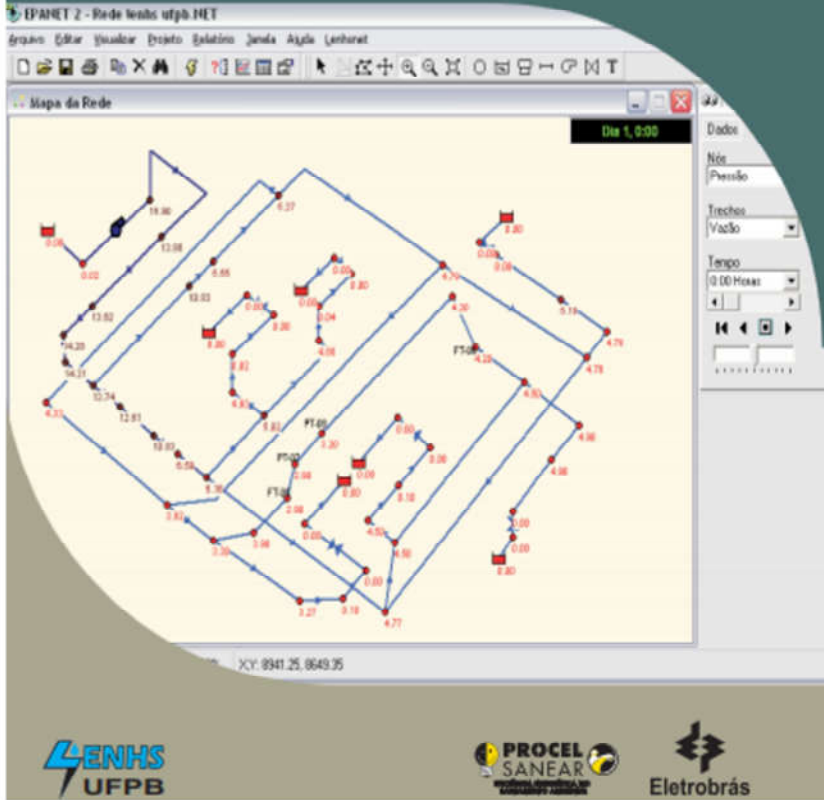
### On this Page

- [Software, Compatibility, and Manuals](#)
- [Capabilities](#)
- [Applications](#)
- [Related Resources](#)
- [Technical Support](#)



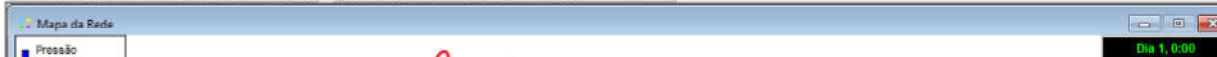


# Epanet 2.0 Brasil



EPANET 2 - Exercício\_EPANET\_MultipSaida.net

Arquivo Editar Visualizar Projeto Relatório Janela Ajuda Lenhsnet



P.S. - Pressão de Serviço = 30 mca

$$q = 2,8 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow \begin{cases} 0,77778 \text{ l/s} \\ 0,0007778 \text{ m}^3/\text{s} \end{cases}$$

Equação  
VAZÃO x Pressão  
do cm: 5502

$$q = C \cdot P^y$$

$y = 0,5$   
 $C = 0,1420$   
 $P_s = 30 \text{ mca}$



$4,068 \text{ hf}_{30}$   
 $P_{FN} = 35,05 \text{ mca}$

Fazendo o cálculo  
por FN

$hf_{30} \Rightarrow 5 \text{ mca}$   
 $P_{FN} = 34,97 \text{ mca}$

Fazendo o cálculo  
trecho a trecho  
no GPRGT

C) Considerações sobre sistemas de múltiplas saídas em sistemas portáteis de irrigação por aspersão convencional

Critério de Projeto - Assegurar uniformidade de aplicação de água na área

(Critério  $\Delta Q \approx 10\%$ )

↳ Critério

$q_1 \approx 1,1 \cdot q_N$   
 Área do Bocal • Velocidade de Saída da Água

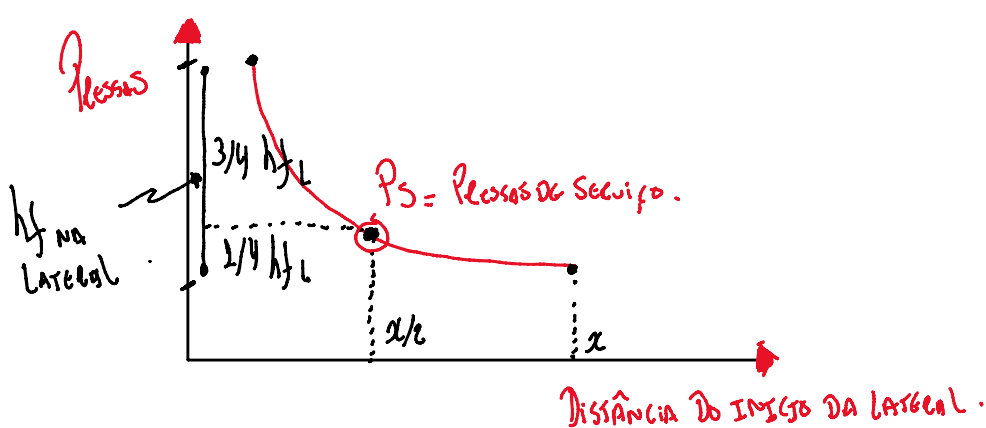
~~$S_1 \cdot \sqrt{2g \cdot h_1} = 1,1 S_N \cdot \sqrt{2g \cdot h_N}$~~

$\sqrt{h_1} = 1,1 \sqrt{h_N} \Rightarrow h_1 = 1,1^2 \cdot h_N \Rightarrow h_1 = 1,21 \cdot h_N$   
 $\Delta h \approx 21\% \approx 20\%$

D) Situações observadas em campos irrigados:

- 1 - Lateral em Nível  $h_{fN} \leq 20\%$  Pressão de Serviço
- 2 - Lateral em Active  $h_{fN} \leq 20\%$  Pressão de Serviço -  $\Delta z_{1-N}$
- 3 - Lateral em Declive  $h_{fN} \leq 20\%$  Pressão de Serviço +  $\Delta z_{1-N}$

E) Cálculo da Pressão no Início da Linha Lateral :



1 - Lateral em Nível  $P_{INL} = P_s + 3/4 h_{fL} + AA$  altura do aspersor

2 - Lateral em Active  $P_{INL} = P_s + 3/4 h_{f1} + AA + \frac{\Delta z_{1-N}}{2}$

2 - Lateral em Active

$$P_{INL} = P_s + 3/4 h_{fL} + AA + \frac{\Delta z_{L-N}}{2}$$

3 - Lateral em Declive

$$P_{INL} = P_s + 3/4 h_{fL} + AA - \frac{\Delta z_{L-N}}{2}$$

### F) EXEMPLO DE CÁLCULO DE LINHA LATERAL - MÚLTIPLAS SAÍDAS

Dimensionar e determinar a pressão no início de uma linha lateral em nível, para as seguintes condições:

- Comprimento da linha  $L = 180$  m
- Espaçamento entre emissores na linha  $E = 18$  m  $\Rightarrow$  1º Emissor
- Pressão de Serviço  $P_s = 30$  mca  $\Rightarrow$  No Emissor Central 18 m do Hidrante
- Vazão do Emissor  $q = 2,8$  m<sup>3</sup>/h  $\Rightarrow$  P.S.
- $c = 120$  (Hazen Willians)

$\Rightarrow$  Equações HW

$$D_m = \left( \frac{Q_{m^3/h}}{0,2788 \cdot c \cdot \left( \frac{h_{f_{mca}}}{L_m} \right)^{0,54}} \right)^{1/2,63}$$

$h_{f_{Tubo \text{ sem saída}}}$

• Número de Aspersores =  $\frac{180 \text{ m}}{18 \text{ m}} = 10$  emissores

$\Downarrow$

$F_N = F_{10} = 0,402$

• Critério de Projeto - Linha Lateral em nível

$$h_{f_{10}} = 20\% P_s = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = \underline{\underline{6 \text{ mca}}}$$

•  $h_{f_{Tubo \text{ sem saída}}}$

$$h_{f_N} = h_{f_{Tubo \text{ sem saída}}} \cdot F_N$$

$$h_{f_{Tubo \text{ sem saída}}} = \frac{h_{f_N}}{F_N} = \frac{6 \text{ mca}}{0,402} = \underline{\underline{14,925 \text{ mca}}}$$

• Cálculo do Diâmetro da Linha Lateral

$\left( \frac{1}{q} \quad N \right) \quad \left( \frac{1}{2,63} \right)$

• Cálculo do Diâmetro da Linha Lateral

$$D = \left( \frac{q \cdot N}{2,8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 10 / 3600} \cdot 0,54 \right)^{1/2,63} \cdot 180 \text{ m} \cdot \left( \frac{14,975 \text{ mca}}{180 \text{ m}} \right)^{0,54}$$

Obs  $\Rightarrow h_{f,loc}$  na saída do aspersor  $\cong z_{cabo}$   
 $(180 + N \cdot \text{m eq. } h_{f,loc})$

$$D_{\text{Teórico}} = 69,75 \text{ mm} \Rightarrow D_{\text{comercial}} = 75 \text{ mm (3")}$$

• Calculando  $h_{f,tubo}$   $\Rightarrow D = 75 \text{ mm}$

$$h_{f,tubo} = \left( \frac{Q \text{ m}^3/\text{s}}{0,2788 \cdot D^{2,63} \cdot L} \right)^{1/0,54} \cdot L \text{ m}$$

$$h_{f,sem \text{ saída}} = \left( \frac{2,8 \cdot 10 / 3600}{0,2788 \cdot (0,075)^{2,63} \cdot 120} \right)^{1/0,54} \cdot 180 = 10,1208 \text{ mca}$$

$$h_{f,10} = h_{f,sem \text{ saída}} \cdot F_{10} = 10,1208 \cdot 0,402 = 4,068 \text{ mca}$$

$$4,068 \text{ mca } h_{f,10}$$

$$P_{\text{insc}} = P_s + 3/4 \cdot h_{f,10} + A_a \text{ Altura do aspersor} = 2 \text{ m}$$

$$P_{\text{sa}} = 35,05 \text{ mca}$$

$$= 30 + 3/4 \cdot 4,068 + 2,0$$

$$P_{\text{insc}} = 35,0524 \text{ mca}$$

• Refazer o problema anterior, considerando um active de 2,5% na linha lateral de múltiplas saídas

$$\text{Active } 2,5\% \quad \begin{array}{l} 200 \text{ m} \rightarrow 2,5 \text{ m} \\ 180 \text{ m} \rightarrow X \end{array} \quad X = 4,5 \text{ mca}$$

$$h_{f,10} = 0,20 P_s - \Delta z = 6,0 \text{ mca} - 4,5 = 1,5 \text{ mca}$$

$$h_f^{\text{tubo sem saída}} = \frac{1,5 \text{ mca}}{0,402} = 3,73 \text{ mca}$$

$$D_{\text{teórico}} = \left( \frac{7,8 \cdot 20 / 3600}{0,2788 \cdot 120 \cdot \left( \frac{3,73}{180} \right)^{1/0,54}} \right)^{1/2,63}$$

$$D_{\text{teórico}} = 92,053 \text{ mm} \rightarrow D_{\text{comercial}} = 100 \text{ mm (4")}$$

$$P_{\text{inscso lateral}} = P_s + \frac{3}{4} \cdot h_f + A_H + \frac{\Delta z}{2}$$

Tubo 100 mm

$$h_f^{100 \text{ mm sem saída}} = \left( \frac{7,8 \cdot 20 / 3600}{0,2788 \cdot 120 \cdot 0,1^{2,63}} \right)^{1/0,54} \cdot L = 2,493 \text{ mca}$$

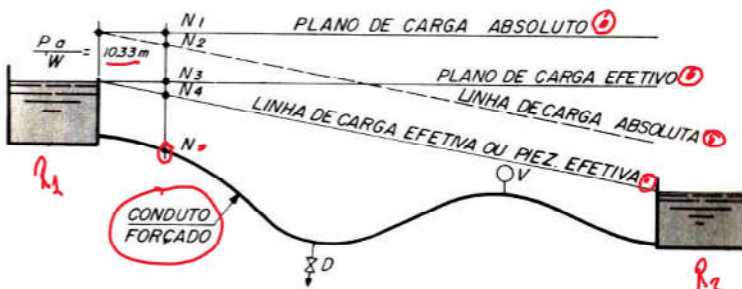
$$h_f^{100 \text{ mm } N=20} = 2,493 \text{ mca} \cdot F_{20}^{0,402} = \underline{2,0022 \text{ mca}}$$

$$P_{\text{inscso lateral}} = 30 \text{ mca} + \frac{3}{4} \cdot 2,0022 + 2 + \frac{4,5}{2} = \underline{35 \text{ mca}}$$

## TÓPICO COMPLEMENTAR:

### ADUTORAS POR GRAVIDADE - TRAÇADO DA TUBULAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS LINHAS DE ENERGIA E PLANOS DE CARGA

- $NN_1$  = carga estática absoluta
- $NN_2$  = carga dinâmica absoluta
- $NN_3$  = carga estática efetiva
- $NN_4$  = carga dinâmica efetiva



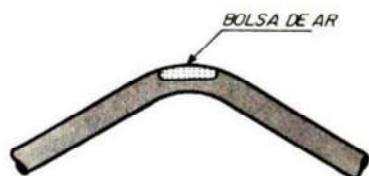
Serão analisadas sete posições relativas do encanamento.

Serão analisadas sete posições relativas do encanamento.

**1.<sup>a</sup> posição.** Canalização assentada abaixo da linha de carga efetiva em toda a sua extensão.



Essa é uma posição ótima para o encanamento. O escoamento será normal e a vazão real corresponderá à vazão calculada. Nos pontos mais baixos da canalização, devem ser previstas descargas com registros para limpeza periódica do encanamento e também para possibilitar o seu esvaziamento, quando necessário.



Nos pontos mais elevados devem ser instaladas *ventosas*, válvulas que possibilitam o escapamento de ar acumulado. Nesse caso, as ventosas funcionarão bem, porque a pressão na canalização sempre será maior do que a atmosférica. Para que o ar se localize em determinados pontos mais elevados, a canalização deve ser assentada com uma declividade que satisfaça:

$$I > \frac{1}{2000D} //$$

sendo  $D$  o diâmetro da tubulação em metros.

**2.<sup>a</sup> posição.** A canalização coincide com a linha piezométrica efetiva:

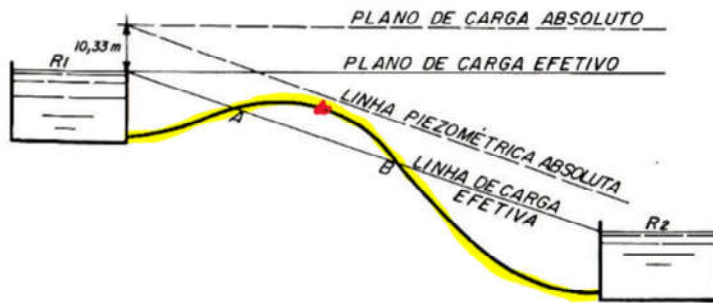
$$\text{Carga dinâmica efetiva} = 0.$$

É o caso dos chamados condutos livres. Um orifício feito na geratriz superior dos tubos não provocaria a saída da água.



**Observação.** Na prática, deve-se procurar executar as canalizações segundo uma das duas posições estudadas. Sempre que a canalização cortar a linha de carga efetiva, as condições de funcionamento não serão satisfatórias. Por isso, nos casos em que for impraticável manter a canalização sempre abaixo daquela linha, cuidados especiais deverão ser tomados.

3.<sup>a</sup> posição. A canalização passa acima da linha piezométrica efetiva, porém abaixo da piezométrica absoluta.



A pressão efetiva assume valor negativo. Entre os pontos A e B seria difícil evitar as bolsas de ar. As ventosas comuns seriam prejudiciais, porque, nesses pontos, a pressão é inferior à atmosférica. Em consequência das bolsas de ar, a vazão diminuirá.

4.<sup>a</sup> posição. A canalização corta a linha piezométrica absoluta, mas fica abaixo do plano de carga efetivo



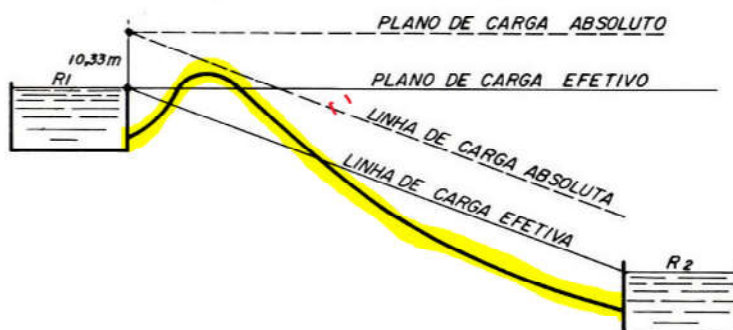
Nesse caso, podem ser considerados dois trechos da canalização com funcionamento distinto:

- $R_1$  a  $T$ , escoamento em carga;
- $T$  a  $R_2$ , escoamento como em vertedor.

A vazão é reduzida e imprevisível; posição defeituosa.

**Observação.** Se a canalização estiver abaixo do plano de carga efetivo e cortar a linha de carga efetiva e se for estabelecida a comunicação com o exterior (pressão atmosférica) no seu ponto mais desfavorável (executando-se uma caixa de passagem), a canalização passará a funcionar com dois trechos distintos, indo do reservatório 1 até o ponto alto da canalização, escoamento sob a carga reduzida correspondente a esse ponto; daí para o reservatório 2, sob a ação da carga restante.

5.<sup>a</sup> posição. A canalização corta a linha piezométrica e o plano de carga efetivos, mas fica abaixo da linha piezométrica absoluta (Fig. 17-9).



Trata-se de um sifão funcionando em condições precárias, exigindo escorva-



mento sempre que entrar ar na canalização.

**6.ª posição.** Canalização acima do plano de carga e da linha piezométrica absoluta, mas abaixo do plano de carga absoluto

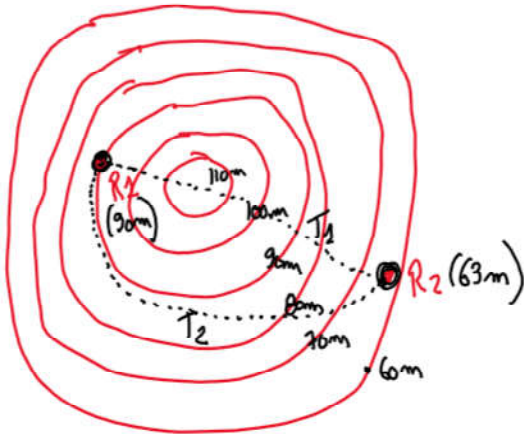
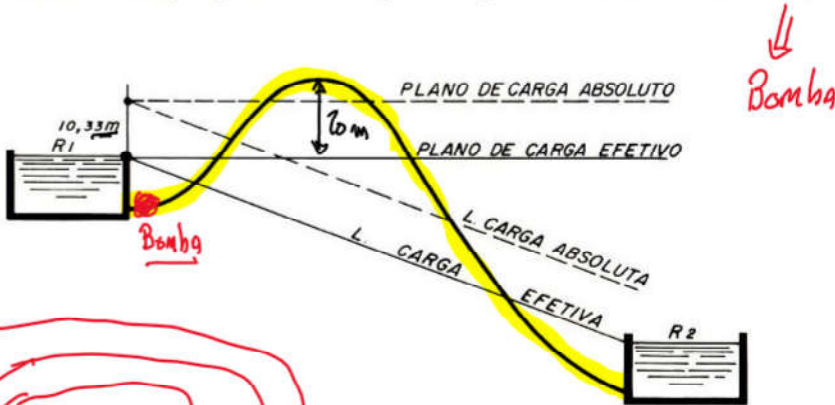
Trata-se de um sifão funcionando nas piores condições possíveis.

*Observação.* Na prática, executam-se, algumas vezes, sifões verdadeiros para atender a condições especiais. Nesses casos, são tomadas as medidas necessárias para o escorvamento por meio de dispositivos mecânicos.



**7.ª posição.** A canalização corta o plano de carga absoluto.

O escoamento por gravidade é impossível, pois há necessidade de recalque



$$\Delta H_{R1-R2} = 27m$$

$$\begin{cases} T1 \Rightarrow \text{caso 7} // \\ T2 \Rightarrow \text{caso 1.} // \end{cases}$$

FIM