

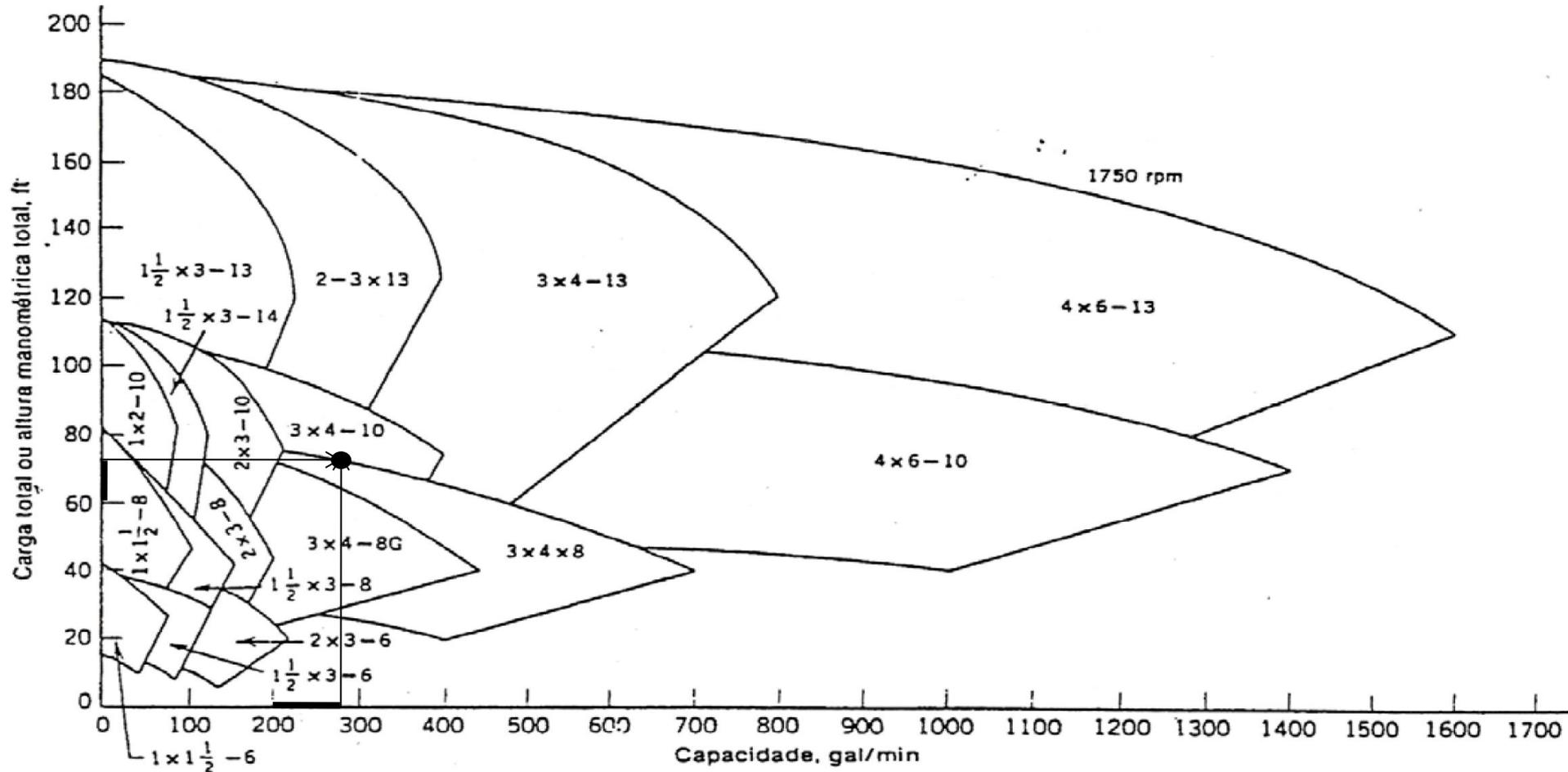


OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



BOMBAS

Ex: É necessário bombear um líquido com as propriedades semelhantes às da água, a uma vazão de 275 gal/min contra uma altura manométrica de 72 ft. Especificar a bomba.



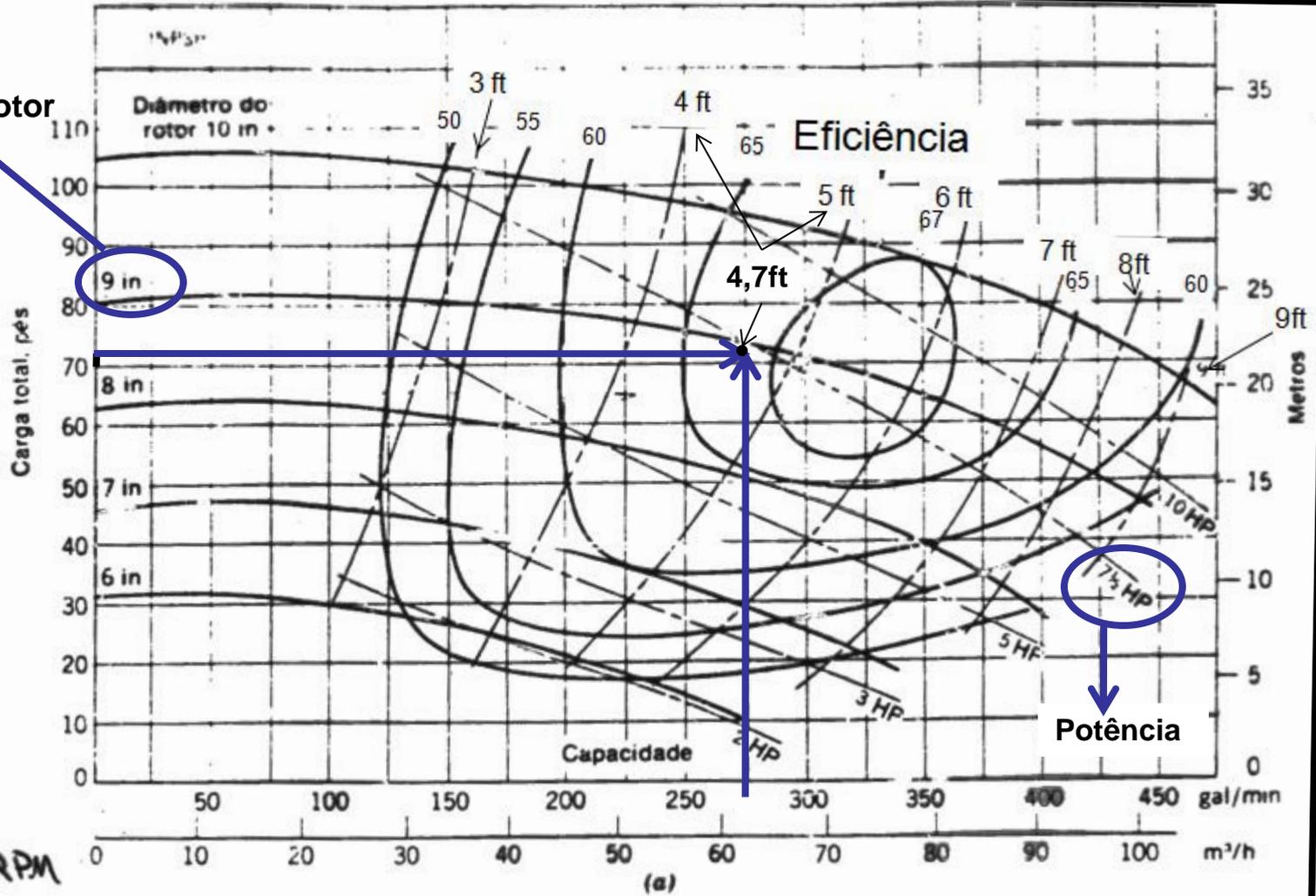


OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Modelo
3x4-10

Diâmetro do rotor





OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1

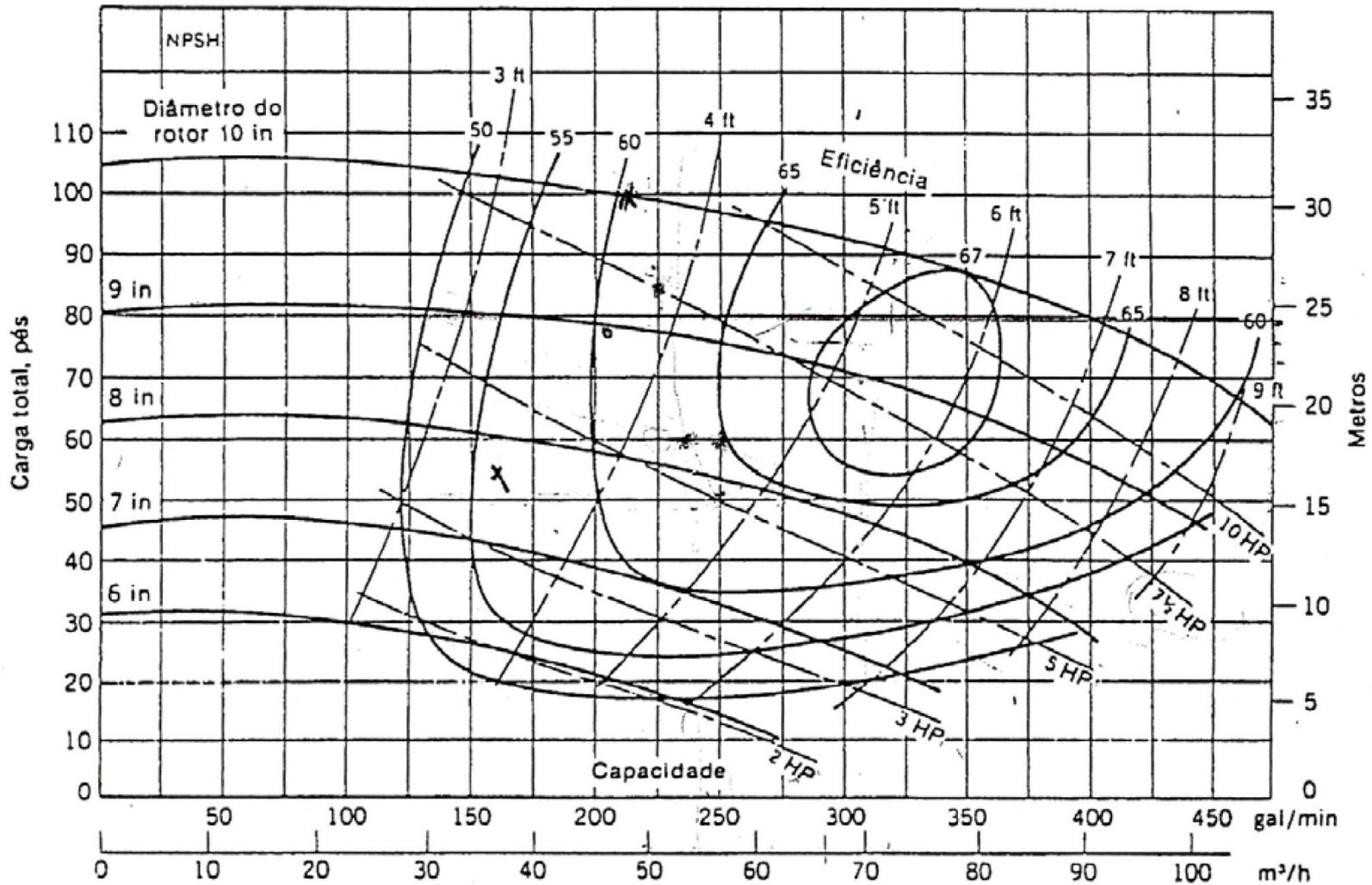


Figura A.16.2 - Modelo (tamanho) 3 x 4-10, da Goulds Pumps, Inc. a 1750 rpm⁹



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1

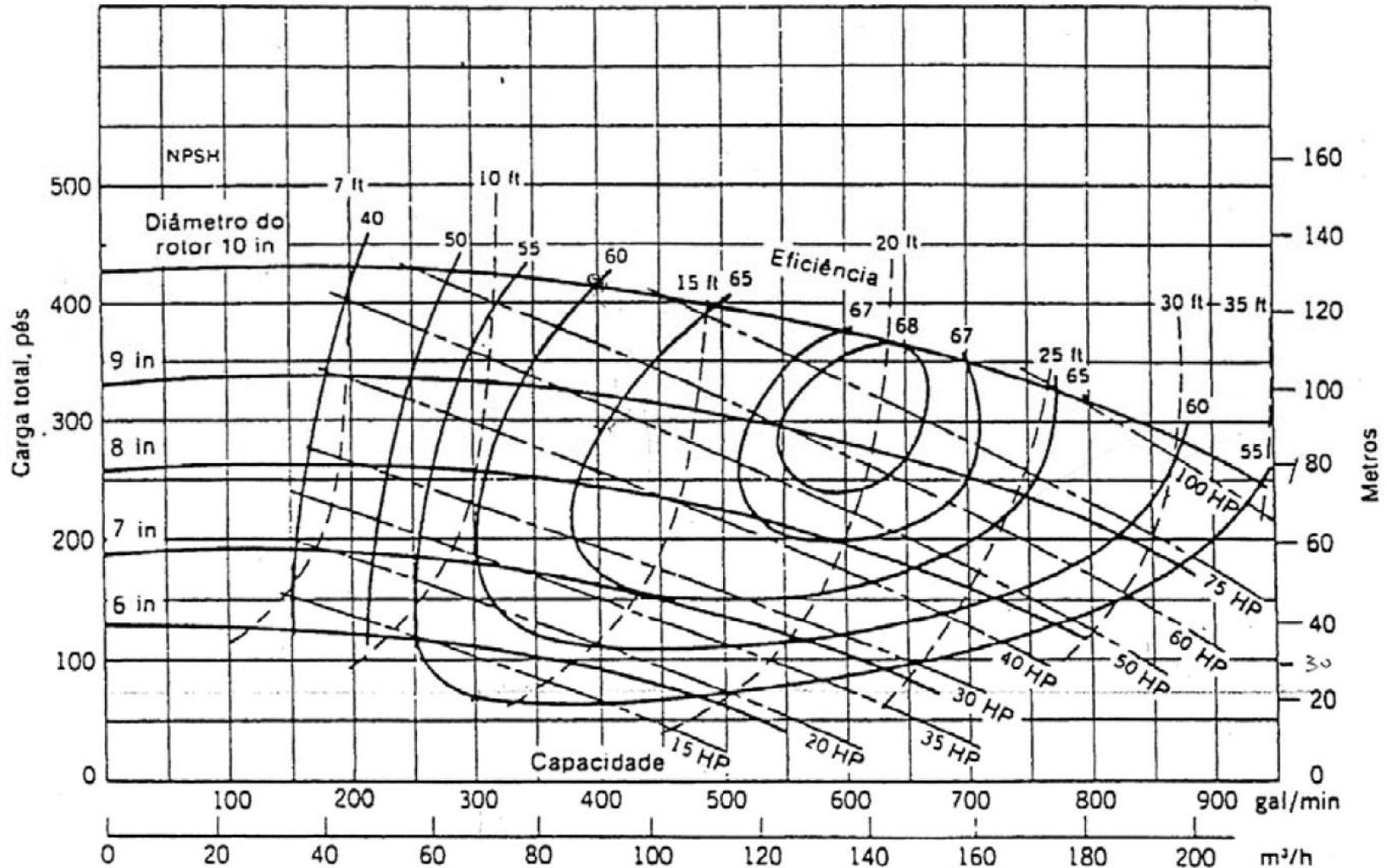


Figura A.16.3 - Modelo (tamanho) 3 x 4-10, da Goulds Pumps, Inc. a 3550 rpm⁹.



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



BOMBAS

Resposta:

Modelo de bomba: 3x4 -10

O 1º número é o diâmetro da linha de descarga: 3 in

O 2º número é o diâmetro da linha de sucção: 4 in

O 3º número é o diâmetro máximo do rotor: 10 in

Diâmetro do rotor lido na curva característica da bomba: 9 in

Eficiência 66%

$NPSH_r = 4,7$ ft

Potência = $7 \frac{1}{2}$ hp mostre que a potência vale 7,5 hp → use as informações dadas para calcular.



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



BOMBAS

Necessita-se de uma bomba para operar nas seguintes condições de serviços.

Vazão: 300 gal/min

Carga= 70ft

$NPSH_d=7ft$

No almoxarifado existe uma bomba em estoque, sem uso, com os seguintes dados da placa:

Modelo: 3x4-10

Vazão: 175 gal/min

D_{rotor} : 8 in

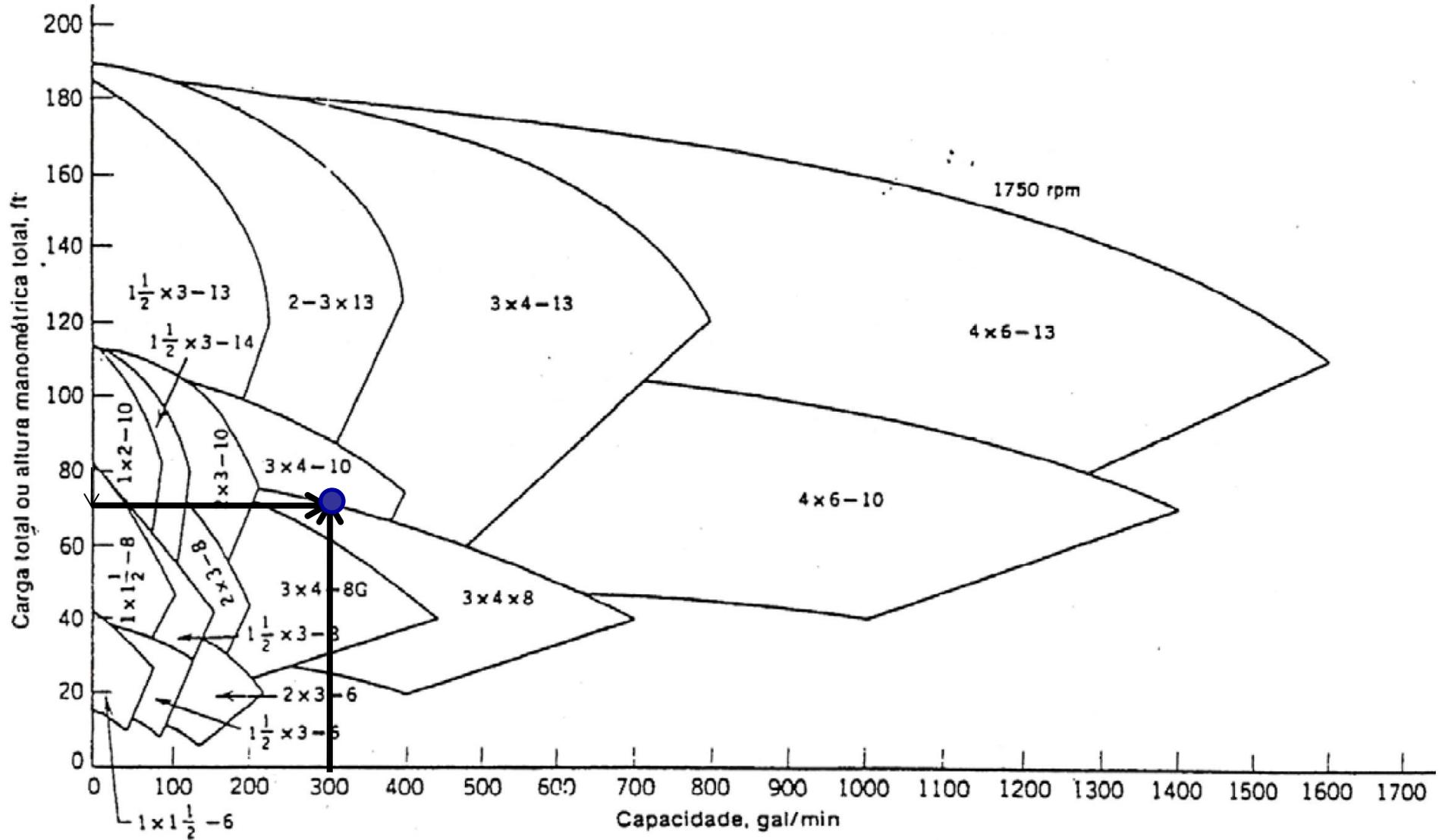
Potência: 5 hp

1750 rpm

Pergunta-se esta bomba poderá ser usada nesta nova condição de serviço?



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



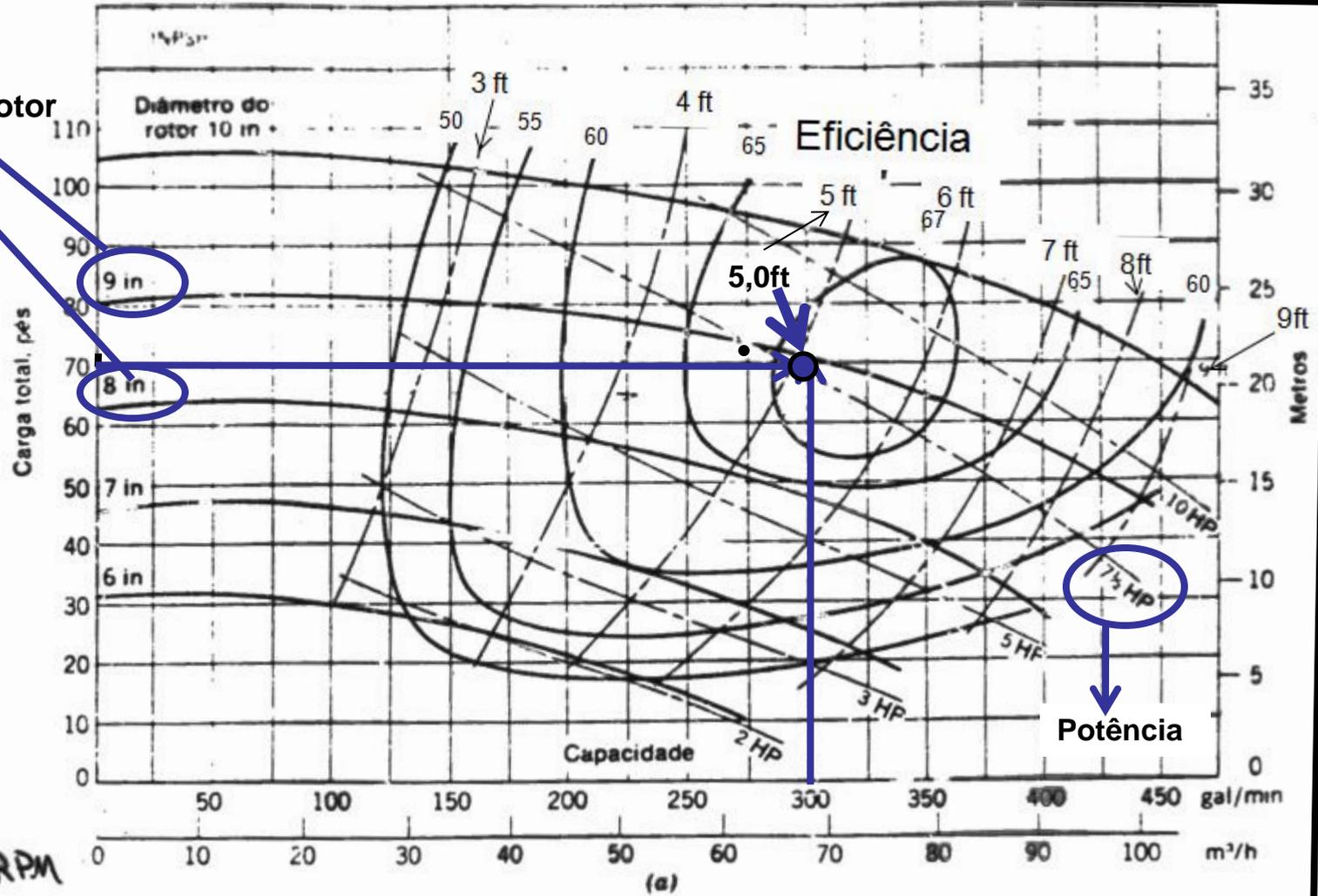


OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Diâmetro do rotor

Modelo
3x4-10



1750RPM



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



BOMBAS

Necessita-se de uma bomba para operar nas seguintes condições de serviços.

Vazão: 300 gal/min

Carga= 70ft

$NPSH_d=7ft$

No almoxarifado existe uma bomba em estoque, sem uso, com os seguintes dados da placa:

Modelo: 3x4-10

Vazão: 175 gal/min

D_{rotor} : 8 in

Potência: 5 hp

1750 rpm

Pergunta-se esta bomba poderá ser usada nesta nova condição de serviço?

Na curva característica para 300 gal/min e 70 ft, a bomba precisaria de um rotor de diâmetro com 9 in, um motor de 10 hp (por pouco poderia-se optar pela bomba de $7 \frac{1}{2}$ hp) e um $NPSH_r=5ft$. $NPSH_d=7ft > NPSH_r=5ft$ para este requisito ok! Porém, seria necessário adquirir um novo rotor e motor.



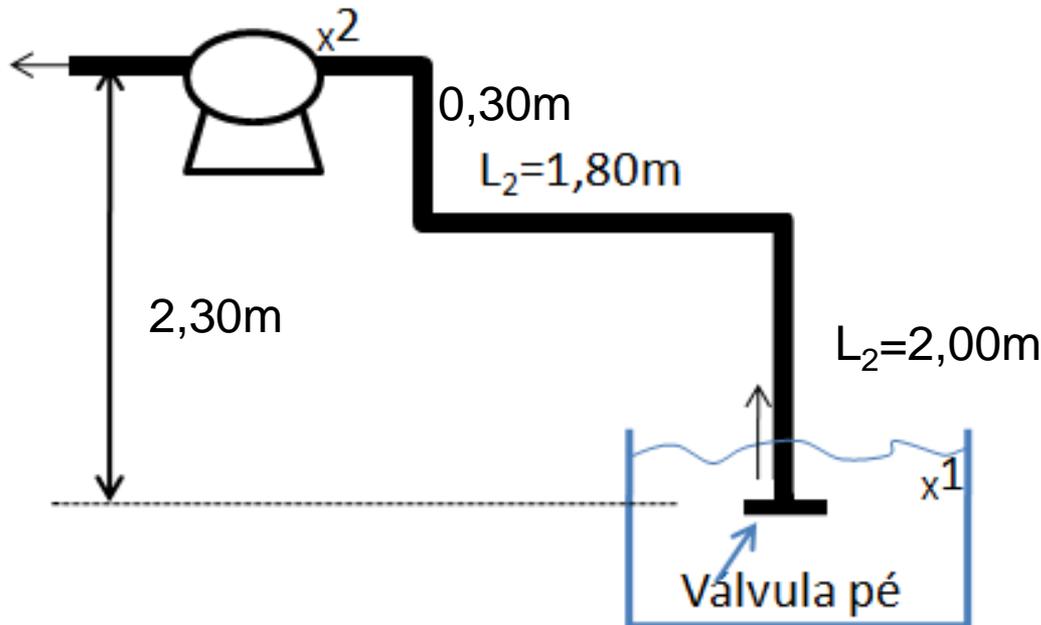
OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo VII – Dimensionamento de Tubulações

1 - Cálculo de uma linha de sucção .

Ex: Dimensionar o diâmetro da tubulação de sucção (aço-galvanizado) de uma bomba como mostra a Figura abaixo:



Vazão máxima=540 L/min
Bocal de sucção da bomba=2,5in
Líquido bombeado: gasolina
Peso específico=790 kgf/m³
Viscosidade cinemática= $6 \cdot 10^{-6}$ m²/s
Pressão de vapor= 3520 kgf/m²
NPSH_r=1,9m (tirado da curva característica da bomba)
Tubulação aço galvanizado ($\epsilon/D=0,0015$)

Obs: arbitrar um diâmetro de 4 in, posteriormente avaliar a escolha e se necessário sugerir outro diâmetro.



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo VII – Dimensionamento de Tubulações

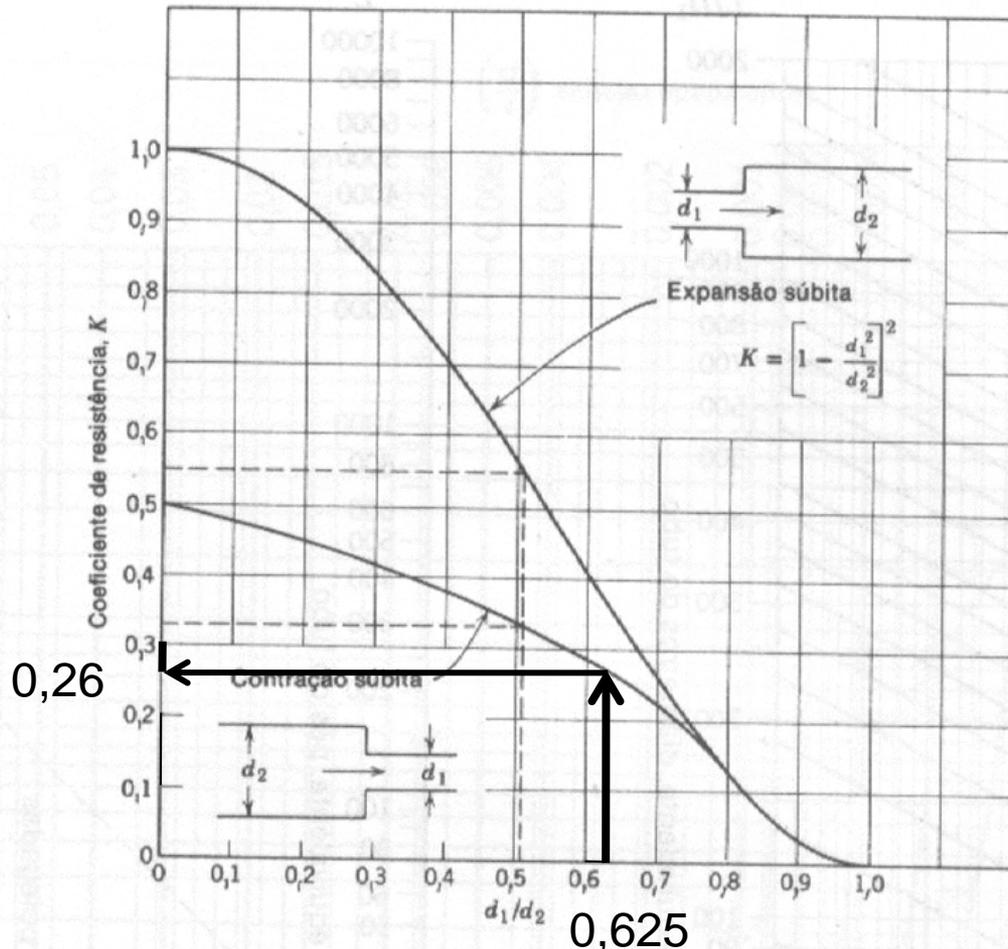
Solução - Perda nos acessórios

APÊNDICE C

Apêndice C-2b Resistência provocada por expansões ou contrações súbitas

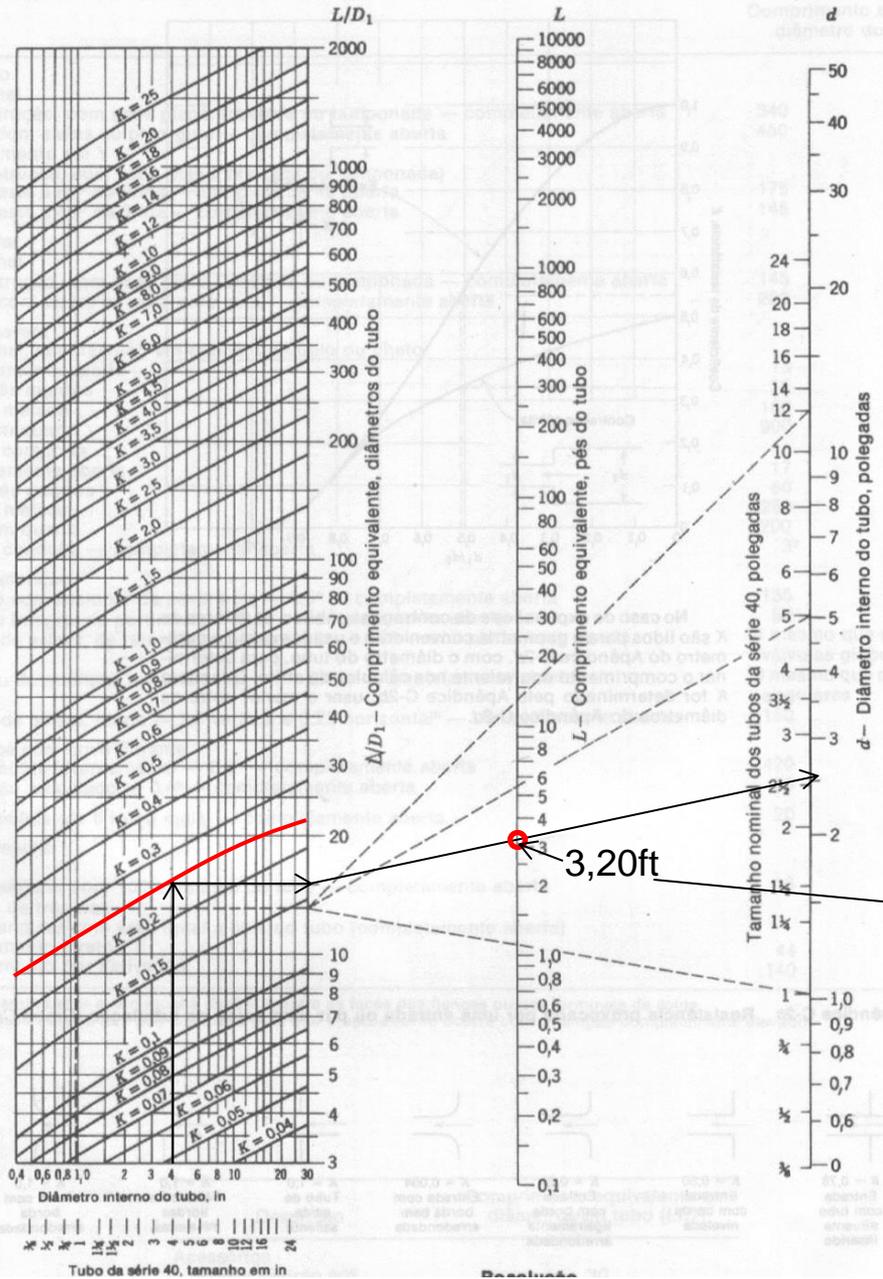
Foust *et al* ; Princípios das Operações Unitárias; Guanabara Dois, 1982, 670 p.

Redução de 4in para 2,5 in



No caso de expansões e de contrações súbitas, os valores de K são lidos para a geometria conveniente e usados como o parâmetro do Apêndice C-2d, com o diâmetro do tubo, para determinar o comprimento equivalente nos cálculos de atrito. Quando o K for determinado pelo Apêndice C-2b, usar o menor entre os diâmetros do Apêndice C-2d.

$$2,5/4=0,625$$



Solução - Perda nos acessórios

Foust *et all* ; Princípios das Operações Unitárias; Guanabara Dois, 1982, 670 p.

Tubo da série 40, tamanho em in

Resolução				
Tamanho da válvula	1 in	5 in	12 in	Ver
Comprimento equivalente, diâmetro do tubo	13	13	13	Ap. C-2a
Comprimento equivalente, pés de tubo série 40	1,1	5,5	13	Retas tracejadas no nomograma
Fator de resistência K , com base no tubo série 40	0,30	0,20	0,17	

PROBLEMA

Calcular o comprimento equivalente, em diâmetros do tubo e em pés, para o tubo da série 40, e o fator de resistência K para tubos de 1,5 e 12 in e válvulas de gaveta inteiramente abertas.

Aprox: 1m

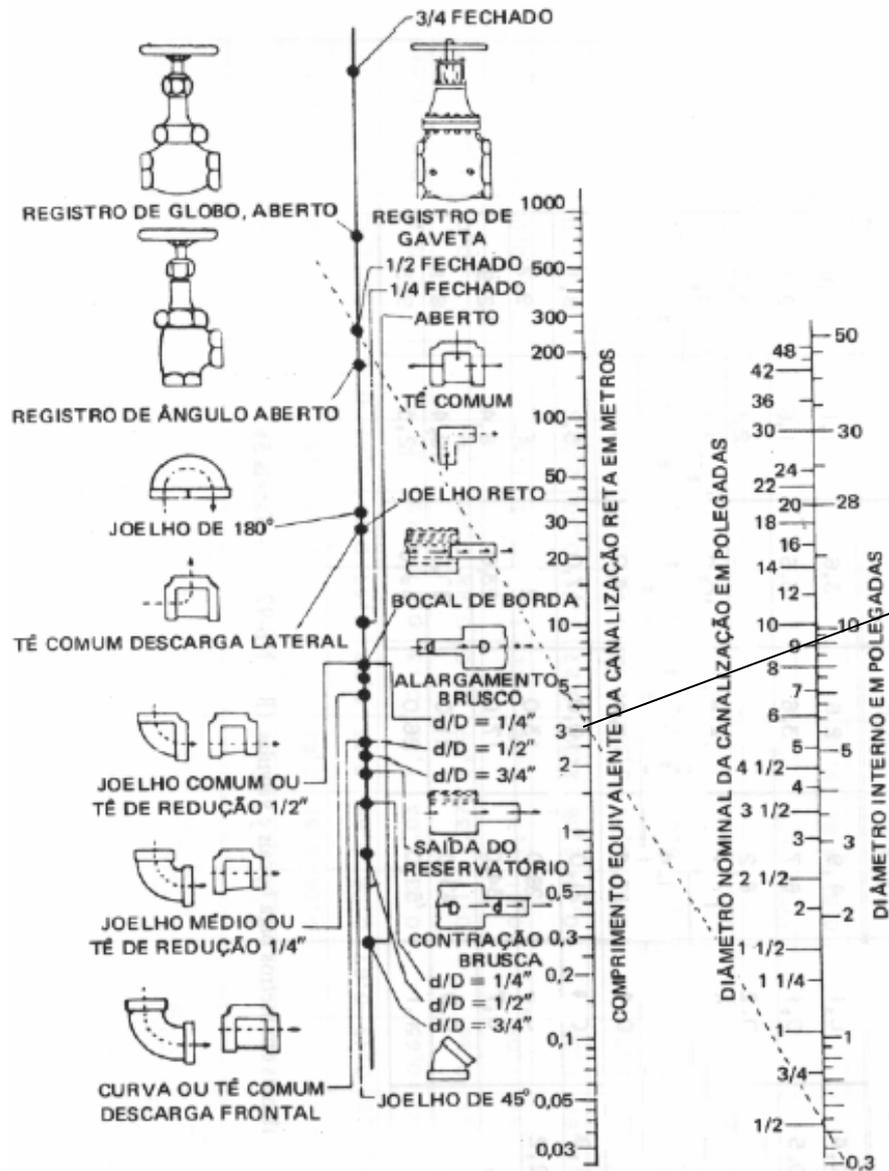
**Apêndice C-2a Comprimentos equivalentes representativos, em diâmetros do tubo,
de diversas válvulas e acessórios (Crane Co.)**

Descrição	Comprimento equivalente em diâmetro do tubo (L/D)
Válvulas globo	
Convencional	
Sem obstrução, com sede plana, biselada ou tamponada — completamente aberta	340
Tampão com aletas ou pino guia — completamente aberta	450
Com escoamento em Y	
(Sem obstrução, com sede plana, biselada ou tamponada)	
Com haste a 60° da linha — completamente aberta	175
Com haste a 45° da linha — completamente aberta	145
Válvula angular	
Convencional	
Sem obstrução, com sede plana, biselada ou tamponada — completamente aberta	145
Tampão com aletas ou com pino guia — completamente aberta	200
Válvulas de gaveta	
Convencional, com tampão em cunha, ou duplo ou chato	
Completamente aberta	13
Aberta três quartos	35
Aberta a metade	160
Aberta um quarto	900
Válvula de comporta	
Completamente aberta	17
Aberta três quartos	50
Aberta a metade	260
Aberta um quarto	1200
Válvula de conduíte — completamente aberta	3 ^a
Válvulas de retenção	
Articulação convencional da portinhola — 0,5 ^b — completamente aberta	135
Articulação integral da portinhola — 0,5 ^b — completamente aberta	50
Retenção, de esfera, de retenção e fechamento — 2,0 ^b — completamente aberta	O mesmo que para as válvulas globo
Angular, ou de retenção e fechamento — 2,0 ^b — completamente aberta	O mesmo que para as válvulas angulares
Retenção, de esfera, direta — 2,5 vertical e 0,25 horizontal ^b — completamente aberta	150
Válvulas de pé com crivo filtrante	
Com tampão de levantamento — 0,3 ^o — completamente aberta	420
Com tampão articulado — 0,4 ^b — completamente aberta	75
Válvulas borboleta (de 6 in ou mais) — completamente aberta	20
Válvulas de macho	
Retilíneas	
Furo retangular com 100% da área do tubo — completamente aberta	18
Válvulas de três vias	
Furo retangular com área igual a 80% do tubo (completamente aberta)	
Escoamento direto	44
Escoamento por derivação	140

^aComprimento equivalente exato igual à distância entre as faces dos flanges ou dos terminais de solda.

^bQueda de pressão mínima (em psi) calculada para que o escoamento ocorra com o tampão completamente elevado.

Descrição	Comprimento equivalente em diâmetros do tubo (L/D)
Acessórios	
Joelho padrão 90°	30
Joelho padrão 45°	16
Curva de raio grande 90°	20
Junta rosqueada 90°	50
Junta rosqueada 45°	26
Junta angular 90°	57
Peça em T normal	
Escoamento direto	20
Escoamento pela ramificação	60
Curva de retorno em gomos	50



Exemplo. A linha pontilhada determina que a resistência oposta à passagem de água por um registro de gaveta 1/2 fechado de 1/2" é equivalente a 3,00 m de canalização reta do mesmo diâmetro.

3m

Nota. Para alargamento de contrações bruscas, usar sempre o diâmetro menor *d* na escala dos diâmetros.

Comprimentos virtuais de registros e conexões.

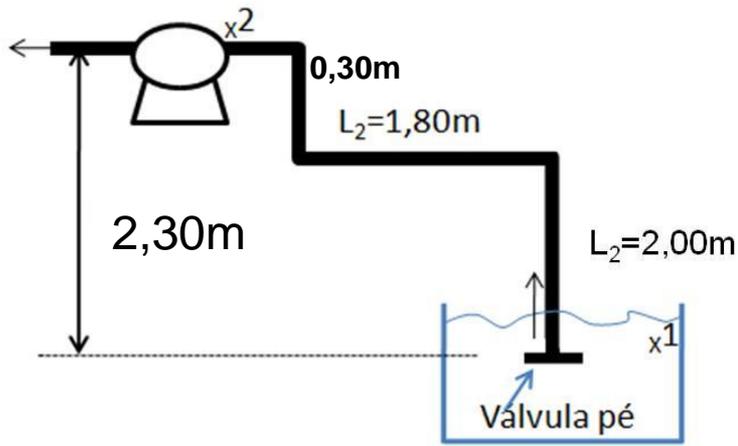


OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo VII – Dimensionamento de Tubulações

Solução - Primeiro passo: cálculo do comprimento equivalente



Arbitrar um diâmetro: 4 in

1 redução de 4in para 2,5 in	1,00m
3 joelhos de 90° (L/D=30)	9,15m
1 válvula de retenção (pé) (L/D=75)	7,60m
Soma dos trechos retos	<u>4,10m</u>
	21,85m

Vazão máxima=540 L/min

Bocal de sucção da bomba=2,5in

Líquido bombeado: gasolina

Peso específico=790 kgf/m³

Viscosidade cinemática= $6 \cdot 10^{-6}$ m²/s

Pressão de vapor= 3520 kgf/m²

NPSH_r=1,9m (tirado da curva característica da bomba)

Tubulação aço galvanizado ($\epsilon/D=0,0015$)

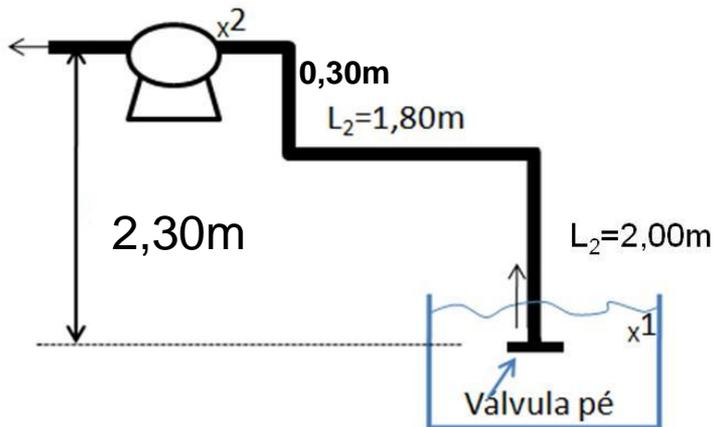


OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo VII – Dimensionamento de Tubulações

Solução - Segundo passo: cálculo do Reynolds



- Vazão máxima=540 L/min
- Bocal de sucção da bomba=2,5in
- Líquido bombeado: gasolina
- Peso específico=790 kgf/m³
- Viscosidade cinemática= $6 \cdot 10^{-6}$ m²/s
- Pressão de vapor= 3520 kgf/m²
- NPSH_r=1,9m (tirado da curva característica da bomba)
- Tubulação aço galvanizado ($\epsilon/D=0,0015$)

Arbitrar um diâmetro: 4 in

Cálculo do Reynolds:

$$D = 4 \cancel{\text{in}} \frac{1 \text{ m}}{39,37 \cancel{\text{in}}} = 0,102 \text{ m}$$

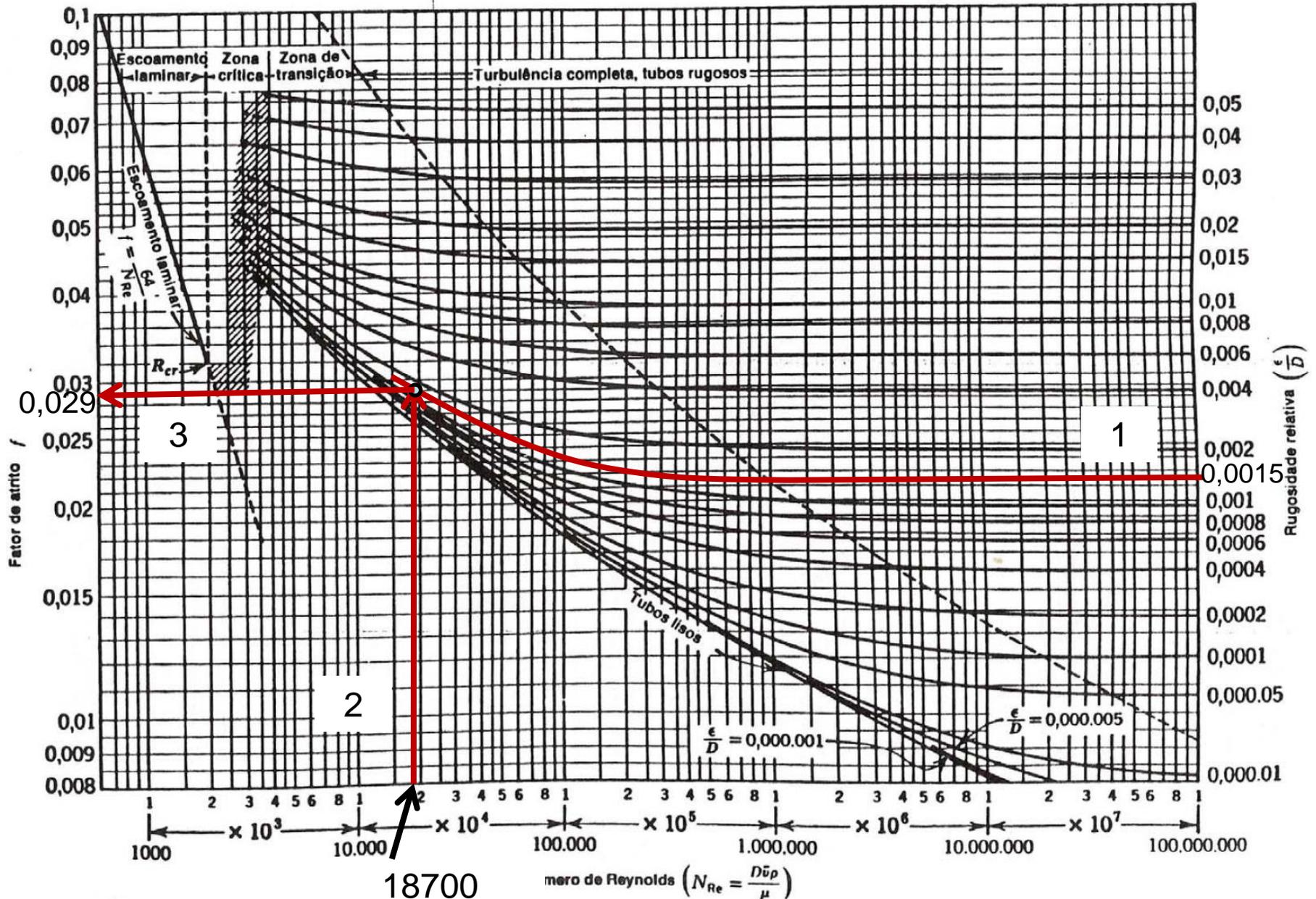
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{540 \frac{\cancel{\text{L}}}{\cancel{\text{min}}} \frac{\cancel{\text{m}}^3}{10^3 \cancel{\text{L}}} \frac{1 \cancel{\text{min}}}{60 \text{ s}}}{3,1415 \left(\frac{0,102^2}{4} \right) \cancel{\text{m}}^2} = 1,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} \rightarrow \frac{\mu}{\rho} = 6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \Rightarrow Re = \frac{0,102 \times 1,10}{6 \cdot 10^{-6}} = 18700$$

O próximo passo é fazer a leitura no diagrama de moody. Neste encontraremos o valor de 0,029 para o fator de atrito f .



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1





OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo V – Dimensionamento de Tubulações

Cálculo da perda de carga:

Para tubulações industriais, a equação mais utilizada para o cálculo da perda de carga é a de Darcy (ou fórmula universal), válida para qualquer líquido.

$$h_f = \frac{fL_{eq} v^2}{2Dg} = \frac{0,029 \times 21,85 \times 1,10^2}{2 \times 0,102 \times 9,81} = 0,383m$$

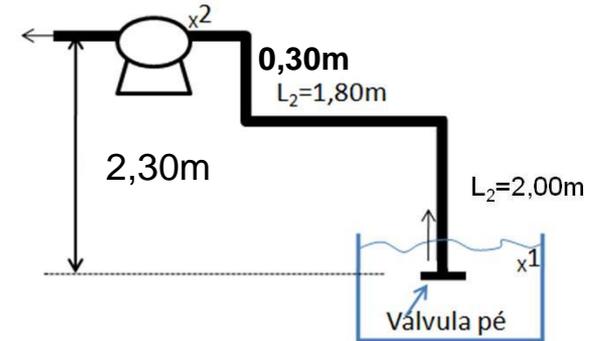
Bomba não afogada:

$$NPSH_d = \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} - Z_2 - h_f \right) - \frac{P_v}{\gamma}$$

$$P_1 = 1 \cancel{atm} \times \frac{10330 \frac{kgf}{m^2}}{1 \cancel{atm}} = 10330 \frac{kgf}{m^2}$$

$$NPSH_d = \left(\frac{10330}{790} + \frac{v_1^2}{2g} \stackrel{=0}{=} - 2,3 - 0,383 \right) - \frac{3520}{790} = 5,94m$$

Portanto: $NPSH_d > NPSH_r$ OK!!!!!!!!!!!! - Calcular com 3in de diâmetro solução mais econômica (verificar os riscos desta escolha).



Vazão máxima=540 L/min

Bocal de sucção da bomba=2,5in

Líquido bombeado: gasolina

Peso específico=790 kgf/m³

Viscosidade cinemática= 6.10⁻⁶ m²/s

Pressão de vapor= 3520 kgf/m²

$NPSH_r=1,9m$ (curva característica da bomba)

Tubulação aço galvanizado ($\epsilon/D=0,0015$)



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo V – Dimensionamento de Tubulações

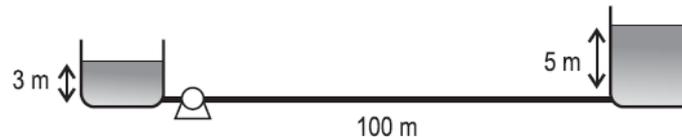


PETROBRAS

ENGENHEIRO(A) DE PROCESSAMENTO JÚNIOR

52

Uma instalação hidráulica deve ser construída para transportar $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ de água (massa específica = $1\,000 \text{ kg/m}^3$) entre dois tanques, distantes 100 m um do outro, através de uma tubulação com 100 mm de diâmetro, conforme a figura abaixo.



Nas condições do sistema, o fator de atrito de Darcy correspondente ao escoamento pode ser estimado como $0,02$. Considerando-se a aceleração da gravidade como 10 m/s^2 , a relação entre o comprimento e o diâmetro da circunferência (π) como 3 e desprezando-se as perdas de carga localizadas, a potência mínima de uma bomba, com eficiência de 75% , necessária para essa instalação é aproximadamente igual a

- (A) 6 W
- (B) 675 W
- (C) 900 W
- (D) 1 200 W
- (E) 60 000 W



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo V – Dimensionamento de Tubulações



ENGENHEIRO(A) DE PROCESSAMENTO JÚNIOR

53

Em uma refinaria, uma bomba será responsável por transportar água ($1\ 000\ \text{kg/m}^3$) entre duas lagoas de aeração, ao longo de uma tubulação de 90 m de comprimento e 100 mm de diâmetro. Não há diferença de elevação entre os pontos de captação e descarga da água. No escoamento, através da tubulação, o fator de atrito de Darcy pode ser estimado como 0,02. Para executar essa tarefa, está sendo avaliada a possibilidade da utilização de uma bomba com a seguinte curva característica:

$$H(q) = -5\ 000q^2 - 100q + 7$$

onde H é a carga hidráulica em metros e q é a vazão volumétrica em m^3/s . Considerando-se a aceleração da gravidade como $10\ \text{m/s}^2$, a relação entre o comprimento e o diâmetro da circunferência (π) como 3 e desprezando-se as perdas de carga localizadas, a vazão de operação do sistema corresponderá à solução da seguinte equação algébrica:

- (A) $-5\ 000q^2 - 100q + 23 = 0$
- (B) $-5\ 000q^2 - 16000q + 7 = 0$
- (C) $-5\ 000q^2 - 100q + 7 = 0$
- (D) $-21\ 000q^2 - 100q + 7 = 0$
- (E) $11\ 000q^2 - 100q + 7 = 0$



OPERAÇÕES UNITÁRIAS-1



Capítulo V – Dimensionamento de Tubulações



ENGENHEIRO(A) DE PROCESSAMENTO JÚNIOR

54

Caso uma bomba em operação sofra cavitação, uma das medidas que deve ser adotada para corrigir o problema é

- (A) aumentar o nível de líquido no reservatório que alimenta a bomba.
- (B) aumentar a velocidade de rotação da bomba.
- (C) deslocar a bomba para um ponto mais distante do reservatório de alimentação.
- (D) instalar uma camada de isolamento térmico na linha de descarga da bomba.
- (E) reduzir o diâmetro da tubulação.