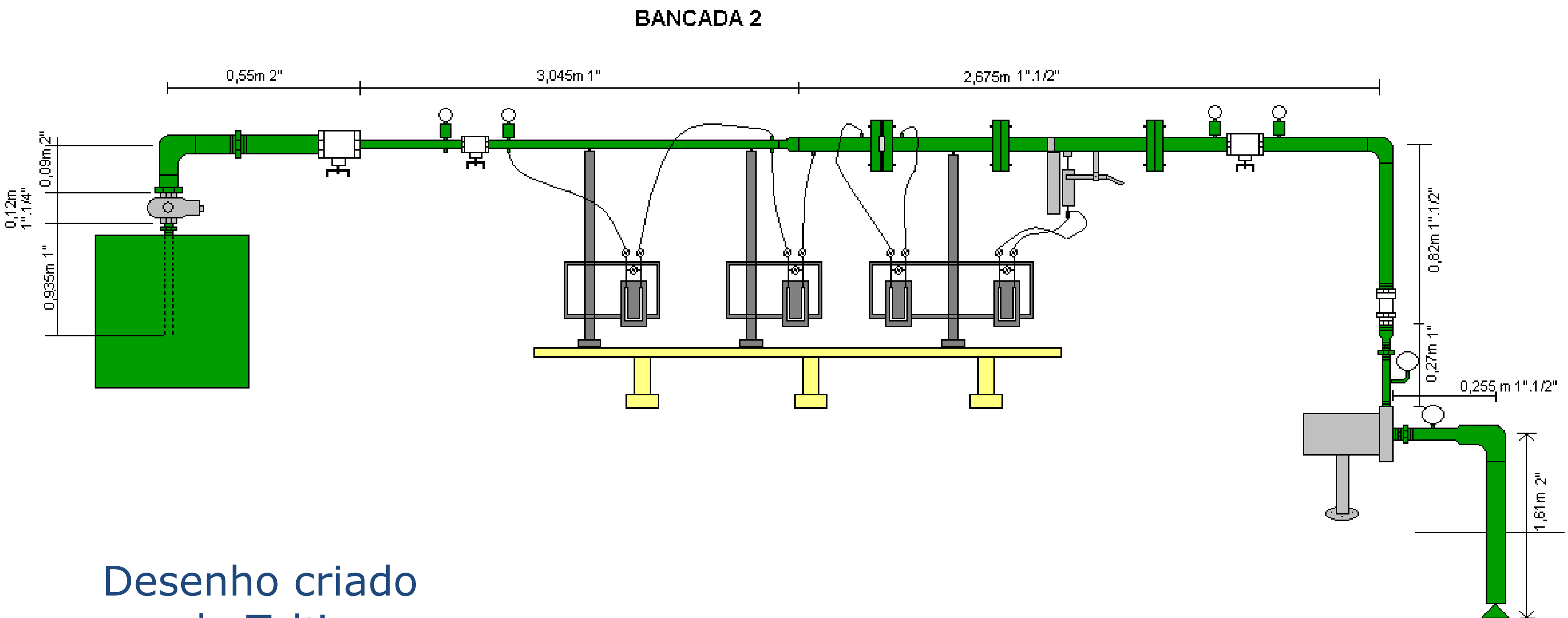
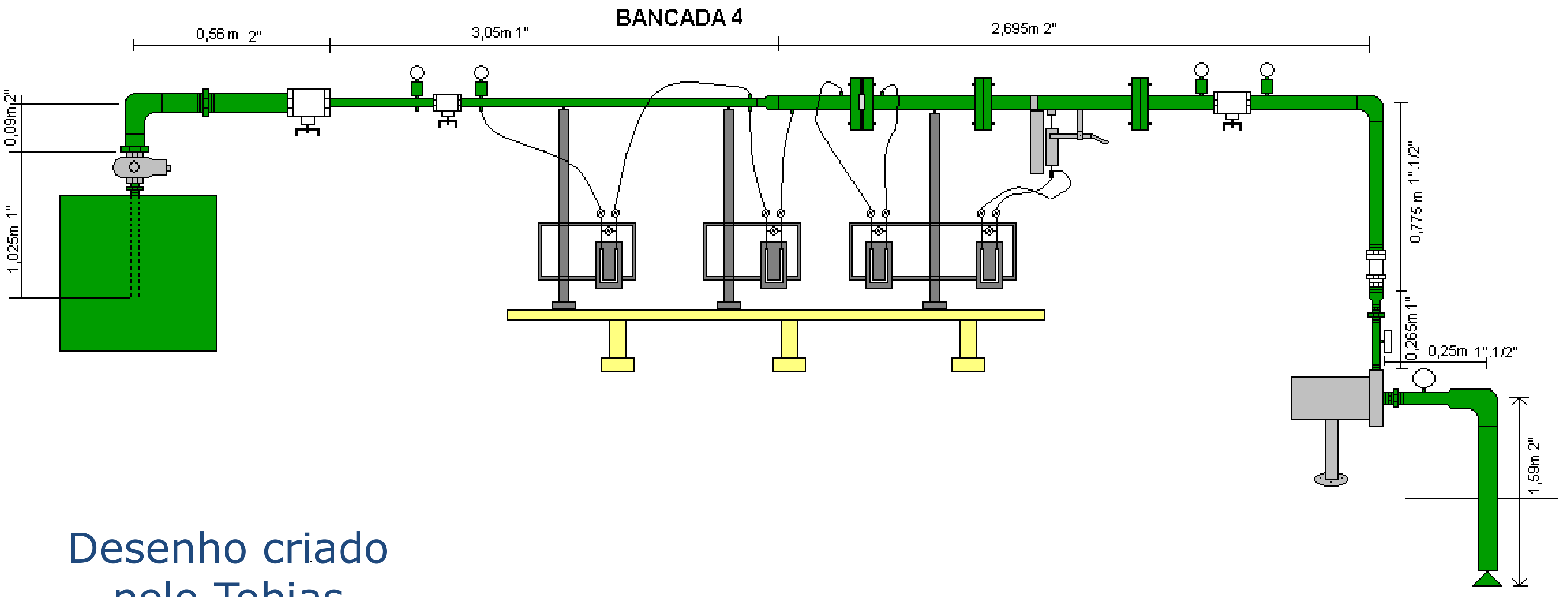
Correção da quarta atividade
Exemplo: considerando a bancada 2 e 4

Aula de ME5330 em 17/03/2009



Desenho criado pelo Tobias Romanelli



Desenho criado pelo Tobias Romanelli

Primeira parte

Determinação experimental do comprimento equivalente da válvula gaveta de 1” para a vazão máxima do escoamento e comparar este valor com o Leq tabelado.


26 3 2008

Manoel determinando a vazão máxima.

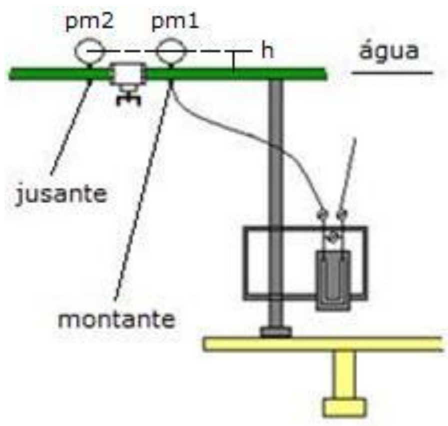
$$Q = \frac{V}{t} = \frac{A_{reservatório} \times \Delta h}{t} = \frac{0{,}546 \times \Delta h}{t}$$

A solução é iniciada com a determinação da vazão máxima.

$$Q = \frac{\Delta h \times A_{reservatório}}{\Delta t} = \frac{\Delta h \times 0{,}546}{\Delta t}$$

Bancada	Δh (mm)	Δt (s)	Q (m³/s)	Q(l/s)
2	100	22,7	0,002406	2,41
4	100	20,58	0,002653	2,65

Em seguida aplica-se a equação da energia entre a seção imediatamente a montante e imediatamente a jusante da válvula gaveta de 1”



$$H_{montante} = H_{jusante} + h_{s_{válvula}}$$

$$montante = 1$$

$$jusante = 2$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \times v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \times v_2^2}{2g} + h_{s_{válvula}}$$

$$h_{s_{válvula}} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

Portanto, da bancada para a vazão máxima se obteve:

Bancada	Pm1 (psi)	Pm2 (psi)
2	8,5	6
4	11,5	9

Considerando a água a 20^0C e a aceleração da gravidade igual a 9,8 m/s², tem-se:

$\rho_{água}$ (kg/m³)	$\nu_{água}$ (m²/s)	$\gamma_{água}$ (N/m³)	$\mu_{água}$ (Pa*s)
998,2	1,004e-6	9782,36	1,002e-3

Como trata-se de uma tubulação de aço 40 com diâmetro nominal de 1”, tem-se:

K(m)	D_{int} (mm)	A (cm²)
4,8e-5	26,6	5,57

Portanto:

Q(m³/h)	v(m/s)	Re	$f_{Haaland}$	$f_{Swamee\ e\ Jain}$	$f_{Churchill}$	$f_{planilha}$
8,7	4,33	114655	0,0242	0,0246	0,0246	0,0244
9,5	4,76	126073	0,0241	0,0244	0,0245	0,0242

Cálculos da perda, do coeficiente de perda localizada e do comprimento equivalente.

$$v = \frac{Q}{A}$$

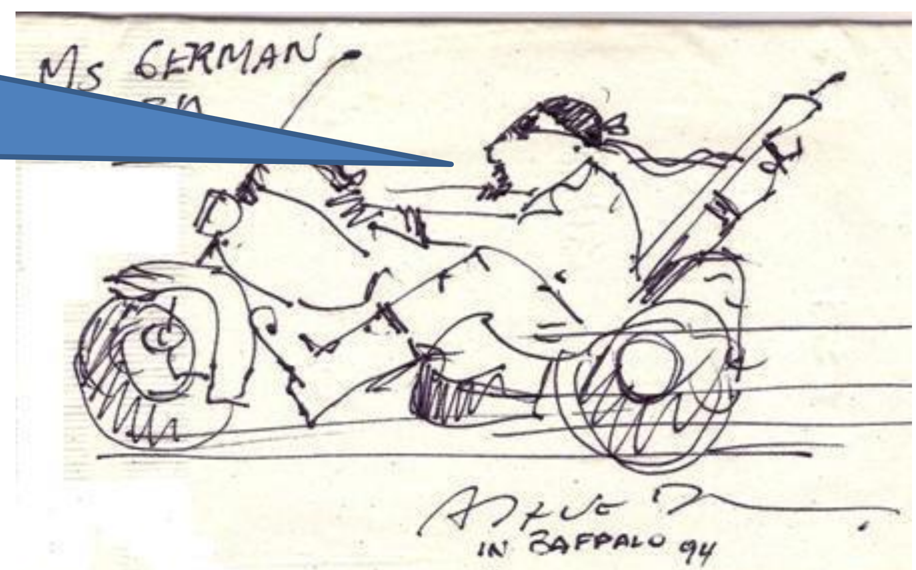
$$h_s = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} \rightarrow K_s = \frac{h_s \times 2g}{v^2} \rightarrow Leq = \frac{K_s \times D_H}{f}$$

Dados:										
Bancada	p1 (psi)	p2 (psi)	Δh (mm)	t(s)	Q (m^3/s)	A (cm^2)	D (mm)	g (m/s^2)	f	água (N/m^3
2	8,5	6	100	22,69	0,0024063	5,57	26,6	9,8	0,025	9782,36
4	11,5	9	100	20,58	0,0026531	5,57	26,6	9,8	0,024	9782,36
Cálculos:										
Bancada	v(m/s)	hs (m)	Ks	Leq (m)						
2	4,32	1,76	1,85	2,00						
4	4,76	1,76	1,52	1,65						

Comparação dos comprimentos equivalentes

Bancada	Leq_{calc} (m)	Leq_{MIPEL} (m)	Leq_{TUPY} (m)	Leq_{GOMIDE} (m)	Leqmacyntire (m)
2	2	0,33	0,2	0,2	0,3
4	1,65	0,33	0,2	0,2	0,3

Vamos acender um alerta, pois os valores tabelados são usados no desenvolvimento de projetos.

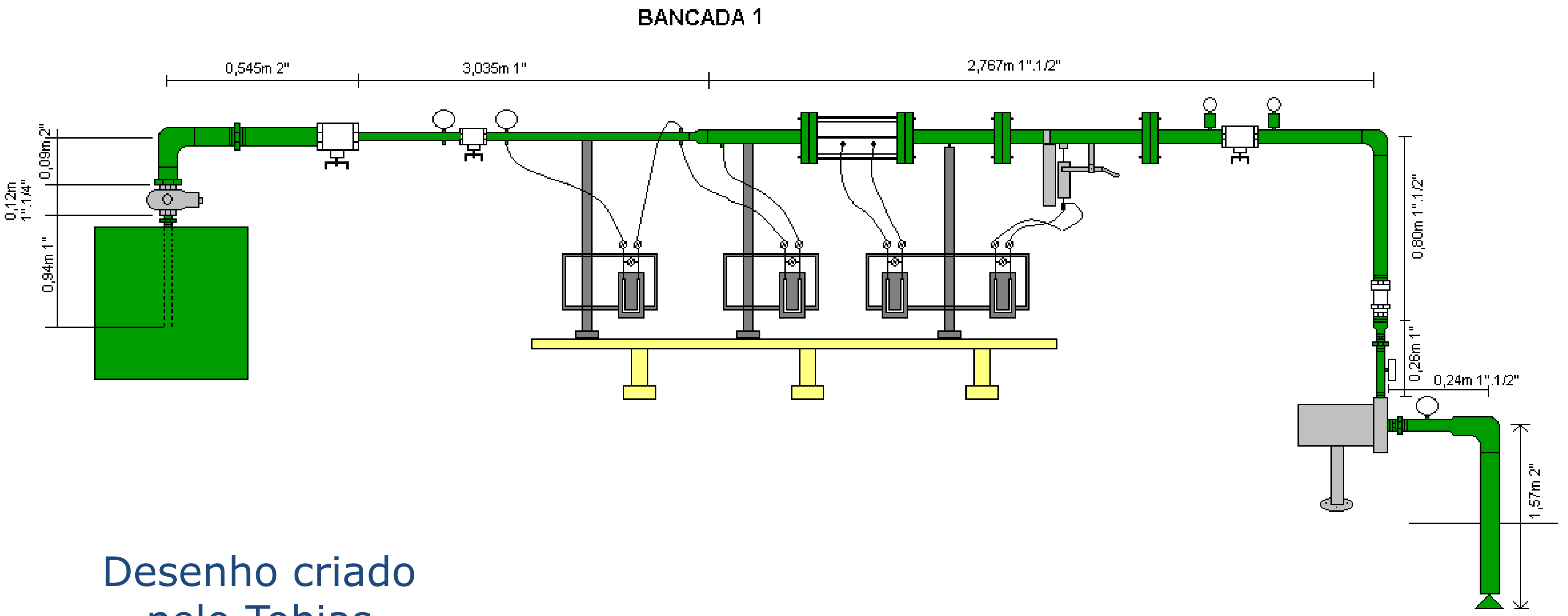


Segunda parte, considerando a bancada 1

Viabilizar o escoamento d'água a 10,3 m^3/h sem trocar a bomba INAPI

Vamos iniciar esta segunda parte determinando a carga estática

Adotando-se o plano horizontal de referência no nível de captação se tem $Z_{inicial} = 0$ e $Z_{crítico} = 225$ cm, onde $Z_{inicial}$ = cota da seção inicial da instalação e $Z_{crítico}$ = a maior cota a ser vencida na instalação, a qual deve ser considerada pelo menos no instante inicial, após entrar em regime pode-se considera a cota da seção final que no caso é $Z_{seção\_final} = 140$ cm que foi obtida considerando o nível d`água a 24 cm no medidor de nível do reservatório.

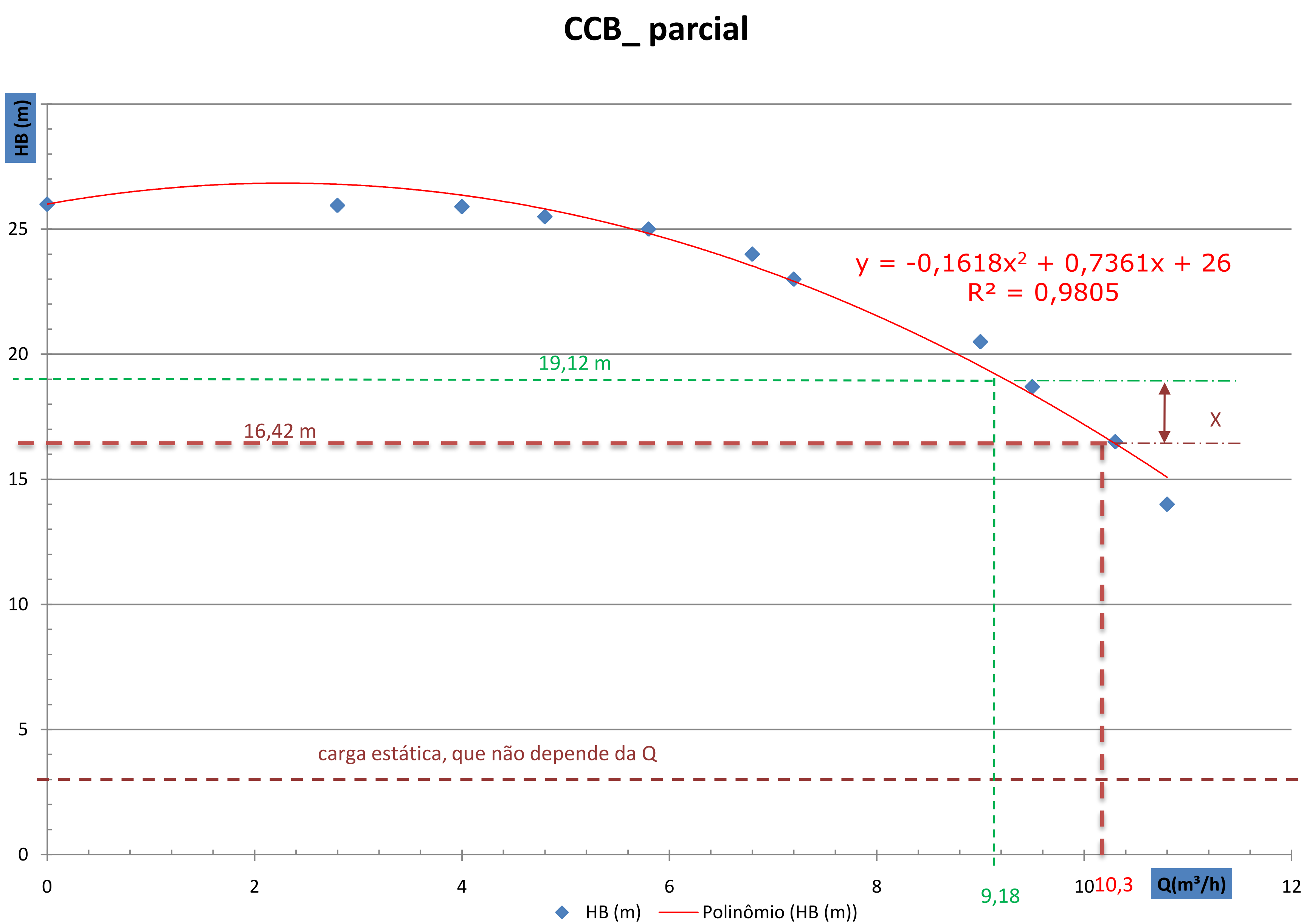


Desenho criado pelo Tobias Romanelli

CCB da INAPI obtida com a tabela abaixo

Q (m^3/h)	HB (m)
0	26
2,8	25,95
4	25,9
4,8	25,5
5,8	25
6,8	24
7,2	23
9	20,5
9,5	18,7
10,3	16,5
10,8	14

Com os dados do fabricante de $H_B = f(Q)$ no slide anterior tem-se a CCB parcial:



CCB_ parcial
HB (m)
y = -0,1618x² + 0,7361x + 26
R² = 0,9805
19,12 m
16,42 m
X
carga estática, que não depende da Q
0
5
10
15
20
25
0
2
4
6
8
10
12
9,18
10,3
Q(m³/h)
HB (m)
Polinômio (HB (m))

Aplicando-se a equação da energia da seção inicial a final, resulta:

$$H_{inicial} + H_B = H_{final} + Hp_{total}$$

Trabalhando na escala efetiva e com o escoamento em regime permanente:

$$H_B = (z_{crítica\_ou\_final} - z_{inicial}) + Hp_{total}$$

Neste caso, tem-se: $H_{estática} = (z_{crítica\_ou\_final} - z_{inicial})$, termo que não depende da Q

$$\therefore H_B = H_{estática} + Hp_{total}$$

Portanto considerando a vazão de 9,18m³/h tem-se uma perda de carga igual a:

$$H_B = -0{,}1618 \times 9{,}18^2 + 0{,}7361 \times 9{,}18 + 26 \cong 19{,}12m$$

Para o instante inicial

$$Hp_{total} = H_B - H_{estática} = 19{,}12 - 2{,}25 = 16{,}87m$$

Após entrar em regime:

$$Hp_{total} = H_B - H_{estática} = 19{,}12 - 1{,}4 = 17{,}72m$$

Para a vazão desejada, que no caso é 10,3 m, tem-se:

$$H_B = -0{,}1618 \times 10{,}3^2 + 0{,}7361 \times 10{,}3 + 26$$

$$\therefore H_B = 16{,}42\,m$$

Sabe-se para situação inicial que:

$$X = H_{B2} - H_{B1} = H_{estática} + H_{p_{10,3}} - H_{estática} - H_{p_{9,18}}$$

$$16{,}42 - 19{,}12 = H_{p_{10,3}} - 16{,}87$$

$$H_{p_{10,3}} = 14{,}17\,m \therefore \text{deve-se reduzir a perda em:}$$

$$16{,}87 - 14{,}17 = 2{,}7\,m$$

Já para a situação em regime tem-se:

$$X = H_{B2} - H_{B1} = H_{estática} + H_{p_{10,3}} - H_{estática} - H_{p_{9,18}}$$

$$16{,}42 - 19{,}12 = H_{p_{10,3}} - 17{,}72$$

$$H_{p_{10,3}} = 15{,}02\,m \therefore \text{também se deve reduzir a perda em:}$$

$$17{,}72 - 15{,}02 = 2{,}7\,m$$

Portanto deseja-se uma vazão maior que a vazão máxima, isto implica que se deve reduzir a perda de carga em 2,7 m, ou se fixar que a perda de carga para a vazão de 10,3 m³/h seja igual a 14,17 m para a situação inicial, ou 15,02 m para quando a instalação já estiver operando em regime.

Uma solução possível!

Mas não é a única ...

Resposta teórica:

Primeiro deve-se verificar as velocidades para a nova vazão:

Diâmetro nominal	Material	Espessura	Dint (mm)	A (cm²)	v(m/s)	Conclusão
2"	aço	40	52,5	21,7	1,32	ok
1,5"	aço	40	40,8	13,1	2,18	ok
1"	aço	40	26,6	5,57	5,14	deve ser eliminada

Alterações possíveis:

Eliminar o cotovelo de redução e instalar a redução excêntrica na entrada da bomba o que fará a mesma ficar igual as bancadas 6, 7 e 8.

Eliminar a tubulação de 1"na saída da bomba, o que trará a ampliação de 1 para 1,5" ser instalada na saída da mesma, isto após um niple de 1"

Troca da redução de 1,5 para 1"para uma ampliação de 1,5 para a 2"

Trocar o trecho de 3,035 m de tubulação de 1" para 2"

Eliminação do niple de ampliação de 1 para 2"

Eliminação da válvula de três vias

Eliminação da bucha de redução de 2 para 1 1/4"

Eliminação do niple de redução de 1 1/4" para 1"

Eliminar o trecho de 1" que está dentro do reservatório de distribuição e substituí-lo por um de 2"

Trocar o cotovelo de 90 por uma curva longa

A perda de carga para a vazão de 10,3 m³/h seria calculada da seguinte forma:

Tubulação de 2"

L =	6,54	m
válvula de pé com crivo Leq =	19,81	m
curva longa de 90 Leq =	1,04	m
niple Leq =	0,01	m
união Leq =	0,01	m
válvula gaveta Leq =	0,7	m
válvula globo s/ guia Leq =	17,68	m
união Leq =	0,01	m
curva longa de 90 Leq =	1,04	m
saída de tubulação Leq =	1,5	m
somatória =	48,34	m
f =	0,0225	

$Hp_{2"}$ = 1,84 m

Tubulação de 1,5"

L = 3,83 m

niple Leq = 0,01 m

Venturi Ks =2,5

red excêntrica 2 para 1,5" Leq = 0,38 m

niple Leq = 0,01 m

válv de retenção vertical Leq = 17,07 m

joelho fêmea de 90 Leq = 1,41 m

válvula globo s/guia Leq = 13,72 m

Venturi Leq = 4,49 m

ampliação de 1,5 para 2" Leq = 0,27 m

somatória = 41,19 m

f =0,0227

$Hp_{1,5"}$ = 5,58 m

propriedades do fluido transportado						Q
temp (ºC)		μ (kg/m s)	ρ (kg/m³)	pv (Pa)	ν (m²/s)	m³/h
26			996,8		8,73E-07	10,3

mat. tubo
aço

espessura	Dint (mm)	A (cm²)
40	40,8	13,1

K(m)	DH/k
4,60E-05	887

Tubulação de 1"

ampliação de 1 para 1,5" Leq =	0,38	m
niple Leq =	0,01	m
somatória =	0,39	m
f =	0,024	
$Hp_{1"}$ =	0,557	m

Portanto a perda de carga total é: 7,97 m

Como ela é menor, por exemplo que 15,02 m a vazão propiciada é maior, o que implica que devemos aumentar a perda.

O aumento da perda, pode por exemplo, se propiciado pelo fechamento parcial da válvula globo de 1,5”. Neste caso só se terá alteração na perda para a tubulação de 1,5”.

Deve-se calcular a perda de carga total sem a válvula globo de 1,5", portanto:

Tubulação de 1,5"

L =	3,83	m
niple Leq =	0,01	m
red excêntrica 2 para 1,5" Leq =	0,38	m
niple Leq =	0,01	m
válv de retenção vertical Leq =	17,07	m
joelho fêmea de 90 Leq =	1,41	m
válvula globo s/guia Leq =	0	m
Venturi Leq =	4,49	m
ampliação de 1,5 para 2" Leq =	0,27	m
somatória =	27,47	m
f =	0,0227	

$Hp_{1,5"}$ = 3,72 m

Portanto a nova perda de carga total é: 6,11 m

O aumento da perda de carga será de: 8,91 m

O aumento anterior é a perda de carga que deve ocorrer na válvula que estará parcialmente fechada.

O novo Ks será: 36,75

Portanto o novo Leq = 66,1 m