

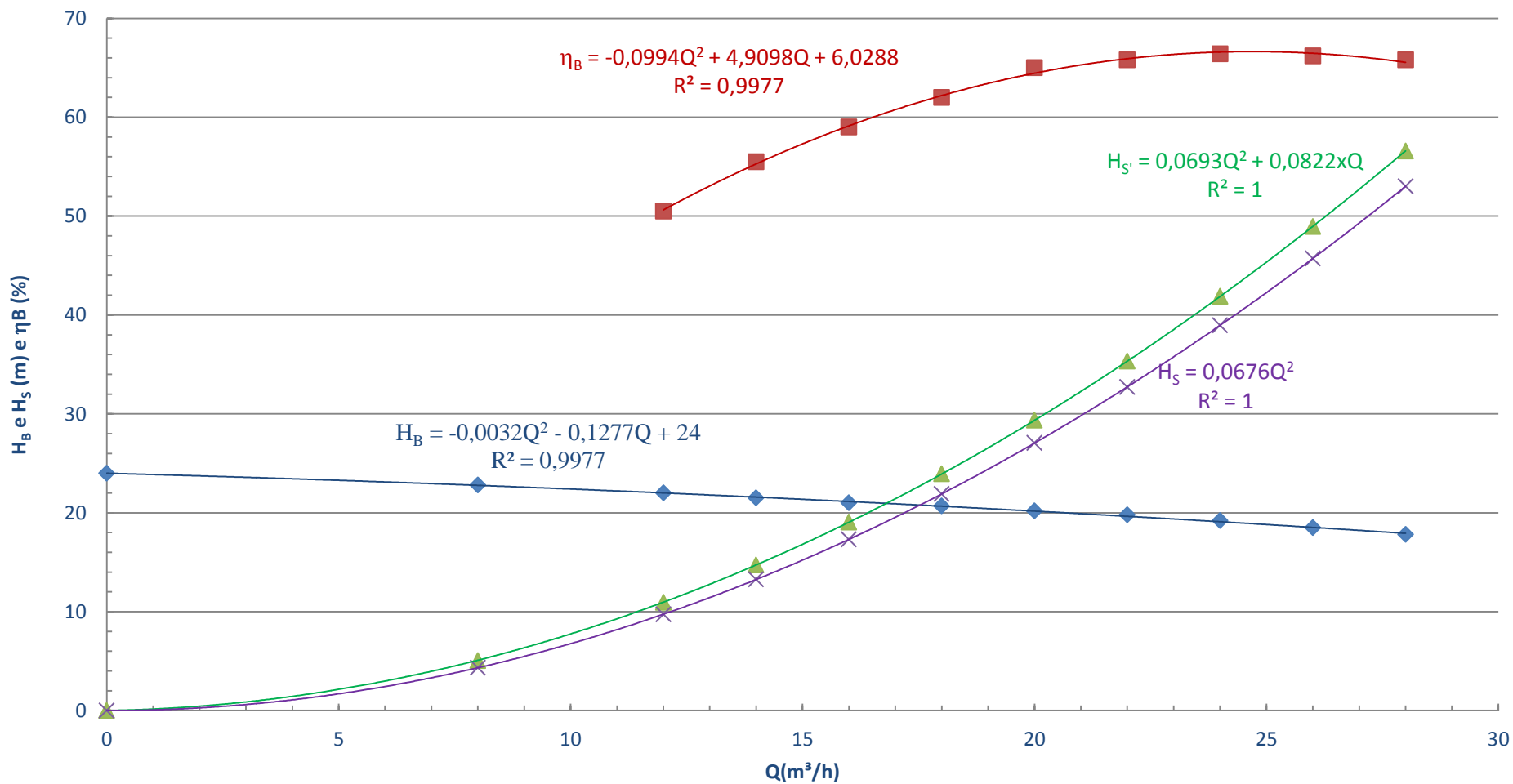
# Aula 5 de teoria de ME5330

Segundo semestre de 2011

Vamos retomar ao  
exercício da p3.



# Ponto de trabalho



- ◆ HB(m)
- rendimento
- ▲ CCI\_f variável
- × CCI\_f cte
- Polinômio (HB(m))
- Polinômio (rendimento)
- Polinômio (CCI\_f variável)
- Polinômio (CCI\_f cte)

# Determinação do ponto de trabalho parcial

Para f variável

$$-0,0032Q^2 - 0,1277Q + 24 = 0,0693Q^2 + 0,0822Q$$

$$0,0725Q^2 + 0,2099Q - 24 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{-0,2099 + \sqrt{0,2099^2 + 4 \times 0,0725 \times 24}}{2 \times 0,0725} \cong 16,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{B_{\tau}} = 0,0693 \times 16,8^2 + 0,0822 \times 16,8 \cong 20,94\text{m} \cong 21\text{m}$$

$$\eta_{B_{\tau}} = -0,0994 \times 16,8^2 + 4,9098 \times 16,8 + 6,0288 \cong 60,5\%$$

Para f constante

$$-0,0032Q^2 - 0,1277Q + 24 = 0,0676Q^2$$

$$0,0708Q^2 + 0,1277Q - 24 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{-0,1277 + \sqrt{0,1277^2 + 4 \times 0,0708 \times 24}}{2 \times 0,0708} \cong 17,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{B_{\tau}} = 0,0676 \times 17,5^2 \cong 20,7\text{m}$$

$$\eta_{B_{\tau}} = -0,0994 \times 17,5^2 + 4,9098 \times 17,5 + 6,0288 \cong 61,5\%$$

Apresento a solução do exercício daqui para frente considerando a situação do  $f$  variável

a

$$N_B = \frac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B} = \frac{997 \times 9,8 \times \left( \frac{16,8}{3600} \right) \times 20,94}{0,605} \cong 1578,2 \text{ W}$$

b

Para resolver este item, devemos introduzir a maneira de se especificar o motor elétrico.

1ª Maneira

Adota-se um rendimento de 90% para o motor elétrico e se calcula a sua potência nominal de referência:

$$N_{m_{\text{ref}}} = \frac{N_B}{\eta_{m_{\text{adotado}}}} = \frac{1578,2}{0,9} \cong 1753,6 \text{ W} = \frac{1753,6}{735} \cong 2,4 \text{ CV}$$

motores eléctricos normalizados em CV para rede de 220V:  $\frac{1}{2}$ ;  $\frac{3}{4}$ ; 1;  $1\frac{1}{2}$ ; 2; 3; 5;  $7\frac{1}{2}$ ; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 75; 100; 125; 150 e 200 CV

Portanto se escolhe o motor de 3 CV, e aí se calcula o consumo de energia mensal:

$$\text{Consumo}_{\text{energia}_{\text{mensal}}} = 3 \times 735 \times 4 \times 20 \times \frac{1}{1000} = 176,4 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

No próximo slide menciono outra maneira de especificar o motor eléctrico, salientando que chegaríamos a mesma resposta!

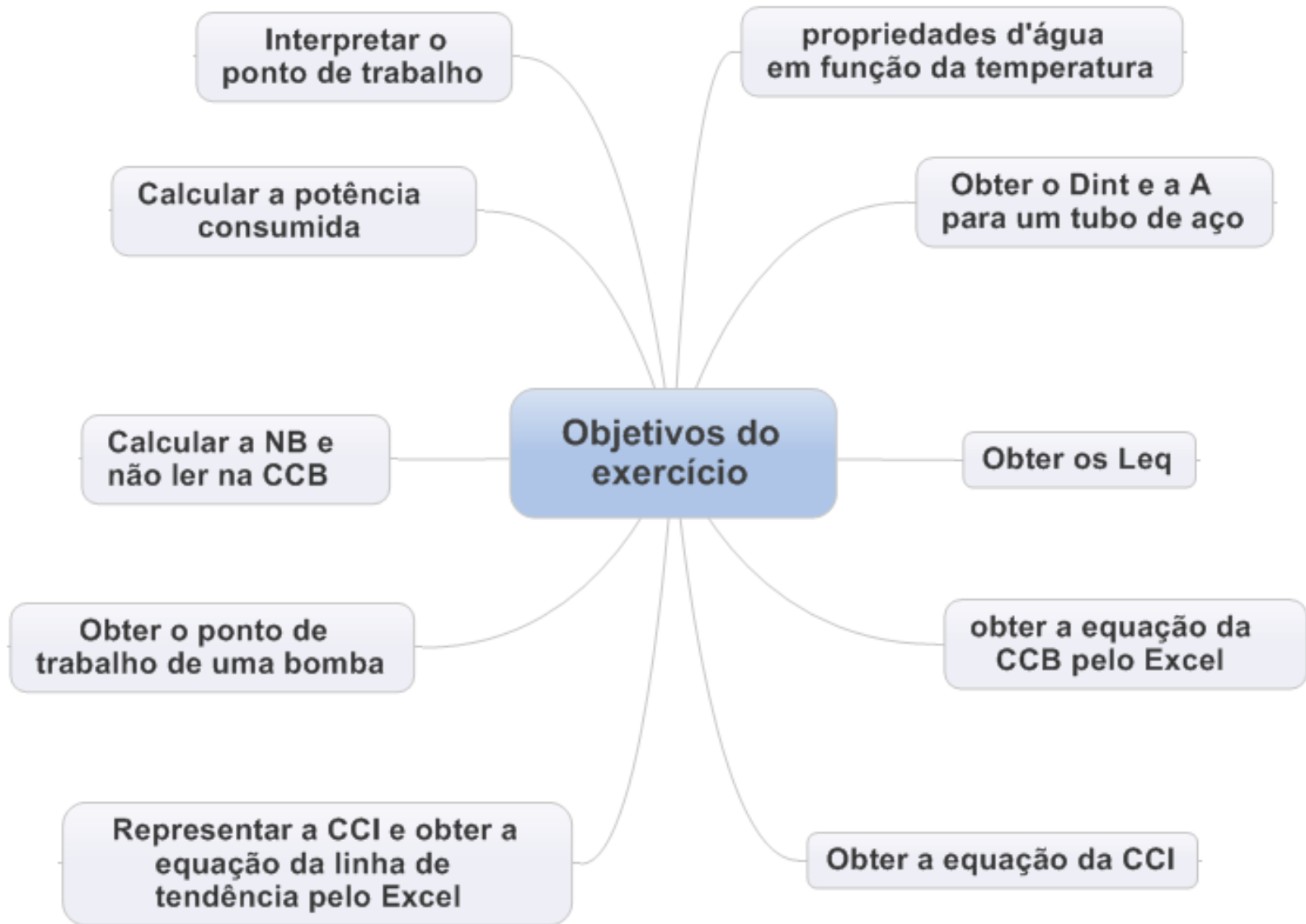
O motor que aciona a bomba deverá trabalhar sempre com uma folga ou margem de segurança a qual evitará que o mesmo venha, por uma razão qualquer, operar com sobrecarga. Portanto, recomenda-se que a potência necessária ao funcionamento da bomba ( $N_B$ ) seja acrescida de uma folga, conforme especificação a seguir (para motores elétricos):

Potência exigida pela Bomba ( $N_B$ )	Margem de segurança recomendada (%)
até 2 cv	50%
de 2 a 5 cv	30%
de 5 a 10 cv	20%
de 10 a 20 cv	15%
acima de 20 cv	10%

Para motores a óleo diesel recomenda-se uma margem de segurança de 25% e a gasolina, de 50% independente da potência calculada.

A TABELA ACIMA PODE SER LIDA NA PÁGINA 69 DO LIVRO BOMBAS E INSTALAÇÕES DE BOMBEAMENTO ESCRITO POR A. J. MACINTYRE E EDITADO PELA LTC EM 2008.

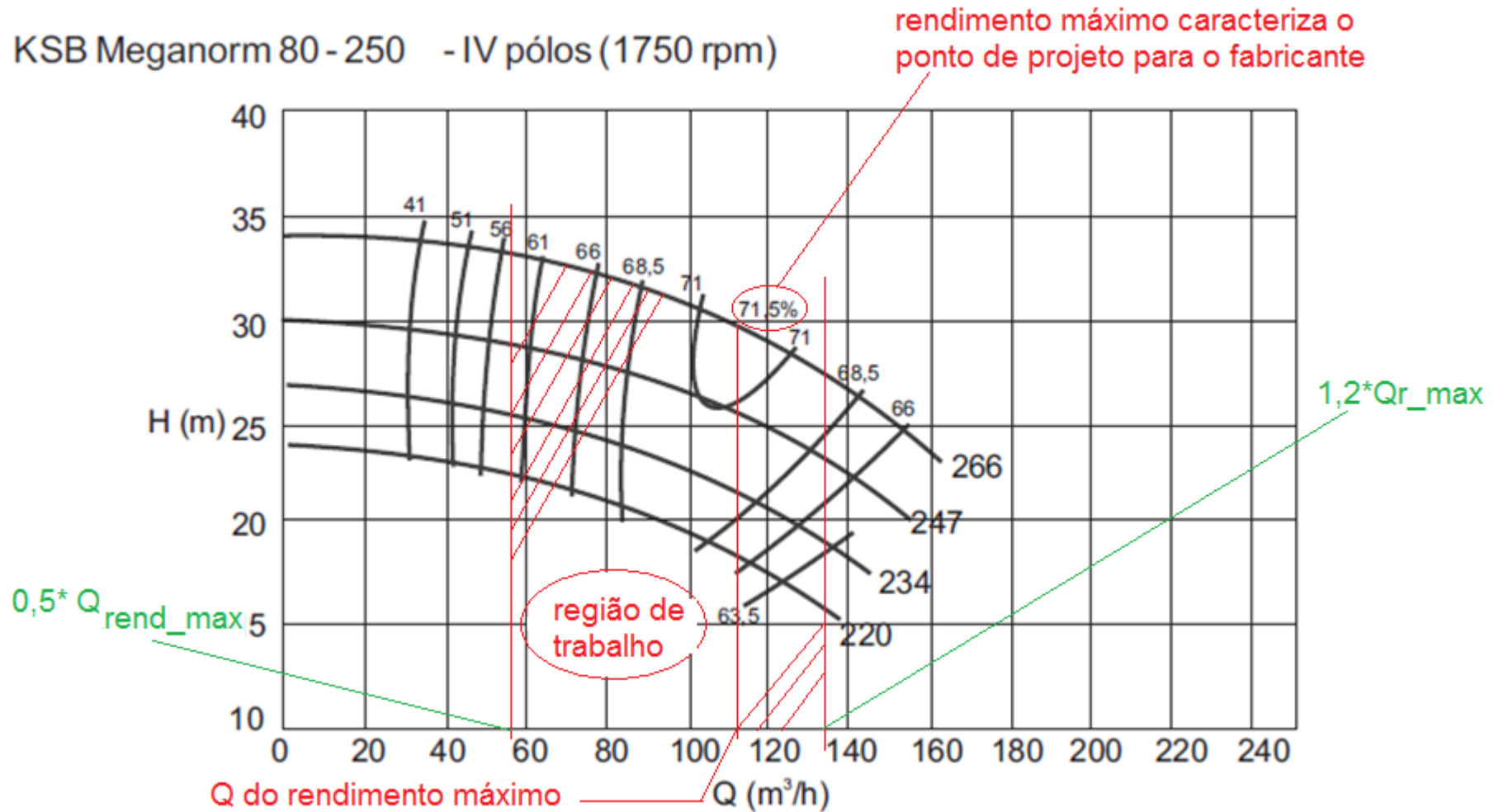






# Interpretação do ponto de trabalho

KSB Meganorm 80 - 250 - IV pólos (1750 rpm)



A esquerda de  $0,5 \cdot Q_{rend\_max}$  passa a se ter uma recirculação de grande intensidade e a direita de  $1,2 \cdot Q_{r\_max}$  aumenta-se a probabilidade de cavitação

Importante:

a(o) engenheira(o) precisa desenvolver o senso crítico e saber corrigir aquilo que recebe, em outras palavras, deve saber distinguir entre o certo e errado.

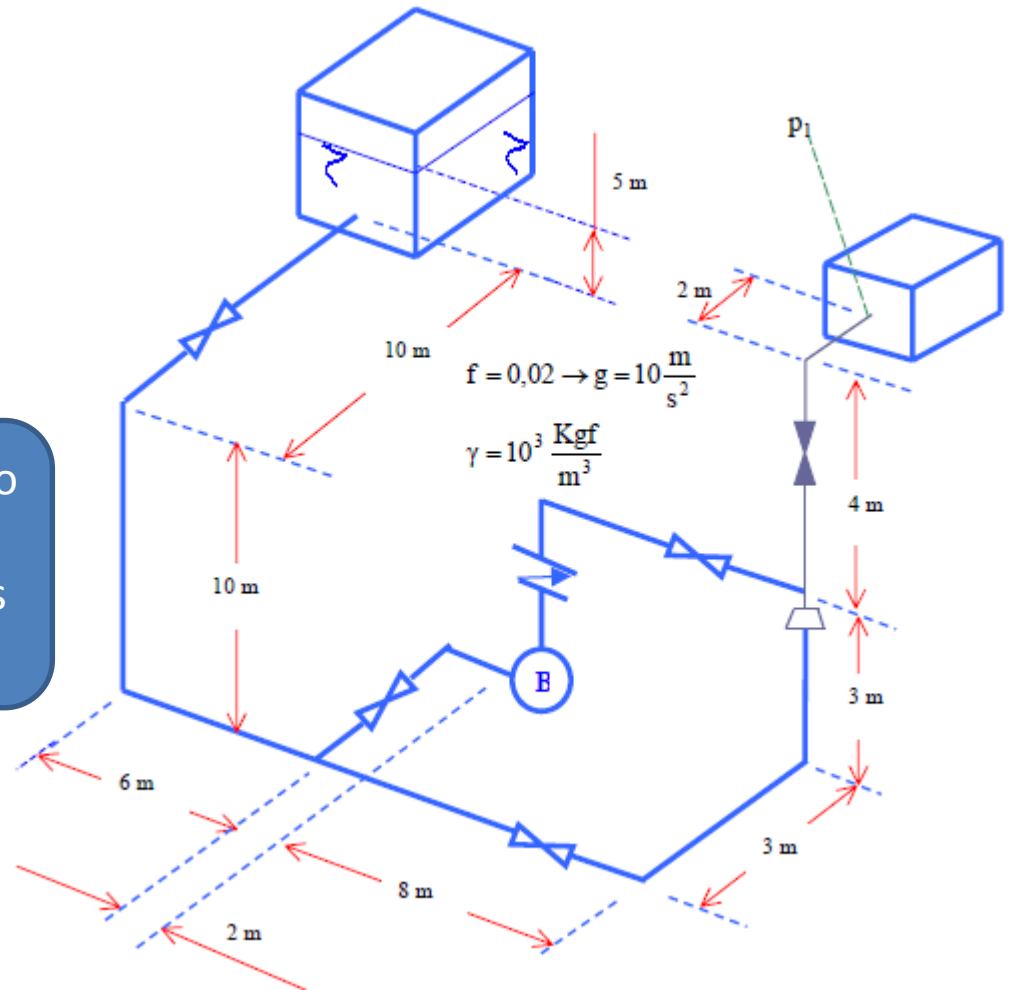
Vamos praticar isto através dos exercícios propostos!



# Vamos agora aos exercícios...

7.12.15

Verifique a solução apresentada e se necessária faça as correções



# a) Obtenção da CCI sem bomba

$$H_{\text{inicial}} + H_S = H_{\text{final}} + H_{p_2''} + H_{p_3''}$$

Adotando o PHR no chão :

$$15 + H_S = 7 + \frac{1,5 \times 10^4}{10^3} + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + H_{p_2''} + H_{p_3''}$$

$$H_S = 7 + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + H_{p_2''} + H_{p_3''}$$

Como a  $H_{\text{estática}} > 0$  já constatamos que não existe o escoamento em queda livre

$$H_{p_2''} = f_{2''} \times \frac{(6 + 18,9)}{52,5 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} \cong f_{2''} \times 5138833,0 \times Q^2$$

$$H_{p_3''} = f_{3''} \times \frac{(42 + 18,9)16,5}{77,9 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} \cong f_{3''} \times 1683936,0 \times Q^2$$

$$H_S = 7 + 10834,9 \times Q^2 + f_{2''} \times 5138833,0 \times Q^2 + f_{3''} \times 1683936,0 \times Q^2$$

# Pelo Excel

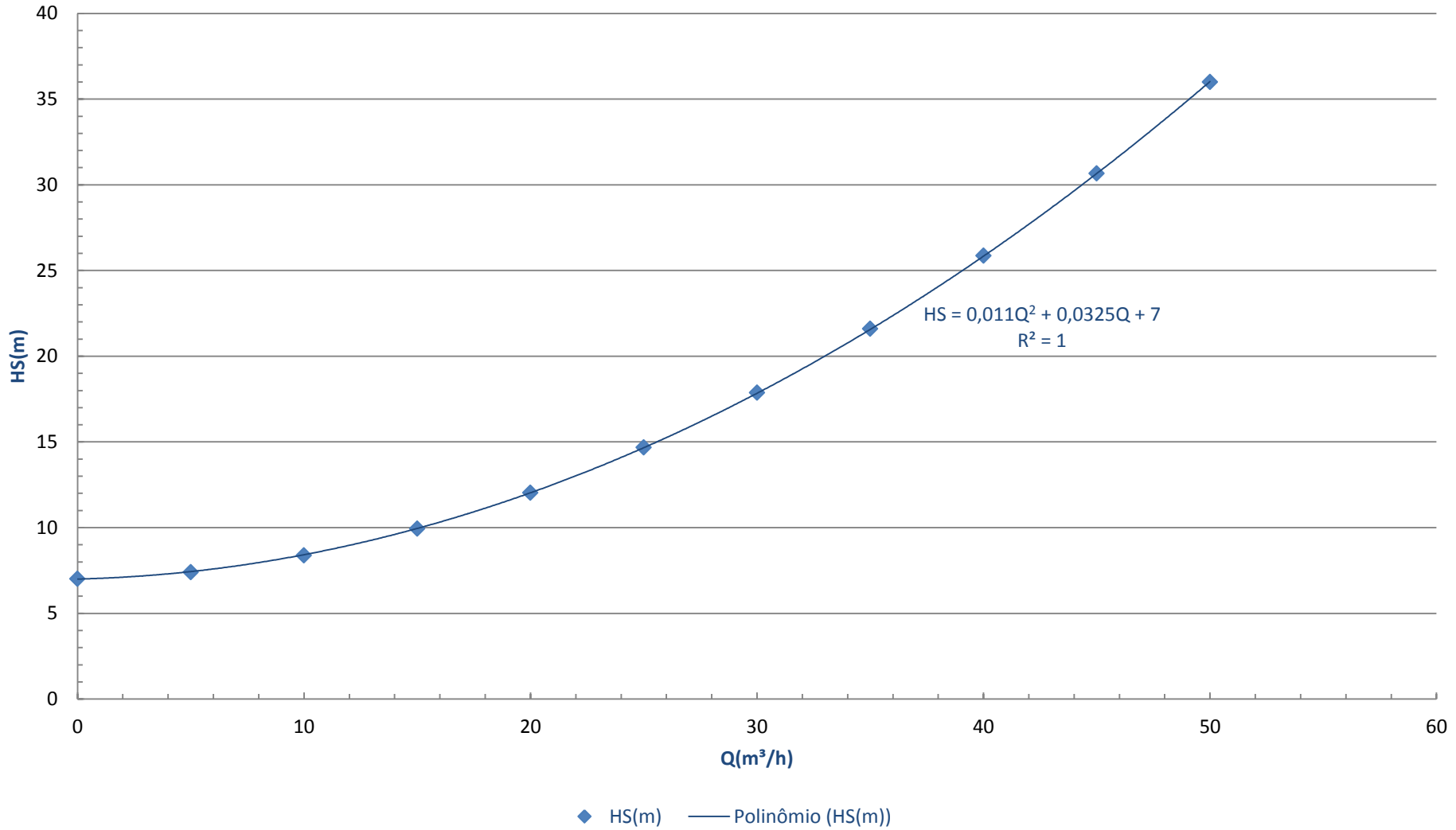
Q(m <sup>3</sup> /h)	f2"	f3"	H <sub>s</sub> (m)
0	0	0	7
5	0,0275	0,0293	7,4
10	0,0244	0,0253	8,4
15	0,0230	0,0235	9,9
20	0,0223	0,0224	12,0
25	0,0218	0,0217	14,7
30	0,0214	0,0212	17,9
35	0,0211	0,0208	21,6
40	0,0209	0,0205	25,9
45	0,0207	0,0202	30,7
50	0,0206	0,0200	36,0

10834,9

5138833,0

1683936,0

## CCI sem bomba



## Proposta:

Utilizando as bombas H 50-C com diâmetros de rotor igual a 185 mm e 214 mm, especifique a vazão e a carga manométrica no ponto de trabalho para a situação em que o processo exige a pressão igual a  $1,5 \text{ kgf/cm}^2$ , isto porque a instalação não funciona sem bomba.



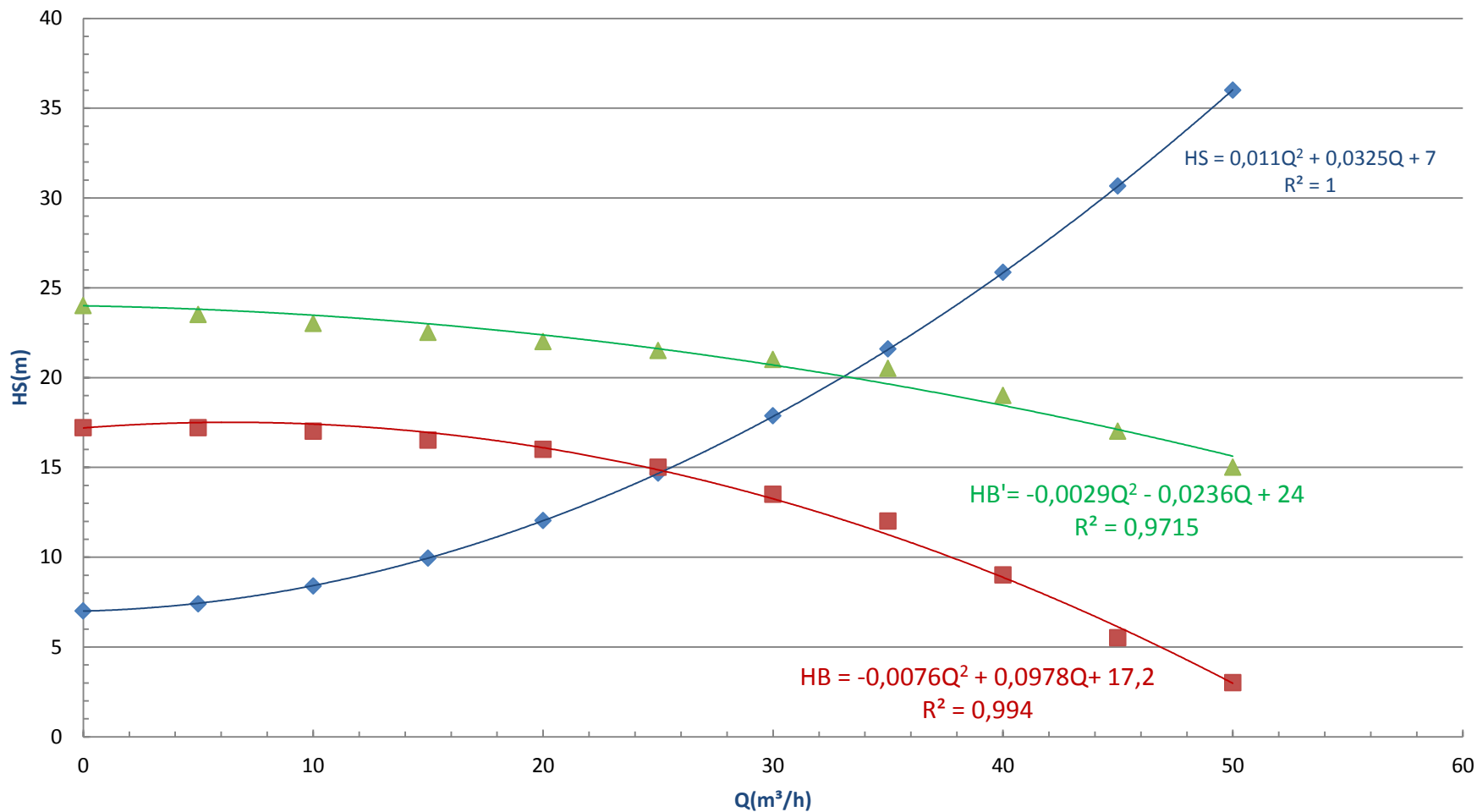
# Tabela para determinação do ponto de trabalho

Dr = 214 mm    Dr = 185 mm

Q(m <sup>3</sup> /h)	f <sub>2</sub> "	f <sub>3</sub> "	H <sub>S</sub> (m)	H <sub>B</sub> (m)	H <sub>B'</sub> (m)	
0	0	0	7	17,2	24	
5	0,0275	0,0293	7,4	17,2	23,5	
10	0,0244	0,0253	8,4	17	23	
15	0,0230	0,0235	9,9	16,5	22,5	
20	0,0223	0,0224	12,0	16	22	
25	0,0218	0,0217	14,7	15	21,5	
30	0,0214	0,0212	17,9	13,5	21	10834,9
35	0,0211	0,0208	21,6	12	20,5	
40	0,0209	0,0205	25,9	9	19	5138833,0
45	0,0207	0,0202	30,7	5,5	17	
50	0,0206	0,0200	36,0	3	15	1683936,0



## CCI sem bomba



◆ HS(m)    ■ CCB\_214    ▲ CCB\_185    — Polinômio (HS(m))    — Polinômio (CCB\_214)    — Polinômio (CCB\_185)

# O ponto de trabalho é definido no cruzamento da CCB com a CCI

Dr = 214 mm

$$\begin{aligned} -0,0076Q^2 + 0,0978Q + 17,2 &= 0,011Q^2 + 0,0325Q + 7 \\ 0,0186Q^2 - 0,0653Q - 10,2 &= 0 \end{aligned}$$

$$Q_{\tau} = \frac{0,0653 + \sqrt{0,0653^2 + 4 \times 0,0186 \times 10,2}}{2 \times 0,0186} \cong 25,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{B_{\tau}} = 0,011 \times 25,2^2 + 0,0325 \times 25,2 + 7 \cong 14,8 \text{m}$$

Dr = 185 mm

$$\begin{aligned} -0,0029Q^2 - 0,0236Q + 24 &= 0,011Q^2 + 0,0325Q + 7 \\ 0,0139Q^2 + 0,0561Q - 17 &= 0 \end{aligned}$$

$$Q_{\tau} = \frac{-0,0561 + \sqrt{0,0561^2 + 4 \times 0,0139 \times 17}}{2 \times 0,0139} \cong 33,0 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{B_{\tau}} = 0,011 \times 33^2 + 0,0325 \times 33 + 7 \cong 20,1 \text{m}$$

## b) Obtenção da CCI com bomba

$$H_{\text{inicial}} + H_S = H_{\text{final}} + H_{p_2''} + H_{p_3''}$$

Adotando o PHR no chão :

$$15 + H_S = 7 + \frac{3,5 \times 10^4}{10^3} + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + H_{p_2''} + H_{p_3''}$$

$$H_S = 27 + \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} + H_{p_2''} + H_{p_3''}$$

$$H_{p_2''} = f_{2''} \times \frac{(6 + 21,5)}{52,5 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (21,7 \times 10^{-4})^2} \cong f_{2''} \times 5675418,0 \times Q^2$$

$$H_{p_3''} = f_{3''} \times \frac{(42 + 26,8)16,5}{77,9 \times 10^{-3}} \times \frac{Q^2}{19,6 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} \cong f_{3''} \times 1980423,9 \times Q^2$$

$$H_S = 27 + 10834,9 \times Q^2 + f_{2''} \times 5675418,0 \times Q^2 + f_{3''} \times 1980423,9 \times Q^2$$

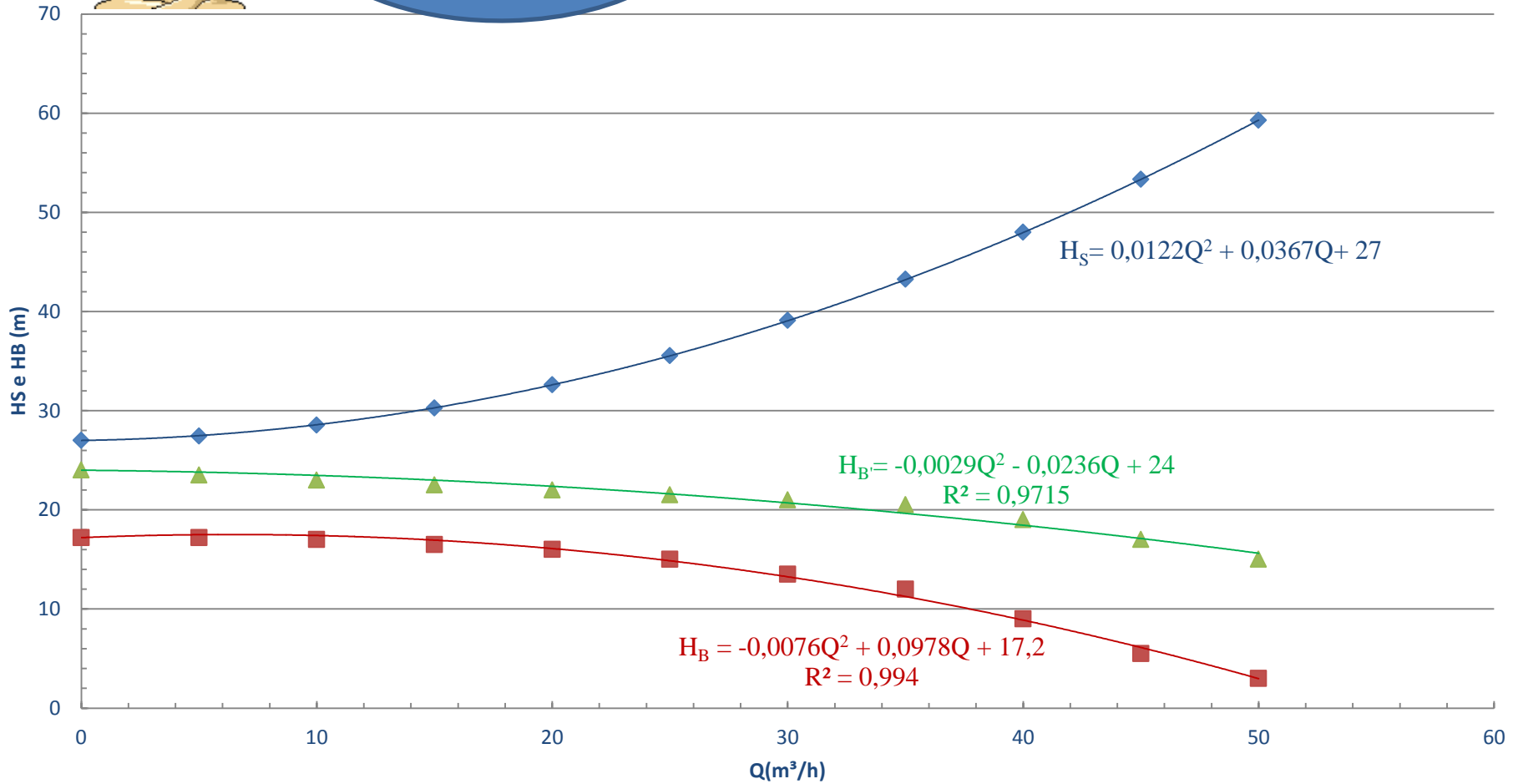
# Tabela para determinação do ponto de trabalho

				Dr = 214 mm	Dr = 185 mm		
Q(m <sup>3</sup> /h)	f <sub>2</sub> "	f <sub>3</sub> "	H <sub>S</sub> (m)	H <sub>B</sub> (m)	H <sub>B'</sub> (m)		
0	0	0	27	17,2	24		
5	0,0275	0,0293	27,4	17,2	23,5		
10	0,0244	0,0253	28,5	17	23		
15	0,0230	0,0235	30,3	16,5	22,5		
20	0,0223	0,0224	32,6	16	22		
25	0,0218	0,0217	35,5	15	21,5		
30	0,0214	0,0212	39,1	13,5	21		10834,9
35	0,0211	0,0208	43,2	12	20,5		
40	0,0209	0,0205	48,0	9	19		5675418,0
45	0,0207	0,0202	53,3	5,5	17		
50	0,0206	0,0200	59,3	3	15		1980423,9



Não existe ponto de trabalho!

## Ponto de trabalho



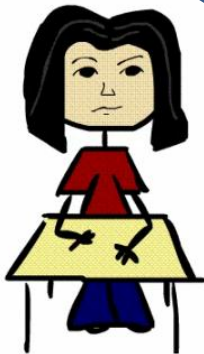
◆ HS(m)    ■ CCB\_214    ▲ CCB\_185    — Polinômio (HS(m))    — Polinômio (CCB\_214)    — Polinômio (CCB\_185)

A não existência do ponto de trabalho implica dizer que a bomba não foi bem escolhida, portanto considerando que a vazão desejada seja  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  especifique as possíveis bombas da KSB MEGACHEM.



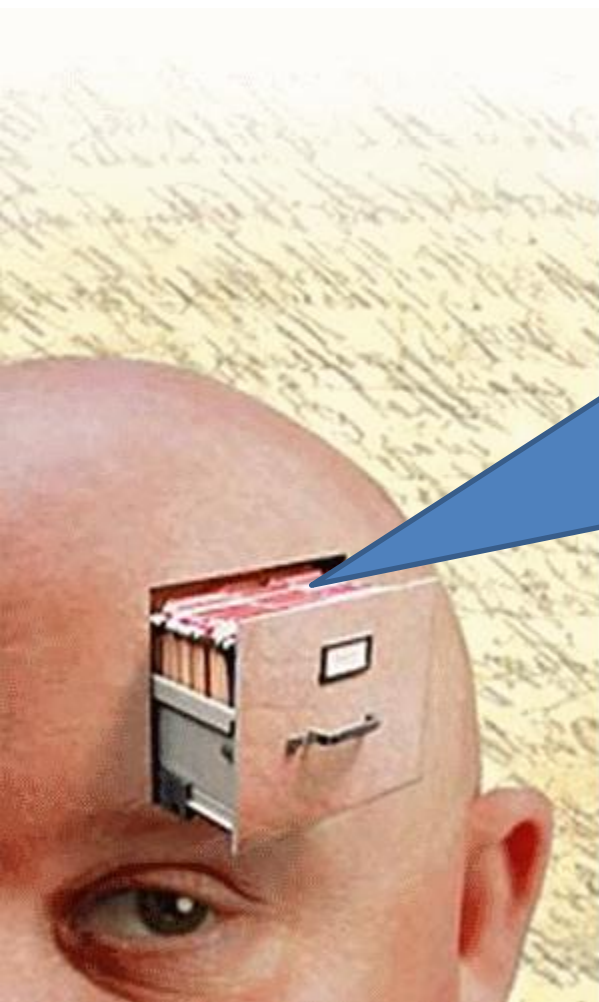
# Escolha preliminar da bomba, isto após a escolha do fabricante da mesma.

MAS O QUE VEM A SER A VAZÃO DE PROJETO E A CARGA MANOMÉTRICA DE PROJETO?



Iniciamos calculando a vazão de projeto e a respectiva carga manométrica de projeto!





COMO A INSTALAÇÃO E A BOMBA ENVELHECEM, ESTE ENVELHECIMENTO DEVE SER PREVISTO NO PROJETO, PARA TAL MULTIPLICA-SE A VAZÃO DESEJADA POR UM FATOR DE SEGURANÇA QUE É NO MÍNIMO 1,1 E SE POSSÍVEL NÃO SUPERIOR A 1,2. Ao se multiplicar a vazão desejada pelo fator de segurança se obtém a VAZÃO DE PROJETO. Aplicando-se a vazão de projeto na equação da CCI se determina a CARGA MANOMÉTRICA DE PROJETO!



$$Q_{\text{projeto}} = 1,1 \times 30 = 33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_{B_{\text{projeto}}} = H_{S_{\text{projeto}}}$$

$$H_{S_{\text{projeto}}} = 27 + 10834,9 \times \left( \frac{33}{3600} \right)^2 + 0,0212 \times 5675418,0 \times \left( \frac{33}{3600} \right)^2 + 0,0209 \times 1980423,9 \times \left( \frac{33}{3600} \right)^2$$

$$H_{S_{\text{projeto}}} \cong 41,5\text{m} \cong 42\text{m}$$

Com os valores determinados consulta-se os diagramas de blocos, onde escolhemos preliminarmente a bomba!

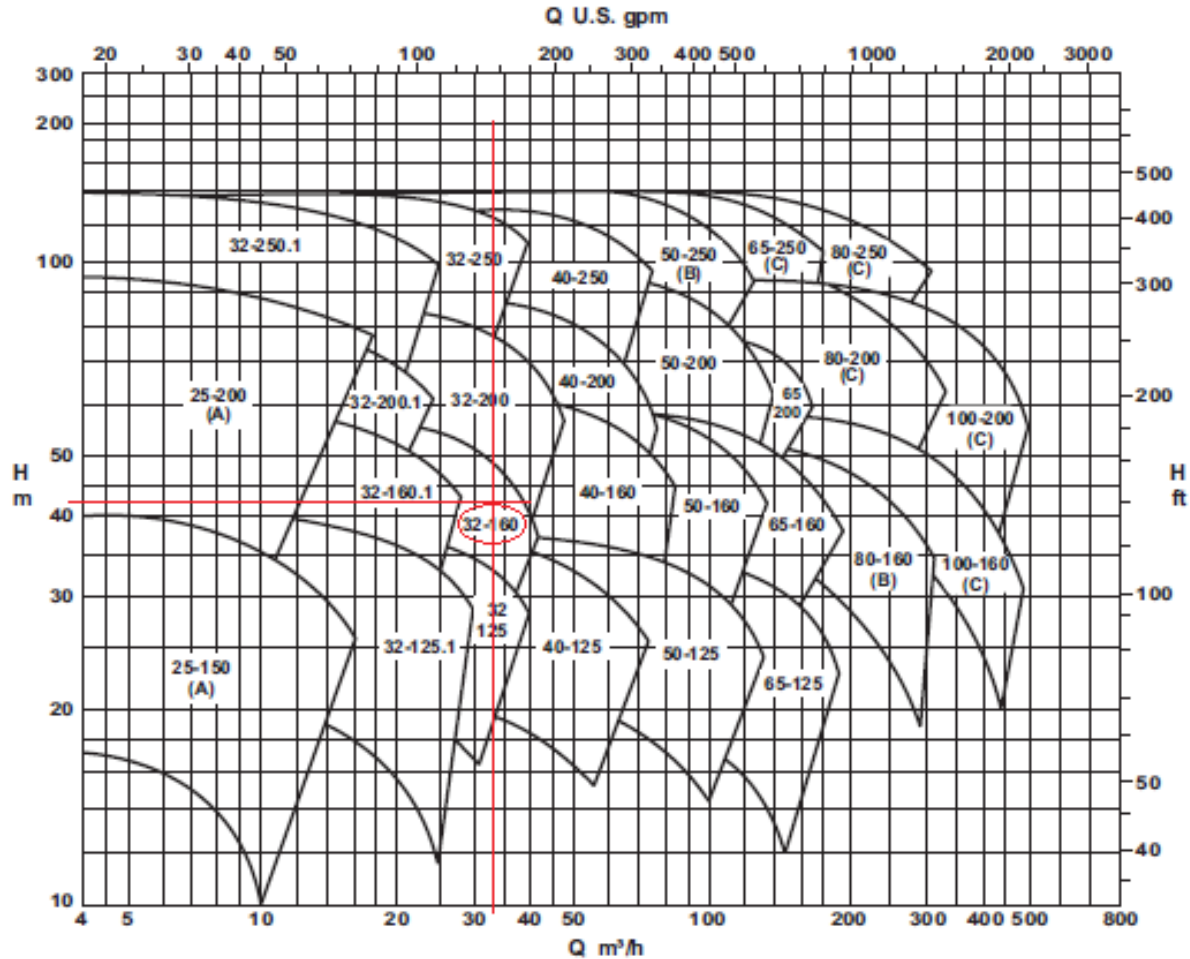


# Bomba 32-160 de 3500 rpm

Bomba Tipo **KSB MEGANORM**  
 Pump Type **KSB MEGABLOC**  
 Tipo de Bomba **KSB MEGACHEM**  
**KSB MEGACHEM V**

Campo de Aplicação  
 Selection Charts  
 Campo de Aplicación

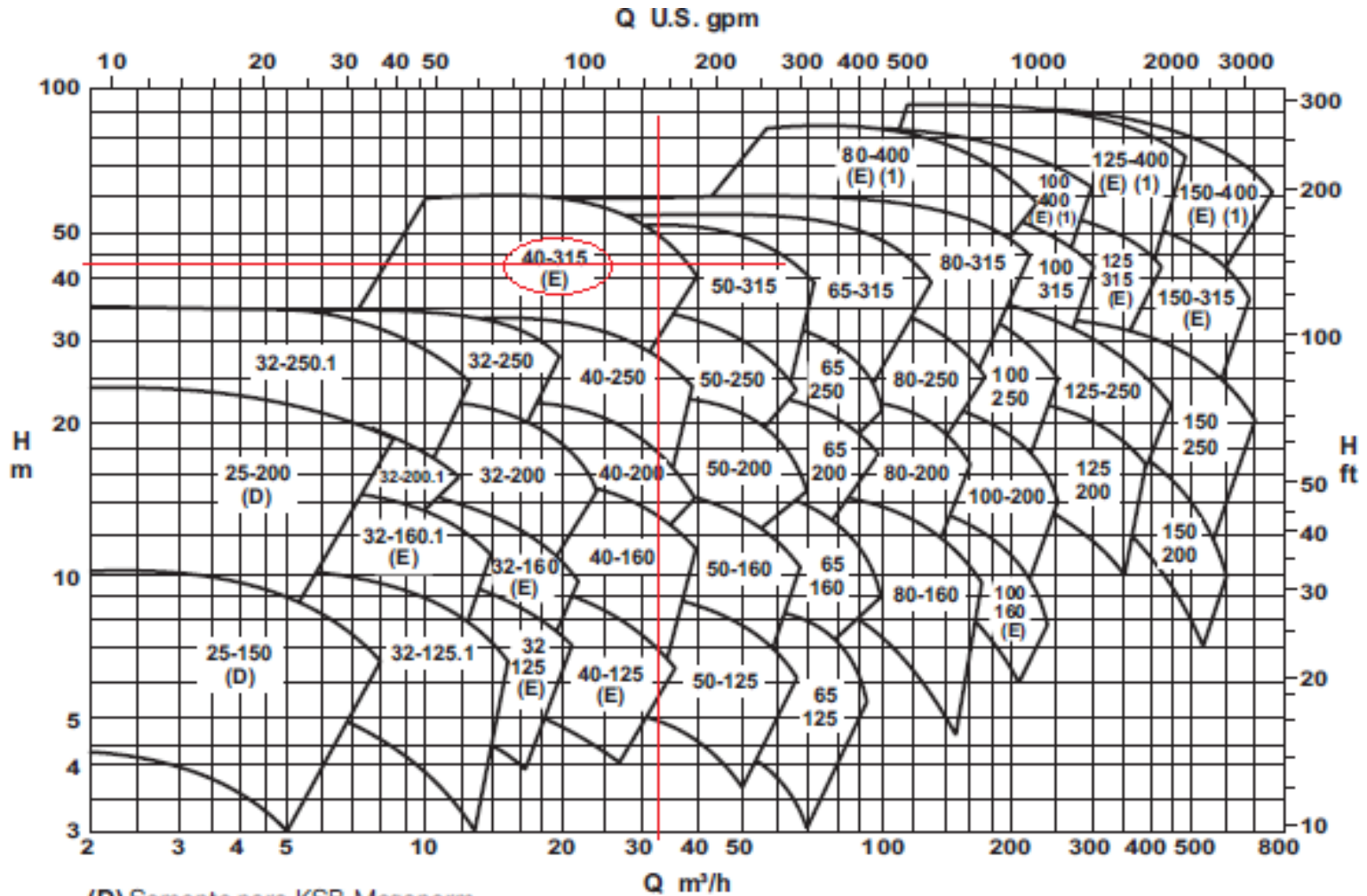
60 Hz



- (A) Somente para KSB Meganorm e KSB Megabloc.
- (B) Somente para KSB Meganorm, KSB Megachem e KSB Megachem V.
- (C) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.

3.500 rpm

# Bomba 40-315 de 1750 rpm



- (D) Somente para KSB Meganorm.
- (E) Somente para KSB Meganorm e KSB Megachem.
- (1) Sob consulta para KSB Megachem V.

1.750 rpm

Escolhidas as bombas da KSB  
MEGACHEM, especifique o diâmetro do  
rotor e o ponto de trabalho, tanto para  
3500 rpm como para 1750 rpm.

