

6. Exemplos de P1

6.1. Primeira prova do segundo semestre de 2007 – Prova A

- 1ª** - Ao se projetar uma instalação de bombeamento, optou-se por uma bomba de fluxo radial de 2900 rpm da marca Sulzer cujas curvas características são dadas a seguir.

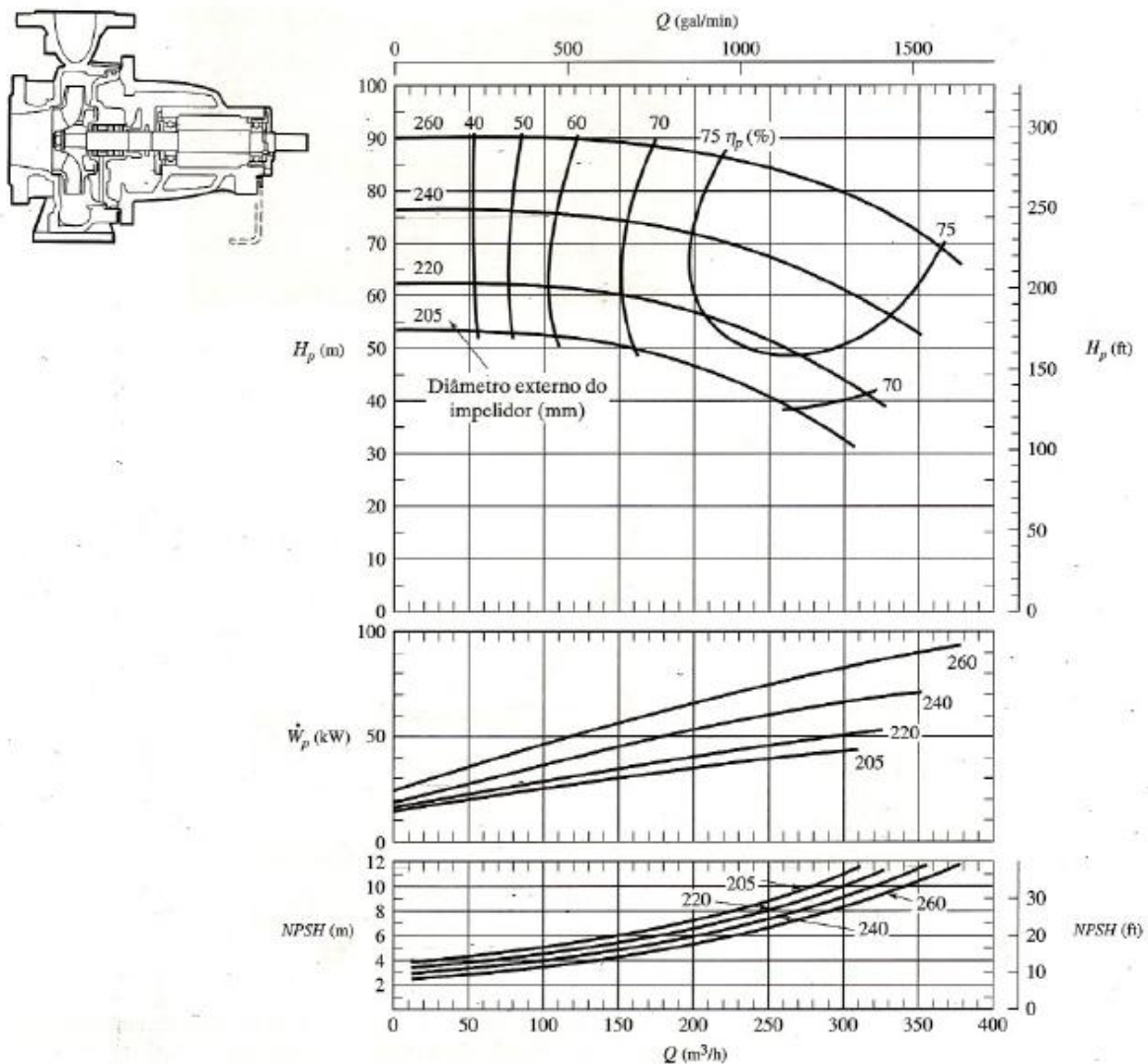


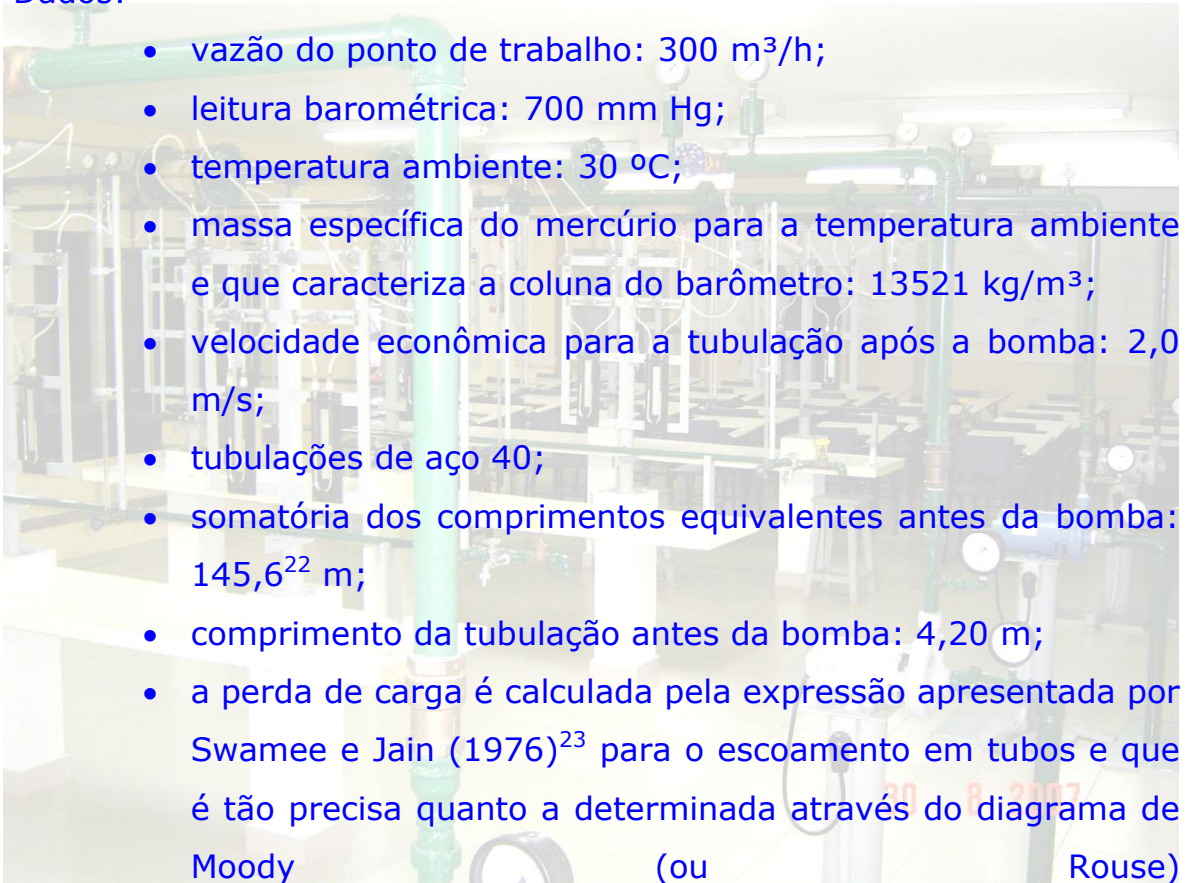
FIGURA 12.6 Curvas de bombas de fluxo radial e de desempenho para quatro diferentes impelidores com $N = 2900$ rpm ($\omega = 304$ rad/s). O líquido bombeado é água a 20°C .
(Fonte: Sulzer Pumps Ltd.)

Sabendo-se que o fluido a ser bombeado é a água a 30°C onde se tem:

$$\rho = 995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \mu = 0,801 \times 10^{-3} \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2} \text{ e } p_{\text{vapor}} = 4,24 \text{kPa(abs)} \text{ e que a } \mathbf{instalação}$$

é considerada pequena, pede-se especificar a cota que a bomba de 220 mm de diâmetro de rotor deve ser instalada em relação ao nível do reservatório de captação, que se encontra aberto à atmosfera, para que não ocorra o fenômeno de cavitação. **(valor 2,5)**

Dados:



- vazão do ponto de trabalho: 300 m³/h;
- leitura barométrica: 700 mm Hg;
- temperatura ambiente: 30 °C;
- massa específica do mercúrio para a temperatura ambiente e que caracteriza a coluna do barômetro: 13521 kg/m³;
- velocidade econômica para a tubulação após a bomba: 2,0 m/s;
- tubulações de aço 40;
- somatória dos comprimentos equivalentes antes da bomba: 145,6²² m;
- comprimento da tubulação antes da bomba: 4,20 m;
- a perda de carga é calculada pela expressão apresentada por Swamee e Jain (1976)²³ para o escoamento em tubos e que é tão precisa quanto a determinada através do diagrama de Moody (ou Rouse)

$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum Leq)}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

equação pode ser usada tanto nas unidades inglesas como

²² Valor obtido nas páginas 77 e 78 do livro: Bombas Industriais escrito por Edson Ezequiel de Mattos e Reinaldo de Falco e editado por Editora Interciência - 1998

²³ Informação obtida na página 250 do livro: Mecânica dos Fluidos - escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado por THOMSON em 2004

no SI e expressão válida para $10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$ e

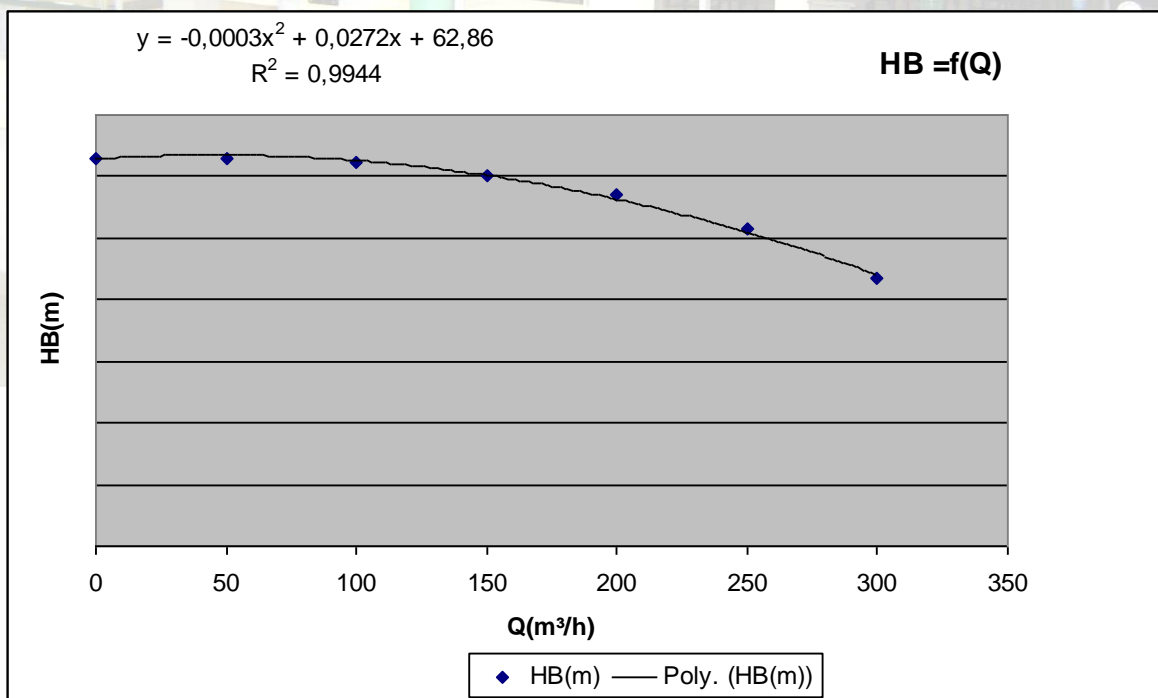
$3000 < Re < 3 \times 10^8$;

- rugosidade equivalente para o aço $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$;
- aceleração da gravidade: $9,8 \text{ m/s}^2$.

2ª – Para a situação descrita e obtida na questão anterior e sabendo que a carga estática da instalação é **13,5 m** e que **existe, tanto a carga cinética, como a carga de pressão na seção final**, pede-se:

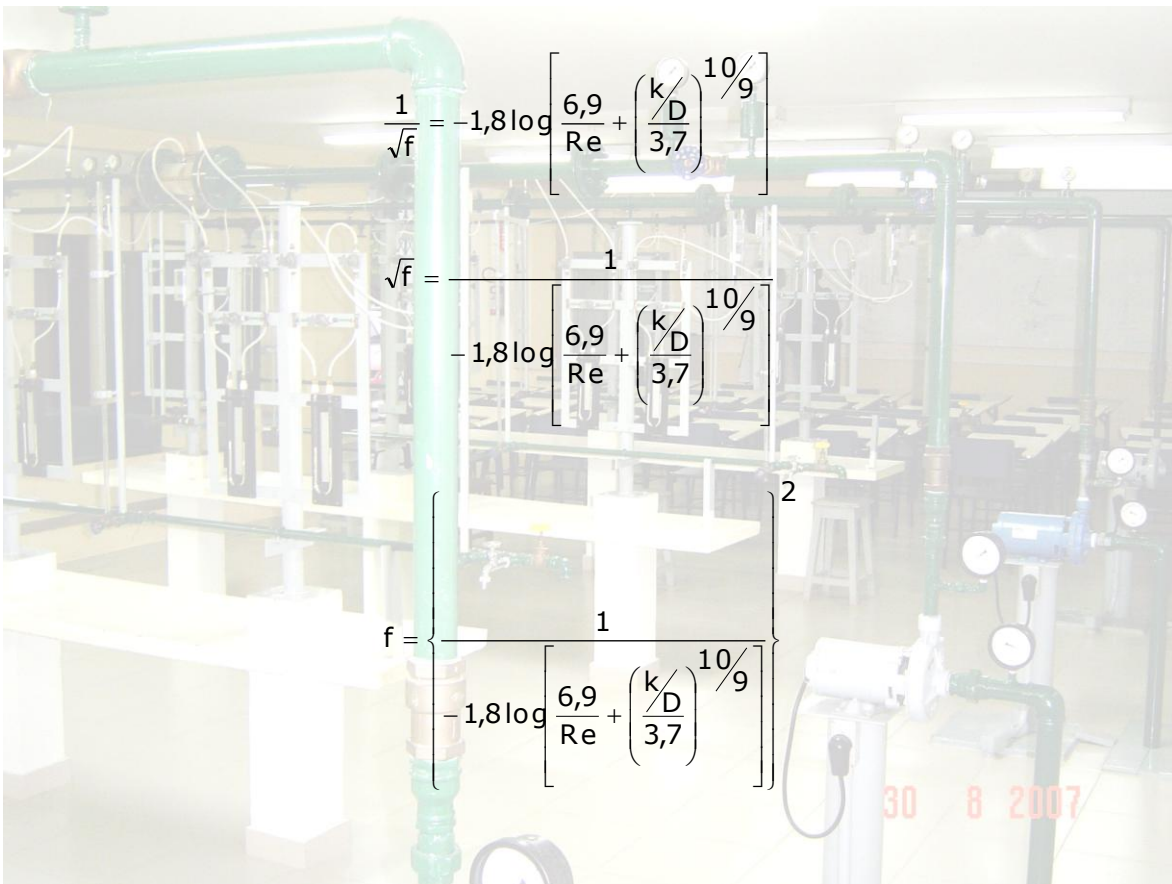
- a pressão na seção final, sabendo que a cota final em relação ao nível do fluido no reservatório de captação é **9,50 m** (valor 0,5);
- a perda de carga na tubulação de recalque (valor 0,5).

Dado:



3^a – Para as situações descritas e obtidas nas questões anteriores, pede-se escrever a equação da CCI em função do coeficiente de perda de carga distribuída e da vazão do escoamento. (valor 1,5)

Importante: Se houver necessidade de se obter o coeficiente de perda de carga distribuída para algum valor da vazão, este deve ser obtido através da formula de Haaland (1983):



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$

$$\sqrt{f} = \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]}$$

$$f = \left[\frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]} \right]^2$$

30 8 2007

6.2. Primeira prova do segundo semestre de 2007 – Prova B

1^a - Ao se projetar uma instalação de bombeamento, optou-se por uma bomba de fluxo radial de 2900 rpm da marca Sulzer cujas curvas características são dadas a seguir.

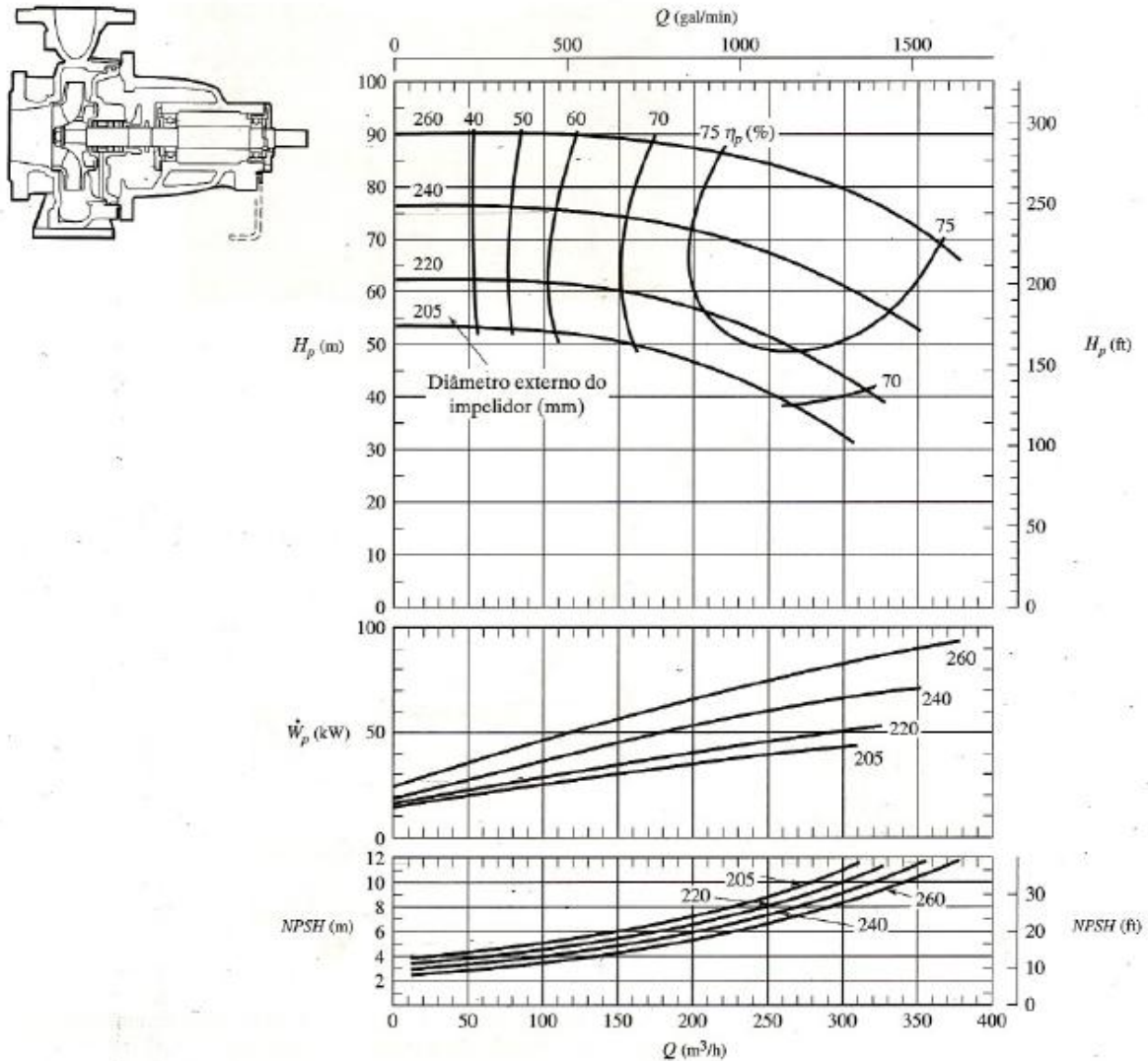
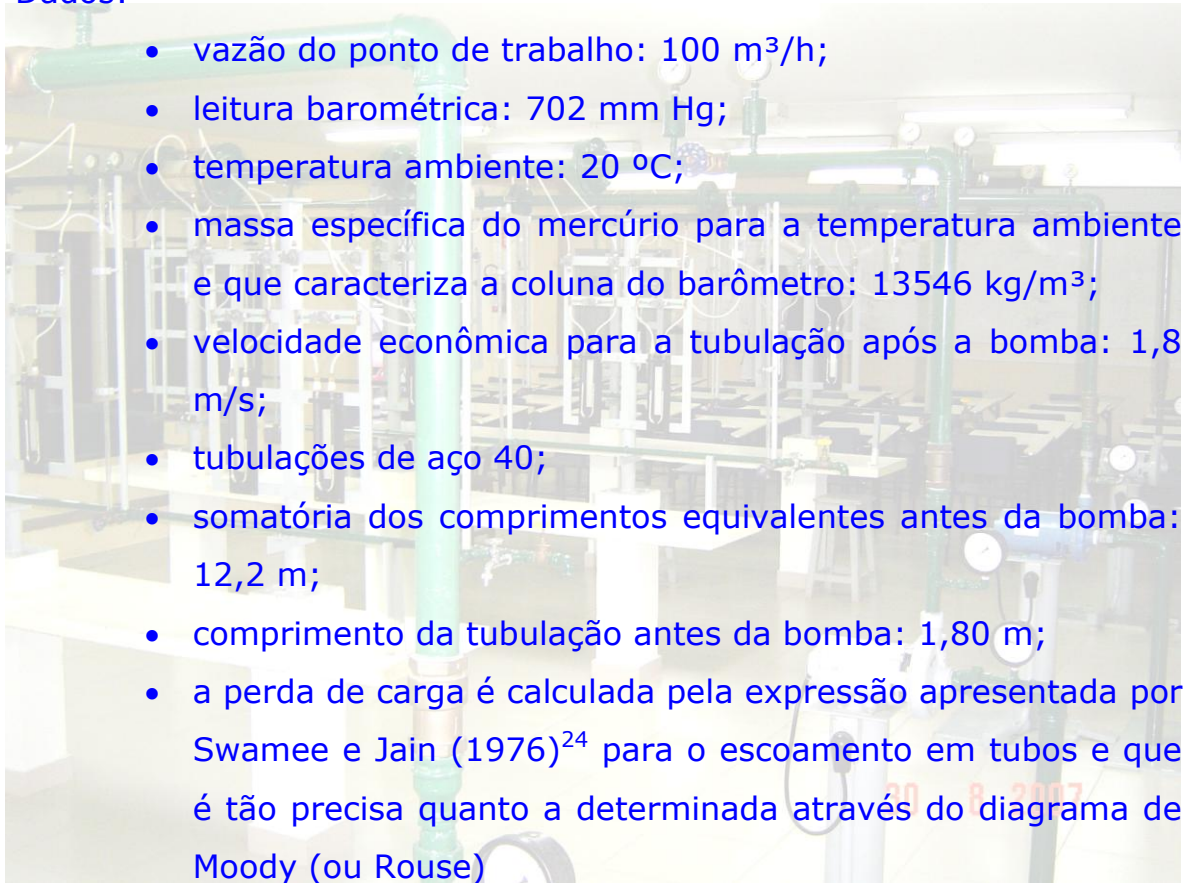


FIGURA 12.6 Curvas de bombas de fluxo radial e de desempenho para quatro diferentes impelidores com $N = 2900$ rpm ($\omega = 304$ rad/s). O líquido bombeado é água a 20°C .
(Fonte: Sulzer Pumps Ltd.)

Sabendo-se que o fluido a ser bombeado é o benzeno a 20°C onde se tem: $\rho = 874 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $\mu = 0,656 \times 10^{-3} \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2}$ e $p_{\text{vapor}} = 9997 \text{Pa}(\text{abs})$ e que a

instalação é considerada pequena, pede-se especificar a cota que a bomba de 240 mm de diâmetro de rotor deve ser instalada em relação ao nível do reservatório de captação, que se encontra aberto à atmosfera, para que não ocorra o fenômeno de cavitação. **(valor 2,5)**

Dados:



- vazão do ponto de trabalho: 100 m³/h;
- leitura barométrica: 702 mm Hg;
- temperatura ambiente: 20 °C;
- massa específica do mercúrio para a temperatura ambiente e que caracteriza a coluna do barômetro: 13546 kg/m³;
- velocidade econômica para a tubulação após a bomba: 1,8 m/s;
- tubulações de aço 40;
- somatória dos comprimentos equivalentes antes da bomba: 12,2 m;
- comprimento da tubulação antes da bomba: 1,80 m;
- a perda de carga é calculada pela expressão apresentada por Swamee e Jain (1976)²⁴ para o escoamento em tubos e que é tão precisa quanto a determinada através do diagrama de Moody (ou Rouse)

$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum Leq)}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

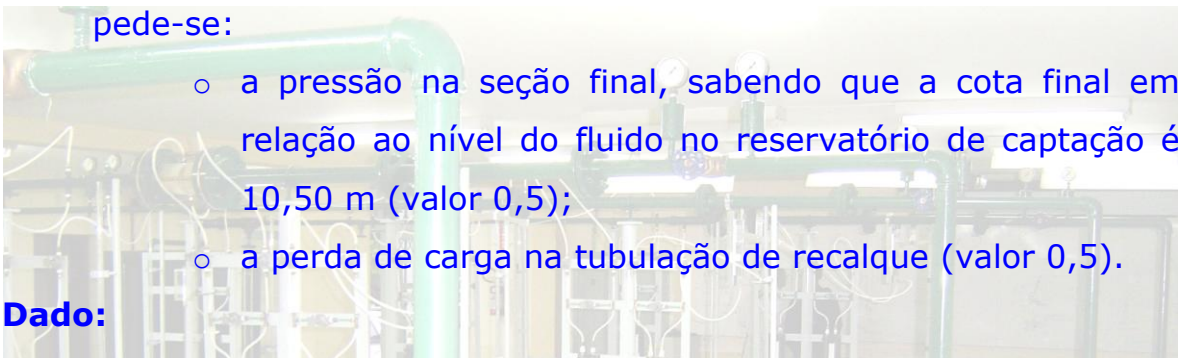
equação pode ser usada tanto nas unidades inglesas como no

SI e expressão válida para $10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$ e $3000 < Re < 3 \times 10^8$;

²⁴ Informação obtida na página 250 do livro: Mecânica dos Fluidos - escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado por THOMSON em 2004

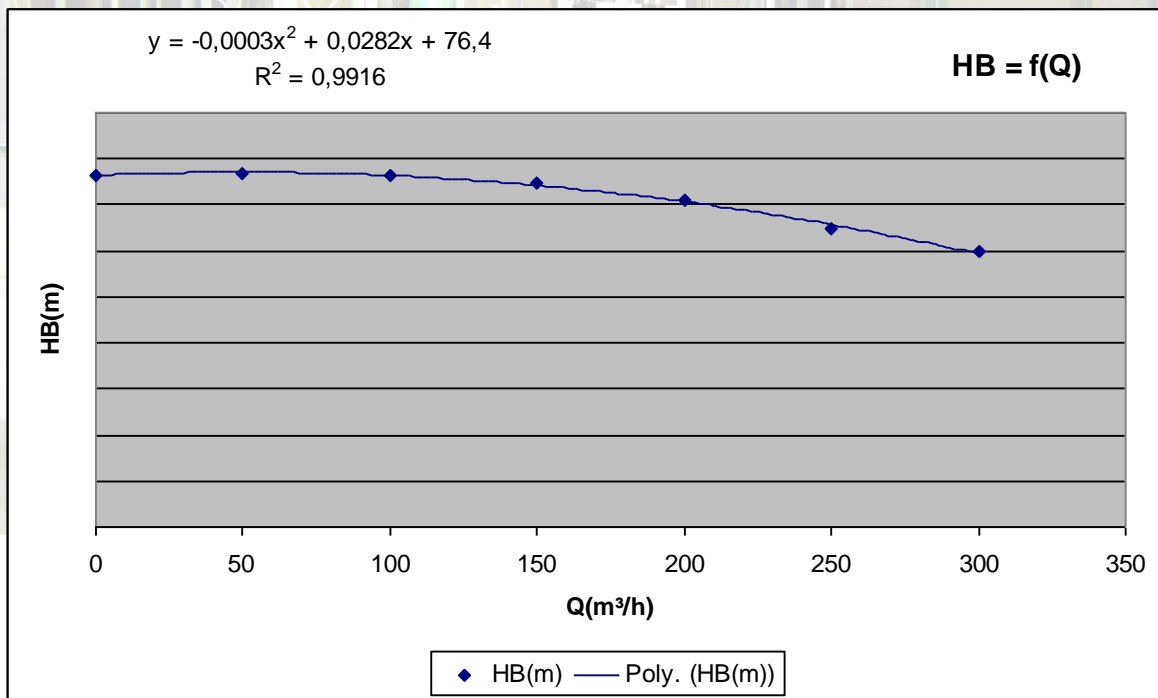
- rugosidade equivalente para o aço $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$;
- aceleração da gravidade: $9,8 \text{ m/s}^2$.

2ª – Para a situação descrita e obtida na questão anterior e sabendo que a carga estática da instalação é **12,5 m** e que **existe, tanto a carga cinética, como a carga de pressão na seção final,** pede-se:



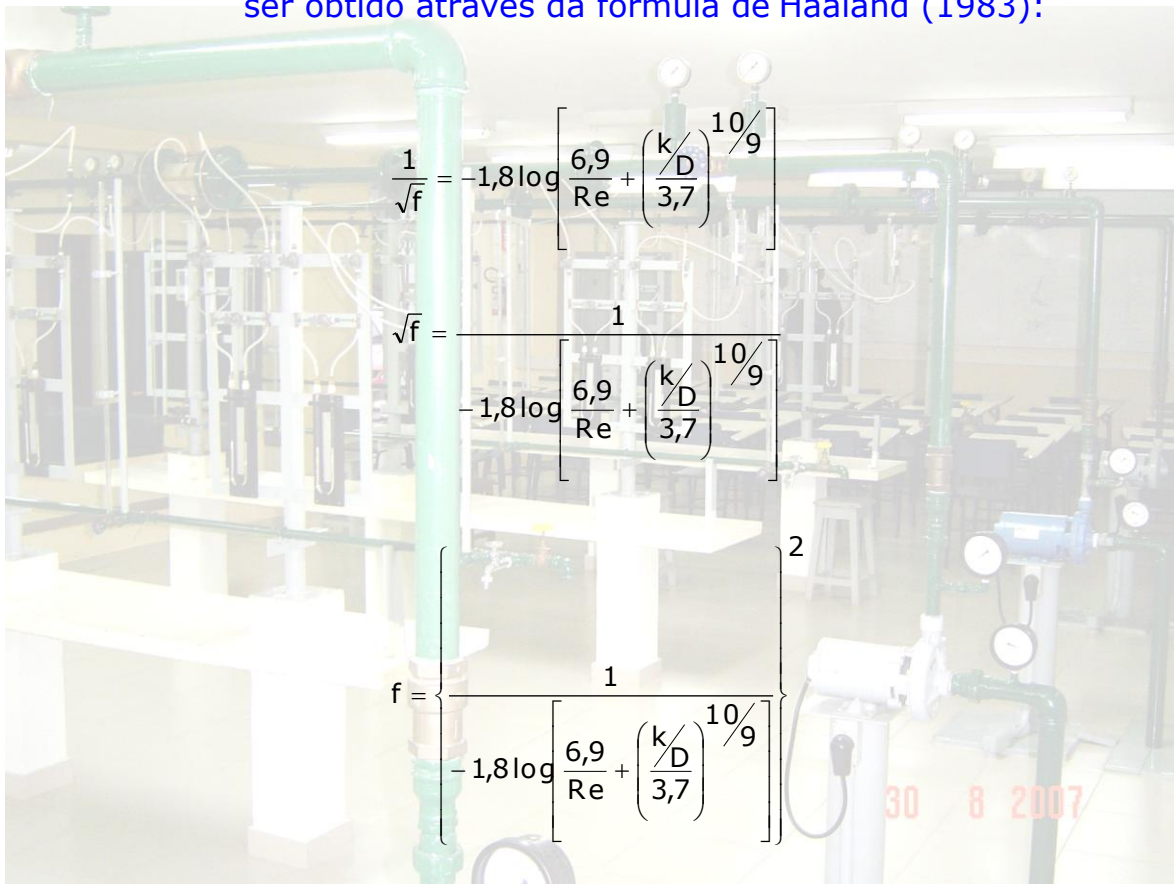
- a pressão na seção final, sabendo que a cota final em relação ao nível do fluido no reservatório de captação é **10,50 m** (valor 0,5);
- a perda de carga na tubulação de recalque (valor 0,5).

Dado:



3ª – Para as situações descritas e obtidas nas questões anteriores, pede-se escrever a equação da CCI em função do coeficiente de perda de carga distribuída e da vazão do escoamento. (valor 1,5)

Importante: Se houver necessidade de se obter o coeficiente de perda de carga distribuída para algum valor da vazão, este deve ser obtido através da formula de Haaland (1983):



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$

$$\sqrt{f} = \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]}$$

$$f = \left\{ \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]} \right\}^2$$

30 8 2007

6.3. Primeira prova do segundo semestre de 2007 – Prova C

1ª - Ao se projetar uma instalação de bombeamento, optou-se por uma bomba de fluxo radial de 2900 rpm da marca Sulzer cujas curvas características são dadas a seguir.

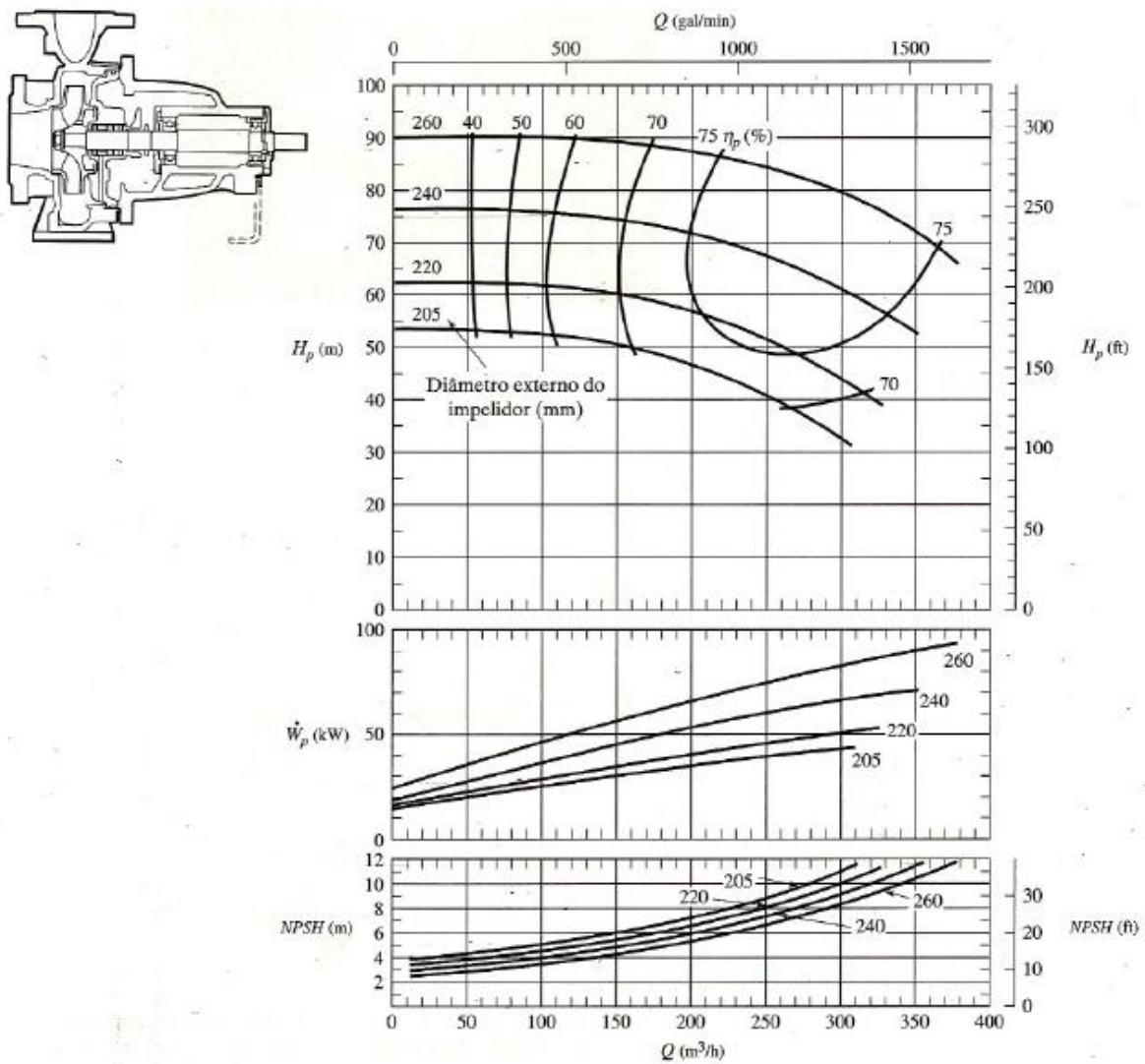
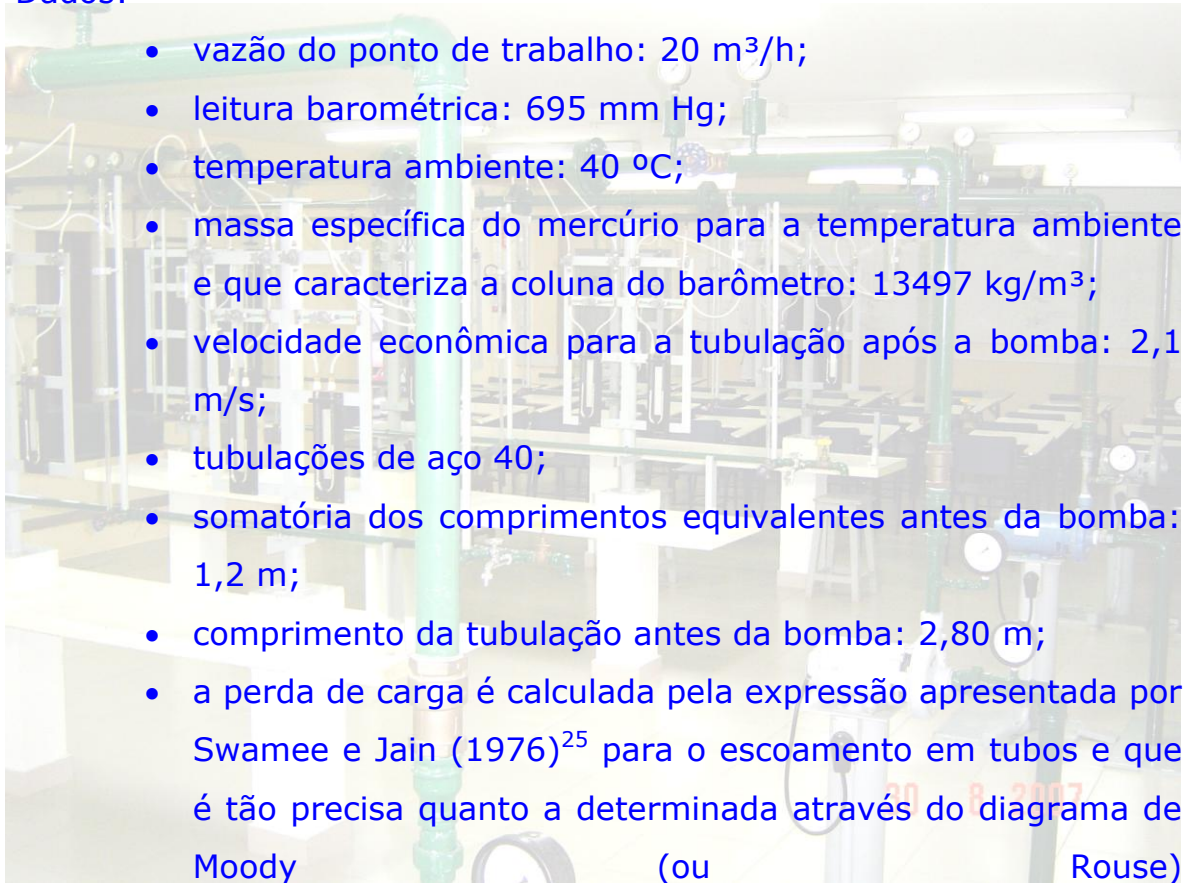


FIGURA 12.6 Curvas de bombas de fluxo radial e de desempenho para quatro diferentes impelidores com $N = 2900$ rpm ($\omega = 304$ rad/s). O líquido bombeado é água a 20 °C. (Fonte: Sulzer Pumps Ltd.)

Sabendo-se que o fluido a ser bombeado é o isopropanol a 40°C onde se tem: $\rho = 756 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $\mu = 1,4 \times 10^{-3} \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2}$ e $p_{\text{vapor}} = 18517,9 \text{Pa}(\text{abs})$ e que a

instalação é considerada grande, pede-se especificar a cota que a bomba de 205 mm de diâmetro de rotor deve ser instalada em relação ao nível do reservatório de captação, que se encontra aberto à atmosfera, para que não ocorra o fenômeno de cavitação. **(valor 2,5)**

Dados:



- vazão do ponto de trabalho: 20 m³/h;
- leitura barométrica: 695 mm Hg;
- temperatura ambiente: 40 °C;
- massa específica do mercúrio para a temperatura ambiente e que caracteriza a coluna do barômetro: 13497 kg/m³;
- velocidade econômica para a tubulação após a bomba: 2,1 m/s;
- tubulações de aço 40;
- somatória dos comprimentos equivalentes antes da bomba: 1,2 m;
- comprimento da tubulação antes da bomba: 2,80 m;
- a perda de carga é calculada pela expressão apresentada por Swamee e Jain (1976)²⁵ para o escoamento em tubos e que é tão precisa quanto a determinada através do diagrama de Moody (ou Rouse)

$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum Leq)}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

equação pode ser usada tanto nas unidades inglesas como

²⁵ Informação obtida na página 250 do livro: Mecânica dos Fluidos - escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado por THOMSON em 2004

no SI e expressão válida para $10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$ e

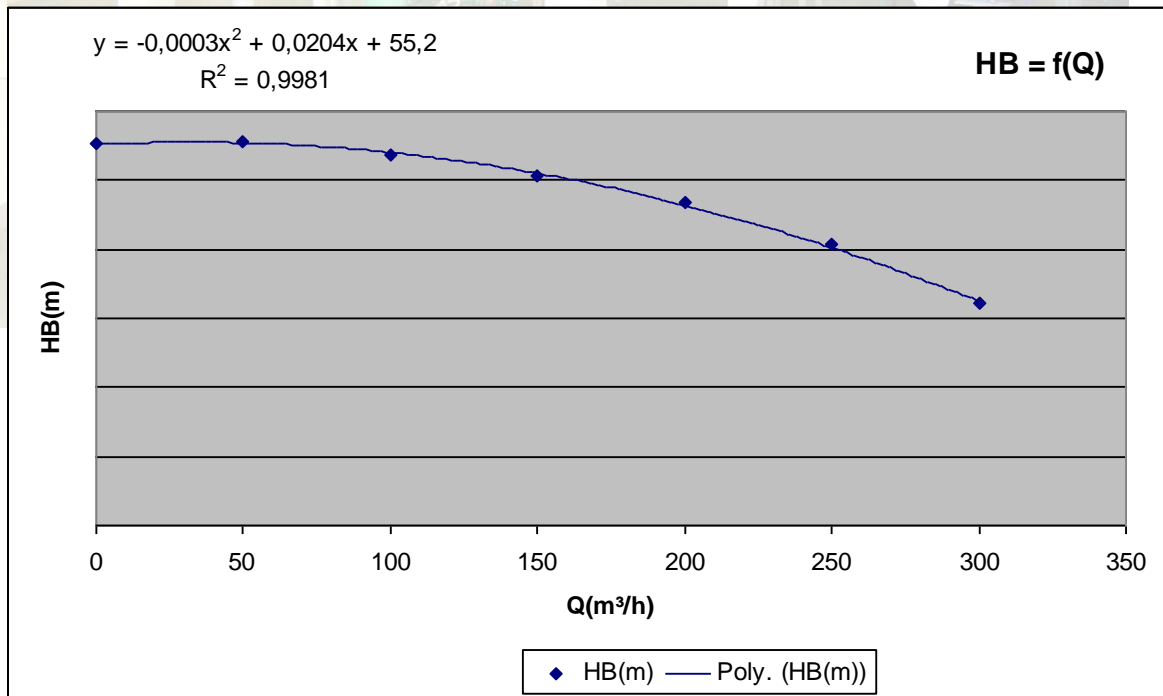
$3000 < Re < 3 \times 10^8$;

- rugosidade equivalente para o aço $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$;
- aceleração da gravidade: $9,8 \text{ m/s}^2$.

2ª – Para a situação descrita e obtida na questão anterior e sabendo que a carga estática da instalação é **14,5 m** e que **existe, tanto a carga cinética, como a carga de pressão na seção final**, pede-se:

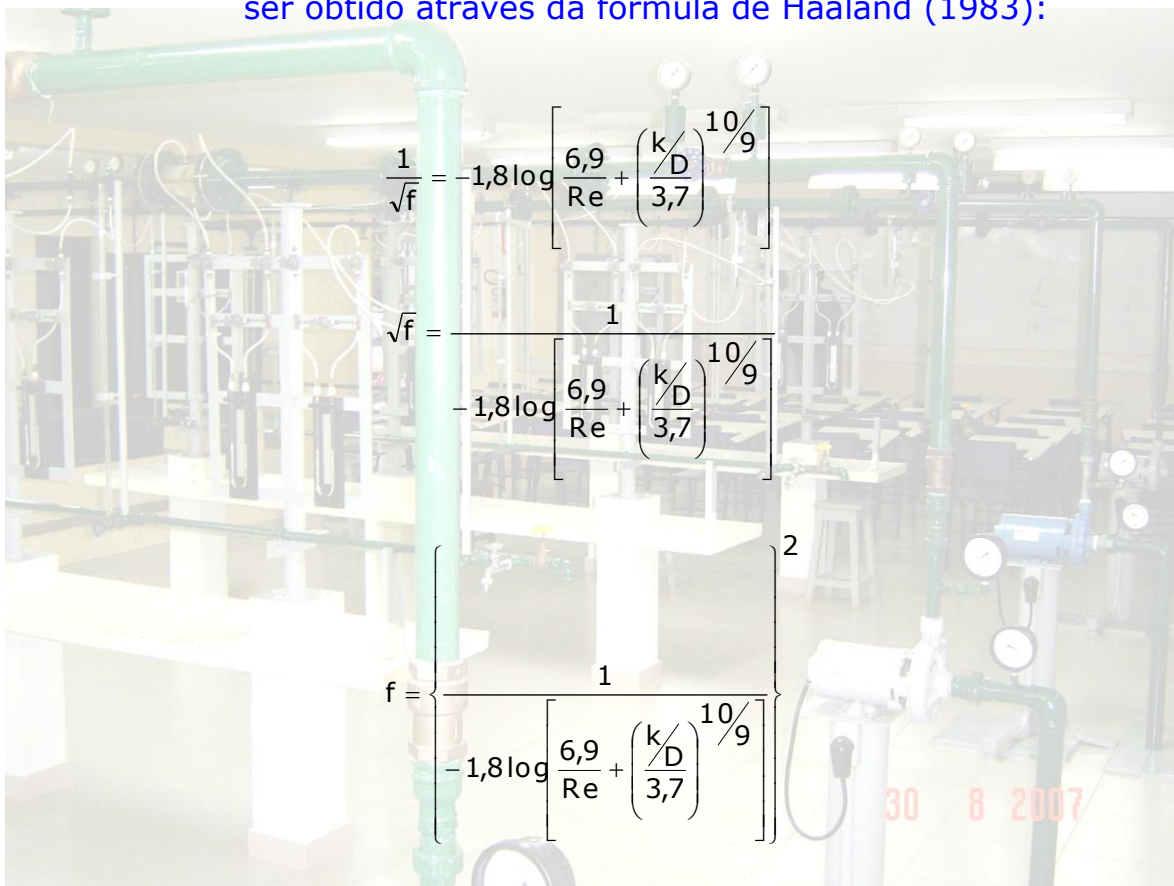
- a pressão na seção final, sabendo que a cota final em relação ao nível do fluido no reservatório de captação é **8,90 m** (valor 0,5);
- a perda de carga na tubulação de recalque (valor 0,5).

Dado:



3ª – Para as situações descritas e obtidas nas questões anteriores, pede-se escrever a equação da CCI em função do coeficiente de perda de carga distribuída e da vazão do escoamento. (valor 1,5)

Importante: Se houver necessidade de se obter o coeficiente de perda de carga distribuída para algum valor da vazão, este deve ser obtido através da formula de Haaland (1983):



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$

$$\sqrt{f} = \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]}$$

$$f = \frac{1}{\left[-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right] \right]^2}$$

30 8 2007

6.4. Primeira prova do segundo semestre de 2007 – Prova D

1ª - Ao se projetar uma instalação de bombeamento, optou-se por uma bomba de fluxo radial de 2900 rpm da marca Sulzer cujas curvas características são dadas a seguir.

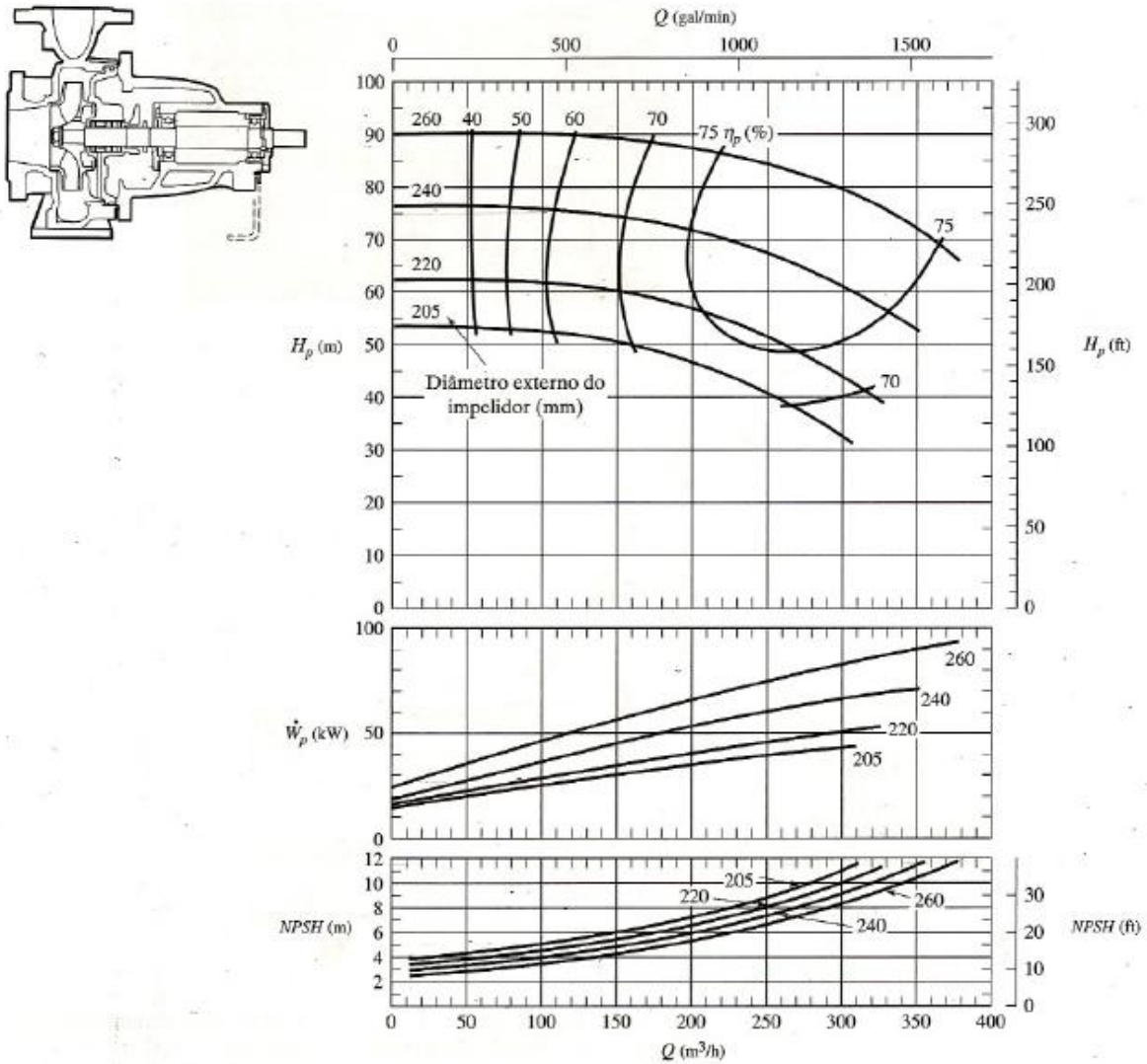


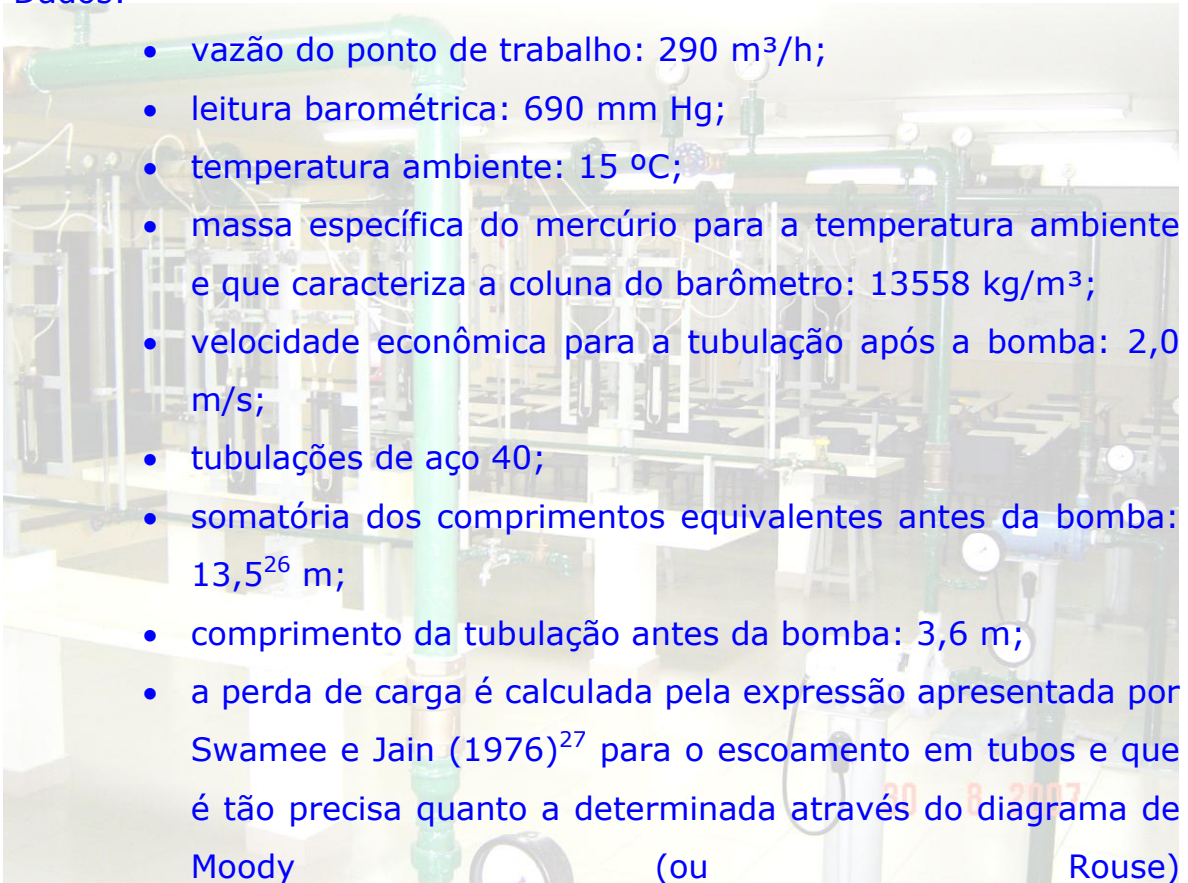
FIGURA 12.6 Curvas de bombas de fluxo radial e de desempenho para quatro diferentes impelidores com $N = 2900$ rpm ($\omega = 304$ rad/s). O líquido bombeado é água a 20°C .
(Fonte: Sulzer Pumps Ltd.)

Sabendo-se que o fluido a ser bombeado é a água a 15°C onde se tem:

$$\rho = 999,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \mu = 1,14 \times 10^{-3} \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2} \text{ e } p_{\text{vapor}} = 1,71 \text{kPa(abs)} \text{ e que a instalação é}$$

considerada pequena, pede-se especificar a cota que a bomba de 260 mm de diâmetro de rotor deve ser instalada em relação ao nível do fluido no reservatório de captação, que se encontra aberto à atmosfera, para que não ocorra o fenômeno de cavitação. **(valor 2,5)**

Dados:



- vazão do ponto de trabalho: 290 m³/h;
- leitura barométrica: 690 mm Hg;
- temperatura ambiente: 15 °C;
- massa específica do mercúrio para a temperatura ambiente e que caracteriza a coluna do barômetro: 13558 kg/m³;
- velocidade econômica para a tubulação após a bomba: 2,0 m/s;
- tubulações de aço 40;
- somatória dos comprimentos equivalentes antes da bomba: 13,5²⁶ m;
- comprimento da tubulação antes da bomba: 3,6 m;
- a perda de carga é calculada pela expressão apresentada por Swamee e Jain (1976)²⁷ para o escoamento em tubos e que é tão precisa quanto a determinada através do diagrama de Moody (ou Rouse)

$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum Leq)}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

equação pode ser usada tanto nas unidades inglesas como

²⁶ Valor obtido na página 353 do livro: Mecânica dos Fluidos, 6ª edição - escrito por FOX, MC DONALD e PRITCHARD e editado por LTC Editora -2006

²⁷ Informação obtida na página 250 do livro: Mecânica dos Fluidos - escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado por THOMSON em 2004

no SI e expressão válida para $10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$ e

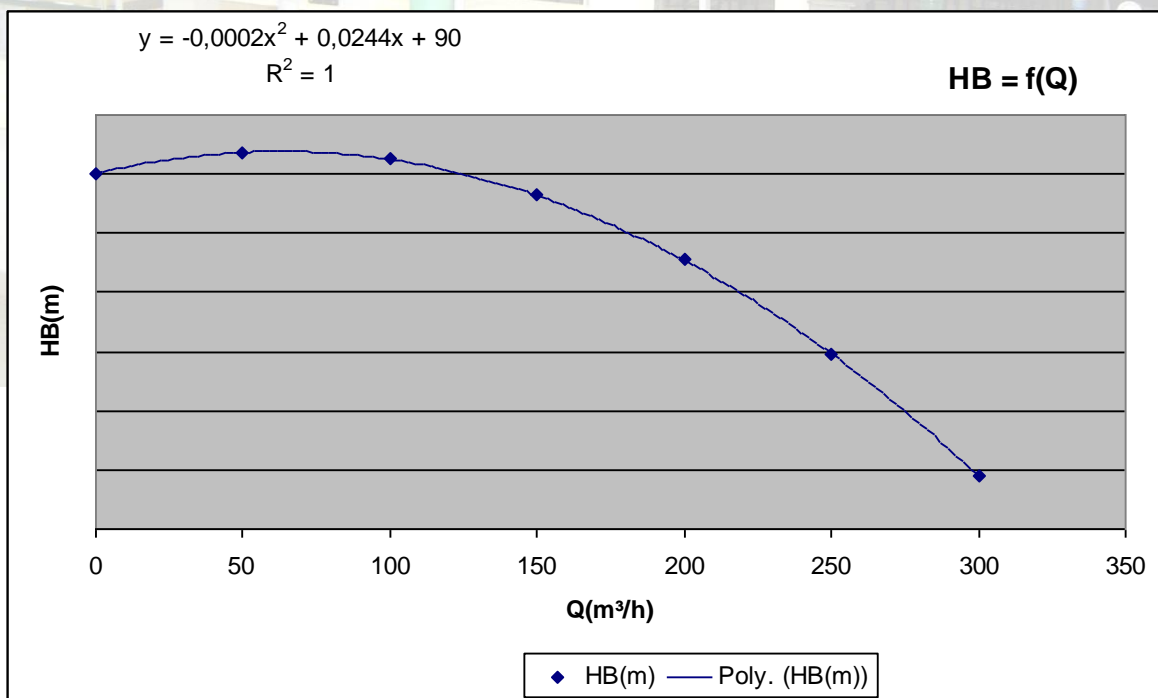
$3000 < Re < 3 \times 10^8$;

- rugosidade equivalente para o aço $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$;
- aceleração da gravidade: $9,8 \text{ m/s}^2$.

2ª – Para a situação descrita e obtida na questão anterior e sabendo que a carga estática da instalação é **15 m** e que **existe, tanto a carga cinética, como a carga de pressão na seção final,** pede-se:

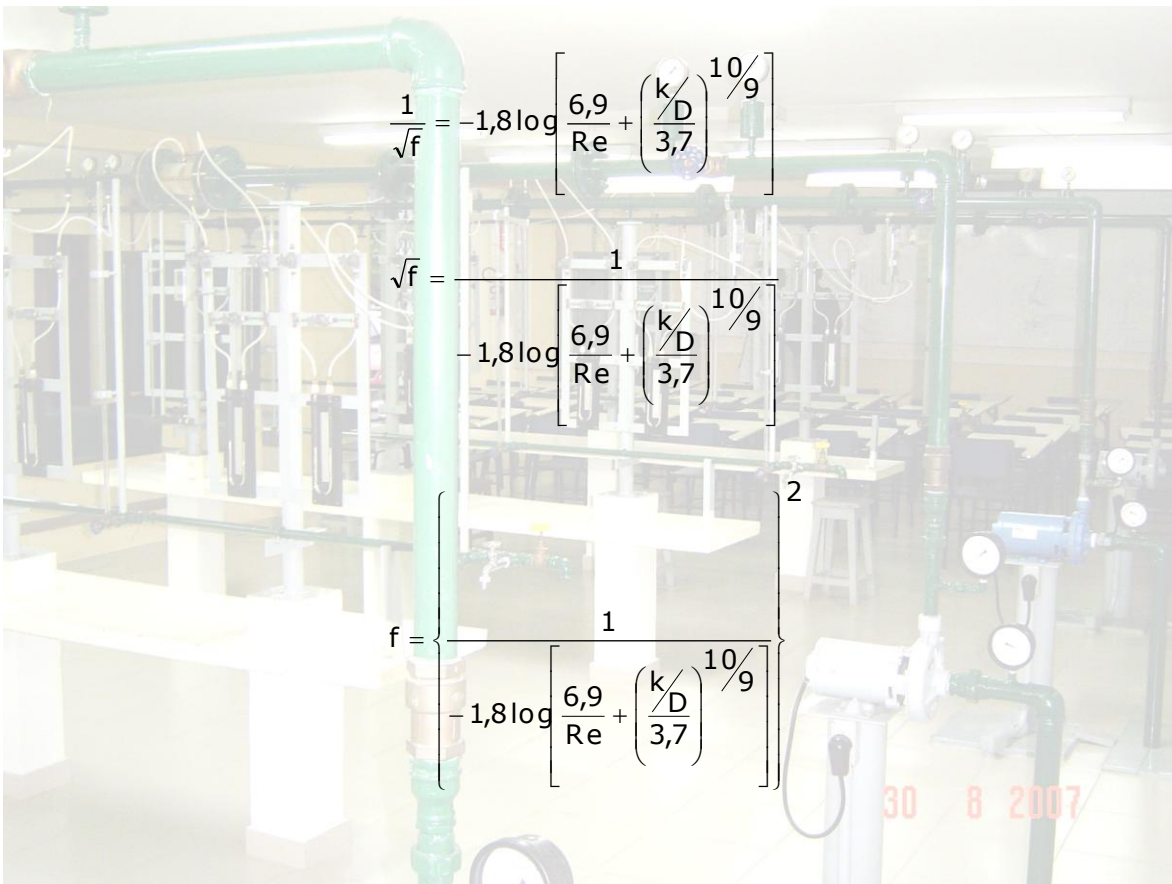
- a pressão na seção final, sabendo que a cota final em relação ao nível do fluido no reservatório de captação é **8,50 m** (valor 0,5);
- a perda de carga na tubulação de recalque (valor 0,5).

Dado:



3^a – Para as situações descritas e obtidas nas questões anteriores, pede-se escrever a equação da CCI em função do coeficiente de perda de carga distribuída e da vazão do escoamento. (valor 1,5)

Importante: Se houver necessidade de se obter o coeficiente de perda de carga distribuída para algum valor da vazão, este deve ser obtido através da formula de Haaland (1983):



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$

$$\sqrt{f} = \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]}$$

$$f = \left\{ \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]} \right\}^2$$

30 8 2007

6.5. Primeira prova do segundo semestre de 2007 – Prova E

1^a - Ao se projetar uma instalação de bombeamento, optou-se por uma bomba de fluxo radial de 2900 rpm da marca Sulzer cujas curvas características são dadas a seguir.

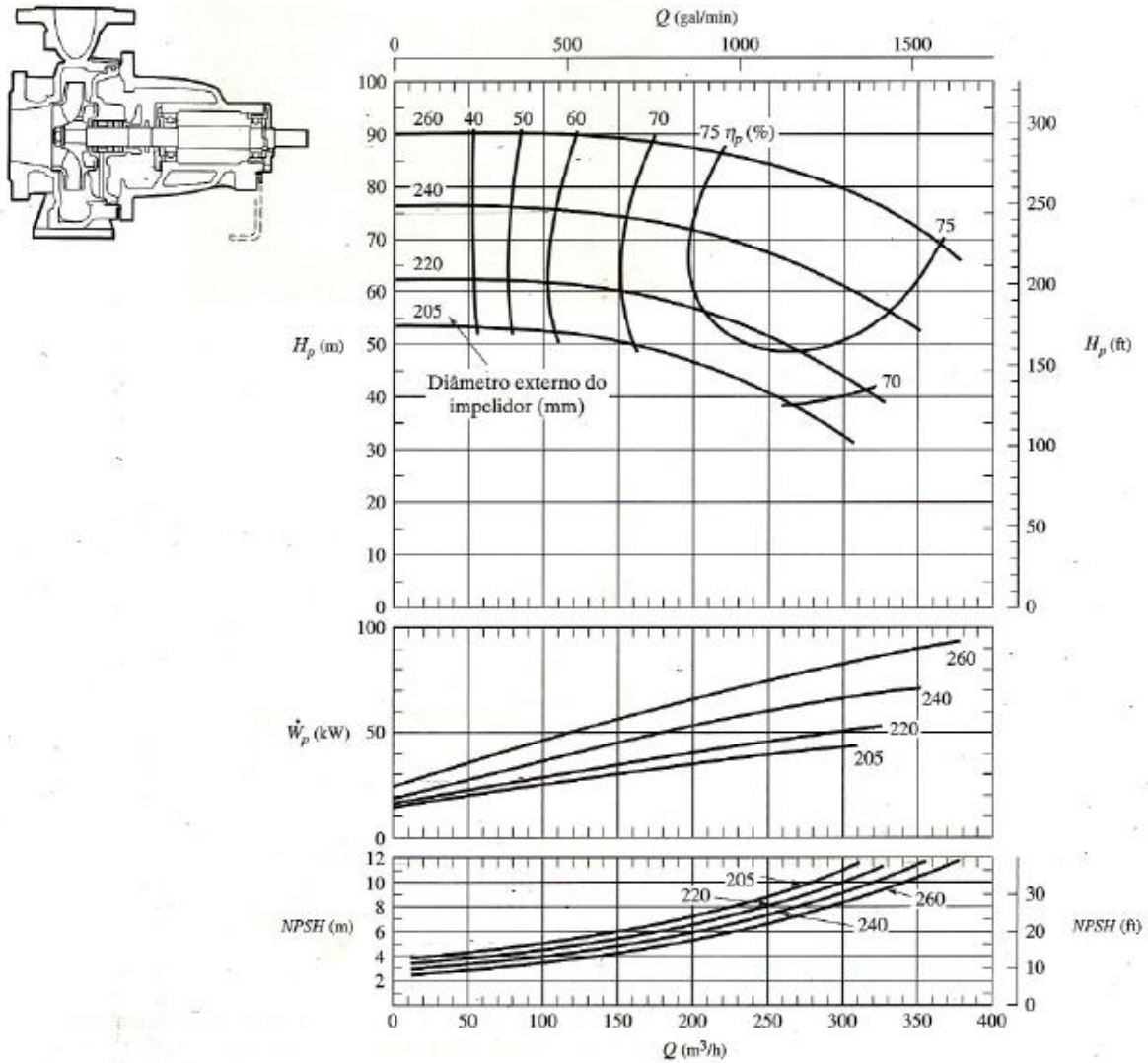


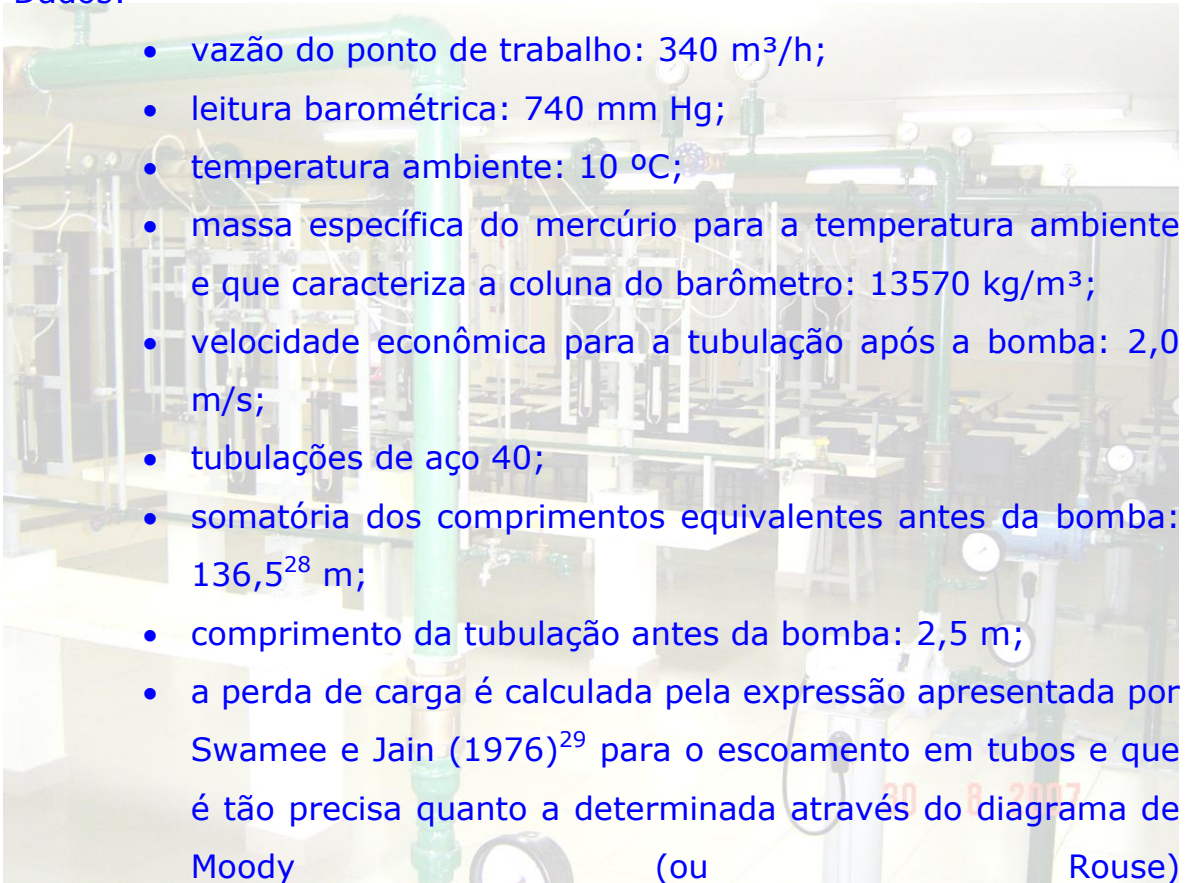
FIGURA 12.6 Curvas de bombas de fluxo radial e de desempenho para quatro diferentes impelidores com $N = 2900$ rpm ($\omega = 304$ rad/s). O líquido bombeado é água a 20°C .
(Fonte: Sulzer Pumps Ltd.)

Sabendo-se que o fluido a ser bombeado é a água a 10°C onde se tem:

$$\rho = 999,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \mu = 1,3 \times 10^{-3} \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2} \text{ e } p_{\text{vapor}} = 1,23 \text{kPa(abs)}, \text{ e que a instalação é}$$

considerada pequena, pede-se especificar a cota que a bomba de 260 mm de diâmetro de rotor deve ser instalada em relação ao nível do fluido no reservatório de captação, que se encontra aberto à atmosfera, para que não ocorra o fenômeno de cavitação. **(valor 2,5)**

Dados:



$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum Leq)}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

equação pode ser usada tanto nas unidades inglesas como

²⁸ Valor obtido na página 353 do livro: Mecânica dos Fluidos, 6ª edição - escrito por FOX, MC DONALD e PRITCHARD e editado por LTC Editora -2006

²⁹ Informação obtida na página 250 do livro: Mecânica dos Fluidos - escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado por THOMSON em 2004

no SI e expressão válida para $10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$ e

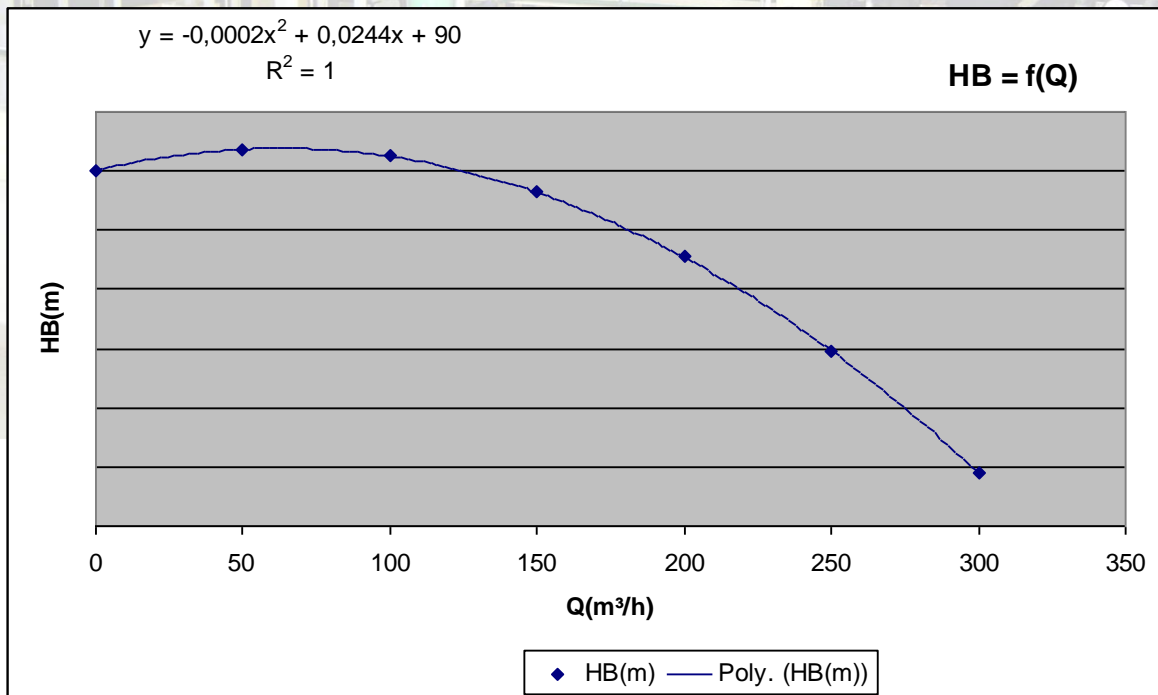
$3000 < Re < 3 \times 10^8$;

- rugosidade equivalente para o aço $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$;
- aceleração da gravidade: $9,8 \text{ m/s}^2$.

2ª – Para a situação descrita e obtida na questão anterior e sabendo que a carga estática da instalação é **10,5 m** e que **existe, tanto a carga cinética, como a carga de pressão na seção final**, pede-se:

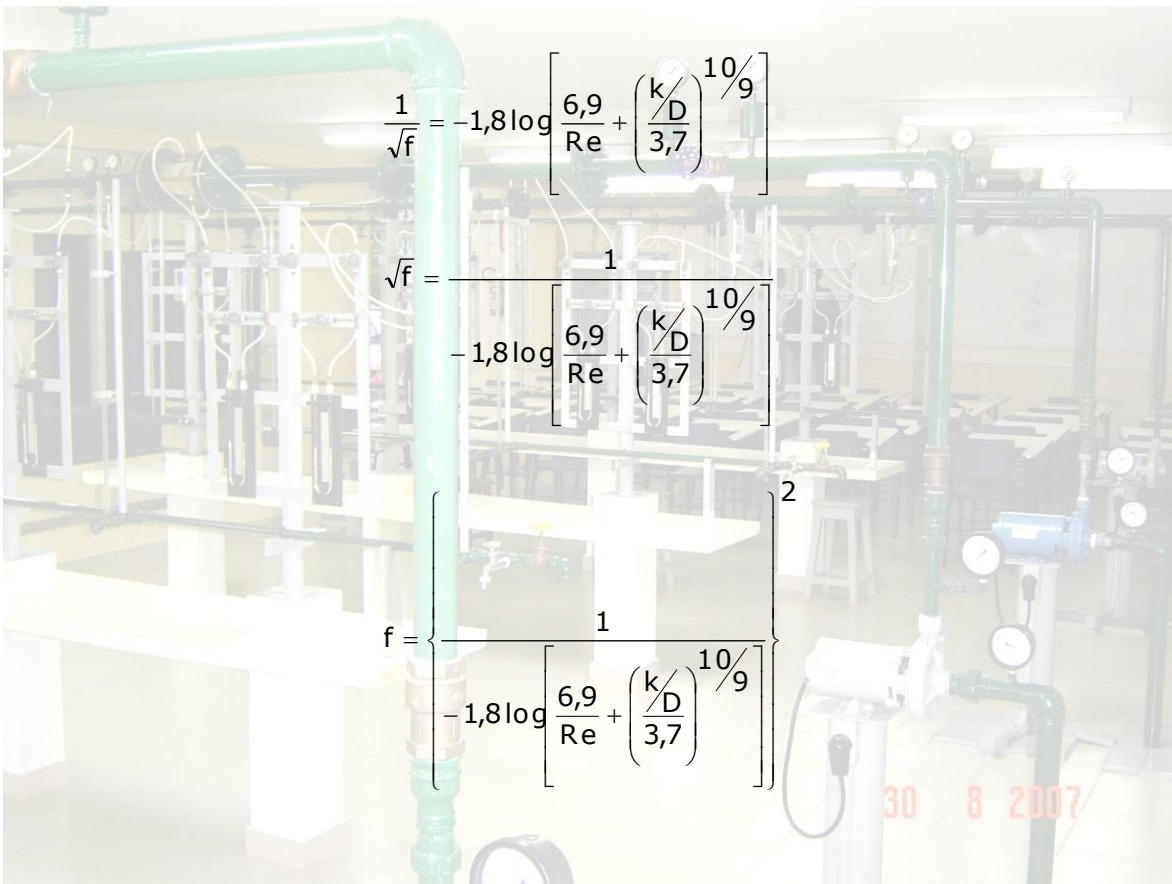
- a pressão na seção final, sabendo que a cota final em relação ao nível do fluido no reservatório de captação é **5,50 m** (valor 0,5);
- a perda de carga na tubulação de recalque (valor 0,5).

Dado:



3^a – Para as situações descritas e obtidas nas questões anteriores, pede-se escrever a equação da CCI em função do coeficiente de perda de carga distribuída e da vazão do escoamento. (valor 1,5)

Importante: Se houver necessidade de se obter o coeficiente de perda de carga distribuída para algum valor da vazão, este deve ser obtido através da formula de Haaland (1983):



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$

$$\sqrt{f} = \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]}$$

$$f = \left[\frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]} \right]^2$$

30 8 2007

6.6. Primeira prova do segundo semestre de 2007 – Prova F

1ª - Ao se projetar uma instalação de bombeamento, optou-se por uma bomba de fluxo radial de 2900 rpm da marca Sulzer cujas curvas características são dadas a seguir.

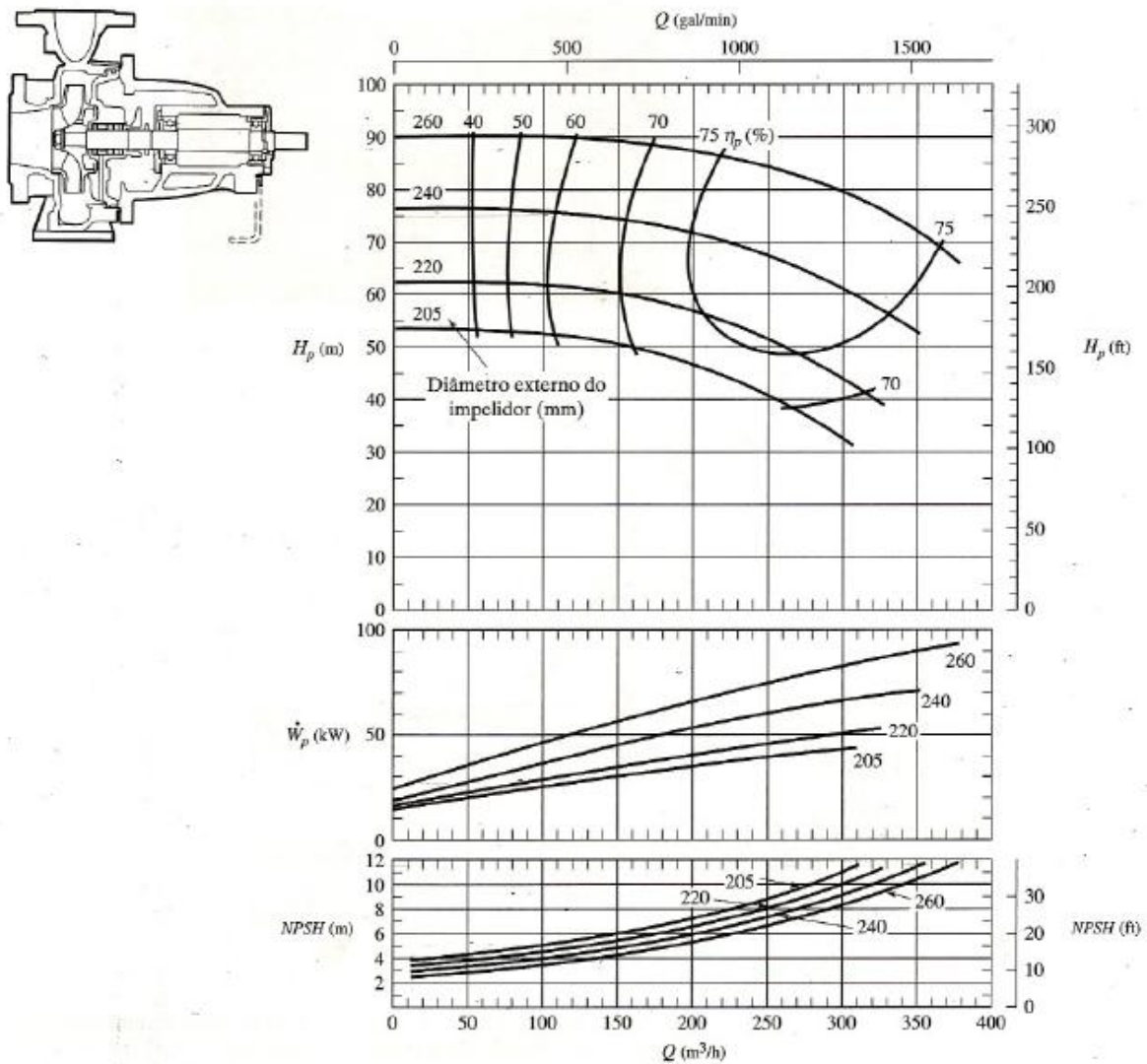


FIGURA 12.6 Curvas de bombas de fluxo radial e de desempenho para quatro diferentes impelidores com $N = 2900$ rpm ($\omega = 304$ rad/s). O líquido bombeado é água a 20°C .
(Fonte: Sulzer Pumps Ltd.)

Sabendo-se que o fluido a ser bombeado é a água a 25°C onde se tem:

$$\rho = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \mu = 8,93 \times 10^{-4} \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2} \text{ e } p_{\text{vapor}} = 3,17 \text{ kPa(abs)} \text{ e que o diâmetro}$$

escolhido para após a bomba deve ser o mais próximo do calculado (referência), pede-se especificar a cota que a bomba de 205 mm de diâmetro de rotor deve ser instalada em relação ao nível do fluido no reservatório de captação, que se encontra aberto à atmosfera, para que não ocorra o fenômeno de cavitação. **(valor 2,5)**

Dados:

- vazão do ponto de trabalho: 280 m³/h;
- leitura barométrica: 760 mm Hg;
- temperatura ambiente: 25 °C;
- massa específica do mercúrio para a temperatura ambiente e que caracteriza a coluna do barômetro: 13534 kg/m³;
- velocidade econômica para a tubulação após a bomba: 2,0 m/s;
- tubulações de aço 40;
- somatória dos comprimentos equivalentes antes da bomba: 91,22³⁰ m;
- comprimento da tubulação antes da bomba: 3,0 m;
- a perda de carga é calculada pela expressão apresentada por Swamee e Jain (1976)³¹ para o escoamento em tubos e que é tão precisa quanto a determinada através do diagrama de

Moody

(ou

Rouse)

$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum Leq)}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

³⁰ Valor obtido na página 353 do livro: Mecânica dos Fluidos, 6ª edição - escrito por FOX, MC DONALD e PRITCHARD e editado por LTC Editora -2006

³¹ Informação obtida na página 250 do livro: Mecânica dos Fluidos - escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado por THOMSON em 2004

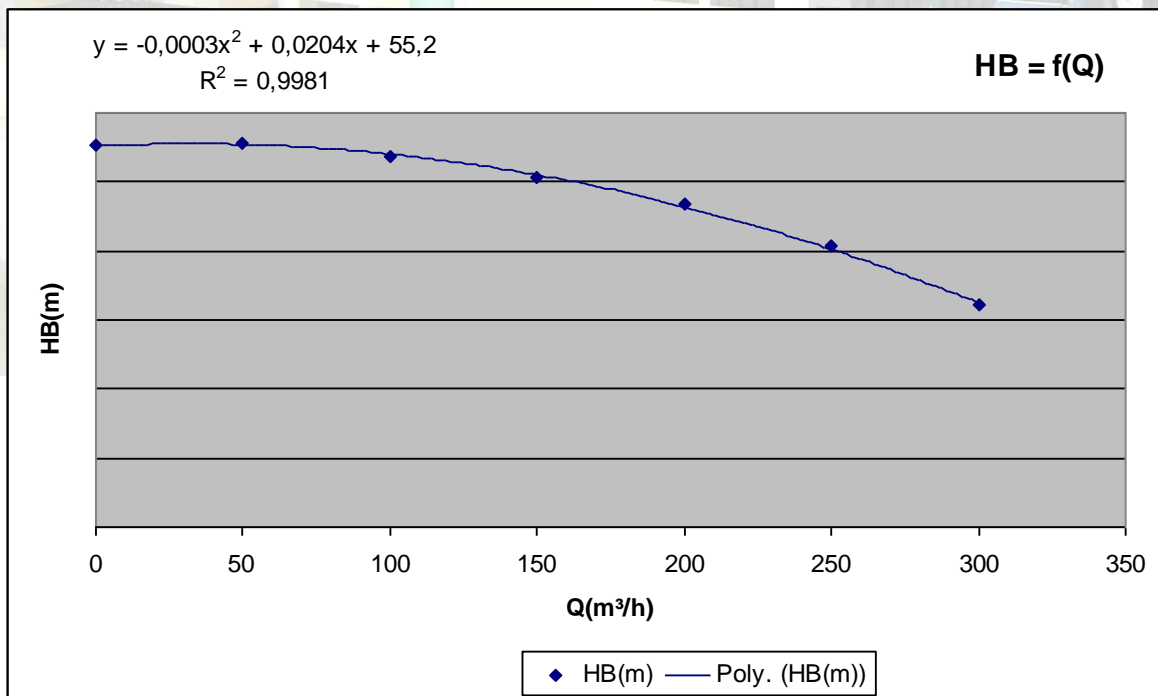
equação pode ser usada tanto nas unidades inglesas como no SI e expressão válida para $10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$ e $3000 < Re < 3 \times 10^8$;

- rugosidade equivalente para o aço $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$;
- aceleração da gravidade: $9,8 \text{ m/s}^2$.

2ª – Para a situação descrita e obtida na questão anterior e sabendo que a carga estática da instalação é **15 m** e que **existe, tanto a carga cinética, como a carga de pressão na seção final**, pede-se:

- a pressão na seção final, sabendo que a cota final em relação ao nível do fluido no reservatório de captação é **8,50 m** (valor 0,5);
- a perda de carga na tubulação de recalque (valor 0,5).

Dado:



3^a – Para as situações descritas e obtidas nas questões anteriores, pede-se escrever a equação da CCI em função do coeficiente de perda de carga distribuída e da vazão do escoamento. (valor 1,5)

Importante: Se houver necessidade de se obter o coeficiente de perda de carga distribuída para algum valor da vazão, este deve ser obtido através da formula de Haaland (1983):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$

$$\sqrt{f} = \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]}$$

$$f = \left[\frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]} \right]^2$$

30 8 2007

6.7. Primeira prova do segundo semestre de 2007 – Prova G

1ª - Ao se projetar uma instalação de bombeamento, optou-se por uma bomba de fluxo radial de 2900 rpm da marca Sulzer cujas curvas características são dadas a seguir.

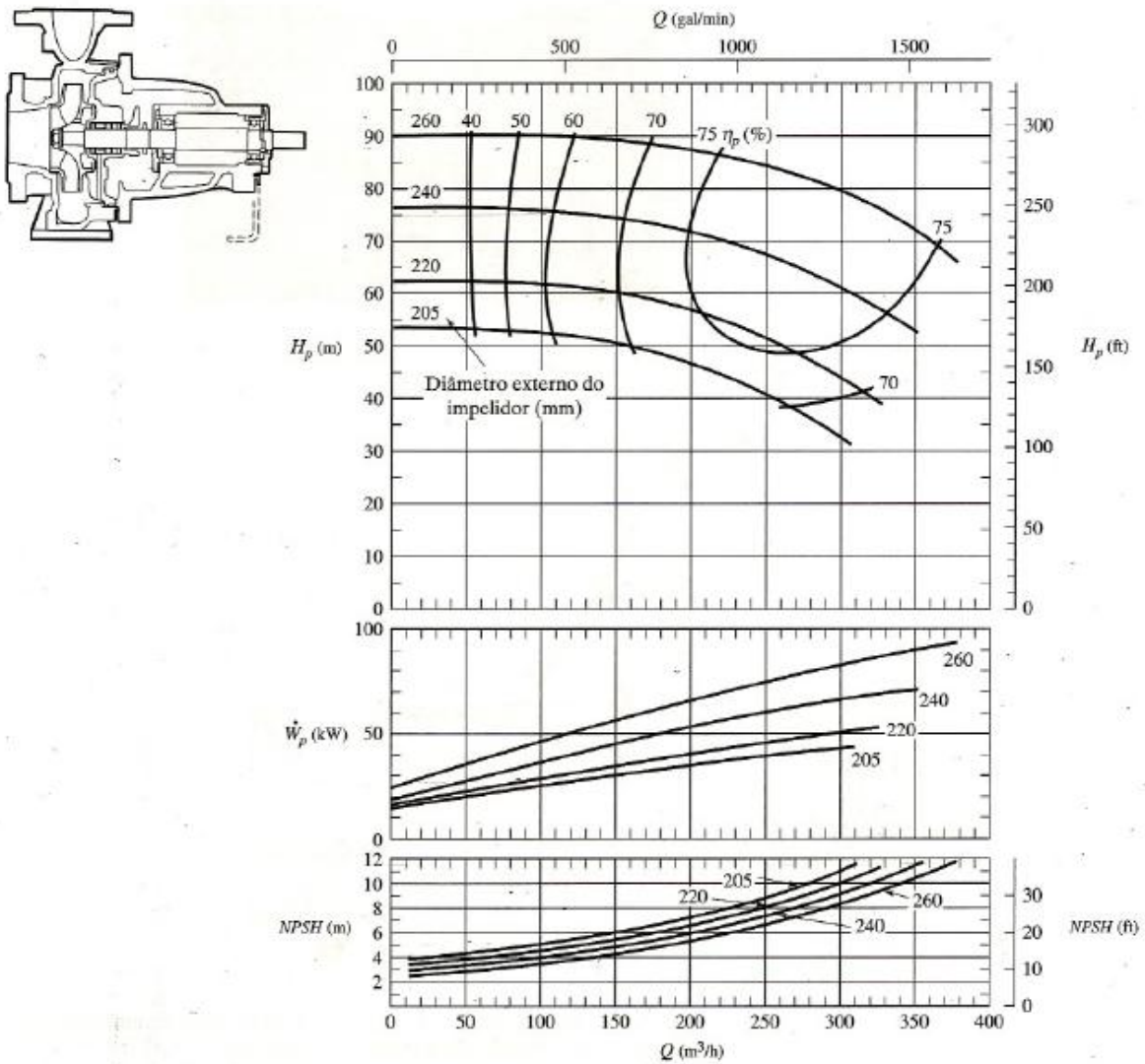
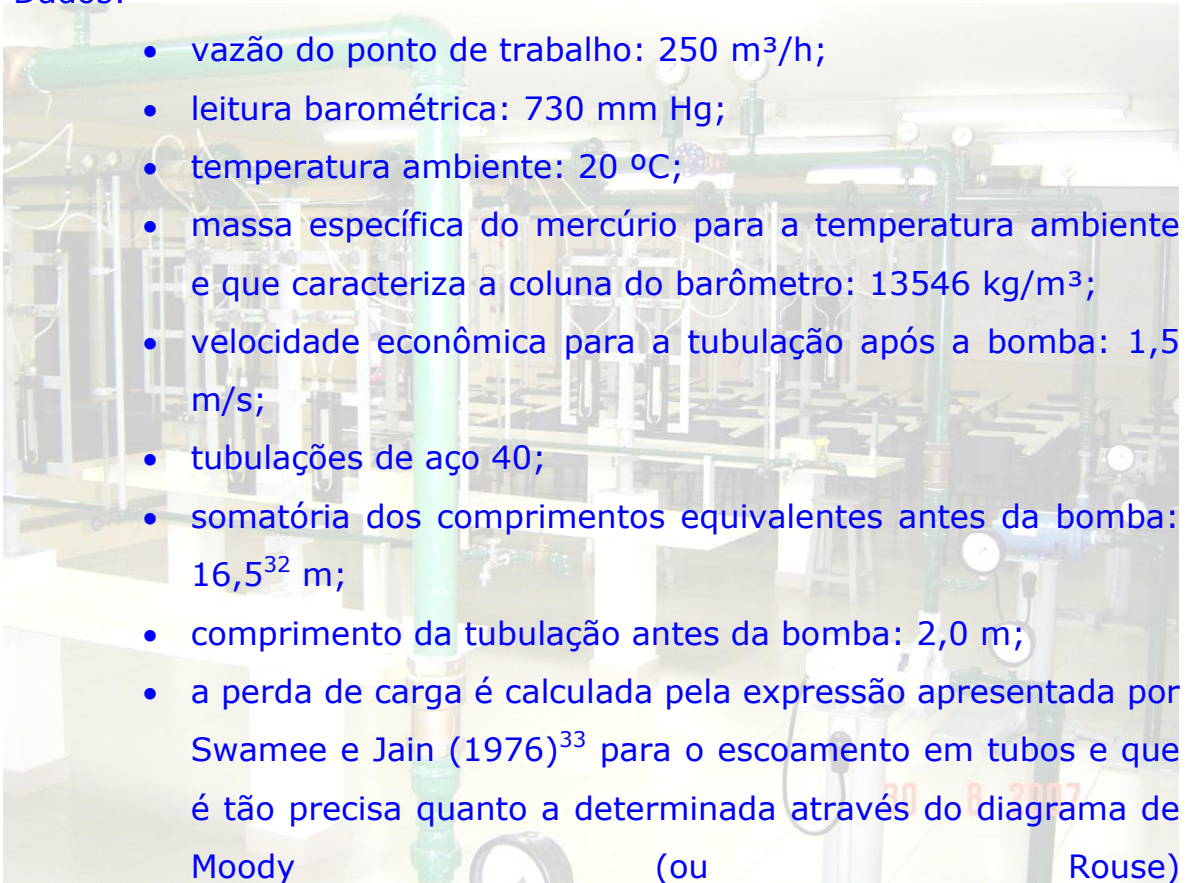


FIGURA 12.6 Curvas de bombas de fluxo radial e de desempenho para quatro diferentes impelidores com $N = 2900$ rpm ($\omega = 304$ rad/s). O líquido bombeado é água a 20°C .
(Fonte: Sulzer Pumps Ltd.)

Sabendo-se que o fluido a ser bombeado é o metanol (CH₃OH) a 20°C onde se tem: $\rho = 791 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $\mu = 5,98 \times 10^{-4} \frac{\text{N} \times \text{s}}{\text{m}^2}$ e $p_{\text{vapor}} = 1340 \text{Pa(abs)}$ e que a

instalação é considerada pequena, pede-se especificar a cota que a bomba de 220 mm de diâmetro de rotor deve ser instalada em relação ao nível do fluido no reservatório de captação, que se encontra aberto à atmosfera, para que não ocorra o fenômeno de cavitação. **(valor 2,5)**

Dados:



$$H_p = 1,07 \times \frac{Q^2 \times (L + \sum Leq)}{g \times D^5} \times \left\{ \ln \left[\frac{k}{3,7 \times D} + 4,62 \times \left(\frac{v \times D}{Q} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

equação pode ser usada tanto nas unidades inglesas como

³² Valor obtido na página 353 do livro: Mecânica dos Fluidos, 6ª edição - escrito por FOX, MC DONALD e PRITCHARD e editado por LTC Editora -2006

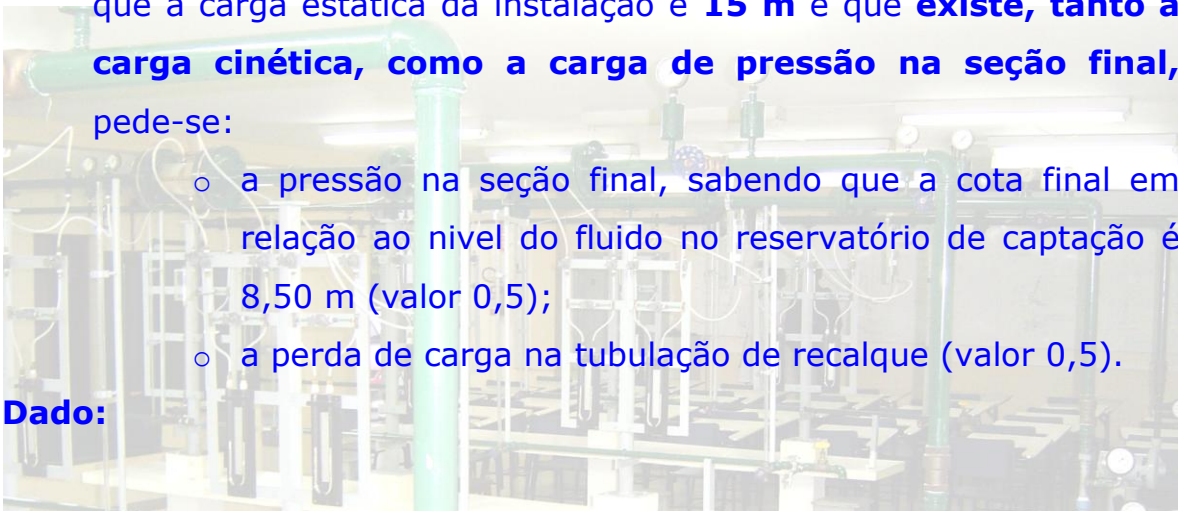
³³ Informação obtida na página 250 do livro: Mecânica dos Fluidos - escrito por Merle C. Potter e David C. Wiggert e editado por THOMSON em 2004

no SI e expressão válida para $10^{-6} < \frac{k}{D} < 10^{-2}$ e

$$3000 < Re < 3 \times 10^8;$$

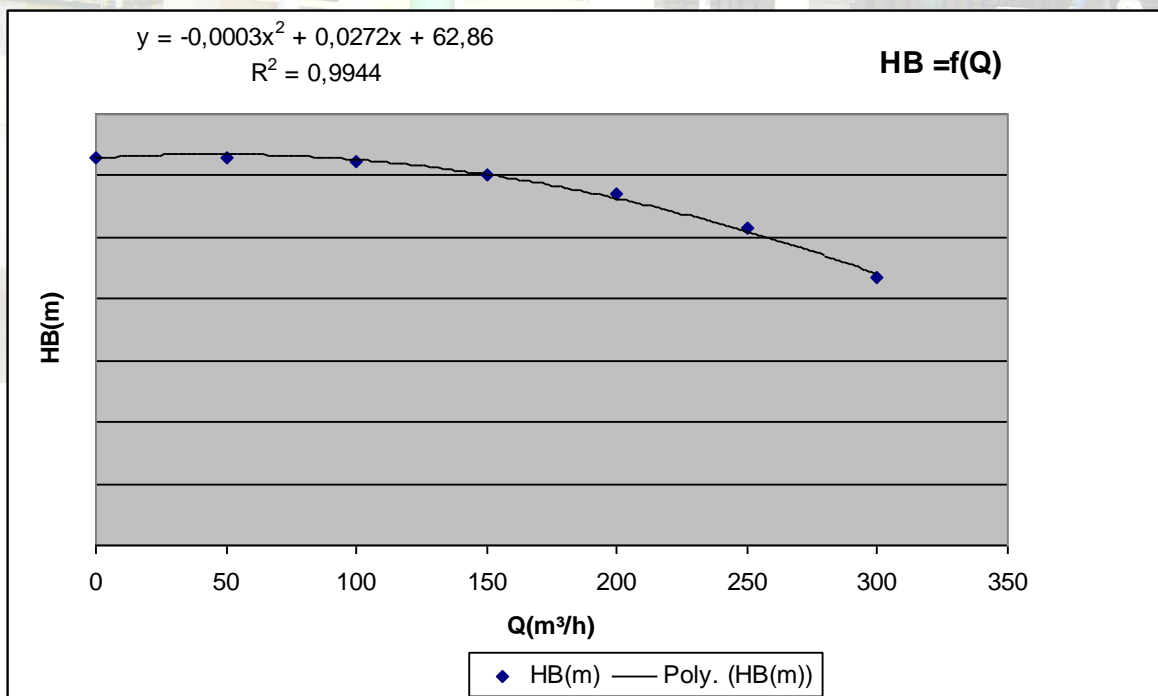
- rugosidade equivalente para o aço $4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$;
- aceleração da gravidade: $9,8 \text{ m/s}^2$.

2ª – Para a situação descrita e obtida na questão anterior e sabendo que a carga estática da instalação é **15 m** e que **existe, tanto a carga cinética, como a carga de pressão na seção final,** pede-se:



- a pressão na seção final, sabendo que a cota final em relação ao nível do fluido no reservatório de captação é **8,50 m** (valor 0,5);
- a perda de carga na tubulação de recalque (valor 0,5).

Dado:



3^a – Para as situações descritas e obtidas nas questões anteriores, pede-se escrever a equação da CCI em função do coeficiente de perda de carga distribuída e da vazão do escoamento. (valor 1,5)

Importante: Se houver necessidade de se obter o coeficiente de perda de carga distribuída para algum valor da vazão, este deve ser obtido através da formula de Haaland (1983):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$

$$\sqrt{f} = \frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]}$$

$$f = \left[\frac{1}{-1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{k/D}{3,7} \right)^{10/9} \right]} \right]^2$$

30 8 2007

6.8. Primeira prova do primeiro semestre de 2008 – Prova A

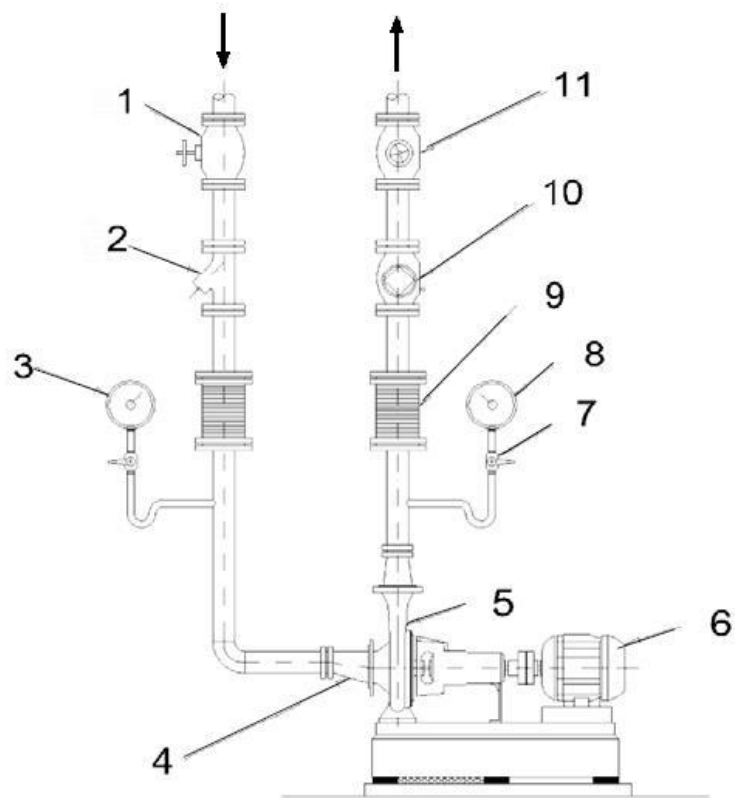
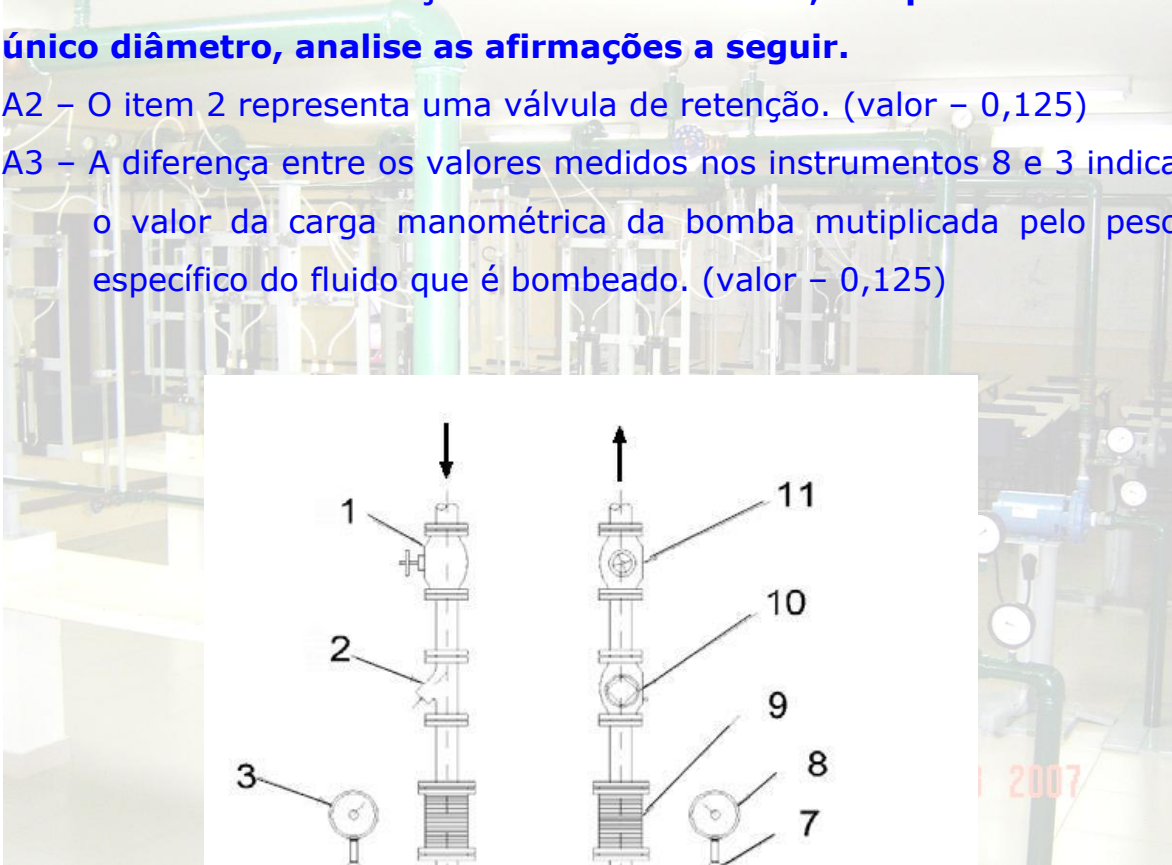
Considerando as tubulações industriais, analise a afirmação a seguir.

A1 - O schedule de um tubo corresponde à qualidade do acabamento da parede interna do tubo. (valor – 0,125)

Considerando a instalação de bombeamento, na qual se tem um único diâmetro, analise as afirmações a seguir.

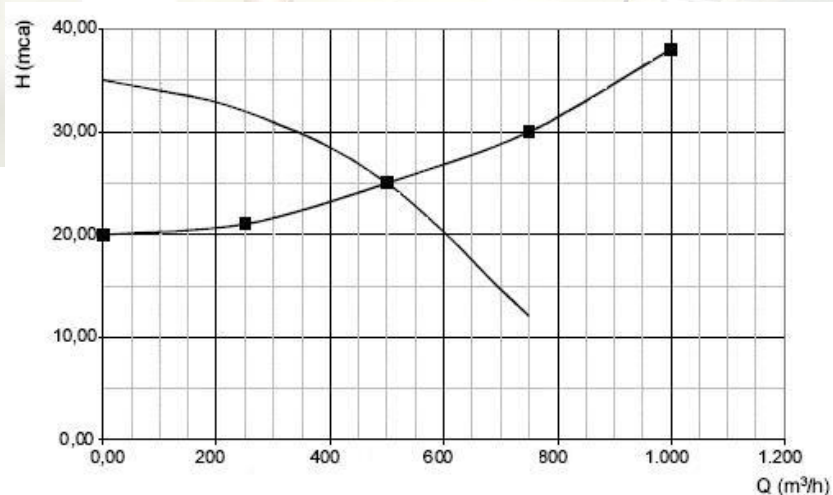
A2 – O item 2 representa uma válvula de retenção. (valor – 0,125)

A3 – A diferença entre os valores medidos nos instrumentos 8 e 3 indica o valor da carga manométrica da bomba multiplicada pelo peso específico do fluido que é bombeado. (valor – 0,125)



Um(a) estagiário(a) foi indicado para auxiliar no projeto de uma instalação de bombeamento, cujo trecho está representado na figura da página 1. O engenheiro responsável informou que a bomba recalcaria óleo combustível e que deveria atender a curva do sistema, ilustrada abaixo. Sabe-se que a vazão necessária é de 600 m³/h, que a carga manométrica para a mesma origem uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 2,5 kgf/cm² e que, para essa instalação, estão disponíveis três tipos de bombas centrífugas: a bomba A, cuja curva está plotada no mesmo gráfico da curva do sistema; a bomba B, cujas características para o rendimento máximo, que é igual a 60%, são: vazão de 300 m³/h que propicia uma carga manométrica que origina uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 1,25 kgf/cm², a bomba C, que possui como características para o rendimento máximo uma vazão de 600 m³/h para uma pressão de recalque de 2,95 kgf/cm² e NPSH requerido de 8,5 m.c.a. Com base no gráfico e nessas informações, analise os próximos itens.

$$\rho_{\text{óleo comb}} = 0,85 \rightarrow \rho_{\text{água}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



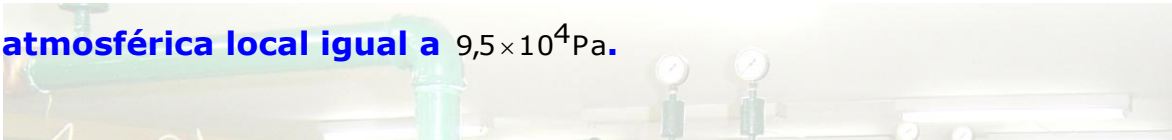
A4 – A bomba A tem uma carga de shut-off de 35 mca. (valor – 0,125)

A5 – A bomba C atende às necessidades da instalação de bombeamento considerada. (valor – 0,25)

A instalação de bombeamento recalca $Q_{proj\,mín} = 21,6 \frac{m^3}{h}$ **de água**

($\rho_{água} = 998,01 \frac{kg}{m^3}$; $\mu_{água} = 0,001008 Pa \cdot s$; $p_{vapor} = 2337,2 Pa$ (abs)) à pressão

atmosférica local igual a $9,5 \times 10^4 Pa$.



- VPC = válvula de retenção de fundo de poço (MIPÉL)
- VG = válvula gaveta (MIPÉL)
- VR = válvula de retenção horizontal (MIPÉL)
- VGR = válvula globo reta com quia (MIPÉL)
- (jf) = joelho fêmea de 90° (TUPY)
- (en) = entrada normal, onde o K_s é igual a 1,0

tubulação de aço 40

aB = antes da bomba, com diâmetro nominal de 3"

dB = depois da bomba, com diâmetro nominal de 2"

$NA_{mín}$ = nível mínimo

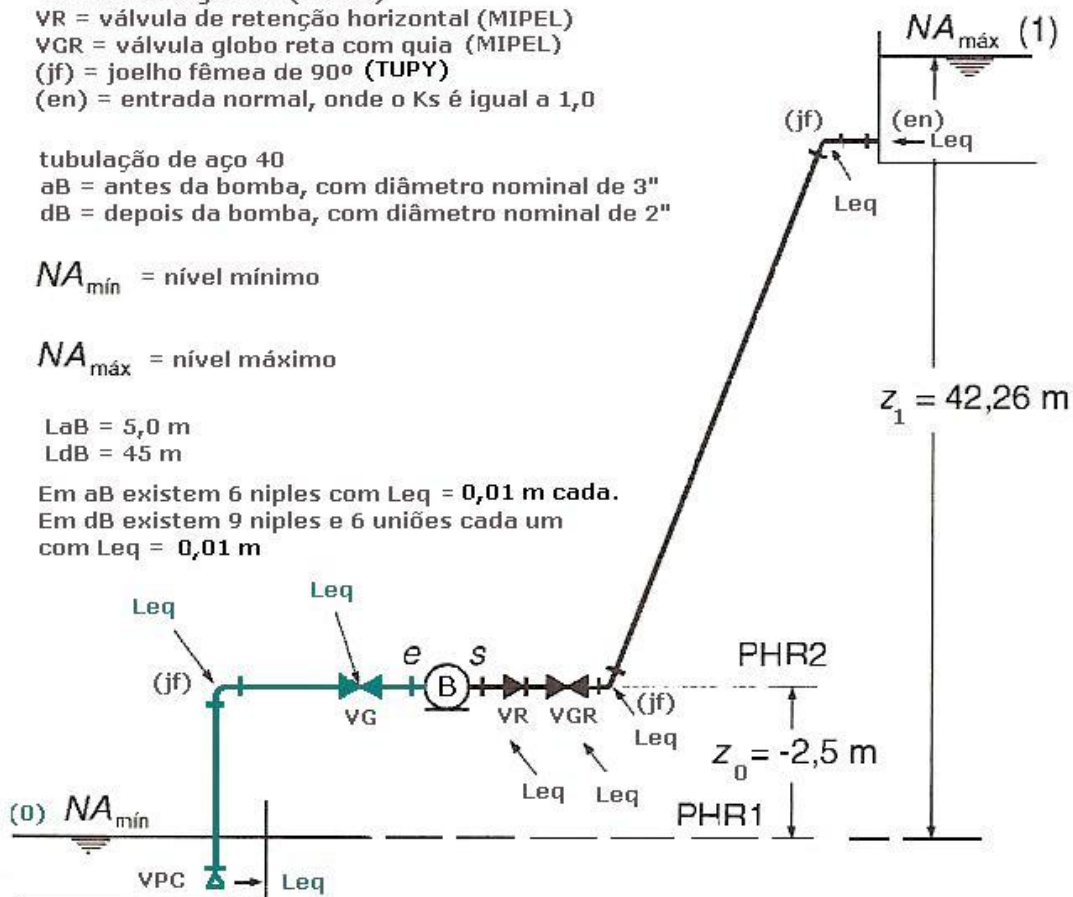
$NA_{máx}$ = nível máximo

$LaB = 5,0 m$

$LdB = 45 m$

Em aB existem 6 niples com $Leq = 0,01 m$ cada.

Em dB existem 9 niples e 6 uniões cada um com $Leq = 0,01 m$



As tubulações são consideradas novas, o que possibilita considerar a rugosidade (K) igual a $4,8 \times 10^{-5} \text{m}$. Os demais dados ou estão fornecidos na própria figura, ou devem ser obtidos nas tabelas da MIPEL e da TUPY e na norma para tubos de aço. Pedem-se:

A6 – a verificação do fenômeno de supercavitação supondo que a vazão de trabalho seja igual à vazão de projeto mínima; (valor – 1,125)

A7 – a equação da CCI em função da vazão e dos coeficientes de perda de carga distribuída (valor – 0,875)

A8 – considerando a fórmula de Haaland
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \times \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{K/D_H}{3,7} \right)^{10/9} \right]$$
 determine a carga manométrica de projeto mínima; (valor – 0,5)

Supondo que a vazão de trabalho é igual a 1,15 da vazão desejada, pedem-se:

A9 – o NPSH disponível; (valor – 0,75)

A10 – o cálculo do consumo mensal em $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \right)$, especificando o rendimento real do motor escolhido, supondo que a instalação opera 12 horas por dia em um mês de 30 dias e que o rendimento da bomba no ponto de trabalho é igual a 72%. (valor – 1,0)

6.9. Primeira prova do primeiro semestre de 2008 – Prova B

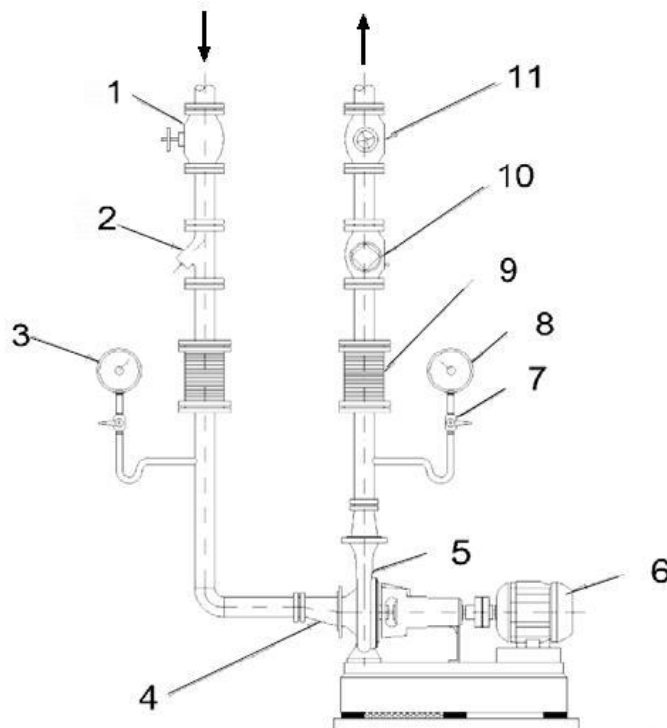
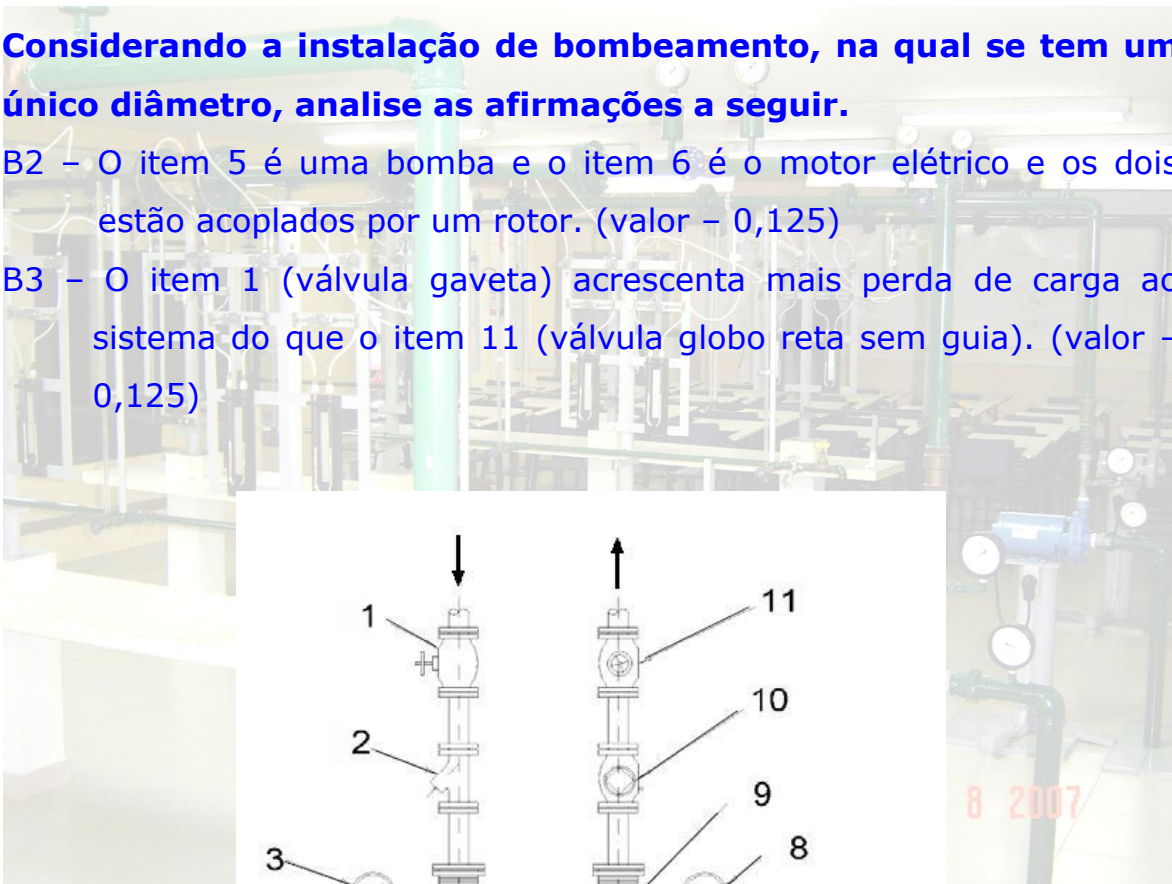
Considerando as tubulações industriais, analise a afirmação a seguir.

B1 - Os tubos de aços inoxidáveis ferríticos pesam cerca de 5% menos que os tubos de aço-carbono ou de aços de baixa liga. (valor – 0,125)

Considerando a instalação de bombeamento, na qual se tem um único diâmetro, analise as afirmações a seguir.

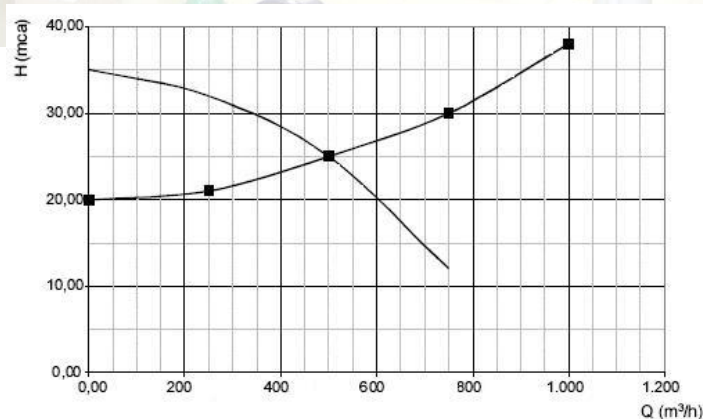
B2 - O item 5 é uma bomba e o item 6 é o motor elétrico e os dois estão acoplados por um rotor. (valor – 0,125)

B3 - O item 1 (válvula gaveta) acrescenta mais perda de carga ao sistema do que o item 11 (válvula globo reta sem guia). (valor – 0,125)



Um(a) estagiário(a) foi indicado para auxiliar no projeto de uma instalação de bombeamento, cujo trecho está representado na figura da página 1. O engenheiro responsável informou que a bomba recalcaria óleo combustível e que deveria atender a curva do sistema, ilustrada abaixo. Sabe-se que a vazão necessária é de 600 m³/h, que a carga manométrica para a mesma origina uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 2,5 kgf/cm² e que, para essa instalação, estão disponíveis três tipos de bombas centrífugas: a bomba A, cuja curva está plotada no mesmo gráfico da curva do sistema; a bomba B, cujas características para o rendimento máximo, que é igual a 60%, são: vazão de 300 m³/h que propicia uma carga manométrica que origina uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 1,25 kgf/cm², a bomba C, que possui como características para o rendimento máximo uma vazão de 600 m³/h que propicia uma carga manométrica que origina uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 2,95 kgf/cm² e NPSH requerido de 8,5 m.c.a. Com base no gráfico e nessas informações, analise os próximos itens.

$$\rho_{\text{óleo comb}} = 0,85 \rightarrow \rho_{\text{água}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

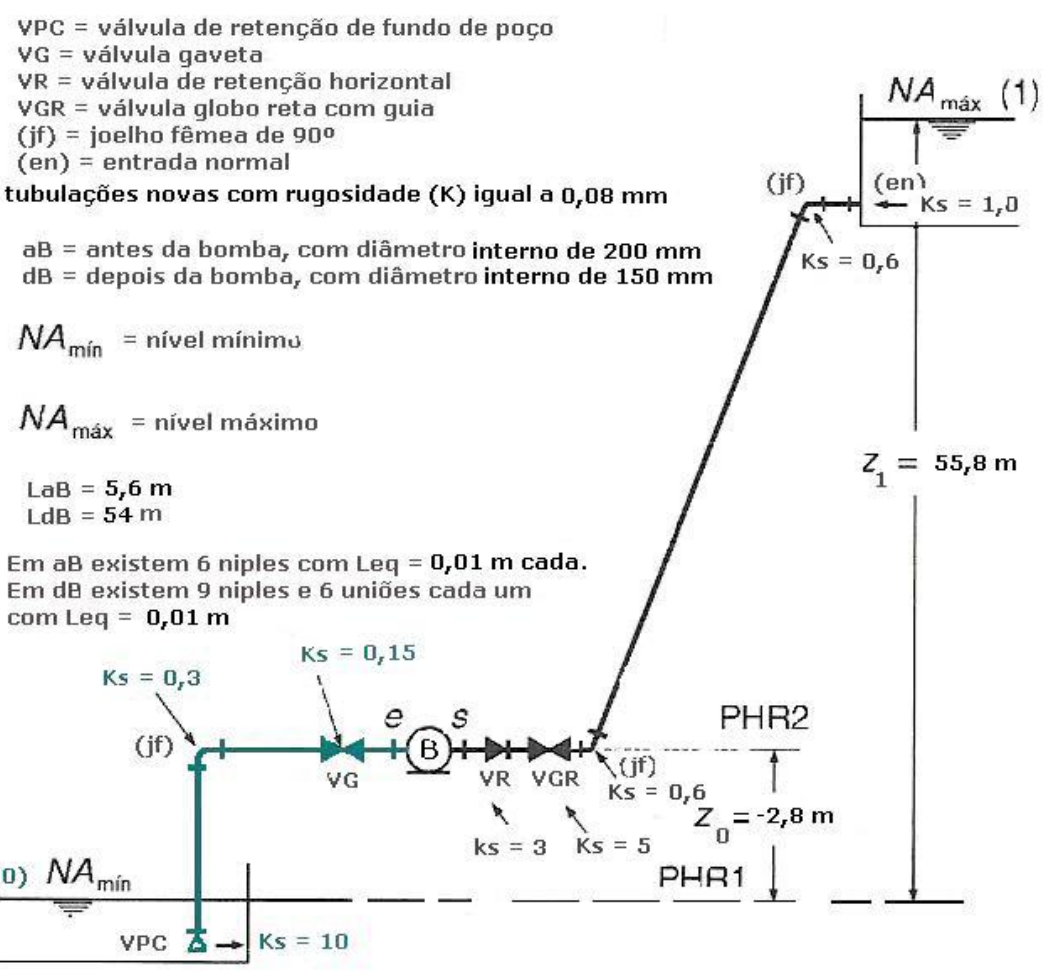
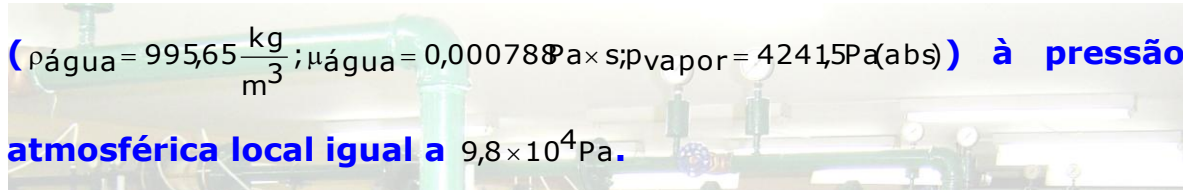


B4 – A bomba C só poderá ser usada se o NPSH disponível no sistema for superior a 0,823 bar. (valor – 0,25)

B5 – A variação de rotação de uma bomba altera o seu ponto de trabalho. (valor – 0,125)

A instalação de bombeamento recalca $Q_{proj\,mín} = 55 \frac{l}{s}$ **de água**

($\rho_{água} = 995,65 \frac{kg}{m^3}$; $\mu_{água} = 0,00078 Pa \cdot s$; $p_{vapor} = 4241,5 Pa (abs)$) **à pressão atmosférica local igual a** $9,8 \times 10^4 Pa$.



Os demais dados ou estão fornecidos na própria figura, ou devem ser obtidos nas tabelas da MIPEL. Pedem-se:

B6 – a pressão absoluta na seção de entrada da bomba quando a mesma opera com uma vazão igual a vazão de projeto mínima; (valor – 1,125)

B7 – a equação da CCI em função da vazão e dos coeficientes de perda de carga distribuída; (valor – 0,875)

B8 – considerando a fórmula de Swamee e Jain

$$f = \left\{ \left(\frac{64}{Re} \right)^8 + 9,5 \times \left[\ln \left(\frac{k}{3,7 \times D_H} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) - \left(\frac{2500}{Re} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125}$$

determine a

carga manométrica de projeto mínima; (valor – 0,50)

Supondo que a vazão de trabalho é igual a 1,20 da vazão desejada, pedem-se:

B9 – o NPSH disponível; (valor – 0,75)

B10 – o cálculo do consumo mensal em $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \right)$, especificando o rendimento real do motor escolhido, supondo que a instalação opera 16 horas por dia em um mês de 30 dias e que o rendimento da bomba no ponto de trabalho é igual a 75%. (valor – 1,0)

6.10. Primeira prova do primeiro semestre de 2008 – Prova C

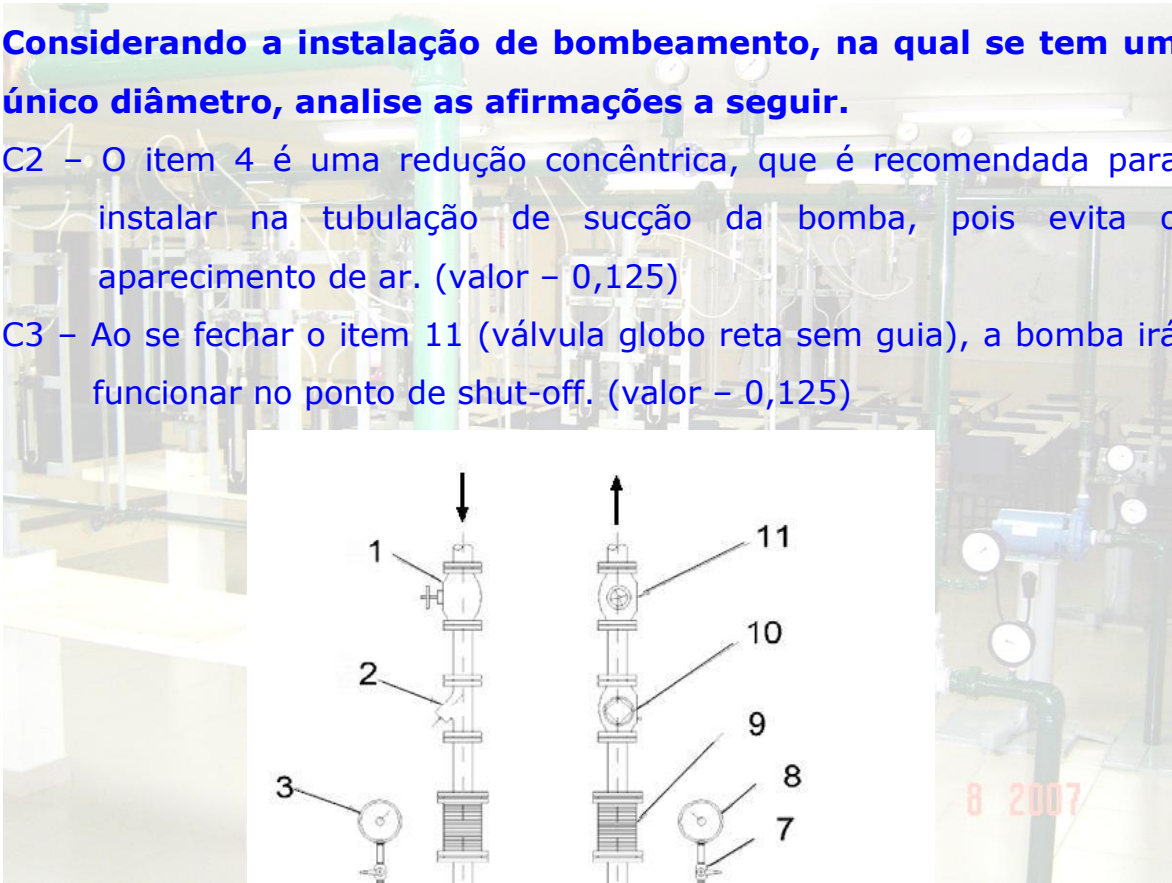
Considerando as tubulações industriais, analise a afirmação a seguir.

C1 - Os tubos de aços inoxidáveis ferríticos pesam cerca de 5% menos que os tubos de inoxidáveis austeníticos. (valor – 0,125)

Considerando a instalação de bombeamento, na qual se tem um único diâmetro, analise as afirmações a seguir.

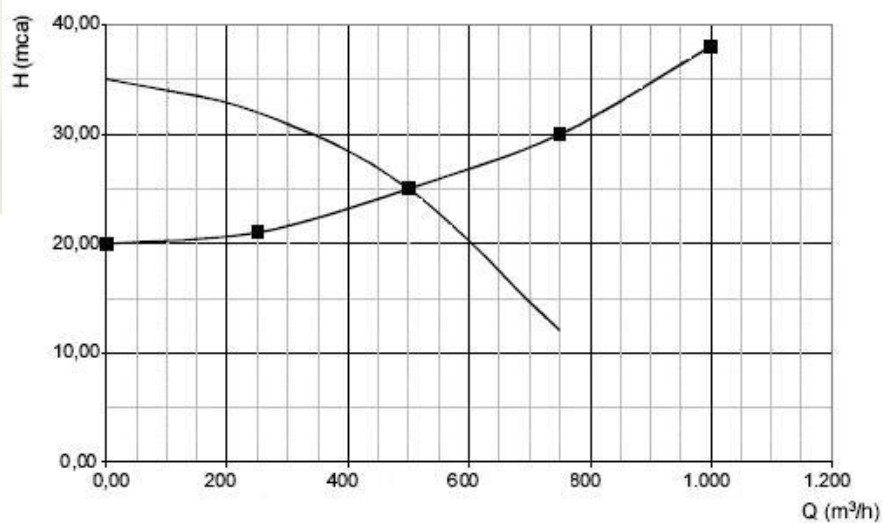
C2 – O item 4 é uma redução concêntrica, que é recomendada para instalar na tubulação de sucção da bomba, pois evita o aparecimento de ar. (valor – 0,125)

C3 – Ao se fechar o item 11 (válvula globo reta sem guia), a bomba irá funcionar no ponto de shut-off. (valor – 0,125)



Um(a) estagiário(a) foi indicado para auxiliar no projeto de uma instalação de bombeamento, cujo trecho está representado na figura da página 1. O engenheiro responsável informou que a bomba recalcaria óleo combustível e que deveria atender a curva do sistema, ilustrada abaixo. Sabe-se que a vazão necessária é de 600 m³/h, que a carga manométrica para a mesma origem origina uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 2,5 kgf/cm² e que, para essa instalação, estão disponíveis três tipos de bombas centrífugas: a bomba A, cuja curva está plotada no mesmo gráfico da curva do sistema; a bomba B, cujas características para o rendimento máximo, que é igual a 60%, são: vazão de 300 m³/h que propicia uma carga manométrica que origina uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 1,25 kgf/cm², a bomba C, que possui como características para o rendimento máximo uma vazão de 600 m³/h para uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 2,95 kgf/cm² e NPSH requerido de 8,5 m.c.a. Com base no gráfico e nessas informações, analise os próximos itens. Dados:

$$\rho_{\text{óleo comb}} = 0,85 \rightarrow \rho_{\text{água}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

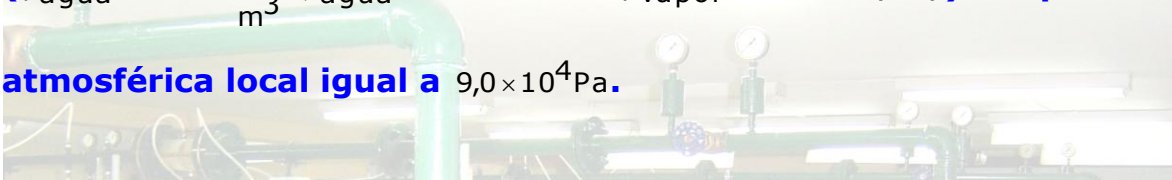


C4 – A carga estática do sistema mencionado na página 2 é 35 m. (valor – 0,125)

C5 – A bomba A quando utilizada na instalação descrita na página 2 propicia uma vazão máxima de 500 m³/h. (valor – 0,25)

A instalação de bombeamento recalca $Q_{proj\,mín} = 35 \frac{m^3}{h}$ **de água**

($\rho_{água} = 996,94 \frac{kg}{m^3}$; $\mu_{água} = 0,00088 Pa \cdot s$; $p_{vapor} = 3166,4 Pa(abs)$) à pressão atmosférica local igual a $9,0 \times 10^4 Pa$.



- VPC = válvula de retenção de fundo de poço (MIPEL)
- VG = válvula gaveta (MIPEL)
- VR = válvula de retenção horizontal (MIPEL)
- VGR = válvula globo reta com quia (MIPEL)
- (jf) = joelho fêmea de 90° (TUPY)
- (en) = entrada normal, onde o Ks é igual a 1,0

tubulação de aço 40

aB = antes da bomba, com diâmetro nominal de 4"

dB = depois da bomba, com diâmetro nominal de 3"

$NA_{mín}$ = nível mínimo

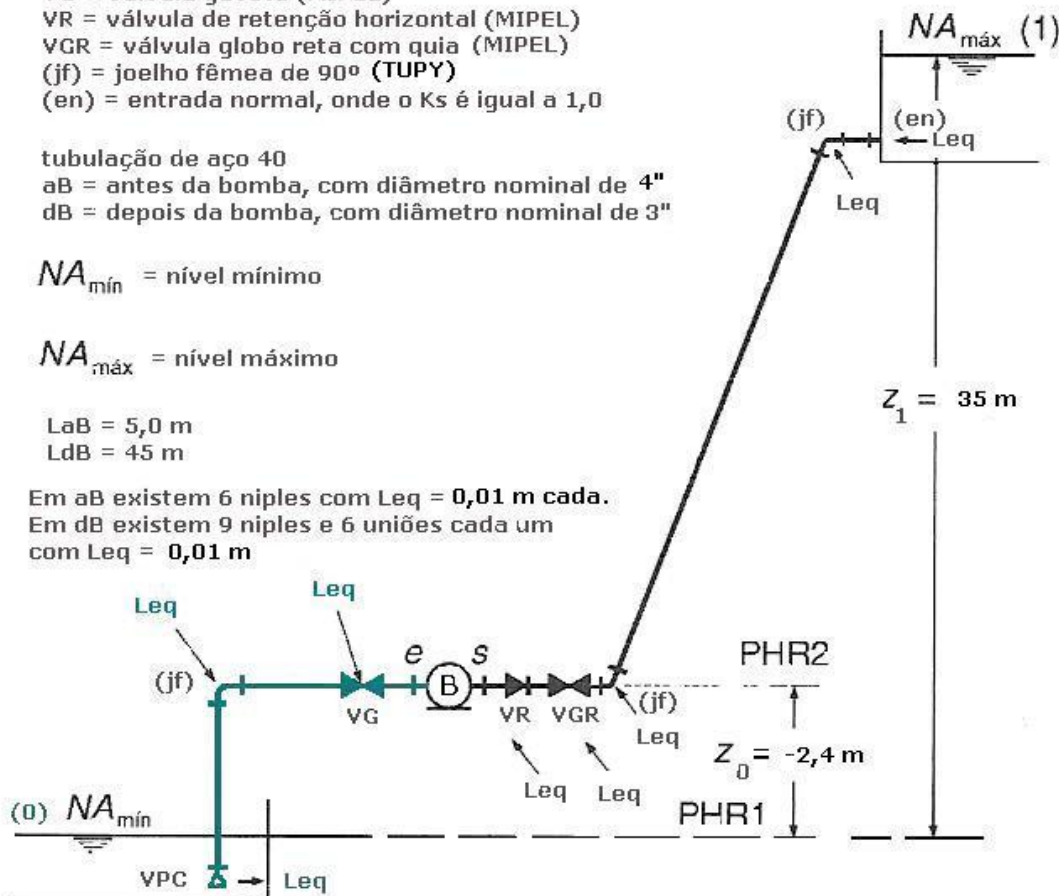
$NA_{máx}$ = nível máximo

$LaB = 5,0 m$

$LdB = 45 m$

Em aB existem 6 niples com $Leq = 0,01 m$ cada.

Em dB existem 9 niples e 6 uniões cada um com $Leq = 0,01 m$



As tubulações são consideradas novas, o que possibilita considerar a rugosidade (K) igual a $4,8 \times 10^{-5} \text{m}$. Os demais dados ou estão fornecidos na própria figura, ou devem ser obtidos nas tabelas da MIPEL e da TUPY e na norma para tubos de aço. Pedem-se:

C6 – a verificação do fenômeno de supercavitação supondo que a vazão de trabalho seja igual à vazão de projeto mínima; (valor – 1,125)

C7 – a equação da CCI em função da vazão e dos coeficientes de perda de carga distribuída; (valor – 0,875)

C8 – considerando a fórmula de Swamee e Jain

$$f = \left\{ \left(\frac{64}{\text{Re}} \right)^8 + 9,5 \times \left[\ln \left(\frac{k}{3,7 \times D_H} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) - \left(\frac{2500}{\text{Re}} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125}$$

determine a

carga manométrica de projeto mínima; (valor – 0,50)

Supondo que a vazão de trabalho é igual a 1,18 da vazão desejada, pedem-se:

C9 – o NPSH disponível; (valor – 0,75)

C10 – o cálculo do consumo mensal em $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \right)$, especificando o

rendimento real do motor escolhido, supondo que a instalação opera 8 horas por dia em um mês de 30 dias e que o rendimento da bomba no ponto de trabalho é igual a 65%. (valor – 1,0)

6.11. Primeira prova do primeiro semestre de 2008 – Prova D

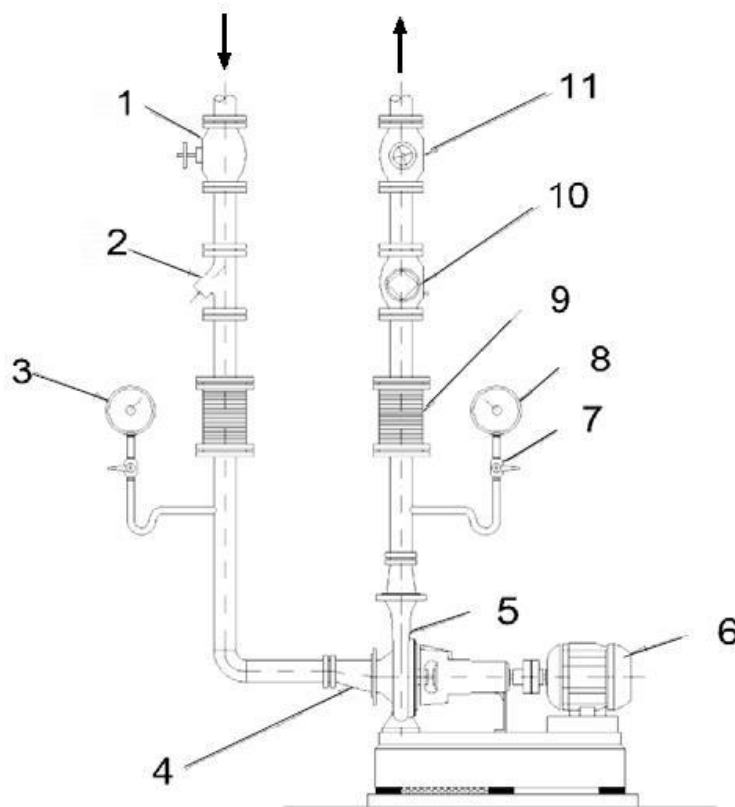
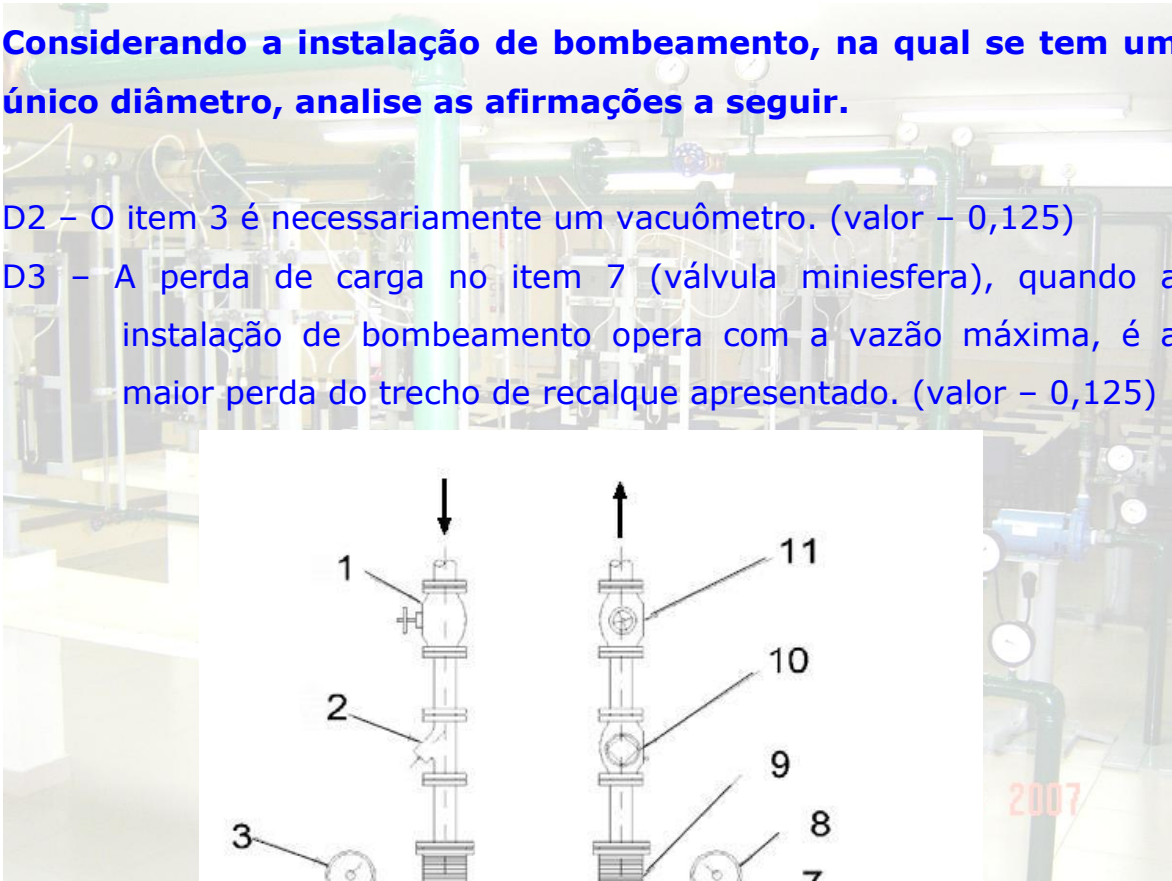
Considerando as tubulações industriais, analise a afirmação a seguir.

D1 - Os tubos de aço inoxidáveis ferríticos pesam cerca de 2% menos que os tubos de aço de baixa liga. (valor – 0,125)

Considerando a instalação de bombeamento, na qual se tem um único diâmetro, analise as afirmações a seguir.

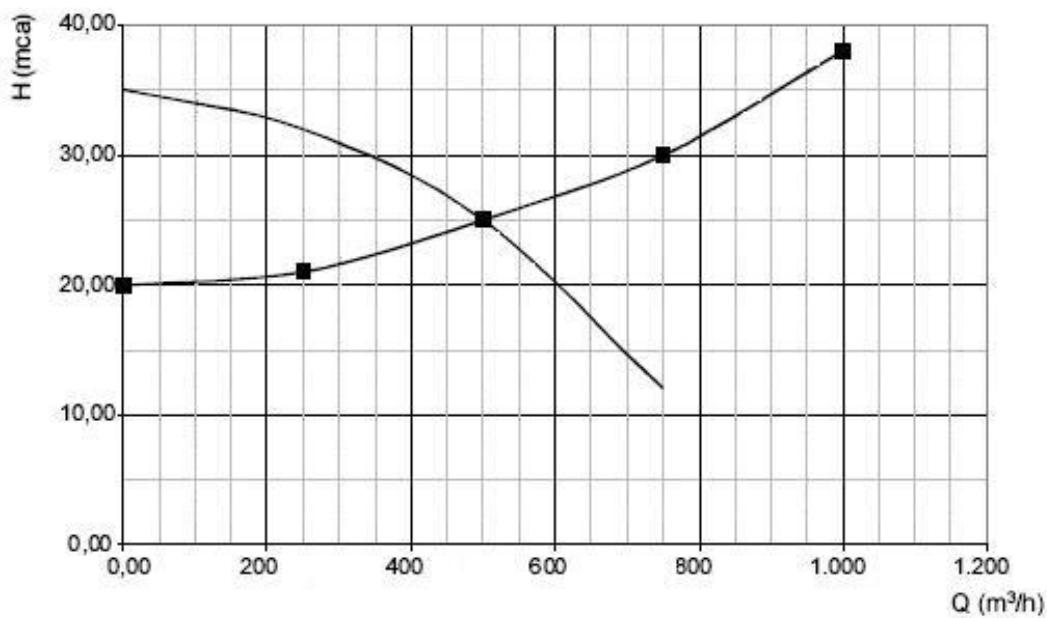
D2 – O item 3 é necessariamente um vacuômetro. (valor – 0,125)

D3 – A perda de carga no item 7 (válvula miniesfera), quando a instalação de bombeamento opera com a vazão máxima, é a maior perda do trecho de recalque apresentado. (valor – 0,125)



Um(a) estagiário(a) projetista foi indicado para auxiliar no projeto de uma instalação de bombeamento, cujo trecho está representado na figura da página 1. O engenheiro responsável informou que a bomba recalcaria óleo combustível e que deveria atender a curva do sistema, ilustrada abaixo. Sabe-se que a vazão necessária é de 600 m³/h, que a carga manométrica para a mesma origem uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 2,5 kgf/cm² e que, para essa instalação, estão disponíveis três tipos de bombas centrífugas: a bomba A, cuja curva está plotada no mesmo gráfico da curva do sistema; a bomba B, cujas características para o rendimento máximo, que é igual a 60%, são: vazão de 300 m³/h que propicia uma carga manométrica que origina uma variação de pressão entre a entrada e saída da bomba de 1,25 kgf/cm², a bomba C, que possui como características para o rendimento máximo uma vazão de 600 m³/h para uma pressão de recalque de 2,95 kgf/cm² e NPSH requerido de 8,5 m.c.a. Com base no gráfico e nessas informações, analise os próximos itens.

$$\rho_{\text{óleo comb}} = 0,85 \rightarrow \rho_{\text{água}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

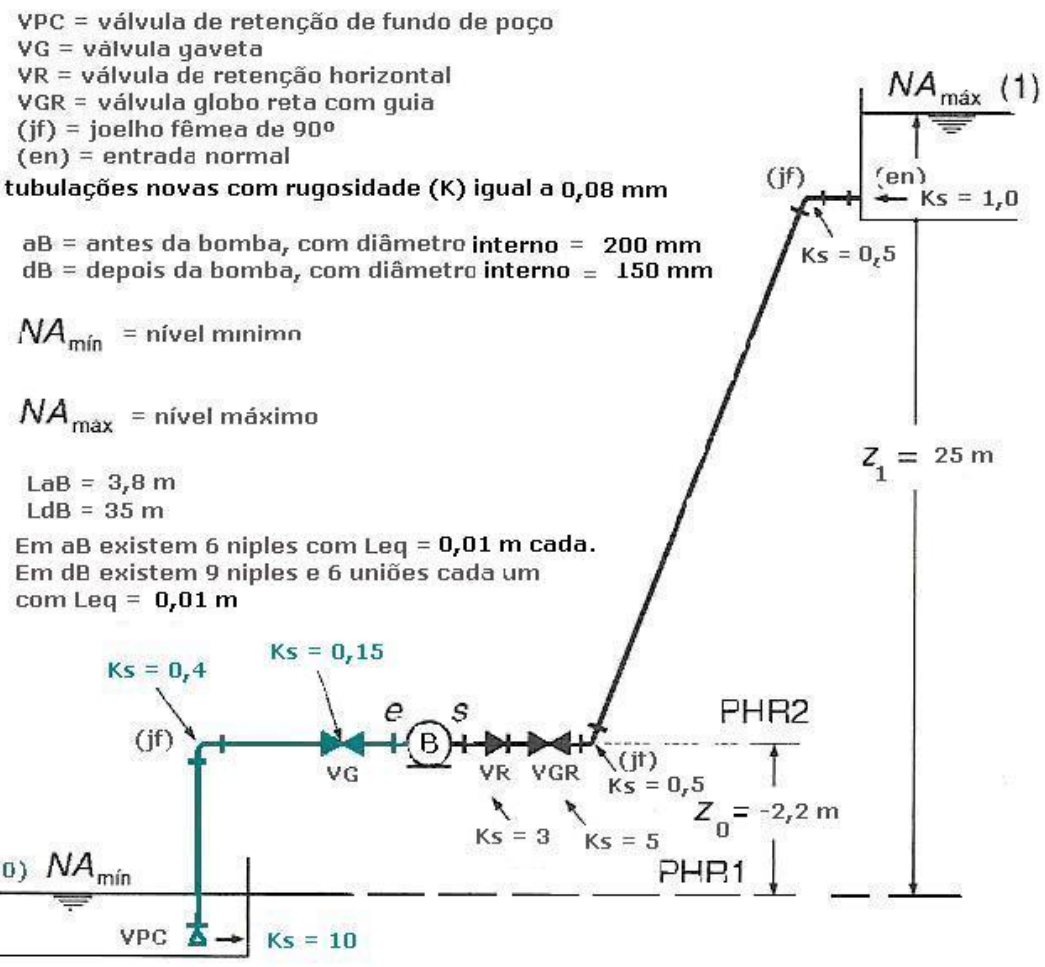
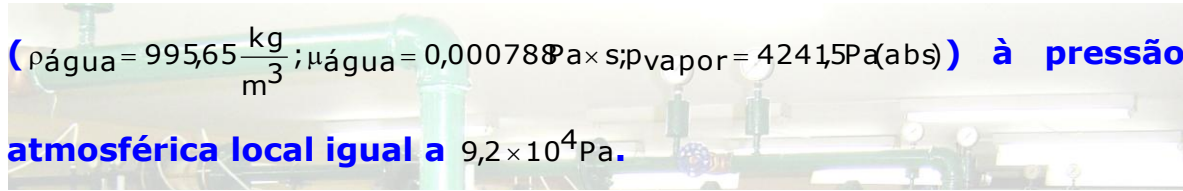


D4 – A bomba B operando nas condições descritas na página 2, onde bombearia o óleo combustível apresenta uma potência máxima de 23,15 CV. (valor – 0,25)

D5 – A bomba A não atende às necessidades da instalação de bombeamento considerada. (valor – 0,125)

A instalação de bombeamento recalca $Q_{proj\,mín} = 45 \frac{l}{s}$ **de água**

($\rho_{\text{água}} = 995,65 \frac{kg}{m^3}$; $\mu_{\text{água}} = 0,00078 Pa \cdot s$; $p_{\text{vapor}} = 4241,5 Pa$ (abs)) **à pressão atmosférica local igual a** $9,2 \times 10^4 Pa$.



Os demais dados ou estão fornecidos na própria figura, ou devem ser obtidos nas tabelas da MIPEL. Pedem-se:

D6 – a pressão absoluta na seção de entrada da bomba quando a mesma opera com uma vazão igual a vazão de projeto mínima; (valor – 1,125)

D7 – a equação da CCI em função da vazão e dos coeficientes de perda de carga distribuída; (valor – 0,875)

D8 – considerando a fórmula de Churchill

$$f = 8 \times \left[\left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \frac{1}{(A+B)^{3/2}} \right]^{1/12} \rightarrow A = \left\{ -2,457 \times \ln \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0,9} + \frac{0,27 \times K}{D_H} \right] \right\}^{16}$$

$B = \left(\frac{37530}{Re} \right)^{16}$ determine a carga manométrica de projeto mínimo; (valor – 0,50)

Supondo que a vazão de trabalho é igual a 1,12 da vazão desejada, pedem-se:

D9 – o NPSH disponível; (valor – 0,75)

D10 – o cálculo do consumo mensal em $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \right)$, especificando o rendimento real do motor escolhido, supondo que a instalação opera 12 horas por dia em um mês de 30 dias e que o rendimento da bomba no ponto de trabalho é igual a 65%. (valor – 1,0)