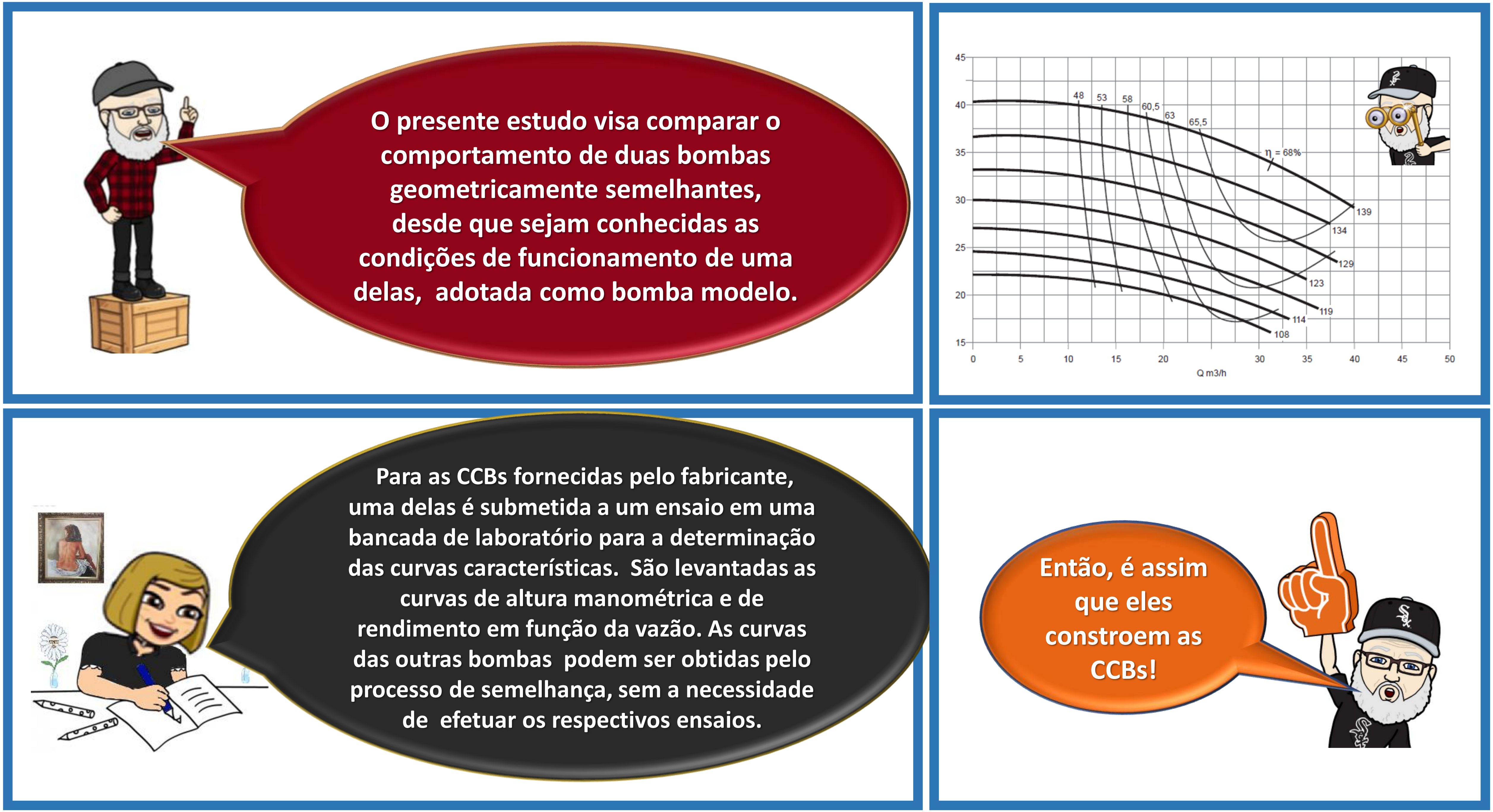

O presente estudo visa comparar o comportamento de duas bombas geometricamente semelhantes, desde que sejam conhecidas as condições de funcionamento de uma delas, adotada como bomba modelo.
45
40
35
30
25
20
15
0
5
10
15
20
30
35
40
45
50
Q m3/h
48
53
58
60,5
63
65,5
η = 68%
139
134
129
123
119
114
108
Para as CCBs fornecidas pelo fabricante, uma delas é submetida a um ensaio em uma bancada de laboratório para a determinação das curvas características. São levantadas as curvas de altura manométrica e de rendimento em função da vazão. As curvas das outras bombas podem ser obtidas pelo processo de semelhança, sem a necessidade de efetuar os respectivos ensaios.
Então, é assim que eles constroem as CCBs!

Condição de semelhança

$$\frac{Q_m}{n_m \times D_{r_m}^3} = \frac{Q_p}{n_p \times D_{r_p}^3}$$

$$Q_p = \frac{n_p}{n_m} \times \left(\frac{D_{r_p}}{D_{r_m}}\right)^3 \times Q_m$$

Adimensionais da bomba

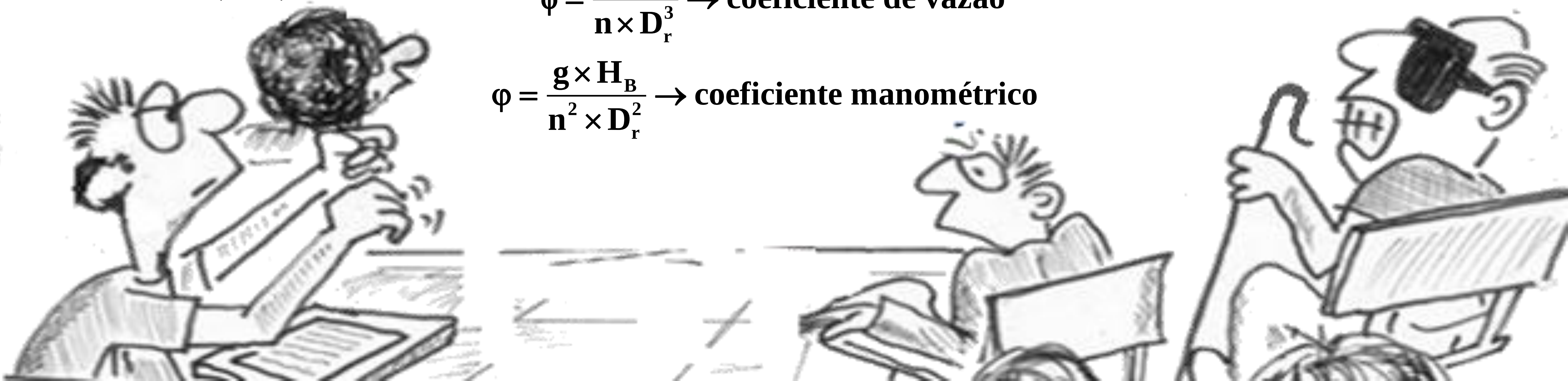
$$\phi = \frac{Q}{n \times D_r^3} \rightarrow \textbf{coeficiente de vazão}$$

$$\varphi = \frac{g \times H_B}{n^2 \times D_r^2} \rightarrow \textbf{coeficiente manométrico}$$

Condição de semelhança

$$\frac{H_{Bm}}{n_m^2 \times D_{r_m}^2} = \frac{H_{Bp}}{n_p^2 \times D_{r_p}^2}$$

$$H_{Bp} = \left(\frac{n_p}{n_m}\right)^2 \times \left(\frac{D_{r_p}}{D_{r_m}}\right)^2 \times H_{Bm}$$



Sendo conhecida a curva característica de uma bomba centrífuga através de uma tabela (considerada como modelo), calcular a curva característica de uma bomba semelhante, (protótipo) de mesma rotação $n_p = n_m$ e diâmetro $D_p = 1{,}5\ D_m$

Os dados da bomba modelo estão representadas na tabela abaixo:

Q_m (L/s)	HB_m (m)
0	60
1	59,5
2	58,5
3	57
4	55
5	51
6	45,5
7	39
8	30
9	19
10	5

$$Q_p = \frac{n_p}{n_m} \times \left(\frac{D_{r_p}}{D_{r_m}}\right)^3 \times Q_m \quad \therefore Q_p = 1 \times \left(\frac{1{,}5D_{r_m}}{D_{r_m}}\right)^3 \times Q_m = 3{,}375 \times Q_m$$

$$H_{Bp} = \left(\frac{n_p}{n_m}\right)^2 \times \left(\frac{D_{r_p}}{D_{r_m}}\right)^2 \times H_{Bm} \therefore H_{Bp} = 1 \times \left(\frac{1{,}5D_{r_m}}{D_{r_m}}\right)^2 \times H_{Bm} = 2{,}25 \times H_{Bm}$$

Podemos obter a tabela para o protótipo!

Agora é obter as curvas para o modelo e para o protótipo.

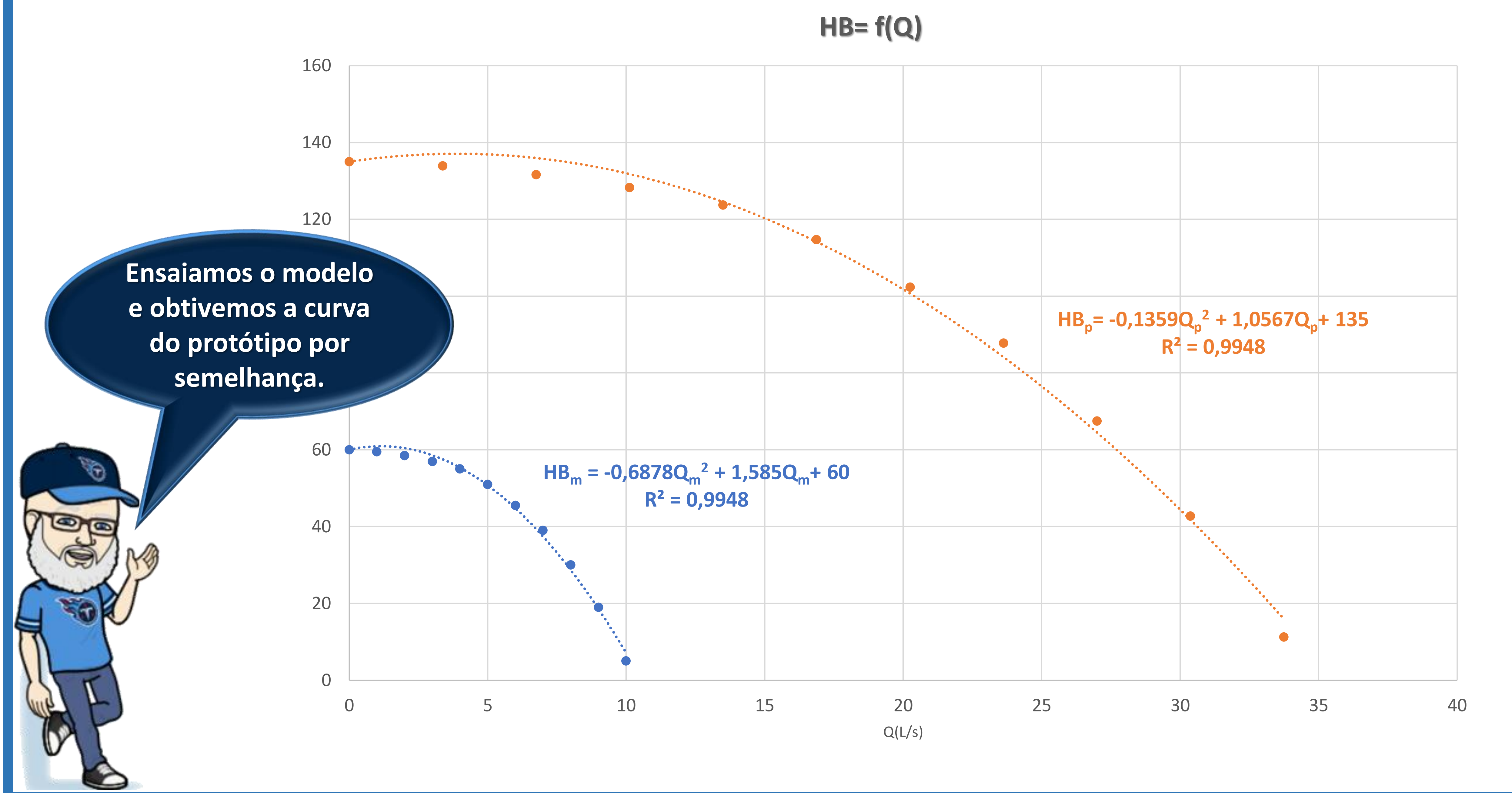
Modelo

Q_m (L/s)	HB_m (m)
0	60
1	59,5
2	58,5
3	57
4	55
5	51
6	45,5
7	39
8	30
9	19
10	5

Protótipo

Q_p (L/s)	HB_p (m)
0	135,0
3,4	133,9
6,8	131,6
10,1	128,3
13,5	123,8
16,9	114,8
20,3	102,4
23,6	87,8
27,0	67,5
30,4	42,8
33,8	11,3

O Excel facilita a obtenção das curvas!



HB= f(Q)
160
140
120
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Q(L/s)
HB$_p$= -0,1359Q$_p$^{2} + 1,0567Q$_p$+ 135
R² = 0,9948
HB$_m$ = -0,6878Q$_m$^{2} + 1,585Q$_m$+ 60
R² = 0,9948
Ensaiamos o modelo e obtivemos a curva do protótipo por semelhança.

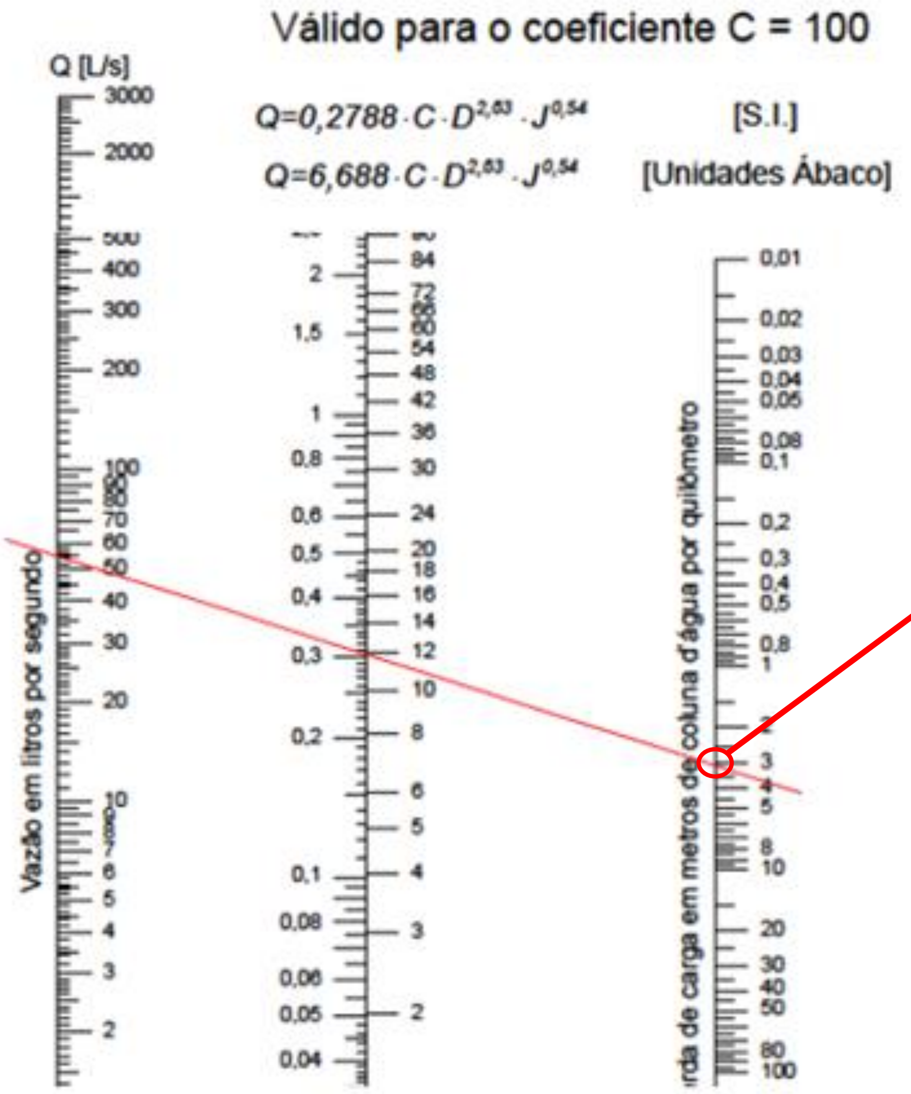
A curva CCB de uma bomba cruza com a CCI de uma instalação em um ponto de vazão Q = 55L/s e altura manométrica HB = 22m. A instalação representada pela CCI tem as seguintes características: somatória dos comprimentos equivalentes: 120m; tubulação de FoFo nova com diâmetro de 12”; altura de bombeamento (carga estática): 18m Pede-se: calcular o comprimento da tubulação sem os comprimentos equivalentes; passados 25 anos, desejando manter a mesma vazão, substituindo a bomba antiga por uma bomba semelhante, calcular a rotação, o diâmetro do rotor e a altura manométrica desta nova bomba. Dados da bomba inicial: D_{rotor} = 30 cm e n = 1800 rpm

No cruzamento da CCB pela CCI, temos o ponto de trabalho

$$Q_\tau = 55\frac{L}{s} \rightarrow H_{B_\tau} = 22m$$

$$H_B = H_{estática} + Hp \Rightarrow 22 = 18 + Hp$$

$$Hp = 4m \Rightarrow J_C = \frac{Hp}{L_{Total}}$$



Através do ábaco de Hazen-Williams com a Q = 55L/s e D = 12", temos a determinação de J_{100}

$$J_{100} = 3\,\frac{mca}{km}$$

C	K
130	0,615

diâmetro (m) / anos	0,10 4"	0,15 6"	0,20 8"	0,25 10"	0,30 12"
0	130	130	130	130	$\boxed{130}$

Tubulação nova

$$J_C = K \times J_{100} = 0,615 \times 3 = 1,845\,\frac{mca}{km}$$

$$1,845\,\frac{mca}{km} = \frac{Hp}{L_{total}} \therefore L_{total} = \frac{4}{1,845} \cong 2,168km$$

$$2168m = 120 + L \therefore L \cong 2048m$$

Passado 25 anos, temos:

diâmetro (m) / anos	0,10 4”	0,15 6”	0,20 8”	0,25 10”	0,30 12”
25	81	86	89	91	91

C	K
91	1,191

$$J_C = K \times J_{130} = 1{,}191 \times 3 = 3{,}573 \frac{\text{mca}}{\text{km}}$$

$$3{,}573 \frac{\text{mca}}{\text{km}} = \frac{Hp_{25}}{L_{total}} \therefore Hp_{25} = 3{,}573 \times 2{,}168 \cong 7{,}75\text{m}$$

$$H_{B_{25}} = H_{estática} + Hp \Rightarrow H_{B_{25}} = 18 + 7{,}75 \therefore H_{B_{25}} = 25{,}75\text{m}$$

$$25{,}75 = \left(\frac{n_{25}}{1800}\right)^2 \times \left(\frac{D_{25}}{30}\right)^2 \times 22 \Rightarrow n_{25} = \frac{1800 \times 30}{D_{25}} \times \sqrt{\frac{25{,}75}{22}} \Rightarrow (I)$$

Para resolver, lembramos que a vazão é a mesma.

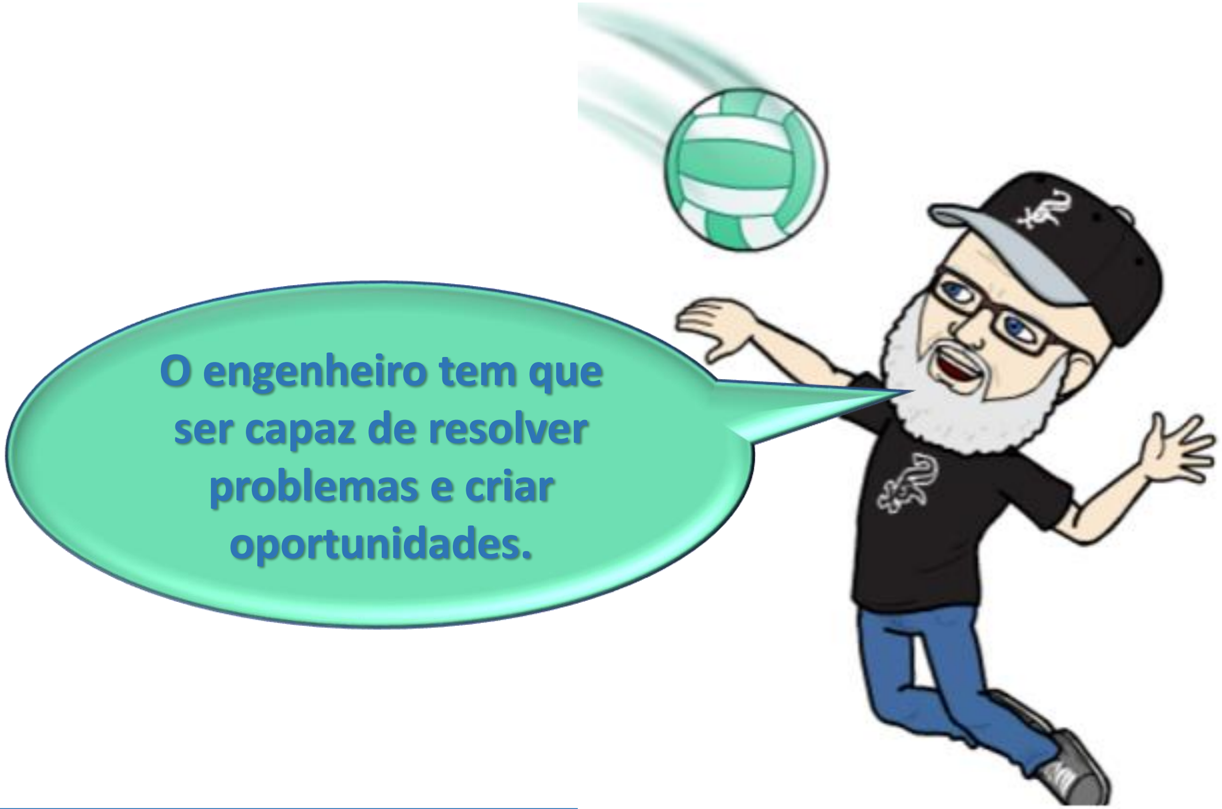
Com a segunda condição de semelhança, temos:

$$Q_p = \frac{n_p}{n_m} \times \left(\frac{D_{r_p}}{D_{r_m}}\right)^3 \times Q_m \qquad 55 = \frac{n_{25}}{1800} \times \left(\frac{D_{25}}{30}\right)^3 \times 55 \Rightarrow n_{25} = 1800 \times \left(\frac{30}{D_{25}}\right)^3 \rightarrow (II)$$

$$D_{25}^2 = 30^2 \times \sqrt{\frac{22}{25,75}} \therefore D_{25} \cong 28,84cm$$

Voltando a equação (I), temos:

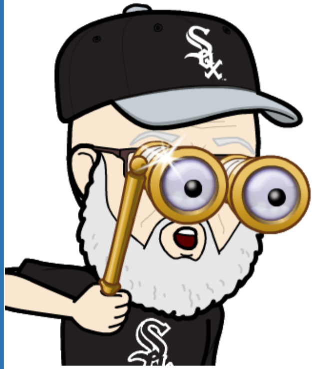
$$n_{25} = \frac{1800 \times 30}{28,84} \times \sqrt{\frac{25,75}{22}} \cong 2026rpm$$



Valores de C

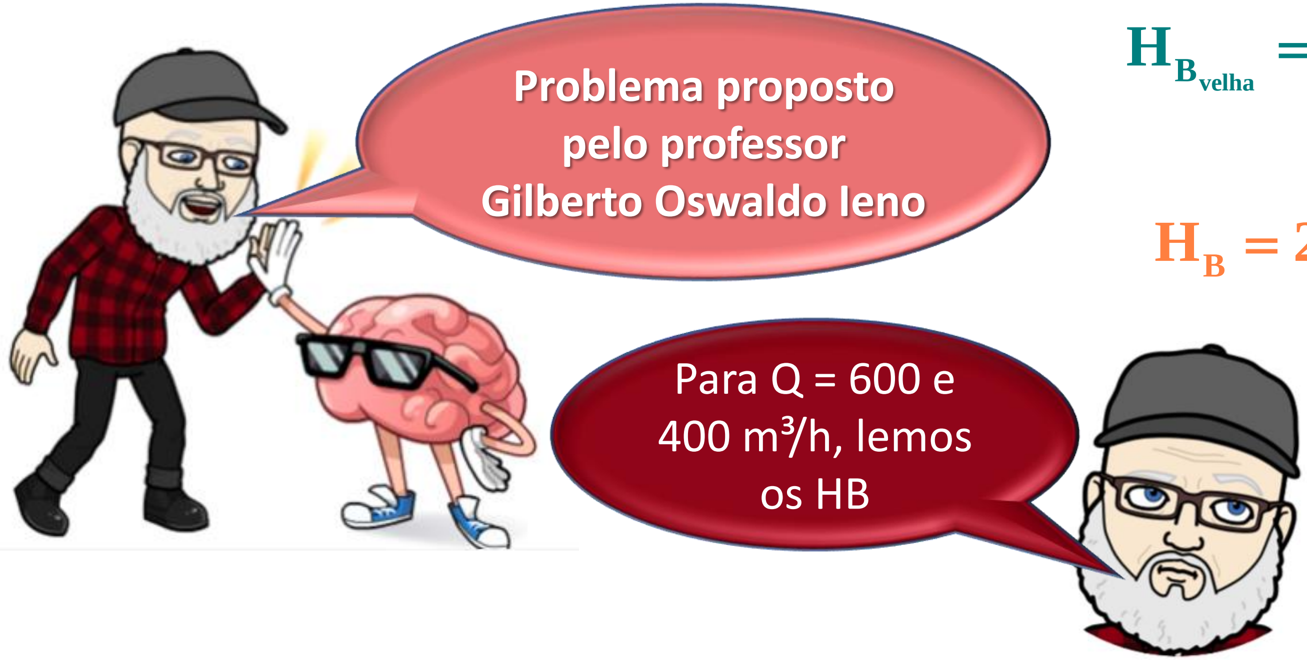
diâmetro (m) / anos	0,10 4"	0,15 6"	0,20 8"	0,25 10"	0,30 12"	0,35 14"	0,40 16"	0,45 18"	0,50 20"	0,60 24"	0,75 30"	0,90 36"	1,05 42"	1,50 60"
0	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
5	117	118	119	120	120	120	120	120	120	120	121	122	122	122
10	106	108	109	110	110	110	111	112	112	112	113	113	113	113
15	96	100	102	103	103	103	104	104	105	105	106	106	106	106
20	88	93	94	96	97	97	98	98	99	99	100	100	100	100
25	81	86	89	91	91	91	92	92	93	93	94	94	94	95
30	75	80	83	85	86	86	87	87	88	89	90	90	90	91
35	70	75	78	80	82	82	83	84	85	85	86	86	87	88
40	64	71	74	76	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84
45	60	67	71	73	75	76	76	77	77	78	78	78	80	81
50	56	63	67	70	71	72	73	73	74	75	76	76	77	78

para FoFo



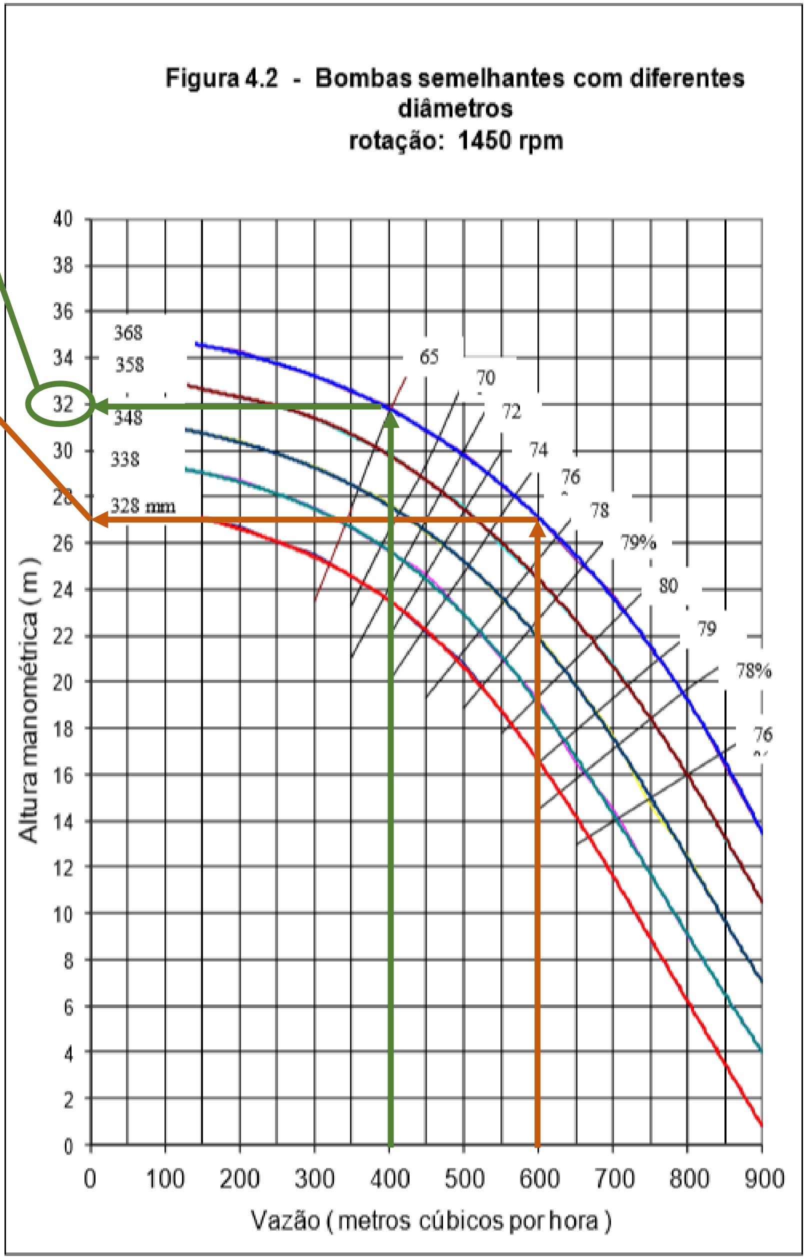
Fatores de correção K para diferentes valores do coeficiente C da fórmula de Hazen-Williams

C	K	C	K	C	K	C	K
40	*5,547*	*70*	*1,936*	*100*	*1,000*	*130*	*0,615*
41	5,213	71	1,886	101	0,982	131	0,606
42	4,986	72	1,827	102	0,964	132	0,598
43	4,772	73	1,791	103	0,947	133	0,590
44	4,574	74	1,747	104	0,930	134	0,852
45	4,388	75	1,704	105	0,914	135	0,574
46	4,213	76	1,662	106	0,898	136	0,566
47	4,048	77	1,623	107	0,882	137	0,558
48	3,893	78	1,584	108	0,867	138	0,551
49	3,748	79	1,547	109	0,852	139	0,543
50	3,610	80	1,512	110	0,838	140	0,536
51	3,480	81	1,477	111	0,824	141	0,529
52	3,370	82	1,444	112	0,811	142	0,522
53	3,241	83	1,412	113	0,797	143	0,516
54	3,131	84	1,381	114	0,785	144	0,509
55	3,026	85	1,351	115	0,772	145	0,503
56	3,927	86	1,322	116	0,760	146	0,496
57	2,832	87	1,294	117	0,748	147	0,490
58	2,742	88	1,267	118	0,736	148	0,484
59	2,657	89	1,241	119	0,725	149	0,478
60	2,576	90	1,215	120	0,713	150	0,472
61	2,498	91	1,191	121	0,703	151	0,466
62	2,424	92	1,167	122	0,692	152	0,461
63	2,353	93	1,144	123	0,682	153	0,455
64	2,285	94	1,121	124	0,671	154	0,449
65	2,221	95	1,100	125	0,661	155	0,444
66	2,159	96	1,079	126	0,652	156	0,439
67	2,099	97	1,058	127	0,642	157	0,434
68	2,043	98	1,038	128	0,633	158	0,429
69	1,988	99	1,019	129	0,624	159	0,424



$H_{B_{velha}} = 32m$

$H_B = 27m$



A bomba de diâmetro 368 mm da Figura 4.2 funciona em uma instalação que eleva a água até 18 m de altura em uma tubulação de 1800 m, incluindo os comprimentos equivalentes. Calcular o diâmetro desta instalação, sabendo que a vazão é de 600 m³/h no início de seu funcionamento (instalação nova de FoFo). Calcular, aproximadamente, a idade da instalação, funcionando com a mesma bomba, sabendo que sua vazão ficou reduzida para 400 m³/h.

$$H_B = H_{estática} + Hp \Rightarrow 27 = 18 + Hp \therefore Hp = 9m$$

$$H_p = \frac{10,643 \times L_{total}}{C^{1,85} \times D_H^{4,87}} \times Q^{1,85} \Rightarrow J = \frac{H_p}{L_{total}} \Rightarrow \quad Q = 0,279 \times C \times D_H^{2,63} \times J^{0,54}$$

$$\frac{600}{3600} = 0,279 \times C \times D_H^{2,63} \times \left(\frac{9}{1800}\right)^{0,54}$$

Material dos tubos	Valores de C
Ferro fundido novo	130

$$\left(\frac{600 \times 1800^{0,54}}{3600 \times 0,279 \times 130 \times 9^{0,54}}\right)^{\frac{1}{2,63}} = D_H$$

$$D_H = D_{int} \cong 0,3834m = 383,4mm$$

Pela tabela normalizada para tubo de FoFo, podemos considerar:

$$D_N = 350mm \Rightarrow D_N = 14''$$

Tubos de ferro fundido

diâmetros em milímetro					
nominal	externo	internos típicos classes de pressão (mCA)			
		10	15	20	25
75	100,58	87,88	87,88	87,88	87,88
100	121,92	108,71	108,71	108,71	108,71
150	176,26	162,56	162,56	162,56	162,56
200	229,87	216,15	216,15	216,15	216,15
250	281,94	267,21	267,21	267,21	267,21
300	335,28	319,53	319,53	319,53	319,53
350	388,62	371,86	371,86	371,86	371,83
400	441,96	424,69	424,69	424,69	424,69
450	495,30	477,52	477,52	477,52	477,52
500	548,64	530,35	530,35	530,35	528,83
600	655,32	636,02	636,02	634,49	632,97
750	812,80	792,99	792,99	788,92	786,89
900	972,82	950,98	950,98	945,90	943,36
1000	1130,30	1106,42	1106,42	1100,33	1097,28

Ref.: Adaptado de ANSI A21.51 (1976)

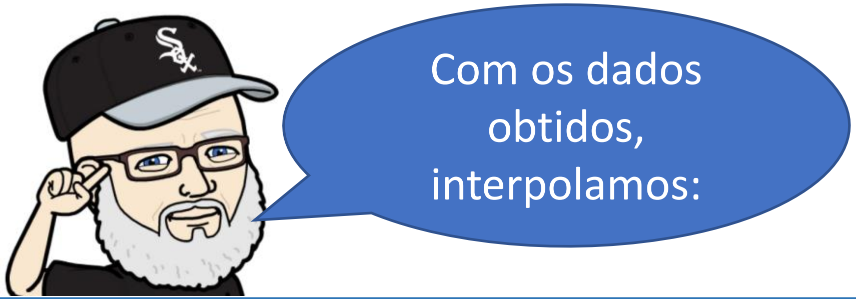
$$H_{B_{velho}} = H_{estática} + Hp \Rightarrow 32 = 18 + Hp_{inst_{velha}} \therefore Hp_{inst_{velha}} = 14m$$

$$Q = 0,279 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,54} \quad \therefore \frac{400}{3600} = 0,279 \times C_{velho} \times 0,37186^{2,63} \times \left(\frac{14}{1800}\right)^{0,54}$$

$$\frac{400 \times 1800^{0,54}}{3600 \times 0,279 \times 0,37186^{2,63} \times 14^{0,54}} = C_{velho} \Rightarrow C_{velho} \cong 74$$

diâmetro (m) / anos	0,10 4"	0,15 6"	0,20 8"	0,25 10"	0,30 12"	0,35 14"
0	130	130	130	130	130	130
5	117	118	119	120	120	120
10	106	108	109	110	110	110
15	96	100	102	103	103	103
20	88	93	94	96	97	97
25	81	86	89	91	91	91
30	75	80	83	85	86	86
35	70	75	78	80	82	82
40	64	71	74	76	78	78
45	60	67	71	73	75	76
50	56	63	67	70	71	72

Valores de C para o FoFo



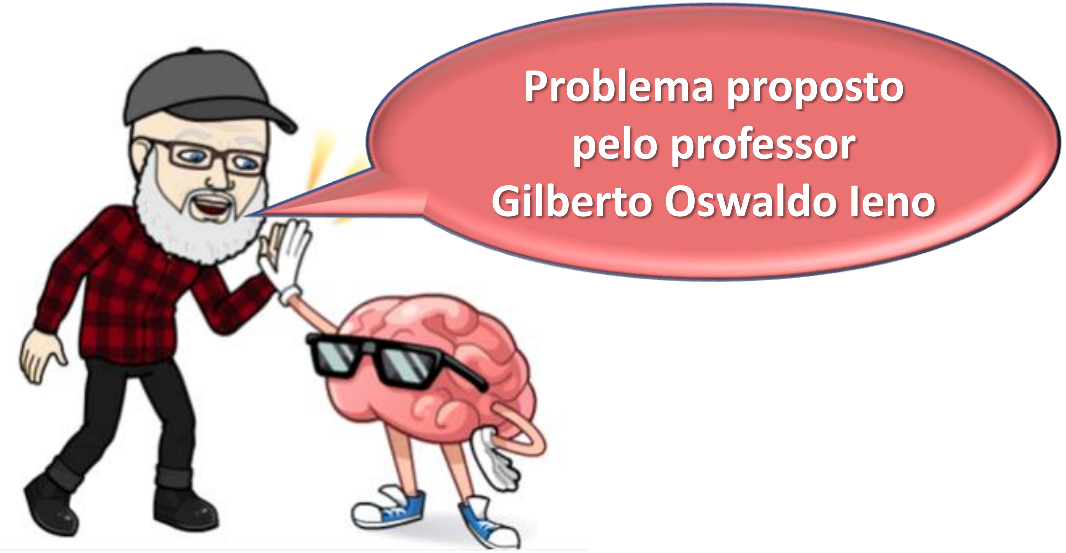
$$45 \leftrightarrow 75$$
$$x \leftrightarrow 74$$
$$50 \leftrightarrow 72$$

$$\frac{x-50}{45-50} = \frac{74-72}{76-72} \therefore x = 47,5anos$$

Valores de C

diâmetro (m) / anos	0,10 4"	0,15 6"	0,20 8"	0,25 10"	0,30 12"	0,35 14"	0,40 16"	0,45 18"	0,50 20"	0,60 24"	0,75 30"	0,90 36"	1,05 42"	1,50 60"
0	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
5	117	118	119	120	120	120	120	120	120	120	121	122	122	122
10	106	108	109	110	110	110	111	112	112	112	113	113	113	113
15	96	100	102	103	103	103	104	104	105	105	106	106	106	106
20	88	93	94	96	97	97	98	98	99	99	100	100	100	100
25	81	86	89	91	91	91	92	92	93	93	94	94	94	95
30	75	80	83	85	86	86	87	87	88	89	90	90	90	91
35	70	75	78	80	82	82	83	84	85	85	86	86	87	88
40	64	71	74	76	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84
45	60	67	71	73	75	76	76	77	77	78	78	78	80	81
50	56	63	67	70	71	72	73	73	74	75	76	76	77	78

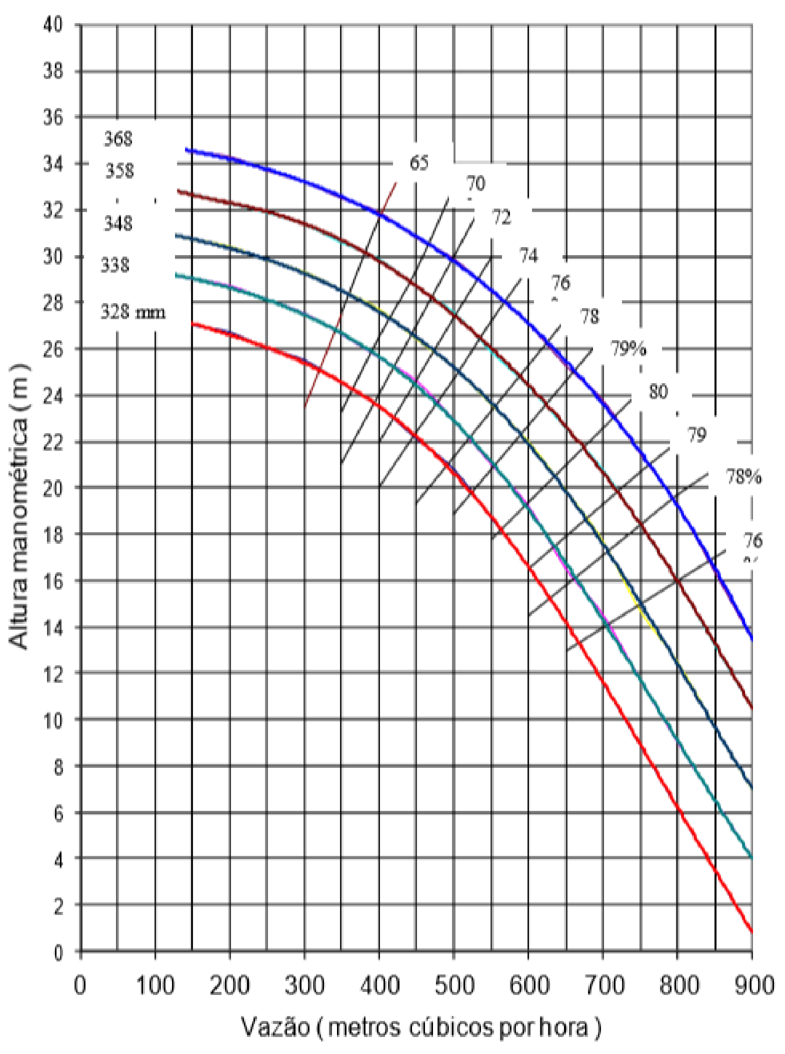
para FoFo



Uma instalação de bombeamento tem 2250m de comprimento, apresenta perdas singulares cujos comprimentos equivalentes somam 450 m. A instalação tem diâmetro de 14" de FoFo e a distância vertical entre os dois reservatórios é de 16 m. Pede-se: **1** - Traçar a curva da instalação na situação do início de seu funcionamento. **2** - Verificar a potência no eixo da bomba de diâmetro D = 328mm da Figura 4.2, funcionando na instalação do item **1** deste problema. **3** - Desejando-se reduzir a vazão para 150 m^3/h , verificar qual o novo comprimento equivalente da válvula , funcionando com a mesma bomba, sabendo que o seu comprimento equivalente original é de 45m. **4** - Verificar qual a idade da instalação, funcionando com a válvula na situação inicial, para que a vazão seja reduzida para 150 m^3/h.

Resolver utilizando a fórmula de Hazen-Williams.

Figura 4.2 - Bombas semelhantes com diferentes diâmetros
rotação: 1450 rpm



$$H_B = H_{estática} + Hp$$

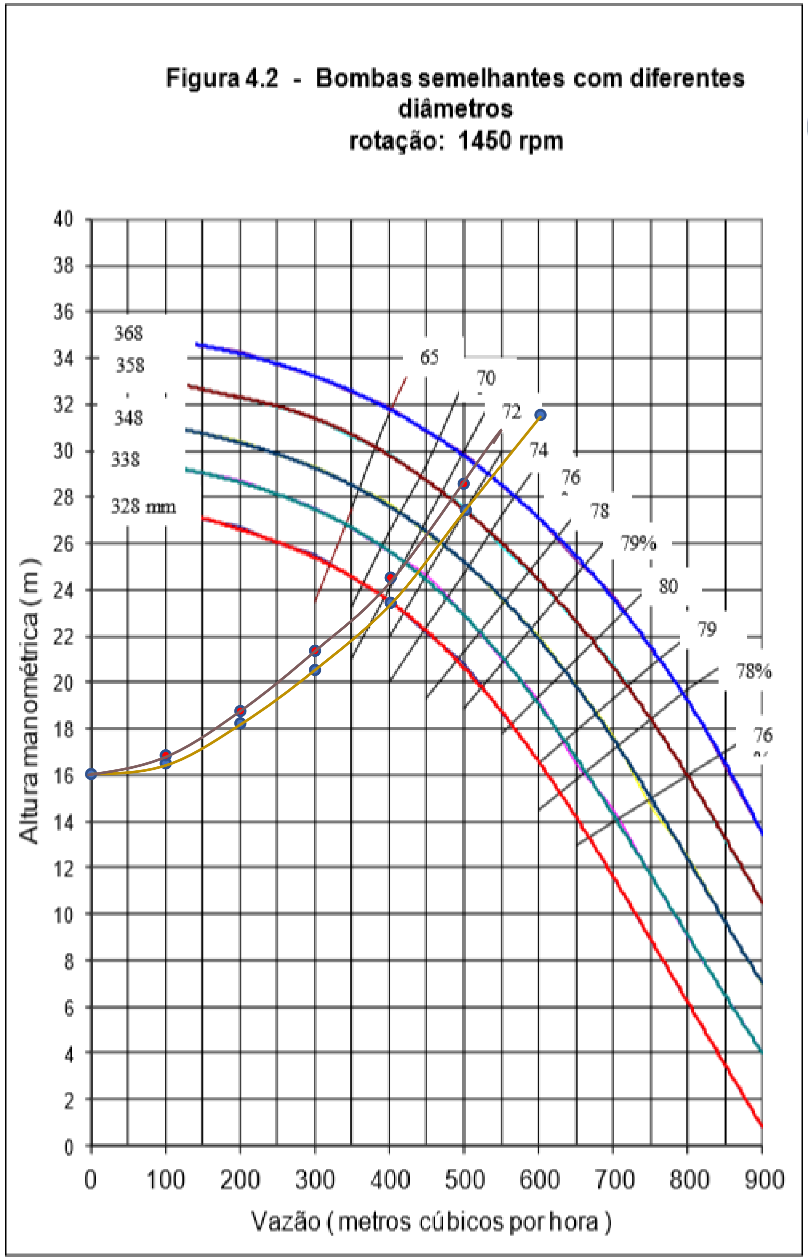
$$H_B = 16 + Hp$$

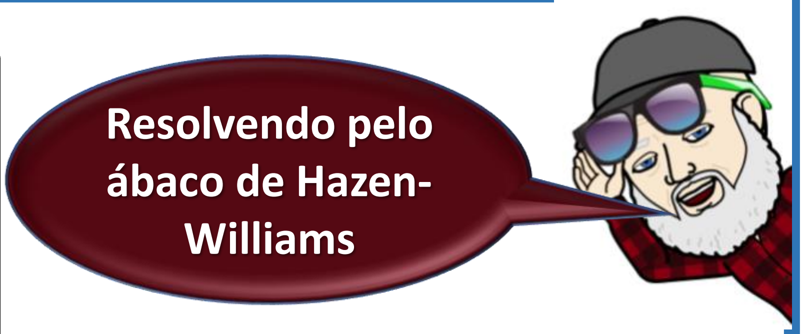
$$Hp = \frac{10,643 \times L_{total}}{C^{1,85} \times D_H^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$Hp = \frac{10,643 \times 2700}{130^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$H_B = 16 + 436,4 \times Q^{1,85}$$

Q_m (m³/h)	HB_m (m)
0	16,0
100	16,6
200	18,1
300	20,4
400	23,5
500	27,3
600	31,9





$$Hp = L_{total} \times J_C$$

$$J_C = K \times J_{100} = 0,615 \times J_{100}$$

$$Hp = 2,7 \times 0,615 \times J_{100}$$

$$Hp = 1,6605 \times J_{100}$$

Q_m (m³/h)	J_{100} (m/km)	HB_m (m)
0	0	16
100	0,4	16,7
200	1,7	18,8
300	3,2	21,3
400	5	24,3
500	7,5	28,5

Uma das possibilidades de solução seria ler as respostas no gráfico!

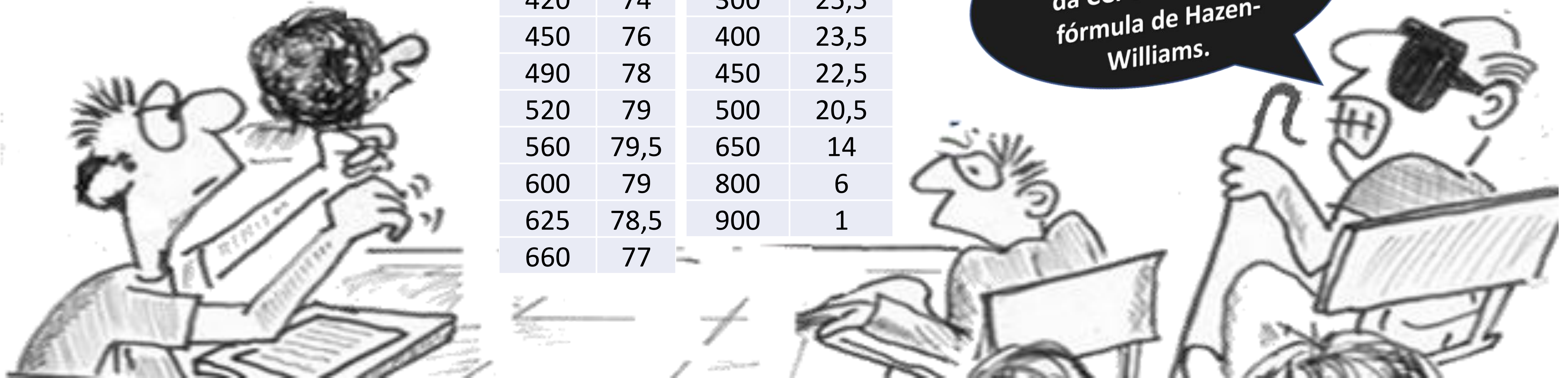
Pelo Excel!

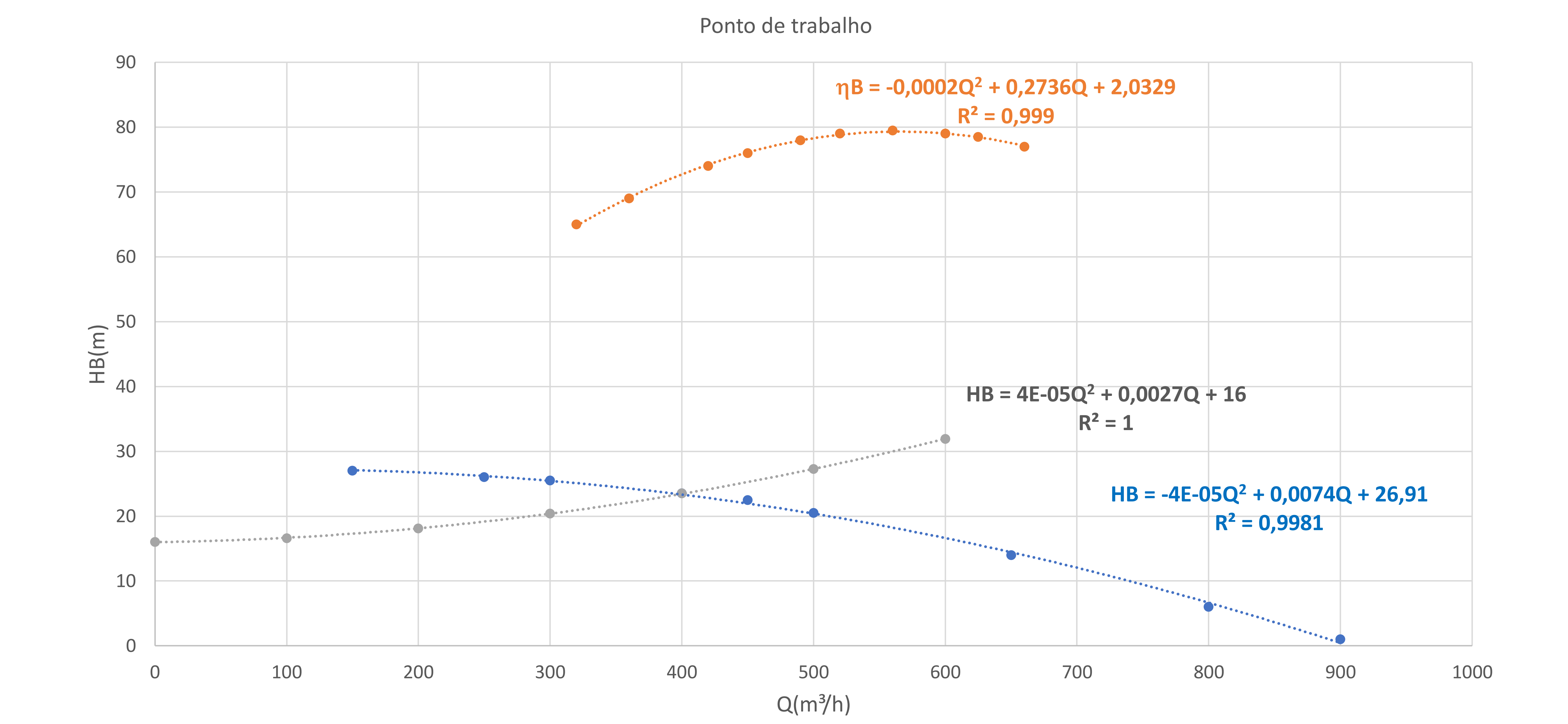
A outra seria recorrer ao Excel e aí temos que ler os valores da bomba e que resultam em tabelas para utilizar no Excel!

Q(m³/h)	η_B(m)
320	65
360	69
420	74
450	76
490	78
520	79
560	79,5
600	79
625	78,5
660	77

Q(m³/h)	HB(m)
150	27
250	26
300	25,5
400	23,5
450	22,5
500	20,5
650	14
800	6
900	1

Nesse caso, vamos considerar os valores da CCI obtidos pela fórmula de Hazen-Williams.




Ponto de trabalho
ηB = -0,0002Q² + 0,2736Q + 2,0329
R² = 0,999
HB = 4E-05Q² + 0,0027Q + 16
R² = 1
HB = -4E-05Q² + 0,0074Q + 26,91
R² = 0,9981
HB(m)
Q(m³/h)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000

$$4\times10^{-5}Q^2+0,0027Q+16=-4\times10^{-5}Q^2+0,0074Q+26,91$$

$$8\times10^{-5}Q^2-0,0047Q-10,91=0$$

$$Q_\tau=\frac{0,0047+\sqrt{(-0,0047)^2+4\times8\times10^{-5}\times10,91}}{2\times8\times10^{-5}}\cong399,8\frac{m^3}{h}$$

$$HB_\tau=4\times10^{-5}\times399,8^2+0,0027\times399,8+16\Rightarrow HB_\tau\cong23,5m$$

$$\eta_{B_\tau}=-0,0002\times399,8^2+0,2736\times399,8+2,0329\Rightarrow\eta_{B_\tau}\cong79,5\%$$

$$\therefore NB_\tau=\frac{\gamma\times Q_\tau\times HB_\tau}{\eta_{B_\tau}}=\frac{1000\times9,8\times\left(399,8/3600\right)\times23,5}{0,795}\cong32171,2W$$

Reduzindo a vazão para 150 m³/h com fechamento parcial da válvula contoladora da vazão, temos:

$$HB_{\tau} = -4\times10^{-5}\times150^{2}+0,0074\times150+26,91 \Rightarrow HB_{\tau} \cong 27,12\text{m}$$

$$H_{B} = H_{estática} + Hp \Rightarrow 27,12 = 16 + Hp \therefore Hp \cong 11,12\text{m}$$

$$Hp = \frac{10,643\times L_{total}}{130^{1,85}\times0,37186^{4,87}}\times Q^{1,85} \Rightarrow 11,12 = \frac{10,643\times L_{total}}{130^{1,85}\times0,37186^{4,87}}\times\left(\frac{150}{3600}\right)^{1,85}$$

$$\therefore L_{total} \cong 24602,2\text{m}$$

$$L_{total} \cong 24602,2\text{m} = \left(2250+405+Leq_{novo_{válv}}\right) \therefore Leq_{novo_{válv}} \cong 21947,2\text{m}$$

Reduzindo a vazão para 150 m³/h só com o envelhecimento da instalação, temos:

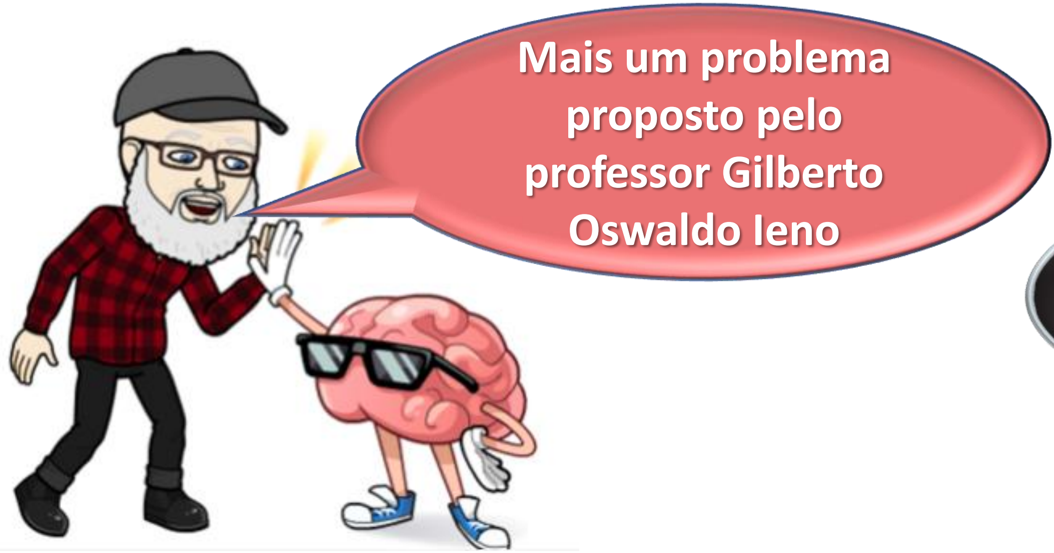
$$HB_{\tau} = -4 \times 10^{-5} \times 150^{2} + 0,0074 \times 150 + 26,91 \Rightarrow HB_{\tau} \cong 27,12\text{m}$$

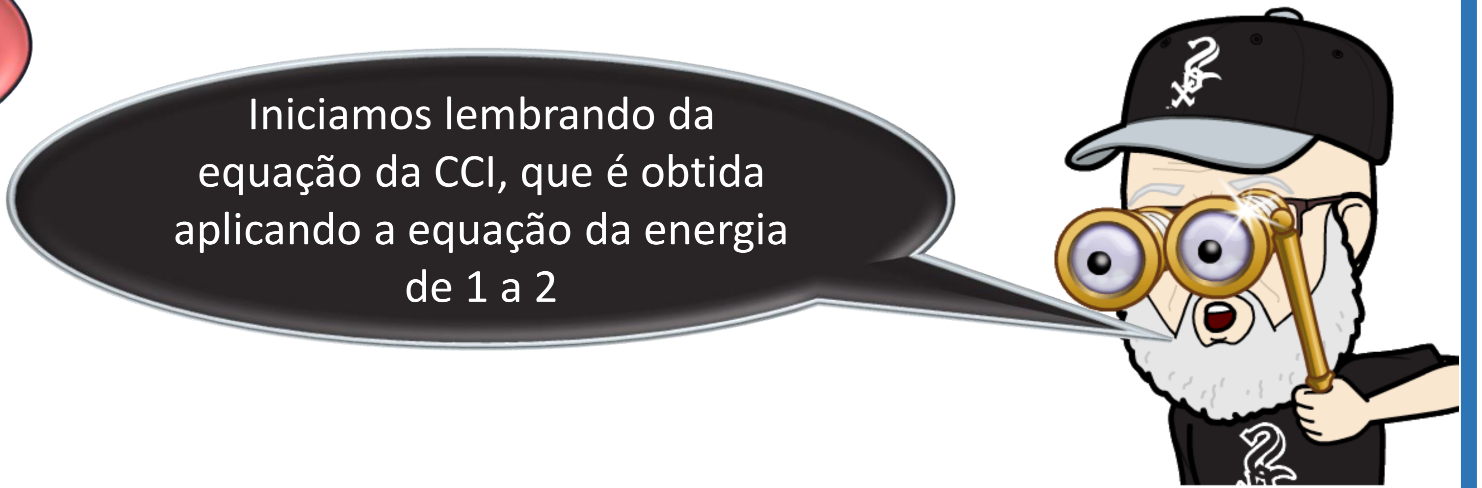
$$H_{B} = H_{\text{estática}} + Hp \Rightarrow 27,12 = 16 + Hp \therefore Hp \cong 11,12\text{m}$$

$$Hp = \frac{10,643 \times L_{\text{total}}}{C^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times Q^{1,85} \Rightarrow 11,12 = \frac{10,643 \times 2700}{C_{\text{velho}}^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times \left(\frac{150}{3600}\right)^{1,85}$$

$$\therefore C_{\text{velho}}^{1,85} = 893,6845451 \Rightarrow C_{\text{velho}} \cong 39,4$$

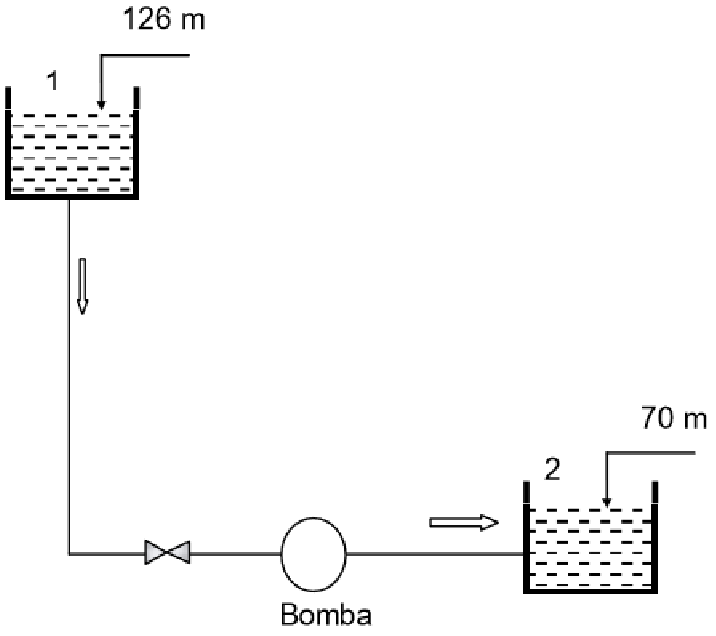
PORTANTO A INSTALAÇÃO TERÁ MAIS QUE 50 ANOS JÁ QUE COM 50 ANOS O C SERIA 72

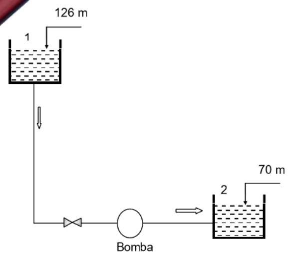




Na instalação da figura, a bomba deverá funcionar com a altura manométrica de 18 m. O comprimento da tubulação é de 1200 m e as singularidades somam 346 m. Sabendo que o diâmetro da tubulação de FoFo é de 14", pede-se: 1 - Calcular a vazão que deverá passar pela instalação no início do seu funcionamento. 2 - Passados 20 anos, para que a instalação funcione com a mesma vazão, calcular a altura manométrica da bomba e a potência no seu eixo.

Dado: Rendimento da bomba: 75%.





$$H_B = H_{estática} + Hp$$

$$H_{estática} = (z_2 - z_1) + \frac{(p_2 - p_1)}{\gamma}$$

$$H_{estática} = (0 - (126 - 70)) + 0 = -56m$$

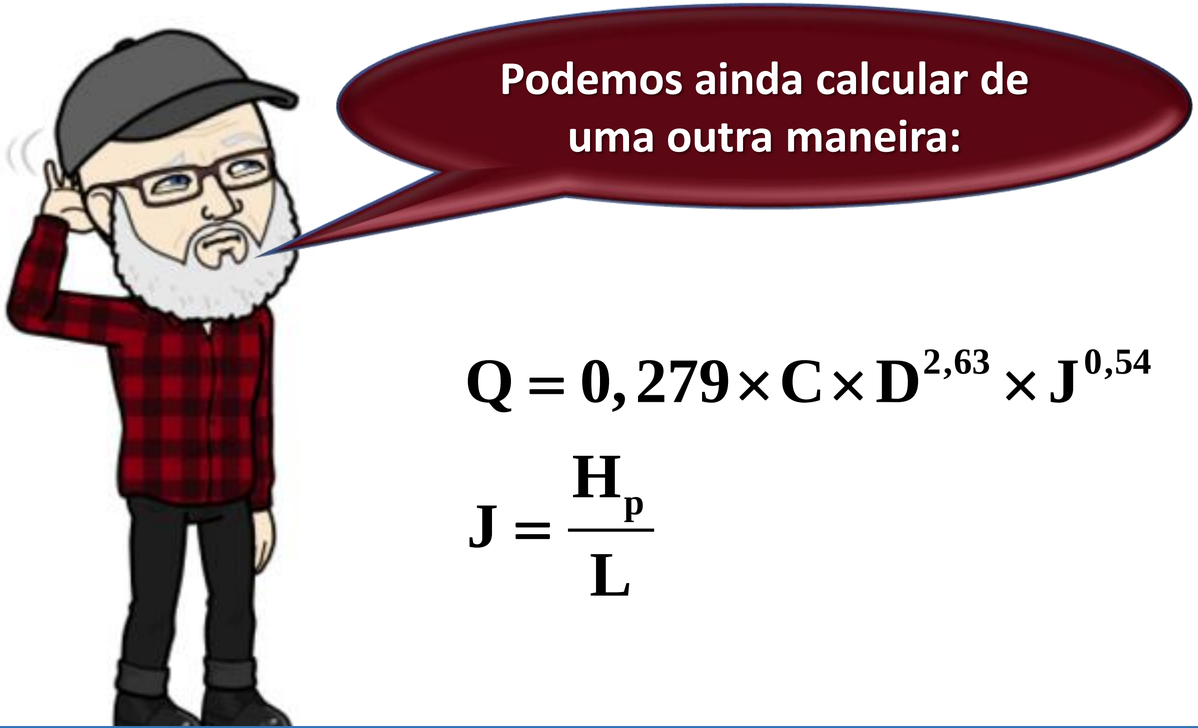
$$\therefore 18 = -56 + Hp \Rightarrow Hp = 74m$$

Fórmula de Hazen-Williams

$$Hp = \frac{10,643 \times L_{total}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$74 = \frac{10,643 \times (1200 + 346)}{130^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$Q \cong 0,518 \frac{m^3}{s} = 518 \frac{L}{s}$$



$$Q = 0,279 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,54}$$

$$J = \frac{H_p}{L}$$

$$Q = 0,279 \times 130 \times 0,37186^{2,63} \times \left(\frac{74}{1200 + 346}\right)^{0,54}$$

$$Q \cong 0,520 \frac{m^3}{s} = 520 \frac{L}{s}$$

diâmetro (m) / anos	0,10 4”	0,15 6”	0,20 8”	0,25 10”	0,30 12”	0,35 14”	0,40 16”	0,45 18”	0,50 20”	0,60 24”	0,75 30”	0,90 36”	1,05 42”	1,50 60”
20	88	93	94	96	97	97	98	98	99	99	100	100	100	100

$$Hp = \frac{10,643 \times L_{total}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$Hp = \frac{10,643 \times (1200 + 346)}{97^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times 0,518^{1,85} \therefore Hp \cong 127,2m$$

$$H_B = H_{estática} + Hp \rightarrow H_{estática} = (z_2 - z_1) + \frac{(p_2 - p_1)}{\gamma}$$

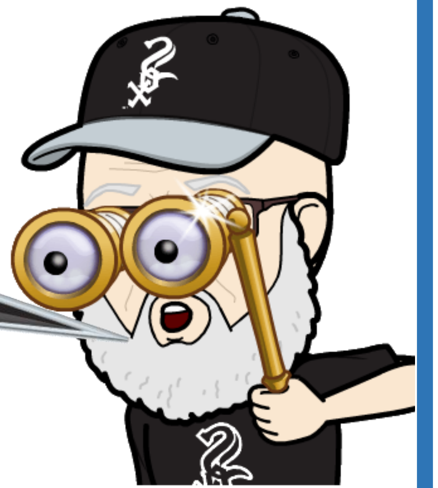
$$H_{estática} = (0 - (126 - 70)) + 0 = -56m$$

$$\therefore H_{B_{20}} = -56 + 127,2 \Rightarrow H_{B_{20}} = 71,2m$$

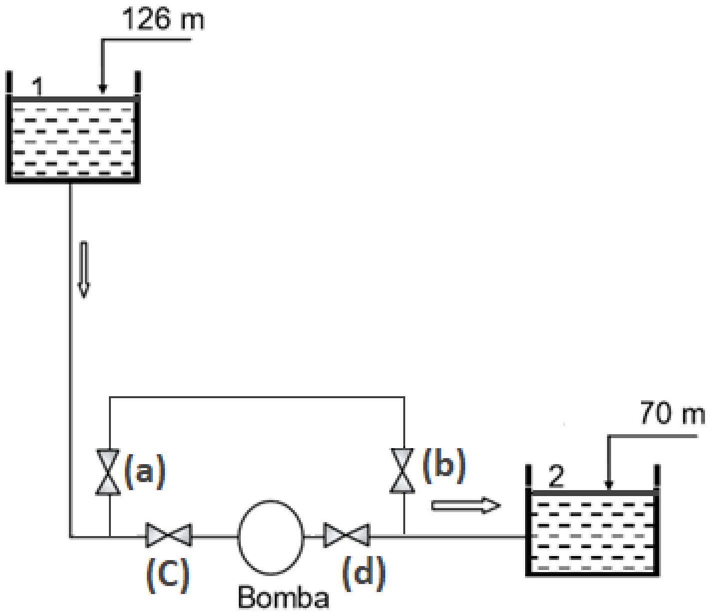
$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} = \frac{1000 \times 9,8 \times 0,518 \times 72,1}{0,75} \cong 488011,3W$$

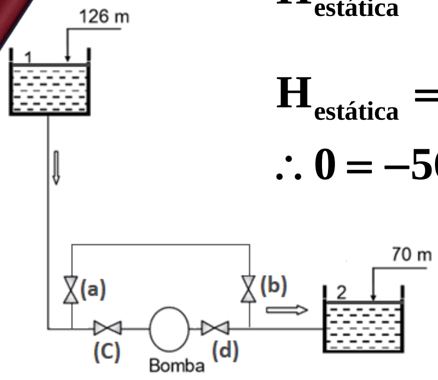
Mais um problema, alicerçado em um proposto pelo professor Gilberto Oswaldo Ieno

Iniciamos lembrando da equação da CCI sem bomba, que é obtida aplicando a equação da energia de 1 a 2



A instalação da figura deverá funcionar inicialmente sem bomba. As válvulas (a) e (b) encontram-se abertas, enquanto as válvulas (c) e (d) estão fechadas, e a água escoa naturalmente. O comprimento da tubulação neste caso é de 1200 m e as singularidades somam 346 m. Sabendo que o diâmetro dos tubos de FoFo é de 14”, pede-se: 1 - Calcular a vazão que deverá passar pela instalação no início do seu funcionamento. 2 - Passados 20 anos, calcular a nova vazão que deverá passar pela instalação. 3 - Qual a potência de uma bomba, necessária para restabelecer a vazão original, neste caso as válvulas (a) e (b) estão fechadas e as válvulas (c) e (d) abertas, onde o comprimento da tubulação é 1192m e as singularidades somam 340 m? Dado: Rendimento da bomba: 75%.





$$H_B = H_{estática} + Hp$$

$$H_{estática} = (z_2 - z_1) + \frac{(p_2 - p_1)}{\gamma}$$

$$H_{estática} = (0 - (126 - 70)) + 0 = -56m$$

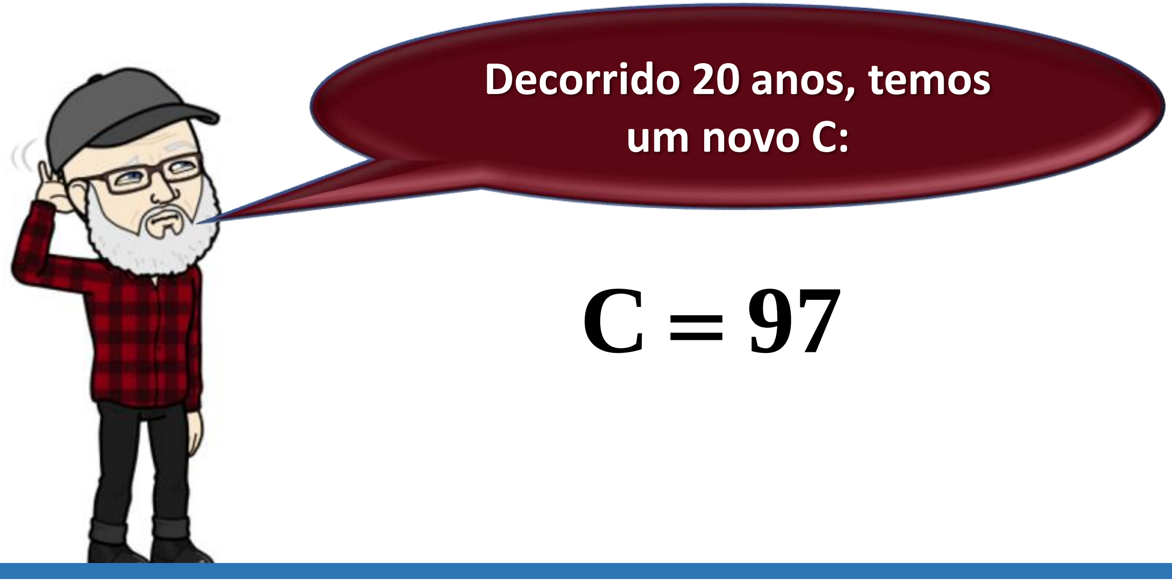
$$\therefore 0 = -56 + Hp \Rightarrow Hp = 56m$$

Fórmula de Hazen-Williams

$$Hp = \frac{10,643 \times L_{total}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$56 = \frac{10,643 \times (1200 + 346)}{130^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$Q \cong 0,446 \frac{m^3}{s} = 446 \frac{L}{s}$$



$$C = 97$$

$$Hp = \frac{10,643 \times L_{total}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$56 = \frac{10,643 \times (1200 + 346)}{97^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$Q \cong 0,3325 \frac{m^3}{s} = 332,5 \frac{L}{s}$$

Instalação com 20 anos e com a vazão inicial de 446 L/s, temos que calcular a perda de carga originada:

$$Hp = \frac{10,643 \times L_{total}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times Q^{1,85}$$

$$Hp = \frac{10,643 \times (1192 + 340)}{97^{1,85} \times 0,37186^{4,87}} \times 0,446^{1,85} \therefore Hp \cong 95,6m$$

$$H_B = H_{estática} + Hp \Rightarrow H_{estática} = (z_2 - z_1) + \frac{(p_2 - p_1)}{\gamma}$$

$$H_{estática} = (0 - (126 - 70)) + 0 = -56m \therefore H_B = -56 + 95,6 = 39,6m$$

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} = \frac{1000 \times 9,8 \times 0,446 \times 39,6}{0,75} \cong 230778,2W$$