

**Aula 00 - Prof.<sup>a</sup>  
Jordana Abreu**

*SAMAE de Caxias do Sul (Engenheiro  
Químico) Conhecimentos Específicos -  
2024 (Pós-Edital)*

Autor:  
**Diego Souza, Jordana Silva Abreu**

07 de Novembro de 2024

## Sumário

Mecânica dos Fluidos	4
1 – Conceitos Fundamentais	4
1.1 – Condição de Não-Escorregamento	6
1.2 – Tipos de escoamento	8
1.2.1 – Quanto ao efeito da viscosidade	8
1.2.2 – Quanto ao confinamento	9
1.2.3 – Quanto à compressibilidade	10
1.2.4 – Quanto à organização das linhas de corrente	11
2 – Propriedades importantes	14
2.1 – Viscosidade	14
2.2 – Efeito Capilar	17
3 – Estática dos Fluidos	19
3.1 – Pressão	19
3.2 – Manômetros tubo em U	20
4 – Escoamento de Fluidos	22
4.1 – Conservação de Massa	22
4.2 – Equação de Bernoulli	23
4.3 – Escoamento em Tubos	25
5 – Medidores de Vazão	30
5.1 – Medidores de Vazão por Restrição	30
5.2 – Medidores de Vazão Lineares	32
5.3 – Tubo de Pitot	34



6 – Transporte de Fluidos	35
6.1 – Válvulas	35
6.1.1 – Válvulas de Bloqueio	36
6.1.2 – Válvulas de Controle de Fluxo	37
6.1.3 – Válvulas de Controle Unidirecional	38
6.1.4 – Válvulas de Controle de Pressão	38
6.2 – Máquinas Hidráulicas	39
6.2.1 – Máquinas Motrizes	39
6.2.2 – Máquinas Mistas	42
6.2.3 – Máquinas Geratrizes	42
6.3 – Classificação das Bombas – Tipo de Deslocamento	42
6.3.1 – Bombas de Deslocamento Positivo	43
7 – Bombas	44
7.1 – Classificação das bombas	44
7.1.1 – Bombas de Deslocamento Positivo	44
7.1.2 – Bombas de Deslocamento Não-Positivo	45
7.2 – Associação de Bombas	50
7.2.1 – Associação de Bombas em Série	50
7.2.2 – Associação de Bombas em Paralelo	51
7.3 – Cavitação	52
8 – Considerações Finais	55
Questões Comentadas	56
Lista de Questões	98
Gabarito	124





# MECÂNICA DOS FLUIDOS

Queridos alunos, quem fez graduação em engenharia sabe que os fenômenos de transporte formam o arcabouço físico para o dimensionamento de equipamentos e compreensão de processos.

É impossível ser bem sucedido no estudo do projeto de equipamentos sem que haja uma boa base em fenômenos de transporte e termodinâmica.

Vale ressaltar, caros alunos, que mecânica dos fluidos, assim como os demais fenômenos, são figuras repetidas em provas de concursos. Não dá pra deixar de lado.

Não tenho a intenção, contudo de apresentar todo o desenvolvimento matemático de mecânica dos fluidos, isso daria um livro de mais de 700 páginas. Aqui seremos objetivos, mas apresentando as expressões que de fato caem nas provas, além dos conceitos teóricos mais recorrentes. Aqui vamos resolver muitas questões para engenheiro mecânico e químico, que, em geral, abordam esse tema por completo, e acredito que você estará bem preparado!

Vamos gabaritar esse assunto! Resolva muitas questões, elas se repetem, mudando apenas os valores e unidades.

## 1 – Conceitos Fundamentais

Como estudamos desde o ensino médio, vimos que a Mecânica clássica foi revolucionada por Isaac Newton. Essa área da física diz respeito aos corpos (estacionários ou em movimento) quando submetidos a forças.

A mecânica é subdividida em estática (em repouso) e dinâmica (em movimento). Os fluidos também podem estar sob o efeito de forças, podendo estar parados ou em movimento.

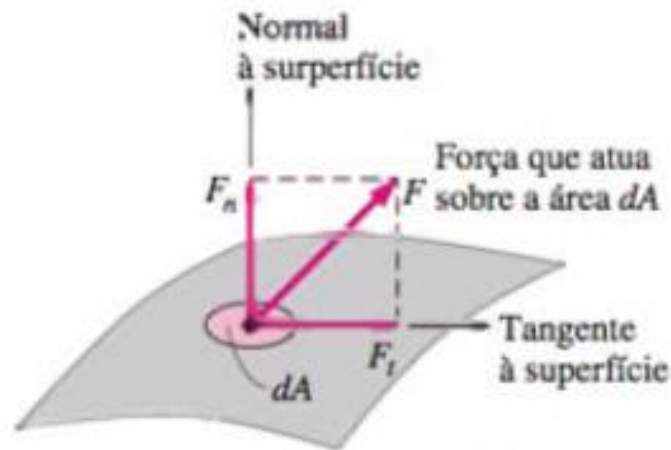
A **mecânica dos fluidos** é, assim como a mecânica clássica, subdividida em **estática dos fluidos** (quando em repouso) e **dinâmica dos fluidos** (quando em movimento).

Antigamente, a mecânica dos fluidos era conhecida como hidrodinâmica, em virtude de o principal fluido usado antigamente ser a água.

Como já vimos em termodinâmica e você já sabe disso, repeteco, as substâncias podem ser encontradas em três estados fundamentais: sólido, líquido ou gasoso. Para que seja chamada de **fluido**, a substância precisa estar no estado **líquido e/ou gasoso**.

Muitos se perguntam o porquê da distinção entre mecânica dos sólidos e mecânica dos fluidos. A resposta é simples. Os sólidos e os fluidos (líquidos e gases) se comportam diferentemente quando submetidos a uma tensão cisalhante.





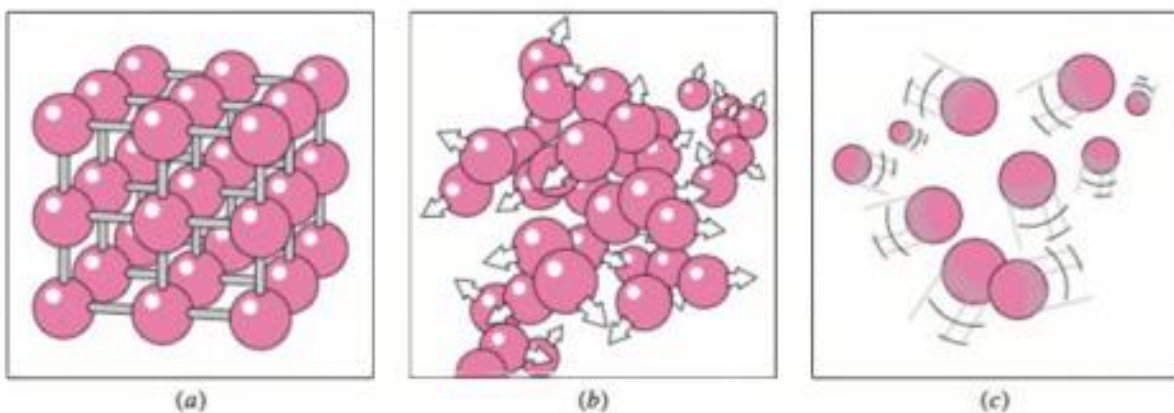
$$\text{Tensão normal: } \sigma = \frac{F_n}{dA}$$
$$\text{Tensão de cisalhamento: } \tau = \frac{F_t}{dA}$$

ESCLARECENDO!



Um sólido pode apresentar uma deflexão estática quando submetido à tensão de cisalhamento. Os fluidos, todavia, não podem, sempre sofrerão movimento quando submetidos à tensão cisalhante, uns mais, outros menos, isso vai depender da viscosidade, que veremos posteriormente.

Esta consequência física diz respeito à forma como os átomos estão organizados nos sólidos, nos líquidos e nos gases.



Em (a), os átomos do sólido estão mais “presos” em um retículo cristalino. Já em (b) e (c), respectivamente estado líquido e gasoso, os átomos se encontram livres para se movimentar.

O retículo cristalino nos sólidos é como se fosse uma resistência que esse estado da matéria tem de se deformar quando submetido à tensão de cisalhamento. Os gases e líquidos não possuem essa força a mais, do retículo, para manter suas partículas sem movimentar.

Se o fluido estiver em repouso significa que a tensão de cisalhamento é nula. Desta forma, o campo de estudo para esse fluido é a estática dos fluidos.

## 1.1 – Condição de Não-Escorregamento

Como você bem sabe, nas aplicações de engenharia, o escoamento de fluidos ocorre, majoritariamente, em ambiente confinados, como dutos, tubulações, etc.



Ao considerarmos que um fluido é escoado através de uma tubulação, por exemplo, ou seja, há uma superfície sólida em contato com o fluido, dados empíricos mostraram que, mesmo em movimento, o fluido adquire **velocidade nula na adjacência com a superfície sólida**. A essa constatação experimental é dada o nome de **condição de não-escorregamento (ou de não-deslizamento)**.

Podemos dizer, portanto, que o fluido em contato com a superfície sólida **adere** à mesma, e isso se deve aos **efeitos viscosos**. Ainda consideraremos a propriedade viscosidade nessa aula.

Esse conceito é constantemente trazido à baila em questões teóricas de mecânica dos fluidos.



(CESGRANRIO - 2017 - Petrobras - Técnico de Operação Júnior) Em um escoamento sobre uma placa plana, a velocidade do fluido em contato com a superfície sólida é zero, embora o fluido esteja em movimento.

A condição de não escorregamento é uma característica de todos os escoamentos de fluidos

A) barotrópicos

B) ideais



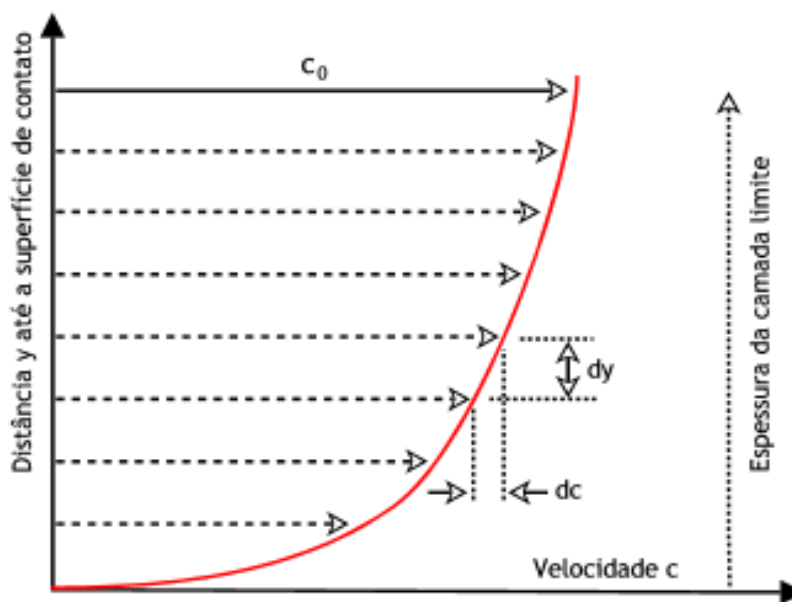
- C) compressíveis
- D) não newtonianos
- E) viscosos

**Comentários:**

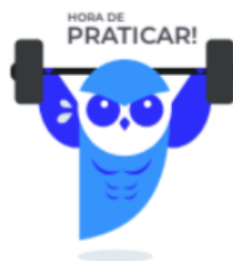
Como acabamos de ver, caros alunos, a condição de não-escorregamento se deve aos efeitos viscosos dos fluidos.

**Gabarito: Letra E.**

Isto posto, existe uma região adjacente à superfície sólida onde os efeitos da viscosidade se tornam mais pronunciados. Um perfil de velocidade é criado próximo à superfície sólida, e a essa região é dado o nome de **camada limite viscosa**.



Voltaremos a falar mais da camada limite. Não apresentamos ainda a **equação de Bernoulli**, mas saiba que ela **não pode ser aplicada à camada limite**. Decore isso, cai muito!!!



(SCGás - 2014 - SCGás - Engenheiro) Na mecânica dos fluidos, define-se camada limite como sendo a região de escoamento sobre uma superfície onde:

- A) O escoamento é turbulento.





B) Não se aplica a equação de Bernoulli.

C) Aplica-se a equação de Bernoulli.

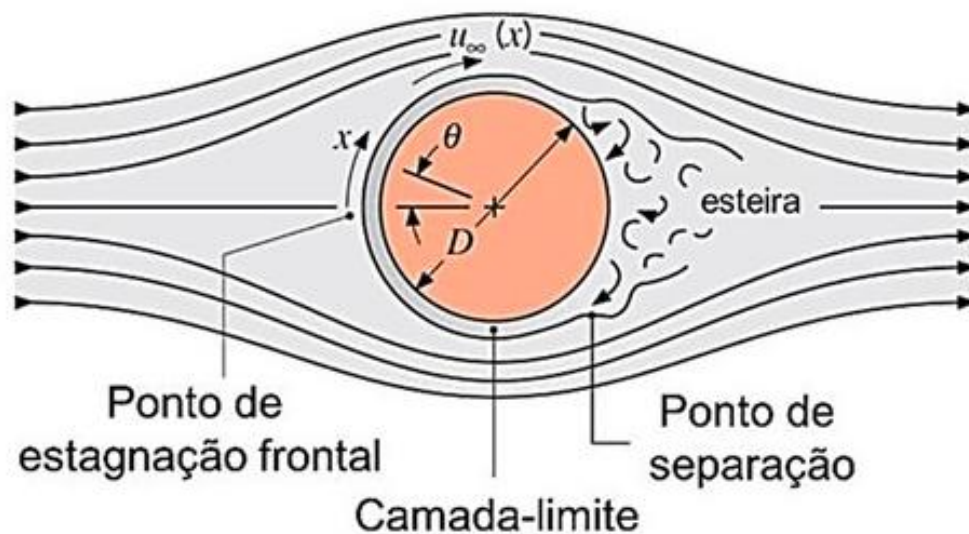
D) As equações de conservação de massa, energia e quantidade de movimento não se aplicam.

Comentários:

Como acabamos de ver, a equação de Bernoulli não pode ser aplicada à camada limite.

Gabarito: Letra B.

Quando o escoamento do fluido ocorre **através de uma superfície curva a alta velocidade**, a camada limite deixa de estar aderida à superfície. A esse fenômeno é dado o nome de **separação de escoamento**.



## 1.2 – Tipos de Escoamento

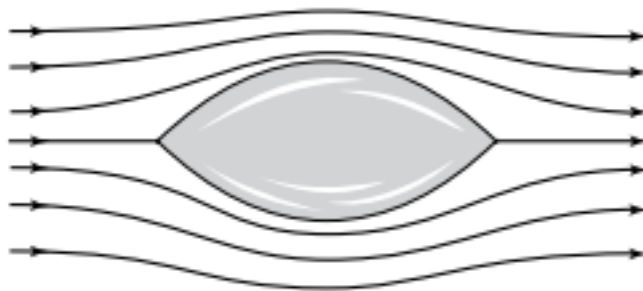
Neste tópico, peço que você se atenha aos detalhes da teoria. Questões de concurso teóricas amam cobrar o que falaremos aqui.

O escoamento dos fluidos pode ser classificado em relação a diferentes critérios, aqui falaremos sobre cada um deles.

### 1.2.1 – Quanto ao efeito da viscosidade

O fluido escoar, em geral, subdividido em linhas de corrente com diferentes velocidades. Quando uma camada está mais lenta que a outra adjacente a ela, a camada mais rápida tende a ser desacelerada pela mais lenta. Isso ocorre devido à **viscosidade**, propriedade de transporte que mede o grau de resistência de um fluido ao escoamento. Observe a ilustração abaixo de linhas de corrente contornando um aerofólio.





A viscosidade é uma característica intrínseca de cada fluido. Varia fortemente com a temperatura e moderadamente com a pressão (a altas pressões). Para **líquidos**, a viscosidade é devida às **forças coesivas intermoleculares**. Já para **gases**, a viscosidade é ocasionada pelas **colisões moleculares**.

Quando os **efeitos viscosos são mais pronunciados**, o **escoamento é viscoso**.

Quando as **forças viscosas são muito menores que as forças inerciais e de pressão**, o **escoamento é não viscoso (ou invíscido)**.

Abaixo, observe a tabela que descreve a influência da temperatura na viscosidade de líquidos e gases:



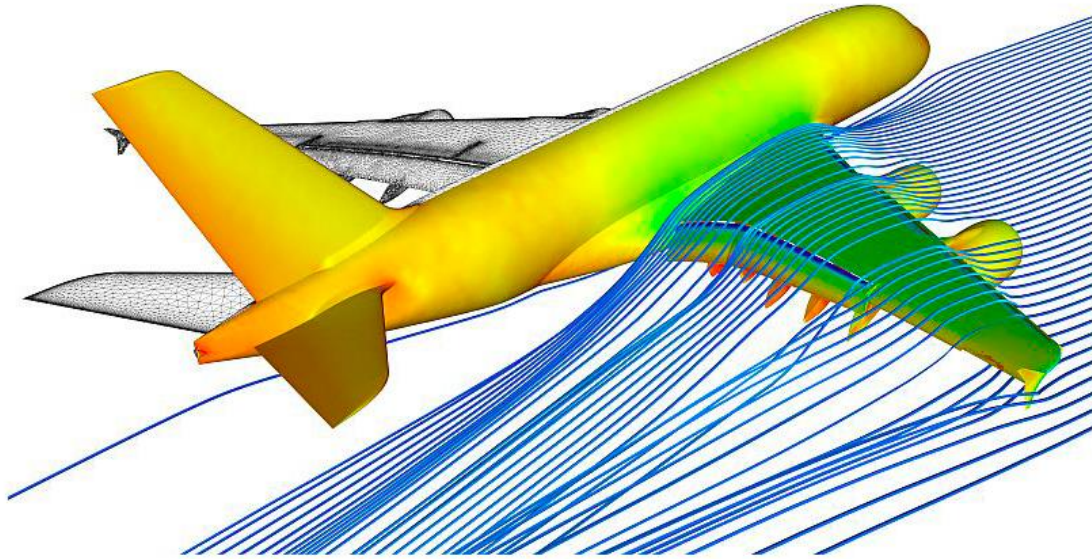
TIPO DE FLUIDO	INFLUÊNCIA DE T	INFLUÊNCIA DE P
<b>Líquido</b>	Diminui com o aumento de T	Praticamente não influencia. A altíssimas pressões, aumenta com a pressão.
<b>Gasoso</b>	Aumenta com o aumento de T.	A baixas P, praticamente não influencia. A altas P, <b>aumenta com a pressão</b> .

## 1.2.2 – Quanto ao confinamento

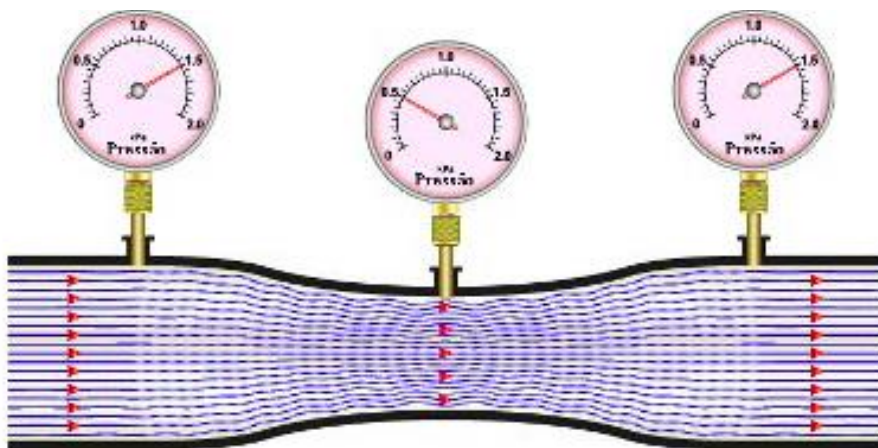
Neste quesito, o escoamento pode ser classificado como interno ou externo.



Quando o **escoamento ocorre sobre uma superfície sem ser enclausurado, o escoamento é externo**, análogo ao que acontece quando o ar passa sobre a asa de um avião:



O escoamento que ocorre **dentro de uma tubulação ou duto recebe o nome de escoamento interno**.



### 1.2.3 – Quanto à compressibilidade

Se a **densidade do fluido se mantiver constante, o escoamento é incompressível**. Essa característica é marcante nos **líquidos**.

Já nos gases, a variação da densidade é mais acentuada com maiores variações de pressão. Contudo, deve ser avaliada a velocidade de escoamento em relação à velocidade do som. O número adimensional que permite fazer essa avaliação é o número de Mach:

$$Ma = \frac{v}{c} = \frac{\text{velocidade do escoamento de gás}}{\text{velocidade do som}}$$

Quando  $Ma = 1$ , o escoamento é sônico. Quando  $Ma < 1$ , o escoamento é subsônico. Para  $Ma > 1$ , o escoamento é supersônico.



(CESGRANRIO - 2012 - Inova - Engenheiro de Equipamento Júnior - Mecânica) O número de Mach  $M$  é um adimensional muito importante no estudo dos escoamentos compressíveis.

Considerando que  $V$  é a velocidade em um estado no escoamento de um fluido e  $c$  é a velocidade sônica para o mesmo estado, pode-se escrever para o número de Mach  $M$  que

- A)  $M = V/c$
- B)  $M = c/V$
- C)  $M = \sqrt{V/c}$
- D)  $M = \sqrt{c/V}$
- E)  $M = (c/V)^2$

Comentários:

Vimos que a fórmula do número adimensional de Mach é o correspondente à letra A.

Gabarito: Letra A.

Para gases, o **escoamento é considerado incompressível quando  $Ma < 0,3$** . Para valores maiores que 0,3, já pode ser considerado escoamento compressível.

## 1.2.4 – Quanto à organização das linhas de corrente

Quando as linhas de corrente estão paralelas entre si, escoando de **forma suave e ordenada**, o escoamento é **laminar**. O nome laminar traz a analogia que seriam lâminas superpostas que se movimentam sem invadir o espaço das demais lâminas.

Quando as linhas de corrente se entrelaçam, formando um **escoamento desordenado**, normalmente a altas velocidades, o escoamento é **turbulento**.





Se o escoamento for um misto alternado de turbulento e laminar, o mesmo recebe o nome de escoamento transitório.



Existe um número adimensional que permite definir se o escoamento de um fluido é laminar ou turbulento. Trata-se do número de Reynolds ( $Re$ ):

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Onde  $\rho$  é a massa específica (ou densidade) do fluido,  $\mu$  é a viscosidade dinâmica do fluido,  $V$  é a velocidade de escoamento e  $D$  é o comprimento característico por onde o fluido está escoando, no caso de tubulações, esse comprimento característico é o diâmetro do tubo.

Esse adimensional pode ser entendido fisicamente como a influência das forças inerciais pelas forças viscosas.

Quanto maior é o  $Re$ , maior é a preponderância das forças inerciais sobre as forças viscosas.

Adiante veremos os números de Reynolds críticos para diferentes comprimentos característicos.

Saiba de antemão, que:





### Reynolds

$Re > Re$  (crítico): escoamento turbulento;

$Re < Re$  (crítico): escoamento laminar.



(COSEAC - 2015 - UFF - Engenheiro/Área: Mecânica) O Número de Reynolds em tubos é inversamente proporcional:

- A) à velocidade do escoamento.
- B) à viscosidade dinâmica do fluido.
- C) ao diâmetro da tubulação.
- D) à massa específica do fluido.
- E) ao volume relativo do seu comprimento.

**Comentários:**

Como vimos na expressão referente ao número de Reynolds, o mesmo é diretamente proporcional à massa específica, velocidade de diâmetro, e inversamente proporcional à viscosidade dinâmica.

**Gabarito: Letra B.**





## 2 – Propriedades importantes

### 2.1 – Viscosidade

Já vimos um pouco, caros alunos, sobre a viscosidade ( $\mu$ ) quando tratamos de escoamentos viscosos ou não-viscosos.

Nesta seção vamos esmiuçar mais um pouco sobre essa propriedade, que é uma das mais importantes da mecânica dos fluidos. Entendê-la bem é importantíssimo para responder questões teóricas em geral.

Como já vimos, a viscosidade é a propriedade que mede a resistência de um fluido a escoar. Quando um fluido exerce uma força sobre um corpo na direção do escoamento, a essa força é dado o nome de **força de arrasto**. Essa força tem maior relevância na engenharia aeronáutica, mas sua intensidade depende da viscosidade, e pode ser abordada em questões teóricas.

Veremos, ao longo do estudo dos fenômenos de transporte, que há três propriedades (viscosidade, condutividade térmica e coeficiente de difusividade) que são proporcionais a diferentes gradientes, respectivamente, velocidade, temperatura e concentração.



A primeira delas, a viscosidade, é objeto de estudo da aula que estamos vendo agora. Foi observado, experimentalmente, que **fluidos newtonianos possuem a taxa de deformação (ou gradiente de velocidade) proporcional à tensão de cisalhamento**. À constante de proporcionalidade entre essas duas grandezas físicas foi dado o nome de viscosidade dinâmica (ou absoluta).

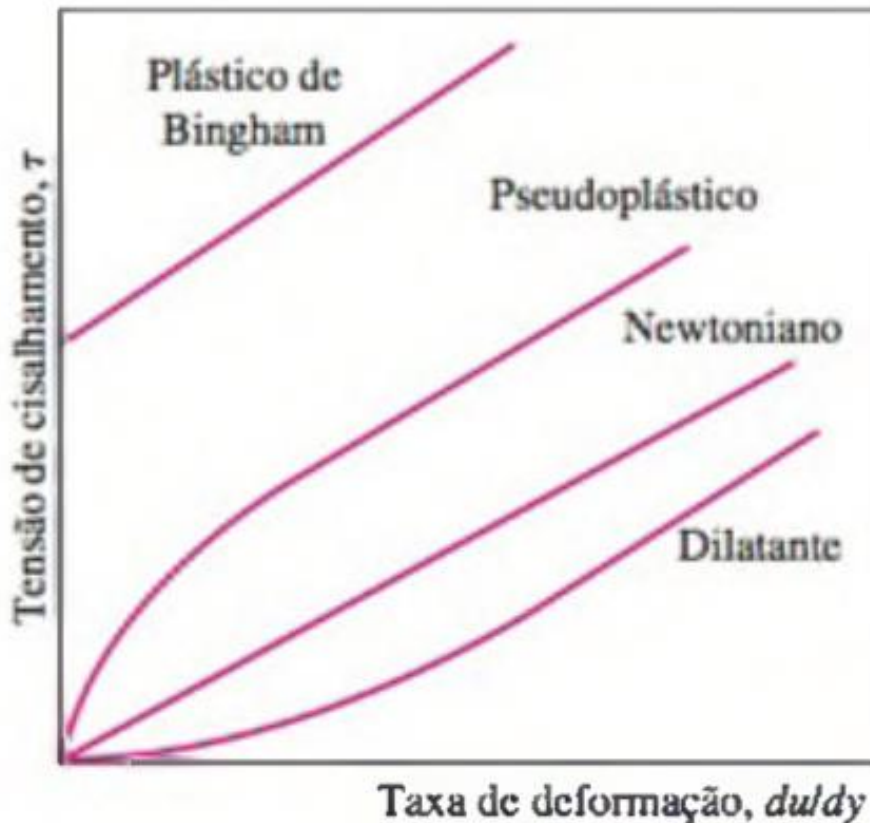
A lei de formação dessa constatação recebe o nome de **lei de Newton da viscosidade**:

$$\tau = \mu \frac{\partial v}{\partial y}$$

Podemos observar que, para fluidos newtonianos, quando não há taxa de deformação, também não há tensão de cisalhamento. Além disso, a tensão de cisalhamento é uma função linear da taxa de deformação, cujo coeficiente angular é a viscosidade.

Entretanto, nem todos os fluidos apresentam esse comportamento. Os fluidos não-newtonianos se comportam diferentemente quando submetidos à tensão de cisalhamento. Sugiro que você memorize o gráfico abaixo, que já foi cobrado em provas de concurso:





Quando a taxa de deformação é não-linear, a inclinação da curva recebe o nome de viscosidade aparente. Se a **viscosidade aparente aumenta com a taxa de deformação**, temos os **fluidos dilatantes**.

Quando a **viscosidade aparente diminui com a taxa de deformação aumentando**, temos os **fluidos pseudoplásticos**.

Materiais que se comportam como sólidos a baixas taxas de deformação (como as pastas de dente), mas deformam-se linearmente para maiores tensões de cisalhamento são chamados de **plásticos de Bingham**.

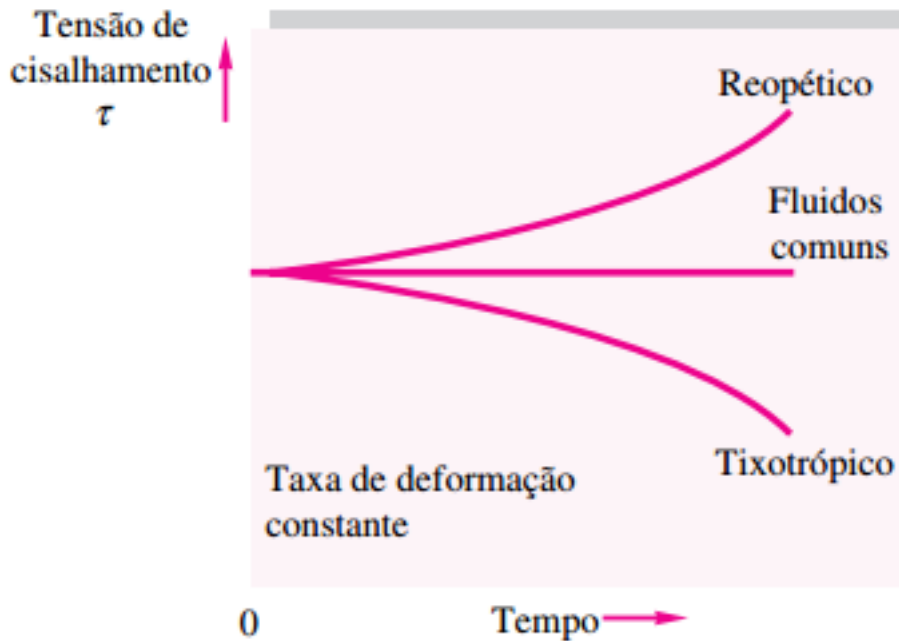
Alguns fluidos newtonianos possuem um comportamento transiente (variam com o tempo). Os fluidos **reopéticos** são aqueles que necessitam de um **aumento gradual da tensão de cisalhamento** para que a taxa de deformação se mantenha constante.

Ao contrário disso, os fluidos **tixotrópicos** precisam de uma **redução gradual com o tempo da tensão de cisalhamento**.





ESCLARECENDO!



HORA DE PRATICAR!



(FGV - 2018 - COMPESA - Analista de Saneamento - Engenharia Química) Fluidos não newtonianos são aqueles em que a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação é não linear. Um exemplo de fluido não newtoniano é a tinta, que é muito viscosa ao ser retirada da lata, porém, ao ser aplicada na parede, a camada de tinta formada é submetida a uma grande tensão de cisalhamento, diminuindo sua viscosidade aparente.

Este comportamento é característico dos fluidos

- A) dilatantes.
- B) pseudoplásticos.
- C) de Bingham.
- D) viscoelásticos.



E) cisalhantes.

**Comentários:**

Depois de vermos a teoria ficou fácil de responder essa questão. Quando a viscosidade aparente diminui com o aumento da tensão de cisalhamento temos os fluidos pseudoplásticos.

**Gabarito: Letra B.**

**(CESGRANRIO - 2010 - Petrobras - Engenheiro Mecânico - Júnior) A respeito dos fluidos newtonianos e não newtonianos, verifica-se que o(s) fluido(s)**

**A) não newtoniano dilatante tem como exemplo o plástico de Bingham.**

**B) não newtoniano tem, na viscosidade aparente, uma propriedade constante que identifica cada fluido.**

**C) reopéticos mostram um decréscimo da viscosidade aparente com o tempo quando submetidos a uma tensão cisalhante constante.**

**D) dilatantes mostram um aumento da viscosidade aparente com o tempo quando submetidos a uma tensão cisalhante constante.**

**E) nos quais a viscosidade aparente decresce, conforme a taxa de deformação aumenta, são chamados pseudoplásticos.**

**Comentários:**

Vamos avaliar item a item para fins didáticos:

Letra A: Incorreta. Tanto o fluido dilatante quanto o plástico de Bingham são fluidos não-newtonianos, mas com comportamentos distintos.

Letra B: Incorreta. Como vimos, a viscosidade aparente muda de acordo com a taxa de deformação.

Letra C: Incorreta. É justamente o contrário. Fluidos reopéticos mostram um aumento da viscosidade com o tempo.

Letra D: Incorreta. Essa é a definição de fluido reopético.

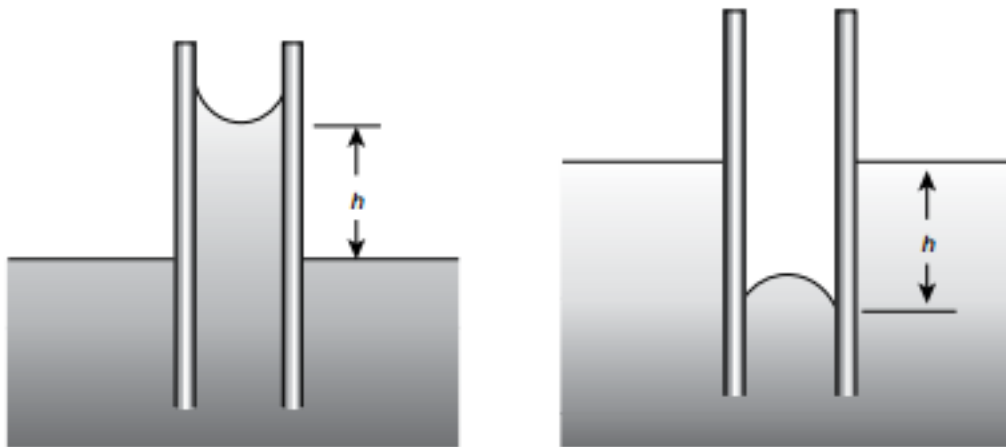
Letra E: Correta.

**Gabarito: Letra E.**

## 2.2 – Efeito Capilar

Esse feito decorrente da tensão superficial dos diferentes líquidos, diz respeito à ascensão ou depressão de fluido líquido num tubo com diminuto diâmetro, também conhecido como capilar.





O menisco do fluido pode ser côncavo ou convexo em relação ao capilar. O ângulo de contato que vai implicar se é côncavo ou convexo. Para fins de concursos públicos, normalmente é cobrado o conhecimento da equação de **ascensão capilar**, conforme abaixo:



$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R} \cos\phi$$

Onde  $h$  é a altura de ascensão ou depressão,  $\sigma$  é a tensão superficial (quanto maior, menor a molhabilidade do líquido),  $\rho$  é a densidade,  $g$  é a gravidade,  $R$  é o raio do capilar, e  $\phi$  é o ângulo de contato (normalmente será igual a zero nas questões).



(IBFC - 2013 - EBSERH - Engenheiro Mecânico) A dimensão de grandezas derivadas utilizadas na Mecânica dos Fluidos para a tensão superficial é a:

A) Símbolo =  $\mu$  Dimensão =  $L^2T^{-1}$ .



B) Símbolo =  $\sigma$  Dimensão =  $MT^{-2}$ .

C) Símbolo =  $\lambda$  Dimensão =  $ML^{-3}$ .

D) Símbolo =  $\beta$  Dimensão =  $ML^{-1}$ .

**Comentários:**

Podemos escrever a equação da ascensão capilar, que já vimos, isolando a tensão superficial, que possui símbolo  $\sigma$ . Só com isso já conseguiríamos resolver a questão, mas vamos à análise dimensional para fins didáticos:

$$\sigma = \frac{\rho g R h}{2 \cos \phi} = \left[ \frac{M}{L^3} \right] \left[ \frac{L}{T^2} \right] [L][L] = \left[ \frac{M}{T^2} \right]$$

**Gabarito: Letra B.**

## 3 – Estática dos Fluidos

Caros alunos, conseguem recordar quando falamos no início da aula que a mecânica dos fluidos pode ser subdividida em estática dos fluidos e dinâmica dos fluidos?

Então, agora veremos o comportamento dos fluidos quando estão em repouso, ou seja, a estática dos fluidos. A principal propriedade capaz de manter um fluido em repouso é a pressão. Há muito o que ser estudado em estática dos fluidos, mas nem tudo cai nas provas.

Aqui vamos focar no cálculo de pressões manométrica e absoluta em manômetros do tipo tubo em U, isso é o que mais incide em provas.

### 3.1 – Pressão

Sei que o conceito de pressão pode ser trivial para você, mas algumas peculiaridades podem ser cobradas e precisam ser repetidas, mesmo que pareça chover no molhado.

Todo engenheiro sabe que **pressão é definida como a força normal exercida por um fluido por unidade de área** (S.I.:  $N/m^2 = \text{Pascal (Pa)}$ ).

A **pressão medida em relação ao vácuo absoluto é chamada de pressão absoluta**. É a pressão real efetivamente sentida por todos os corpos.

Os manômetros, medidores de pressão, comumente medem a pressão em relação à pressão atmosférica. Essa pressão é conhecida como **pressão manométrica**:

$$P_{manométrica} = P_{absoluta} - P_{atmosférica}$$

Pressões abaixo da pressão atmosférica são conhecidas como **pressões de vácuo**:

$$P_{vácuo} = P_{atm} - P_{absoluta}$$



A pressão é, em linhas gerais, tratada como um escalar. Contudo, na prática, a pressão atua em todas as direções para qualquer ponto de um fluido. Para um fluido em repouso, a pressão não varia na direção horizontal.

Já na direção vertical, a pressão aumenta com o aumento da profundidade. Ao pegarmos uma coluna de líquido com profundidade igual a  $h$ , com superfície livre submetida a uma pressão  $P_0$ , que pode ser a pressão atmosférica na maioria das vezes, podemos calcular a pressão no fundo da coluna pela seguinte expressão:

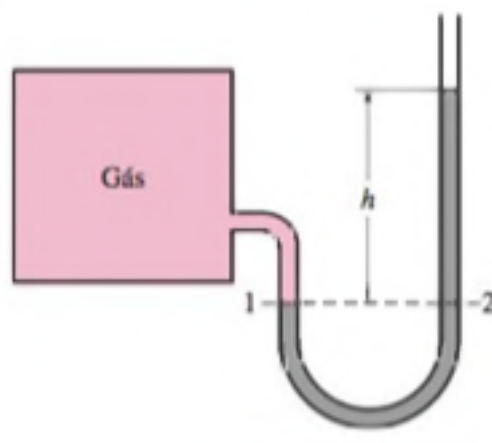
$$P_{\text{fundo}} = P_0 + \rho gh$$

Como não há variação de pressão na direção horizontal, qualquer variação de pressão no fluido confinado acarreta mesma variação para todo o fluido (**Lei de Pascal**).

$$\rho g = \gamma = \textit{peso específico do fluido}$$

### 3.2 – Manômetros tubo em U

Existem diferentes tipos de manômetros, mas o tubo em U é o mais recorrente porque exige conhecimento da equação que mostramos acima. Por ora, eu só apresentarei esse tipo de manômetro.



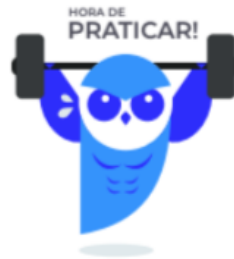
Para a figura acima, sabemos que:

$$P_1 = P_2 \therefore P_1 = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

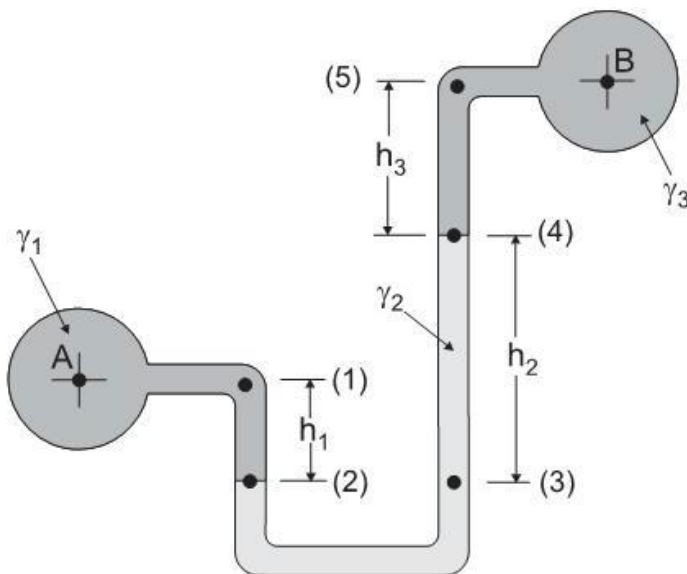


E se a espessura de um lado do tubo for diferente do outro lado, muda o equacionamento?

Não, caros alunos, como vimos, a pressão varia com a profundidade, não na direção horizontal. Guarde isso!



(CESGRANRIO - 2011 - Petrobras - Engenheiro de Equipamento Júnior - Mecânica)



Munson, B.R. et al. *Fundamentos da Mecânica dos Fluidos*. Edgar Blucher, 2004.

A figura acima ilustra um manômetro com tubo em U, muito utilizado para medir diferenças de pressão. Considerando que os pesos específicos dos três fluidos envolvidos estão indicados na figura por  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  e  $\gamma_3$  a diferença de pressão  $P_A - P_B$  corresponde a

- A)  $\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3$
- B)  $\gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3$
- C)  $\gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 - \gamma_1 h_1$
- D)  $\gamma_2 h_2 - \gamma_3 h_3 - \gamma_1 h_1$
- E)  $(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3) / 3$

Comentários:

Vamos aplicar a equação que acabamos de ver para os pontos 2 e 3, onde as pressões podem ser igualadas:

$$P_2 = P_3$$

$$P_A + \gamma_1 h_1 = P_B + \gamma_3 h_3 + \gamma_2 h_2$$



$$P_A - P_B = \gamma_3 h_3 + \gamma_2 h_2 - \gamma_1 h_1$$

Gabarito: Letra C.

## 4 – escoamento de Fluidos

No tópico anterior vimos fluidos em repouso. Neste momento veremos fluidos em escoamento. Aqui, você poderá focar no que realmente cai. Sabemos que, na prática, trabalhar com equações diferenciais pode ser deveras complicado e exigir, inclusive, apoio computacional.

As bancas não cobram essa parte mais complexa. Já pensou você ter que operar com equação de Navier-Stokes sem computador ou softwares como o Fluent? Nem pensar, se algo do tipo cair vai ser algo bem mais tranquilo de resolver ou conceitos teóricos.

Peço que você se preocupe mais com conservação de massa e equação da continuidade, equação de Bernoulli e escoamento em tubos.

### 4.1 – Conservação de Massa

Sei que já vimos isso em outra aula, mas algumas questões de mecânica dos fluidos cobram esse conhecimento. A equação é conforme a seguir:

$$\dot{m}_{entrada} - \dot{m}_{saída} = \frac{dm}{dt}$$

Para fluidos incompressíveis, essa equação pode ser escrita em função da vazão volumétrica, também conhecida como **equação da continuidade**:

$$Q_{entrada} - Q_{saída} = \frac{dV}{dt}$$

Para regimes permanentes,  $dV/dt = 0$ , logo:

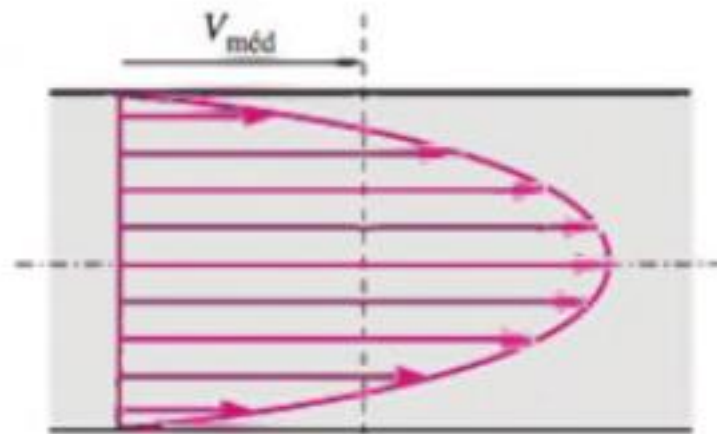
$$Q_{entrada} = Q_{saída}$$

Para tubos, as vazões podem ser escritas como função do produto das velocidades pelas áreas de seção transversal:

$$v_{entrada} A_{entrada} = v_{saída} A_{saída}$$

As velocidades descritas na equação acima são sempre as velocidades médias do fluido, que podem ser calculadas da seguinte forma, quando existir perfil de velocidade:





$$V_{m\u00e9dia} = \frac{1}{A_{transversal}} \int_0^{A_{transversal}} v dA_{transversal}$$

## 4.2 – Equação de Bernoulli

Na faculdade, os professores requerem de nós a dedução da equação de Bernoulli. Para fins de concurso público isso não é necessário. Para o nosso caso é suficiente que saibamos a equação decorada e quais são as restrições da mesma.

Você precisa saber que a equação de Bernoulli é uma expressão que correlaciona pressão, velocidade e elevação (cota). Tal equação foi derivada a partir do balanço de energia para regiões de escoamento incompressível e em estado estacionário (reg. permanente), em que as forças de atrito são desprezíveis. Ou seja, os efeitos da viscosidade podem ser desprezados.

Já vimos que na camada limite os efeitos da viscosidade são mais pronunciados. É em virtude disso que a equação de Bernoulli não pode ser aplicada a essa região.

Resumindo:







### Condições para aplicação de Bernoulli

1. Escoamento em regime permanente
2. Escoamento sem atrito
3. Sem trabalho de eixo (sem bombas ou turbinas)
4. Escoamento Incompressível
5. Sem transferência de calor (adiabático)
6. Escoamento ao longo de uma linha de corrente

Hora de decorar a equação:



$$\frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + z = \textit{constante}$$

Se multiplicarmos toda a equação de Bernoulli pelo peso específico do fluido, chegaremos a seguinte equação que traz conceitos muito importantes:

$$P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g z = \textit{constante}$$



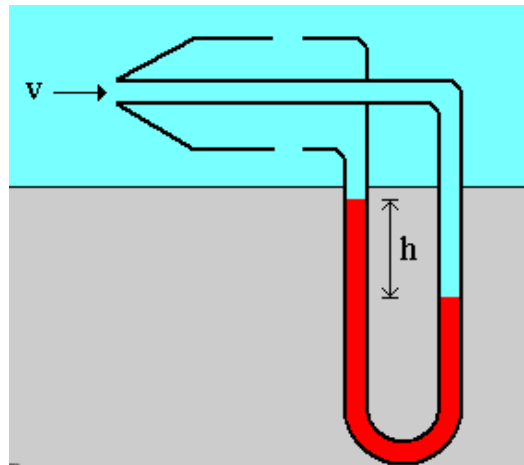


- ↪  $P$  = **pressão estática**: trata-se da pressão absoluta, a mesma que é usada na termodinâmica.
- ↪  $\frac{\rho v^2}{2}$  = **pressão dinâmica**: trata-se do aumento de pressão quando o fluido escoando é parado adiabaticamente.
- ↪  $\rho g z$  = **pressão hidrostática**.

A combinação da pressão estática com a pressão dinâmica recebe o nome de **pressão de estagnação**:

$$P_{estag} = P + \frac{\rho v^2}{2}$$

O **tubo de Pitot** é um medidor de velocidade muito usado na indústria de aeronaves, que mede a velocidade a partir da pressão de estagnação. A velocidade encontrada fica como uma derivação da equação acima, isolando a velocidade:



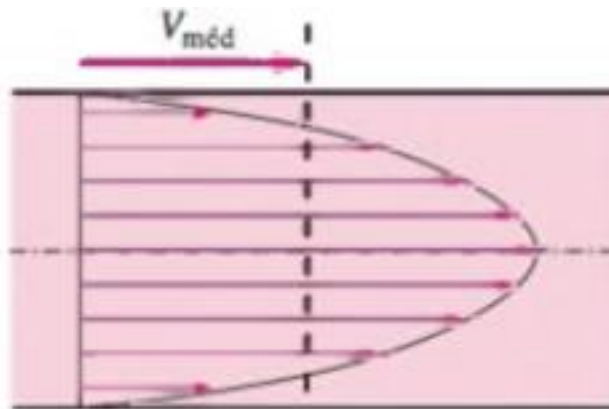
$$v = \sqrt{\frac{2(P_{estag} - P)}{\rho}}$$

### 4.3 – Escoamento em Tubos

Essa é sem dúvidas a principal aplicação de escoamento para nossa realidade de concursos públicos. Aqui, você verá os principais conceitos cobrados em prova.



O primeiro aspecto a ser considerado é uma consequência da condição de não-escorregamento que vimos lá atrás. A velocidade do fluido em um tubo varia de nula (na parede do tubo) até o máximo no centro do tubo, conforme podemos ver o perfil na figura abaixo:



A velocidade média num tubo com raio R é descrita pela equação abaixo:

$$v_{med} = \frac{2}{R^2} \int_0^R v(r)rdr$$

Para classificar o escoamento em laminar ou turbulento, para tubos deveremos usar os seguintes valores:



- ↪ **Re ≤ 2300 Escoamento Laminar**
- ↪ **2300 ≤ Re ≤ 4000 Escoamento Transitório**
- ↪ **Re > 4000 Escoamento Turbulento**

Como vimos anteriormente, para escoamento em dutos circulares, o comprimento característico usado no adimensional de Reynolds é o diâmetro.

Para dutos não circulares, o diâmetro característico é conhecido como **diâmetro hidráulico**, e pode ser calculado pela seguinte expressão:



$$D_{hidr} = \frac{4A_{transv}}{P}$$

Onde P é o perímetro molhado. Para um duto circular chegamos ao valor do diâmetro como comprimento característico da seguinte forma:

$$D_{hidr} = \frac{4A_{transv}}{P} = \frac{4\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}{\pi D} = D$$

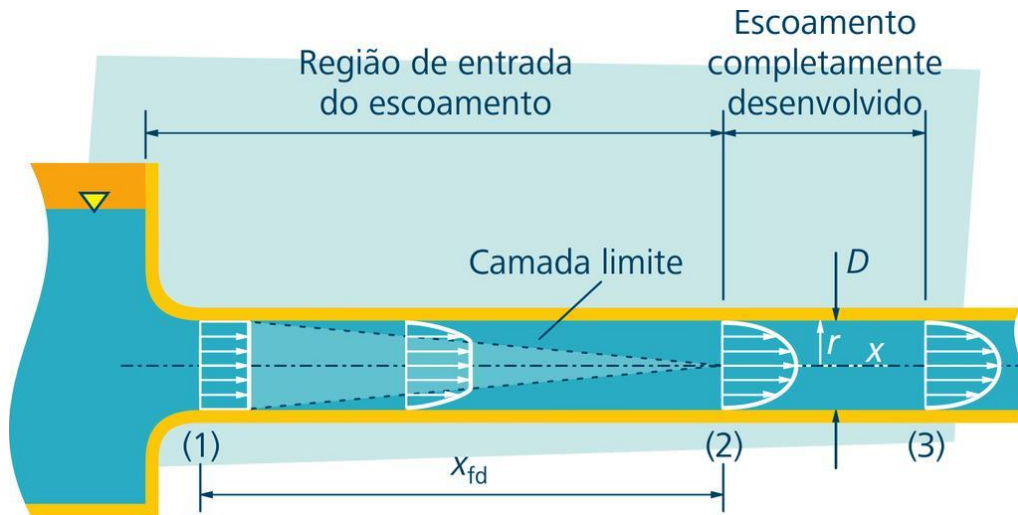
Quando o fluido entra no tubo, o seu perfil de velocidade não está estabelecido automaticamente. À medida que vai escoando, a velocidade na seção média do fluido aumenta, enquanto as mais periféricas vão reduzindo gradualmente.

Como já vimos, a região onde o efeito viscoso é mais pronunciado é conhecida como camada limite. A camada externa à camada limite recebe o nome de **região de escoamento irrotacional**, onde os efeitos da viscosidade são desprezíveis em relação aos efeitos inerciais.

A espessura da camada limite tende a aumentar à medida que o fluido vai escoando. No momento em que a camada limite chega ao centro da tubulação é conhecida a **região de entrada hidrodinâmica (que possui um comprimento de entrada hidrodinâmico)**.

Após a região de entrada hidrodinâmica o **escoamento é considerado completamente desenvolvido**. A figura abaixo permite visualizar isso melhor:





Acho difícil de ser cobrado o valor do comprimento de entrada hidrodinâmica. Contudo, caso seja cobrado algo do tipo memorize o valor equivalente a **10D**, onde D é o diâmetro do tubo.

No escoamento completamente desenvolvido em tubos, com perfil parabólico, há uma correlação que pode ser derivada entre a velocidade máxima e a velocidade média, resultando na seguinte expressão:



$$v_{max} = 2v_{med}$$

Em escoamentos ideais há uma queda de pressão ao longo do escoamento. Normalmente, essa perda de pressão é expressa em função da altura equivalente de coluna de líquido, conhecida como **perda de carga ( $h_L$ )**.

$$h_L = f \frac{L}{D} \left( \frac{V_{med}^2}{2g} \right)$$

Onde f é conhecido como fator de atrito de Darcy, e para escoamentos laminares em tubos é calculado da seguinte forma:

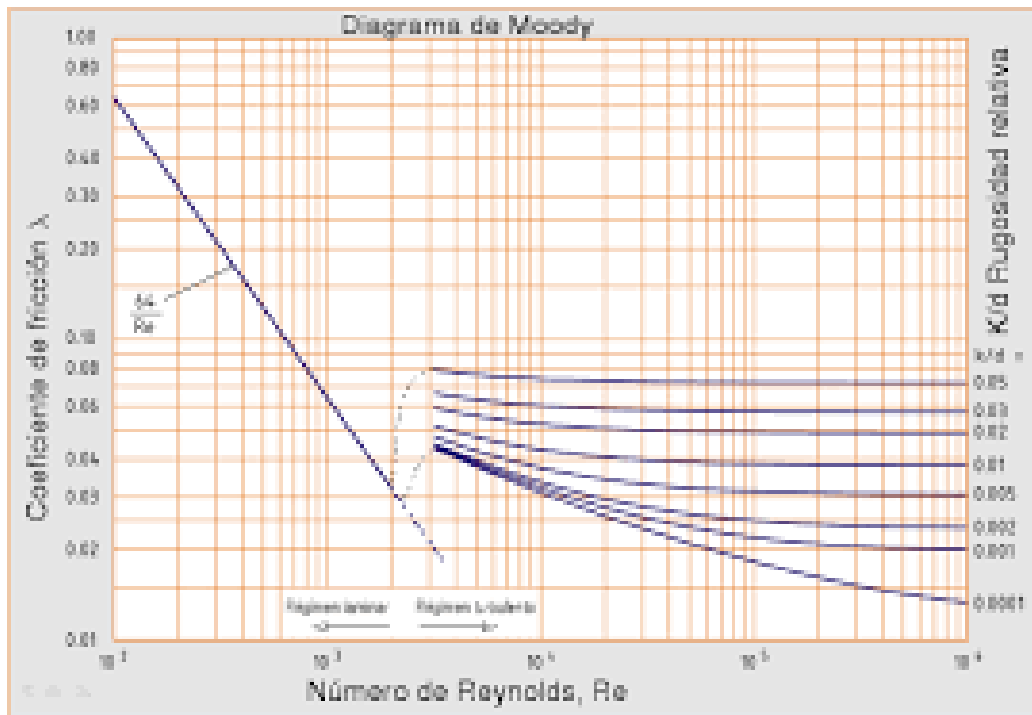
$$f = \frac{64}{Re}$$

A equação de Bernoulli pode ser reescrita considerando a perda de carga, conforme a seguir:



$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + h_L$$

Caros alunos, trago nesse momento o diagrama de Moody, que nos permitirá ver a dependência do fator de atrito com a rugosidade relativa do tubo e o número de Reynolds:



O fator de atrito **para escoamentos laminares** (parte linear à esquerda do diagrama) **depende somente do número de Reynolds**. Para **escoamentos turbulentos**, **f depende mais da rugosidade relativa e depende pouco do número de Reynolds**.

Pessoal, trago agora, apenas didaticamente, a famosa equação de Navier-Stokes para escoamento incompressível, e vou explicar o que significa cada parcela da equação. Acredito que não cairá mais do que isso em provas de concurso.

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\vec{\nabla}P + \rho\vec{g} + \mu\nabla^2\vec{V}$$

O termo à esquerda da igualdade é uma derivada material que agrega a variação de velocidade ao longo do tempo e a variação no espaço. À direita da igualdade, o primeiro termo é o gradiente de pressão no escoamento. O segundo termo é o componente de forças inerciais. O último termo é o laplaciano que representa o efeito das forças viscosas.



## 5 – Medidores de Vazão

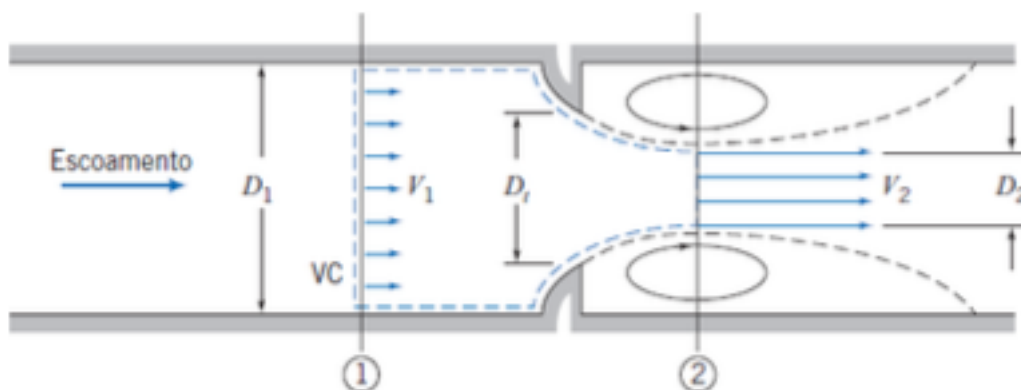
No controle dos processos industriais é de fundamental importância saber quanto de matéria está entrando e saindo do processo. Para a realidade dos engenheiros químicos, sempre que possível, as substâncias são transportadas na forma de fluidos. Desta forma, é importante medir a taxa de escoamento desses fluidos através de tubulações e canais.

Vários são os medidores de vazão que podem ser usados. A escolha do tipo de medidor dependerá de diferentes fatores, tais como aplicabilidade do dispositivo para um processo específico, custos de instalação e operação, o espectro de vazões que pode medir, perda de carga inerente à instalação do dispositivo medidor, e a acurácia que o processo demanda em termos de medida de vazão.

A maioria dos medidores de vazão realizam a medição de velocidade média do fluido passando por um determinado ponto e, de forma indireta (através da densidade), é calculada a vazão mássica ou volumétrica. Alguns poucos medidores realizam a medição de forma direta. Iniciaremos nosso estudo pelos mais utilizados, os medidores de vazão por restrição.

### 5.1 – Medidores de Vazão por Restrição

Estes tipos de medidores de vazão fazem uso da equação da conservação de massa e equação de Bernoulli. O princípio básico consiste no estrangulamento da seção transversal de uma tubulação, resultando, conseqüentemente, na aceleração da corrente fluida. Junto com a aceleração do fluido, pela equação de Bernoulli, ocorre uma queda de pressão ( $\Delta P$ ) que pode ser medida. Ou seja, a partir da queda de pressão, a velocidade é medida, logo, a vazão também será medida.



Fonte: Fox et al. (2014)<sup>1</sup>

Se aplicarmos a equação de Bernoulli para a figura acima, entre as tomadas 1 e 2, teremos:

<sup>1</sup> R. W. Fox, A. T. McDonald, J. C. Leylegian – Introdução à Mecânica dos Fluidos (2014)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2}$$

Claro que a equação abaixo é aplicável para situações específicas: escoamento permanente, incompressível, sem atrito, e com velocidade uniforme entre as tomadas 1 e 2.

Desta forma, se escrevermos como função da queda de pressão, a equação resultante fica como se segue:

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2}(V_2^2 - V_1^2) = \frac{\rho V_2^2}{2} \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right]$$

A equação da continuidade nos fornece a seguinte relação:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Ora, as variáveis que temos conhecimento são queda de pressão e área de seção transversal da tubulação e da restrição. Desta forma, resolvendo para  $V_2$  e substituindo a razão de velocidades por razão de áreas transversais, chegamos à seguinte expressão:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho \left[ 1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]}}$$

Se quisermos calcular a vazão mássica, basta multiplicarmos a velocidade acima pela densidade do fluido, considerando um fluido incompressível, e pela área de seção transversal, resultando na seguinte expressão:

$$\dot{m}_{teorico} = \rho \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho \left[ 1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]}} A_2$$

Pessoal, a equação acima será a que mais usaremos quando a questão cobrar cálculo de vazão em medidores de vazão por restrição. Observe que a equação acima é limitada para a condição de termos o fluido ocupando perfeitamente toda a tubulação e região do medidor.

Contudo, alguns fatores, na prática, podem limitar o uso da equação supramencionada. Um deles se deve ao aparecimento de **vena contracta**, onde a área da seção 2 é desconhecida em placas de orifício. Importante apontar que os perfis de velocidade são representados pelo escoamento uniforme apenas para regimes turbulentos.







A equação de vazão mássica teórica é multiplicada por um **coeficiente de descarga, C**, obtido experimentalmente. Caros alunos, é mandatório que vocês memorizem a equação abaixo :

$$\dot{m}_{real} = \frac{CA_{orificio}}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{2\rho\Delta P} \quad \therefore \beta = \frac{D_{orificio}}{D_{tubulação}}$$

Onde  $\sqrt{1 - \beta^4}$  é conhecido como **fator de velocidade de aproximação**. A expressão a seguir é denominada **coeficiente de vazão, K**:

$$K \equiv \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

Abaixo, eu trago uma tabela comparativa entre os medidores de vazão, fornecida por Fox et al. (2014).:

Medidor	Diagrama	Perda de Carga	Custo Inicial
<b>Orifício</b>		Alta	Baixo
<b>Bocal Medidor</b>		Intermediária	Intermediário
<b>Venturi</b>		Baixa	Alto

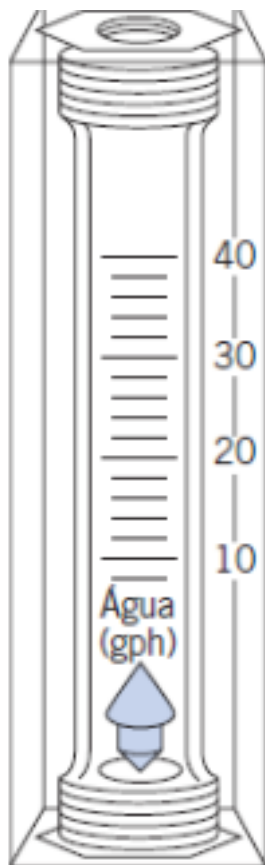
## 5.2 – Medidores de Vazão Lineares

Quando estudamos os medidores de vazão por restrição há pouco, vimos que a vazão é calculada indiretamente através da medição direta da diferença de pressão. Contudo, erros podem existir no cálculo



da vazão em virtude da vena contracta ou até mesmo das correlações utilizadas para calcular o fator de descarga.

Alguns processos demandam uma medição de vazão com maior grau de precisão, ou seja, de preferência através da **medição direta**. Os **medidores de área variável** (com flutuador), também denominados **rotâmetros**, se prestam a esse objetivo.

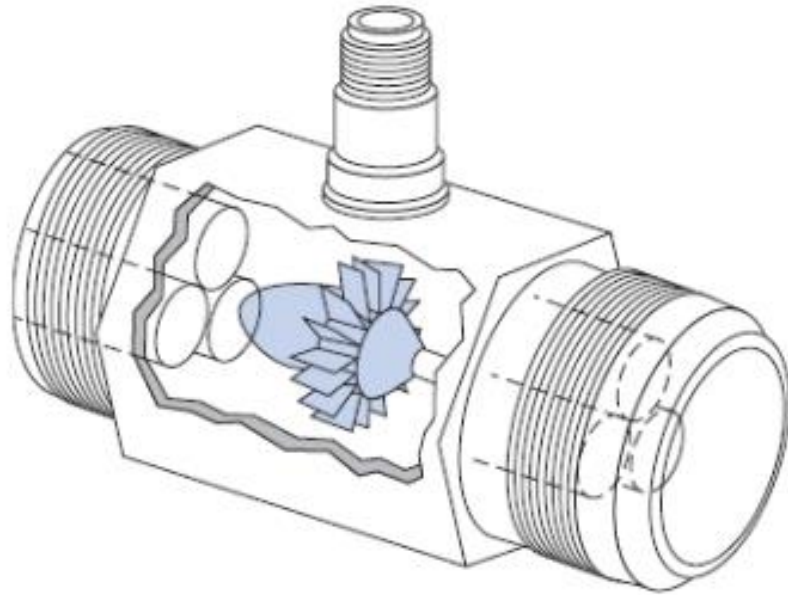


Fonte: Fox et al. (2014)

$$q = u_{\max} \frac{\pi}{4} (D_t^2 - D_f^2)$$

Onde  $D_t$  é o diâmetro do tubo e  $D_f$  é o diâmetro do flutuador.

Outro tipo de medidor de vazão que se encaixa nessa categoria é o **medidor de turbina**. Neste caso, a **vazão é encontrada pela proporcionalidade que guarda com a rotação da turbina**.



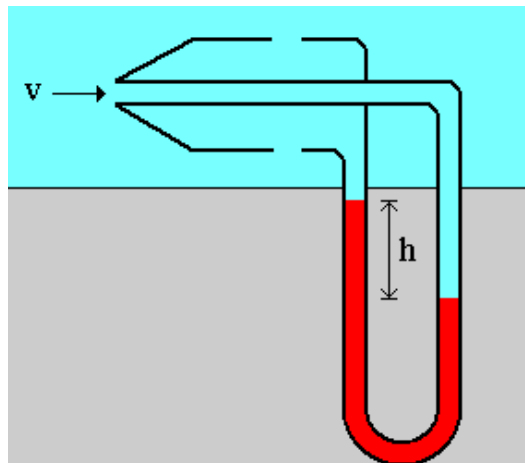
Fonte: Fox et al. (2014)

### 5.3 – Tubo de Pitot

Vimos, anteriormente, que a combinação da pressão estática com a pressão dinâmica recebe o nome de **pressão de estagnação**:

$$P_{estag} = P + \frac{\rho v^2}{2}$$

O **tubo de Pitot** é um medidor de velocidade muito usado na indústria de aeronaves, que mede a velocidade a partir da pressão de estagnação. A velocidade encontrada fica como uma derivação da equação acima, isolando a velocidade:



$$v = \sqrt{\frac{2(P_{estag} - P)}{\rho}}$$

Se quisermos saber a vazão mássica em determinada tubulação, basta multiplicarmos a equação acima pela densidade do fluido incompressível e a área de seção transversal:

$$\dot{m} = \rho \sqrt{\frac{2(P_{estag} - P)}{\rho}} A$$

## 6 – Transporte de Fluidos

Caros alunos, vamos imergir, neste momento, no estudo do transporte de fluidos. Como bem sabemos, a maioria dos processos industriais ocorrem em regime permanente envolvendo fluido escoando de uma unidade para outra.

Em geral, os fluidos percorrem distâncias muito grandes entre as diversas unidades de uma planta industrial. Para tal, é necessária a utilização de máquinas que movimentem os fluidos e de acessórios que permitam sua passagem de uma unidade para outra. As primeiras são as bombas e compressores. As segundas são as válvulas.

Começaremos essa etapa da nossa aula focando nos diversos tipos de válvulas existentes na indústria. Depois, falaremos sobre os diferentes tipos de bombas e suas curvas características, onde veremos a aplicação direta da equação de Bernoulli levando-se em consideração a perda de carga através da tubulação e acessórios, e a potência utilizada pela bomba. Também estudaremos sobre o fenômeno conhecido como cavitação.

Preparados? Vamos começar, que esse assunto incide muito em provas de concursos!

### 6.1 – Válvulas

A primeira coisa que precisamos entender a respeito das válvulas é que existe critério para a escolha das mesmas em uma planta industrial. Qualquer processo precisa ser dimensionado de forma a possuir o menor número possível de válvulas para que a perda de carga não seja alarmante.





As válvulas podem ser classificadas da seguinte forma:

- ↪ Bloqueio;
- ↪ Controle de Fluxo;
- ↪ Controle Unidirecional; e
- ↪ Controle de Pressão.

Vamos à descrição de cada uma delas.

### 6.1.1 – Válvulas de Bloqueio

São utilizadas quando se pretende bloquear algum trecho de determinada instalação. Este tipo de válvula opera, em geral, normalmente aberta (NA). São válvulas que, por operarem normalmente aberta, apresentam baixa perda de carga na instalação.

Os principais exemplos de válvulas de bloqueio são:

- ↪ **Válvulas Gaveta;**
- ↪ **Válvulas Esfera;**
- ↪ **Válvulas Macho; e**
- ↪ **Válvulas Mangote.**

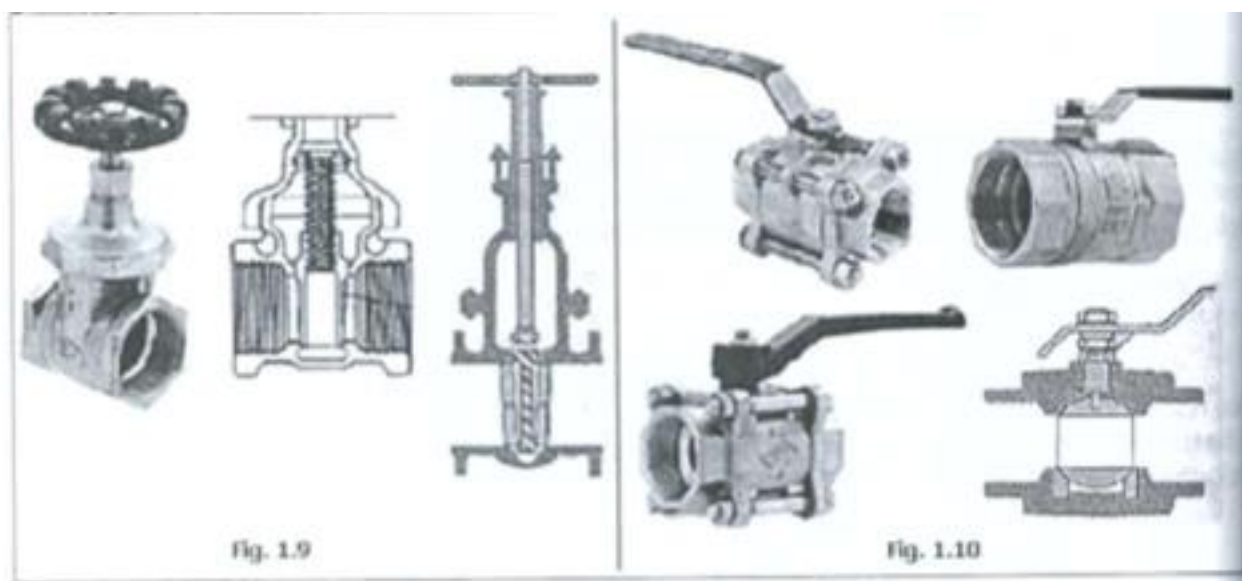


Em provas de concurso, frequentemente, é cobrada a comparação de perda de carga entre válvulas gaveta e esfera.

Preciso que você memorize que:

$$\text{Perda de Carga (V. Esfera)} < \text{Perda de Carga (V. Gaveta)}$$

Abaixo, eu trago algumas figuras de válvulas gaveta (à esquerda) e válvulas esfera (à direita):



Fonte: Santos (2007)<sup>2</sup>

## 6.1.2 – Válvulas de Controle de Fluxo

Como o próprio nome já diz, estas válvulas possuem o objetivo de controlar o fluxo ou vazão de determinado fluido através da instalação. Devem ser evitadas, ou seja, usadas apenas quando muito necessárias, pois provocam **grande perda de carga** no processo.

Os principais exemplos dessa classificação de válvulas são os seguintes:

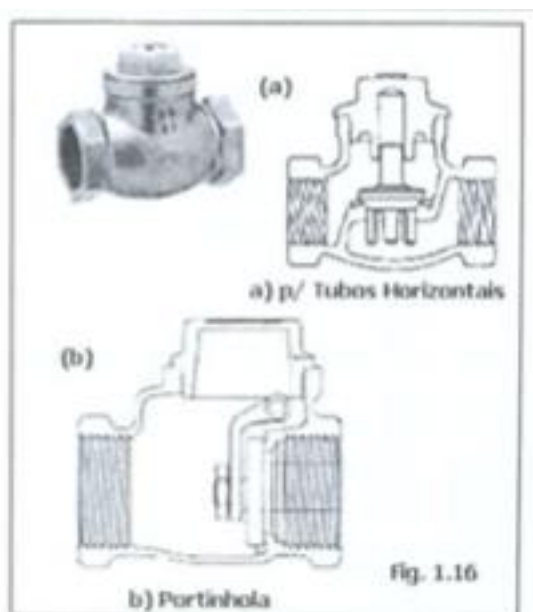
- ↗ **Válvula Agulha;**
- ↗ **Válvula Borboleta (pode operar como válvula de bloqueio);**
- ↗ **Válvula Globo; e**
- ↗ **Válvula Diafragma (pode operar como válvula de bloqueio).**

<sup>2</sup> S. L. Santos. Bombas & Instalações Hidráulicas (2007).

### 6.1.3 – Válvulas de Controle Unidirecional

O bom das classificações de válvulas é que já indicam a sua finalidade. As válvulas de controle unidirecional, como podemos ler, são confeccionadas para permitir o fluxo em apenas um sentido.

Essa são frequentemente utilizadas **à jusante (saída) das bombas**. As mais conhecidas e empregadas são as **válvulas de retenção**. Elas possuem a seguinte simbologia:

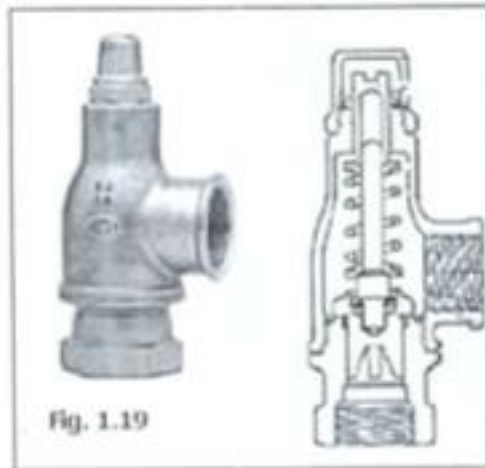


Fonte: Santos (2007).

### 6.1.4 – Válvulas de Controle de Pressão

Esse tipo de válvula é comumente conhecido como **válvula de alívio**, quando instalada à montante (antes), ou como **válvula redutora**, quando instalada à jusante (depois). Como o próprio nome já diz, sua finalidade é manter a pressão em níveis aceitáveis no processo.

A válvula de alívio, amplamente empregada em instalações industriais, possui uma mola que pode ser ajustada de acordo com a pressão permitida, operando normalmente fechada (NF), abrindo apenas quando houver sobrepressão.



Fonte: Santos (2007).

## 6.2 – Máquinas Hidráulicas

Antes de adentrarmos no estudo das bombas, propriamente dito, vamos entender quais são os principais tipos de máquinas industriais.

Como já vimos em termodinâmica, a energia não é destrutível, apenas transformável. É exatamente isso que as máquinas hidráulicas fazem, elas convertem energia hidráulica (de pressão) em trabalho mecânico, vice-versa.

As máquinas hidráulicas são classificadas em:

- ↗ **Máquinas Motrizes;**
- ↗ **Máquinas Mistas; e**
- ↗ **Máquinas Geratrizes.**

### 6.2.1 – Máquinas Motrizes

O que você precisa saber, de antemão, é que esse tipo de máquina possui a finalidade de **transformar energia hidráulica em trabalho mecânico**, que pode, eventualmente, ser convertido em trabalho elétrico (potência). A essas máquinas é dado o nome de **turbinas**. Essas aproveitam o desnível entre duas cotas de água. Através do giro do rotor da turbina é acionado o rotor de um gerador elétrico.

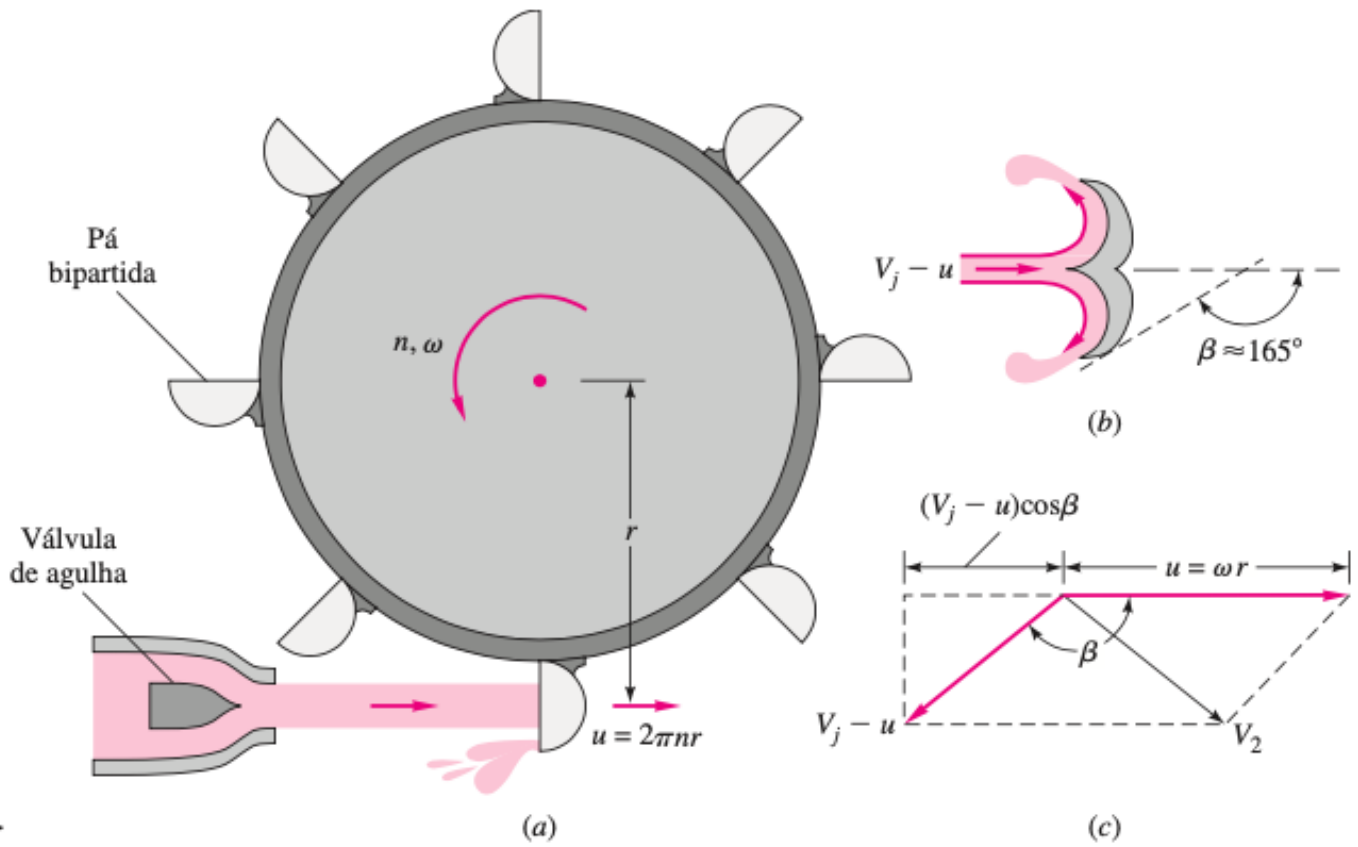
Há três principais turbinas que quero que você memorize:

- ↗ **Pelton:** trata-se de turbina de **ação (impulso)** ou de jato.
- ↗ **Francis:** essa é uma turbina **helicoidal diagonal de reação**.
- ↗ **Kaplan:** turbina **axial de reação**, podendo ajustar a angulação das suas pás.

#### Desenho Esquemático: Turbina Pelton



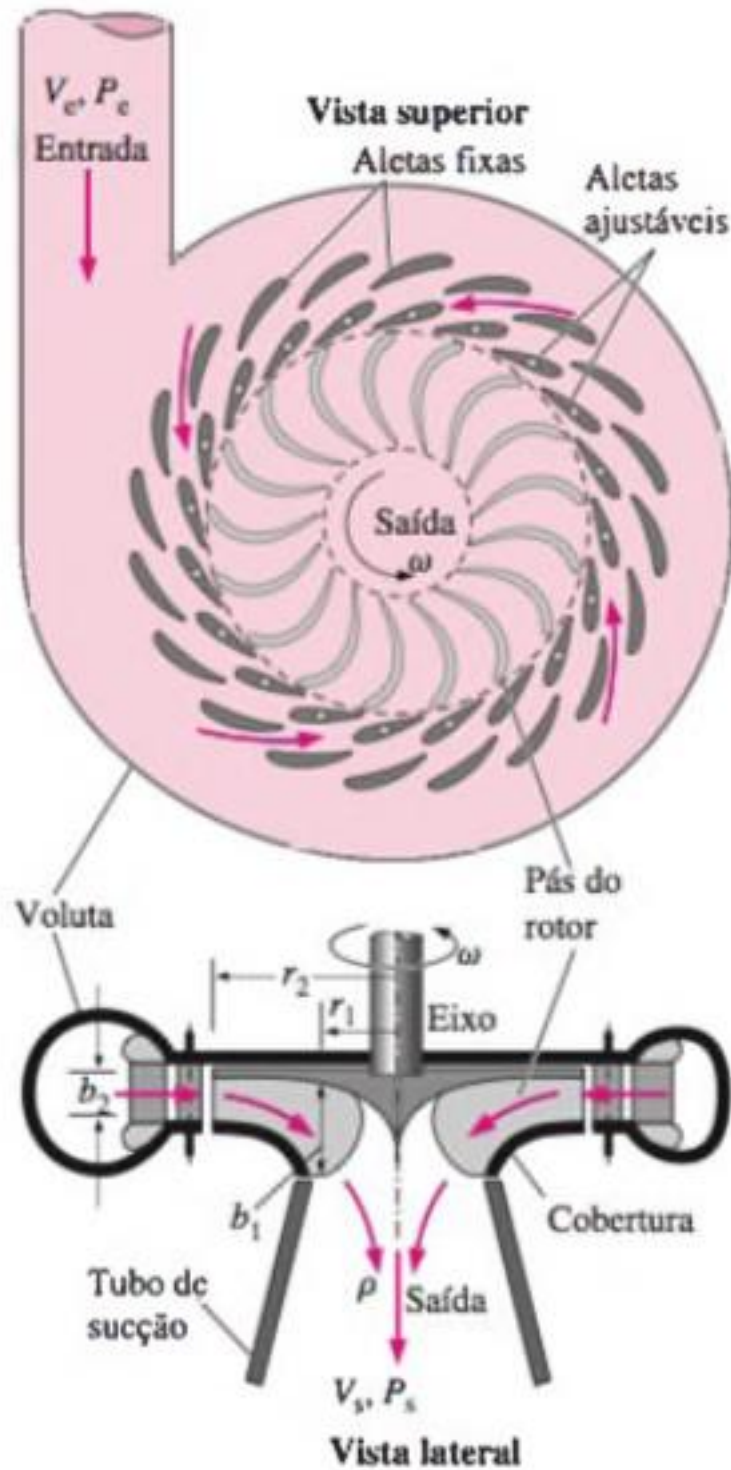




Fonte: White (2011).<sup>3</sup>

### Desenho Esquemático: Turbina de Reação

<sup>3</sup> F. M. White. Mecânica dos Fluidos (2011).

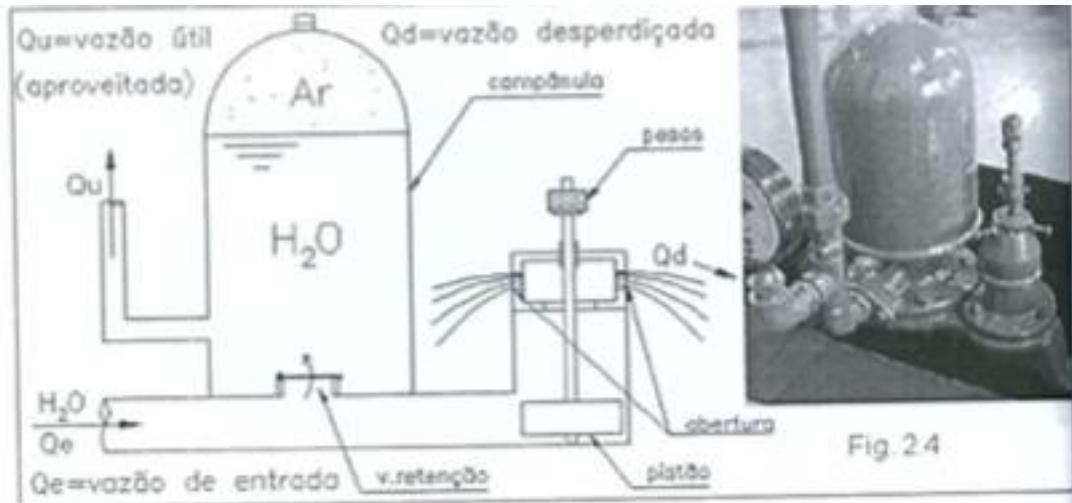


Fonte: Çengel & Cimbala (2012).<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Y. A. Çengel, J. M. Cimbala. Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações. (2012).

## 6.2.2 – Máquinas Mistas

Essa é uma classificação pouco explorada pelas bancas de concursos para cargos de engenharia. Contudo, como estamos traçando a classificação geral, basta que você saiba que nesse caso a **energia hidráulica é transformada em energia hidráulica**. O principal exemplo desta classe é o **carneiro hidráulico ou aríete hidráulico**.



Fonte: Santos (2007).

## 6.2.3 – Máquinas Geratrizes

Aqui vemos uma classe de máquinas, que mais veremos ao longo da nossa aula, que faz o contrário das máquinas motrizes. As máquinas geratrizes **transformam energia mecânica em energia hidráulica** (de pressão). Essa é a classe das **bombas**, cuja finalidade é fornecer energia suficiente a um fluido para que chegue aos equipamentos desejados.

A partir de agora, caros alunos, voltaremos nossa atenção para a classificação das bombas e seu equacionamento. Peço que dedique o máximo de atenção possível, já que se trata de assunto amplamente cobrado em prova.

Vamos lá!

## 6.3 – Classificação das Bombas – Tipo de Deslocamento

Pessoal, em relação ao deslocamento do fluido em escoamento, as bombas podem ser classificadas em:

- ↪ Bombas de Deslocamento Positivo; e
- ↪ Bombas de Deslocamento Não-Positivo.

Vamos apresentar as principais características de cada tipo.



### 6.3.1 – Bombas de Deslocamento Positivo

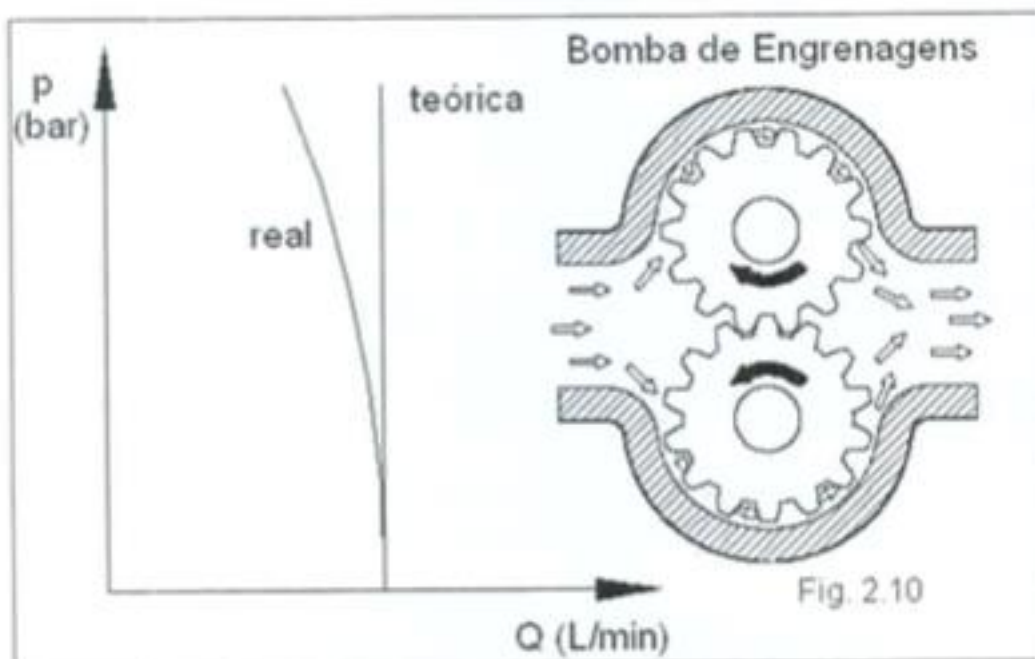
Também são conhecidas como **bombas volumétricas**, e são, em geral, muito utilizadas em circuitos hidráulicos (utilizando óleos com alta viscosidade), onde são acionados atuadores lineares (pistões) ou motores hidráulicos para deslocamento de carga pesada.

Esse tipo de bomba possui vedação mecânica que separa a aspiração e descarga do fluido. Essa vedação impede que haja recirculação interna, fenômeno conhecido como **vazamento interno**. As bombas volumétricas têm como finalidade precípua promover **grandes pressões de descarga**, e não necessariamente altas vazões.

Recebem o nome de bombas volumétricas em virtude possuírem um volume específico onde abrigam o fluido que sofrerá pressurização para se deslocar.

Elas são subdivididas em **bombas alternativas e bombas rotativas**.

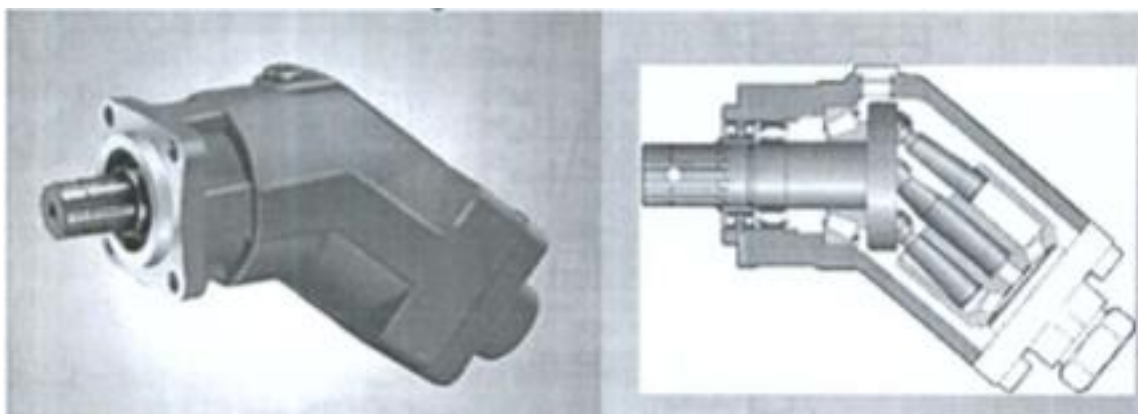
BOMBAS ALTERNATIVAS	BOMBAS ROTATIVAS
Êmbolo	Engrenagens
Pistão	Palhetas
Diafragma	Pistões Radiais
-	Pistões Axiais
-	Rotores Lobulares



Fonte: Santos (2007).

Observe, pelo gráfico na figura acima, que apesar de as bombas de deslocamento positivo terem como vantagem a redução do vazamento interno, alguma recirculação do fluido ocorre, promovendo uma menor vazão que a esperada.

### Bomba de Pistões Axiais



Fonte: Santos (2007).

## 7 – Bombas

Queridos alunos, eu diria que esse é o tópico mais importante de toda a nossa aula. Aqui, nós iremos nos debruçar na classificação das bombas e respectivos cálculos mais abordados em provas de concursos.

### 7.1 – Classificação das bombas

As bombas podem ser classificadas em:

- Bombas de Deslocamento Positivo; e
- Bombas de Deslocamento Não-Positivo.

#### 7.1.1 – Bombas de Deslocamento Positivo

Essas também são conhecidas como **bombas volumétricas**, e são, em geral, muito utilizadas em **circuitos hidráulicos** (utilizando óleos com alta viscosidade), onde são acionados atuadores lineares (pistões) ou motores hidráulicos para deslocamento de carga pesada.

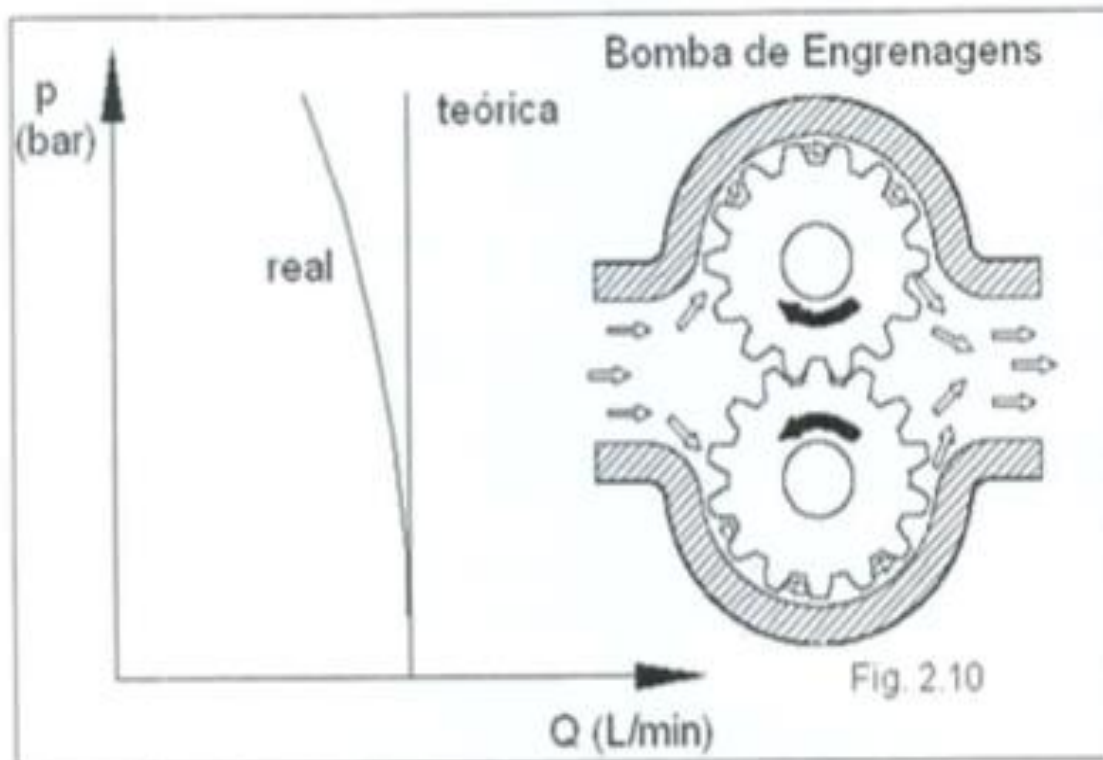
As bombas de deslocamento positivo são subdivididas em **bombas alternativas e bombas rotativas**, conforme tabela abaixo:

BOMBAS ALTERNATIVAS	BOMBAS ROTATIVAS
Êmbolo	Engrenagens
Pistão	Palhetas
Diafragma	Pistões Radiais
-	Pistões Axiais
-	Rotores Lobulares



Esse tipo de bomba possui vedação mecânica que separa a aspiração e descarga do fluido. Essa vedação **impede que haja recirculação interna**, fenômeno conhecido como **vazamento interno**. As bombas volumétricas têm como finalidade precípua promover **grandes pressões de descarga**, e não necessariamente altas vazões.

Na figura abaixo, de uma bomba de engrenagens, há um gráfico que apresenta a pressão de descarga real menor que a pressão de descarga teórica. Isso ocorre em virtude de, na prática, haver ainda algum vazamento interno, mesmo que haja vedação mecânica com o intuito de mitigá-lo.



Fonte: Santos (2007).

## 7.1.2 – Bombas de Deslocamento Não-Positivo

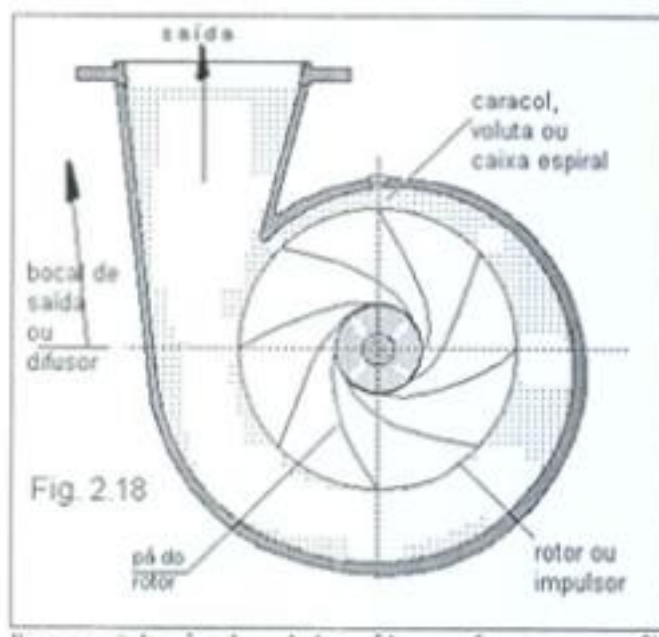
Essas também são conhecidas como **bombas dinâmicas**, e são as mais comuns para transporte de líquidos, em geral. Tem como finalidade essencial produzir **altas vazões**, em detrimento de pressões não tão altas como as bombas de deslocamento positivo.

Elas são subdivididas em:

- Centrífuga Radial;
- Centrífuga Helicoidal;
- Centrífuga Diagonal; e
- Axial.



O detalhe construtivo da bomba centrífuga é conforme figura abaixo:



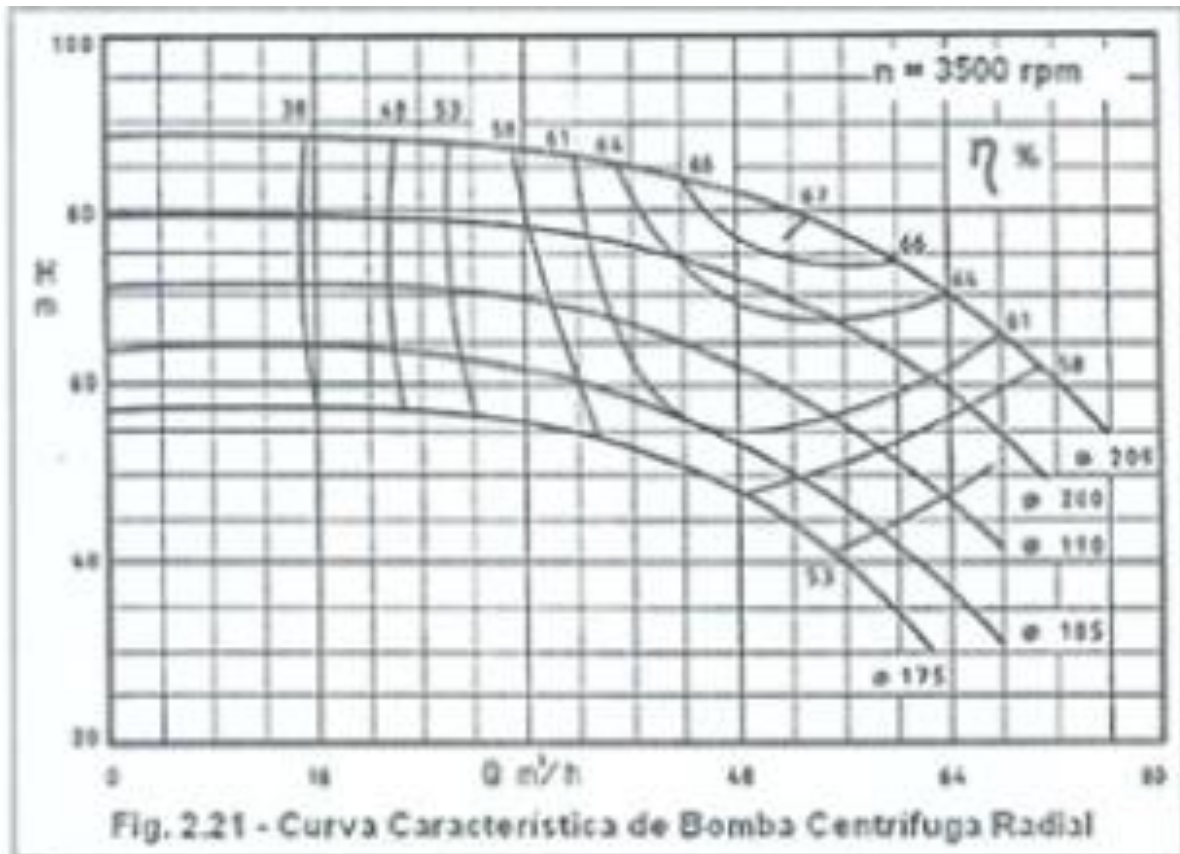
Fonte: Santos (2007).

A aspiração do fluido se dá pelo centro, onde é feito um vácuo para que o líquido seja succionado. A descarga do líquido ocorre pela periferia da bomba, na voluta/difusor. Aqui temos **energia cinética sendo convertida em energia de pressão**.

Os fabricantes de bombas centrífugas disponibilizam aos usuários as curvas características de funcionamento das mesmas. Frequentemente, a correta leitura dessas curvas é cobrada pelas bancas, conforme veremos mais adiante nas questões resolvidas. A leitura é muito simples, através da mera interceptação de retas e curvas.

Você precisa saber que tais curvas relacionam **vazão, altura de carga manométrica total, diâmetro da tubulação e rendimento (eficiência)**. Abaixo, você poderá observar como é uma curva do tipo. Nas questões resolvidas será possível verificar a interpretação.





Fonte: Santos (2007).

Na partida (**shut-off**) da bomba centrífuga, o fluido fica recirculando internamente, processo conhecido como **escorva**. Desta forma, a contrassenso das bombas de deslocamento positivo, a característica marcante desse tipo de bomba é o vazamento interno.

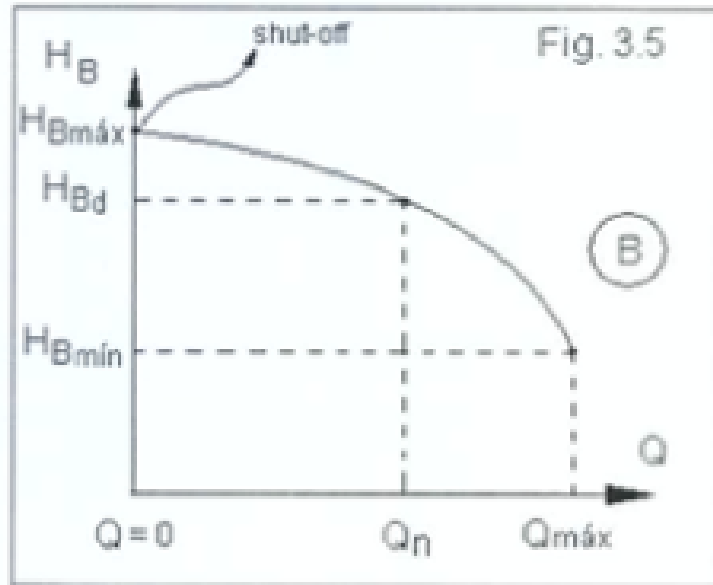
A carga manométrica máxima ocorre exatamente durante a escorva da bomba. À medida que a válvula vai sendo aberta para descarga do líquido, a carga manométrica total vai diminuindo.

O procedimento de escorva é executado visando inibir a circulação de ar através do empalhetamento da bomba. A presença de ar favorece a ocorrência do fenômeno conhecido como **cavitação**, que veremos mais adiante.

Abaixo, você poderá observar a curva característica da bomba para determinadas condições predeterminadas:







Fonte: Santos (2007).

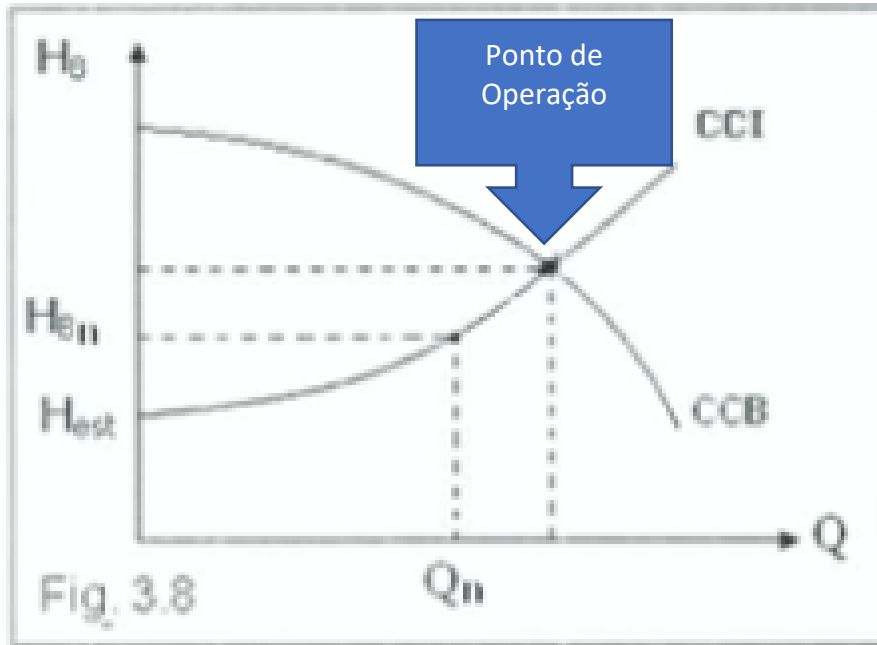
O ponto de funcionamento da bomba não depende única e exclusivamente da curva característica da bomba. É necessária, também, o conhecimento detalhado do sistema onde a bomba será utilizada.

O balanço de energia para uma determinada linha de corrente (Bernoulli Modificada), levando-se em consideração as perdas de carga da tubulação e acessórios utilizados, será levado em consideração para a confecção da **curva do sistema**. Assim como a curva característica da bomba, a curva do sistema também relaciona carga manométrica a vazão.

O **ponto de funcionamento**, também conhecido como ponto de trabalho ou ponto de operação da bomba ocorrerá quando houver a **interseção entre a curva da bomba e a curva do sistema**. Isso ocorre quando as cargas manométricas da bomba e do sistema são iguais, fornecendo uma vazão única.

A figura abaixo permite ver o ponto de operação:

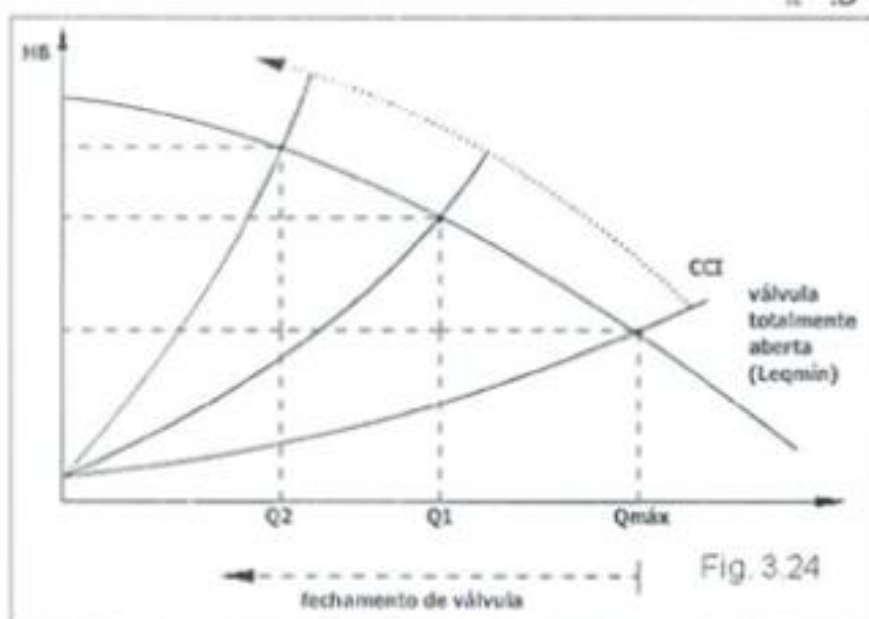




Fonte: Santos (2007).

Já falamos, anteriormente, da partida da bomba (shut-off). A partir daquela explicação é possível inferir como se comporta o ponto de operação de uma bomba, para um dado sistema, quando fechamos gradualmente a válvula de descarga.

Ora, se o shut-off é o ponto de maior carga manométrica e vazão nula, **à medida que fechamos uma válvula, mais nos aproximamos do shut-off, ou seja, maior será a carga manométrica e menor será a vazão do ponto de operação**, conforme podemos observar na figura abaixo:



Fonte: Santos (2007).



Pessoal, muitas vezes as bancas abordam sobre a influência da vazão, da carga manométrica e da potência consumida na rotação. Sabemos que a rotação é proporcional ao diâmetro do impelidor. Logo, quanto maior for o diâmetro, maior será a rotação, e por conseguinte, maior será a altura de carga da bomba. O quadro abaixo traz a influência de cada parâmetro sobre a rotação do rotor:



#### Rotação da Bomba (N)

Em relação à vazão (q):  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{q_1}{q_2}$

Em relação à altura de carga da bomba (H):  $\frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{H_1}{H_2}$

Em relação à potência consumida (W):  $\frac{N_1^3}{N_2^3} = \frac{W_1}{W_2}$

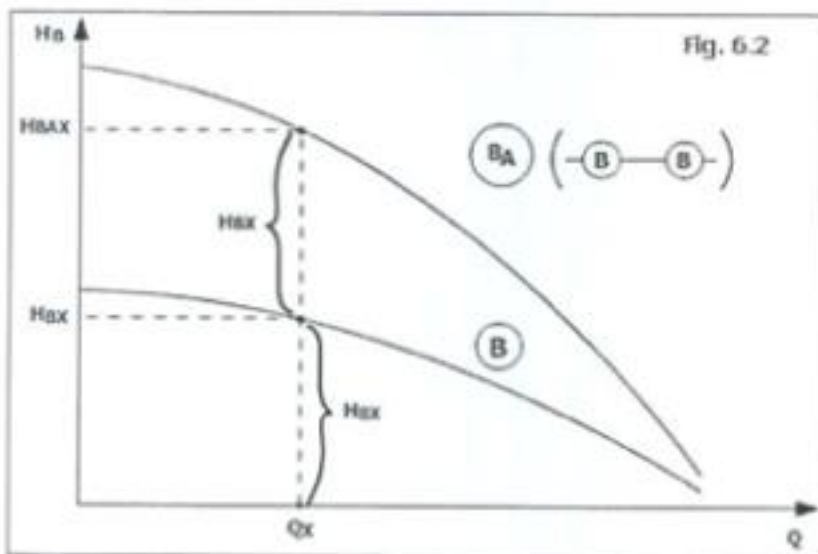
## 7.2 – Associação de Bombas

Outro assunto muito cobrado pelas bancas diz respeito a associação de bombas, quais sejam **em série** ou **em paralelo**.

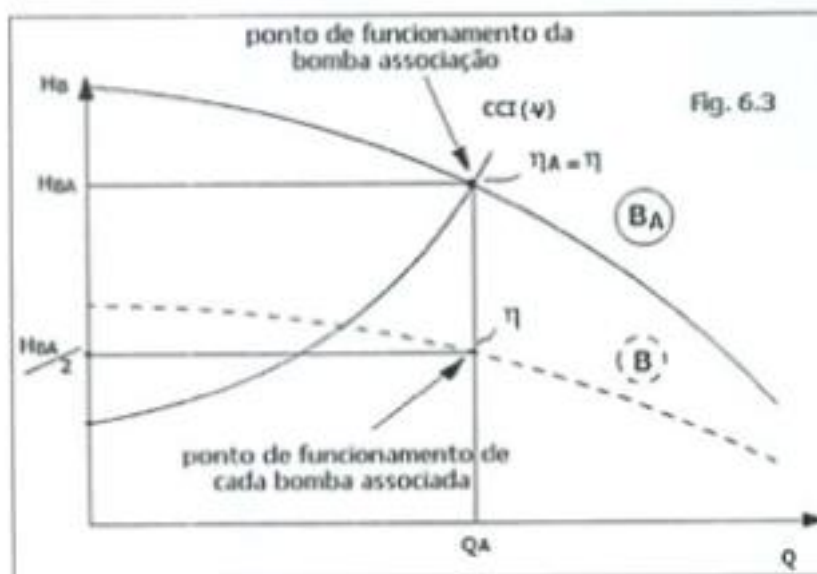
### 7.2.1 – Associação de Bombas em Série

A associação de bombas em série tem como finalidade o **aumento da altura de carga manométrica** da bomba, mantendo constante a vazão.





Fonte: Santos (2007).

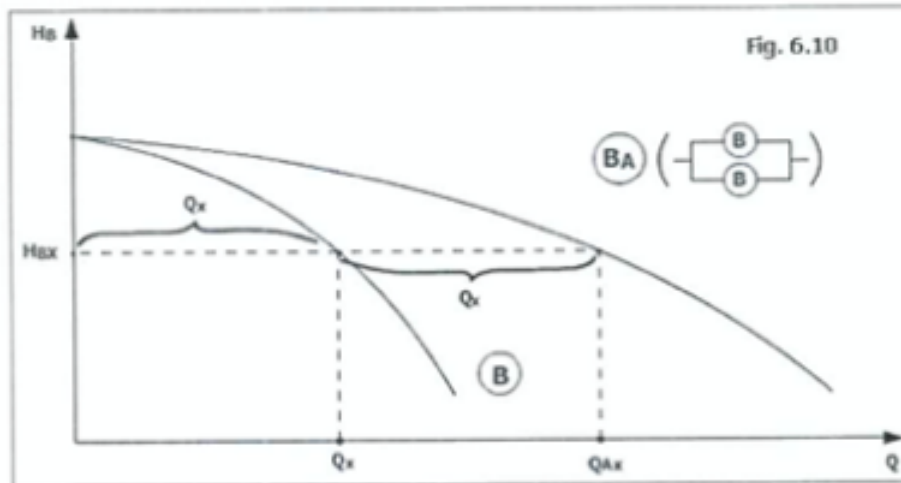


Fonte: Santos (2007).

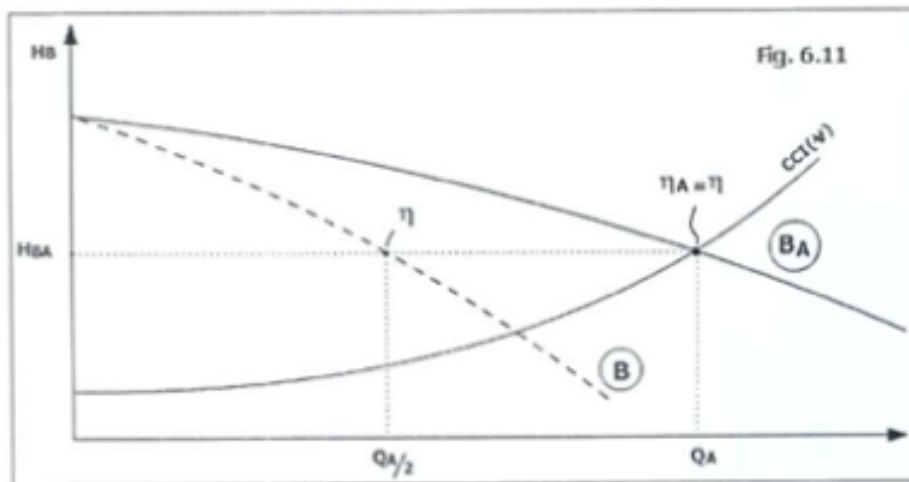
## 7.2.2 – Associação de Bombas em Paralelo

A associação de bombas em série tem como finalidade o **aumento da vazão** da bomba, mantendo constante a altura de carga manométrica.





Fonte: Santos (2007).



Fonte: Santos (2007).

### 7.3 – Cavitação

Chegamos ao último tópico teórico deste material. Aqui, nós contemplaremos a cavitação. Esse é o principal problema enfrentado pelos engenheiros quando se está falando de bombas.

A **cavitação** ocorre quando há uma redução drástica na **pressão estática absoluta**, na aspiração de uma bomba, **abaixo da pressão de vapor do líquido** que está sendo transportado. Em virtude disso, o líquido vaporiza dando origem a bolhas de vapor. Essas bolhas se chocam com rotor levando às seguintes consequências:





- Erosão do rotor mediante arranchamento de material;
- Diminuição drástica do rendimento da bomba;
- Aumento das vibrações e perturbações; e
- Ocorrência de ruído característico, que permite diagnosticar a cavitação.

O parâmetro matemático que permite dimensionar onde será instalada a aspiração de uma bomba é conhecido como **NPSH** (Net Positive Suction Head). As curvas características das bombas também trazem a curva de **NPSH requerido** pela bomba.

O **NPSH disponível** do sistema é calculado pela expressão abaixo, que relaciona a pressão de aspiração da bomba ( $P_e$ ), velocidade na aspiração ( $V_e$ ) e a pressão de vapor do líquido ( $P_v$ ) a uma determinada temperatura.

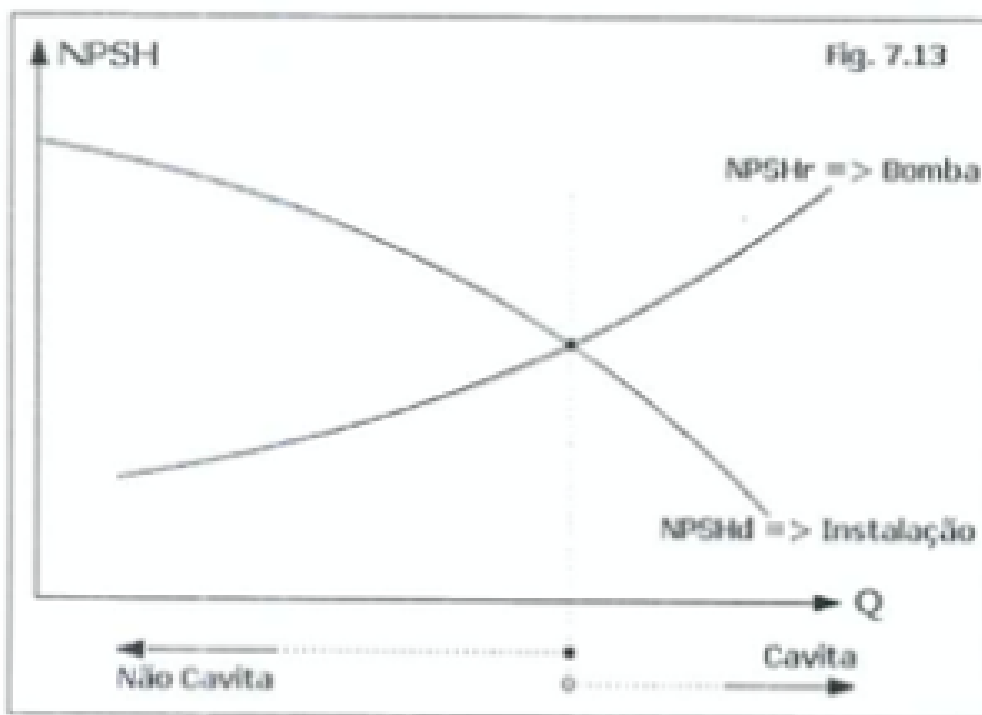
$$NPSH_{disponivel} = \frac{P_e}{\rho g} + \frac{V_e^2}{2g} - \frac{P_v}{\rho g}$$

O pré-requisito para que não ocorra a cavitação é que:

$$NPSH_{disponivel} > NPSH_{requerido}$$

A figura abaixo permite entender a condição supramencionada.





Fonte: Santos (2007).



## 8 – Considerações Finais

Chegamos ao final da nossa Aula 08!

Quaisquer dúvidas, vocês podem entrar em contato comigo através do meu e-mail.

Não deixem de estudar as questões comentadas, elas complementam o assunto!!!

Bons estudos!!!

Carlos Nogueira

**E-mail:** [carlosaugustojr@gmail.com](mailto:carlosaugustojr@gmail.com)





## QUESTÕES COMENTADAS



1. (FUNDATEC - 2019 - Prefeitura de Gramado - RS - Engenheiro Químico)  
O engenheiro de uma indústria projetou um tanque em forma de cilindro circular reto com diâmetro de 6 m em que a água flui para dentro do tanque a uma taxa de  $1,8 \cdot 10^5 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ , sendo assim podemos calcular que a altura da água está aumentando a uma razão de quantos  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ?

- A)  $1/2$
- B)  $1/3$
- C)  $1/6$
- D)  $1/12$
- E)  $3\pi/6$

### Comentários:

Ora, num cilindro circular reto, o diâmetro é sempre constante. Durante o enchimento com água do mesmo, o que vai alterar é a altura.

Primeiro vamos converter as unidades da vazão para as unidades das alternativas:

$$Q = 1,8 \times \frac{10^5 \text{ L}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 3 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$
$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi D^2 h}{4t} \therefore \frac{h}{t} = \frac{4Q}{\pi D^2} \therefore \frac{h}{t} = 4 \times \frac{3}{\pi 6^2} = \frac{1}{3\pi} \text{ m/min}$$

Gabarito: Letra B.

2. (FUNDATEC - 2019 - Prefeitura de Gramado - RS - Engenheiro Químico)  
O engenheiro químico responsável por uma empresa de tratamento de



água precisa calcular a velocidade com que a água flui em um tubo com diâmetro interno de 2,00 cm, sendo que esse tubo está conectado a outro tubo com diâmetro interno de 6,00 cm. Qual será a velocidade no segundo estágio, sabendo-se que a vazão é de  $4,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ?

- A)  $0,03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- B)  $0,14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- C)  $0,32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- D)  $1,27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- E)  $1,41 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

### Comentários:

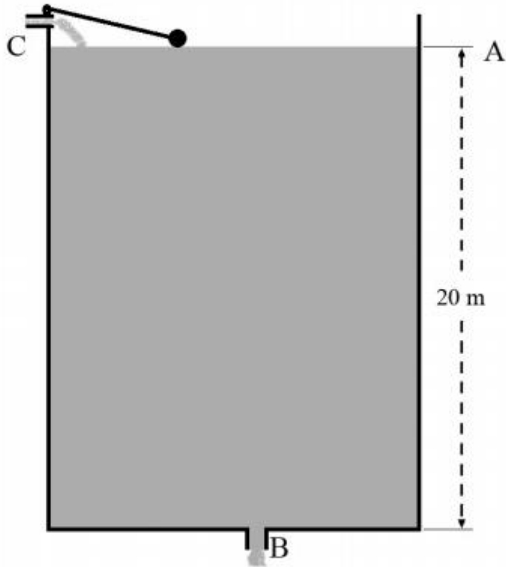
Vazão pode ser calculada como o produto da velocidade de escoamento e área de seção transversal.

$$Q = vA = \frac{v\pi D^2}{4} \therefore v = \frac{4Q}{\pi D^2} = 4 \times 4 \times \frac{10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi 0,06^2 \text{m}^2}$$
$$v = 0,14 \text{ m/s}$$

Gabarito: Letra B.

3. (CESPE - 2019 - SLU-DF - Analista de Gestão de Resíduos Sólidos - Engenharia Química) A figura seguinte ilustra um reservatório de água, cilíndrico, com 20 m de altura. Em B, saída do reservatório, há uma tubulação com  $0,002 \text{ m}^2$  de área da seção transversal. Nesse reservatório, que está aberto na parte superior e em B, o nível de água é mantido constante por meio de um sistema de alimentação, em C, munido de boia.





Com referência a esse reservatório, julgue o seguinte item, considerando que as perdas de cargas sejam desprezíveis e que a aceleração da gravidade seja de  $10 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$ .

Se a área da secção de entrada do reservatório em C for igual a  $0,02 \text{ m}^2$ , então, para que o nível de água no reservatório seja mantido constante, a velocidade de escoamento em C deve ser igual a  $1/10$  da velocidade de escoamento em B.

#### Comentários:

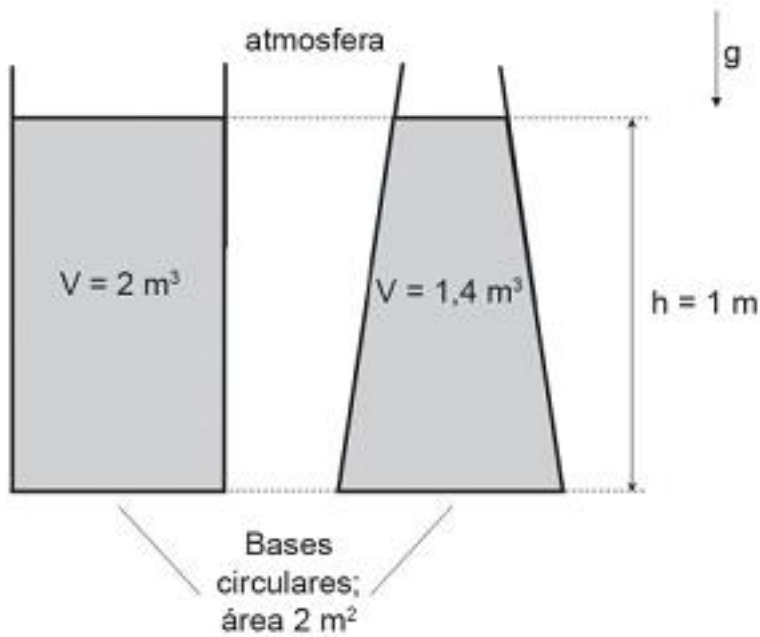
Quando a questão citar que o nível do reservatório é constante, basta aplicar a equação da continuidade conforme abaixo:

$$v_c A_c = v_B A_B$$
$$0,02 v_c = 0,002 v_B \therefore v_c = 0,1 v_B$$

Gabarito: Certo.

4. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Um tanque cilíndrico contém  $2 \text{ m}^3$  de um óleo de massa específica  $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ , de forma que o volume de óleo dentro do tanque tenha a profundidade  $h = 1 \text{ m}$ . Um outro tanque, que tem o formato de um tronco de cone com a base inferior maior que a superior, contém  $1,4 \text{ m}^3$  do mesmo óleo, com a mesma profundidade  $h = 1 \text{ m}$ . Os dois tanques estão abertos e possuem bases circulares idênticas, de área igual a  $2 \text{ m}^2$ , como ilustrado na Figura abaixo.





As pressões manométricas atuantes sobre as bases circulares, no interior dos tanques cilíndrico e tronco-cônico, são, respectivamente, em pascais,

Dado

Aceleração da gravidade:  $g=10 \text{ m/s}^2$

- A) 8.000 e 8.000
- B) 5.600 e 5.600
- C) 8.000 e 11.429
- D) 8.000 e 5.600
- E) 100.000 e 100.010

### Comentários:

Conforme vimos, a pressão manométrica nesse caso não depende da área de seção transversal, apenas da altura da coluna de líquido, que nesse caso é idêntica. Desta forma, já podemos excluir as alternativas c, d e e.

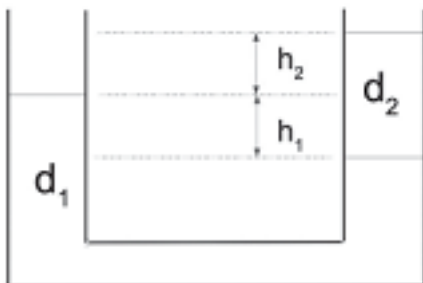
Aplicaremos a seguinte expressão:

$$P_{base} = \rho gh \therefore P_{base} = 800 \times 10 \times 1 = 8.000 \text{ Pa}$$

Gabarito: Letra A.



5. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Em um tubo em U, colocam-se dois fluidos imiscíveis de densidades distintas,  $d_1 > d_2$ , como na Figura.



Dadas as diferenças de níveis de altura  $h_1$  e  $h_2$ , qual a razão entre as densidades  $d_1 / d_2$  ?

- A)  $2 h_2 / h_1$
- B)  $1 + h_2 / h_1$
- C)  $1 + h_1 / h_2$
- D)  $(1 + h_2 + h_1) / 2$
- E)  $1 + h_2 h_1$

Comentários:

Vamos aplicar a igualdade de pressão absoluta na igualdade de cotas:

$$P_{atm} + d_1 g h_1 = P_{atm} + d_2 g (h_2 + h_1)$$
$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{h_2 + h_1}{h_1} = 1 + \frac{h_2}{h_1}$$

Gabarito: Letra B.

6. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Em um tubo horizontal com seção reta variável, entra um fluido com velocidade inicial  $V_0$ . Se a razão entre a seção reta de saída e a entrada do tubo é 0,4, então, a velocidade de saída do fluido do tubo, em função da velocidade de entrada, é

- A)  $0,4V_0$
- B)  $0,6V_0$



- C) 1,4V0
- D) 1,6V0
- E) 2,5V0

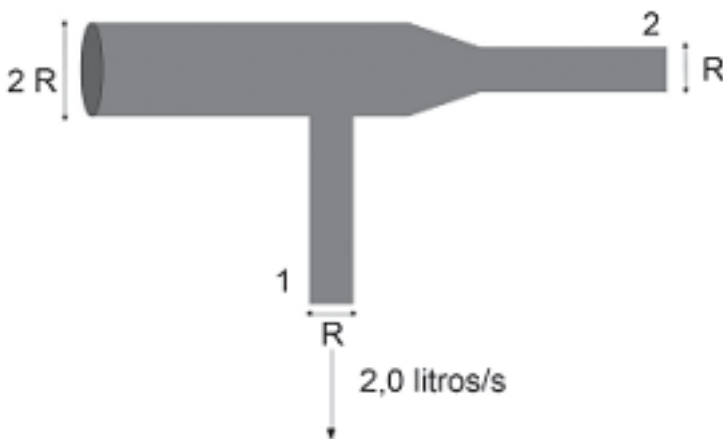
### Comentários:

Repeteco do que já vimos, aplicação da equação da continuidade:

$$v_{entrada}A_{entrada} = v_{saída}A_{saída}$$
$$v_{saída} = \frac{v_{entrada}}{\frac{A_{saída}}{A_{entrada}}} = \frac{v_{entrada}}{0,4} = 2,5v_{entrada} = 2,5v_0$$

Gabarito: Letra E.

7. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Um fluxo de água de 8,0 litros/s entra em uma extremidade de uma tubulação de raio R. O fluxo se divide e sai por duas extremidades de raio R/2. Na saída 1, o fluxo é de 2,0 litros/s, como ilustrado na Figura abaixo.



Nessas condições, qual é a razão entre a velocidade na saída 2 e a velocidade na saída 1,  $v_2/v_1$ ?

- A) 0,33
- B) 0,50
- C) 1,0
- D) 2,0
- E) 3,0

### Comentários:

Vamos aplicar a equação da continuidade:



$$8 \text{ L/s} = 2 \text{ L/s} + Q_2 \therefore Q_2 = 6 \text{ L/s}$$

Pegemos a saída 1:

$$2 \text{ L/s} = \frac{v_1 \pi R^2}{4} \therefore v_1 = \frac{8}{\pi R^2}$$

Pegemos a saída 2:

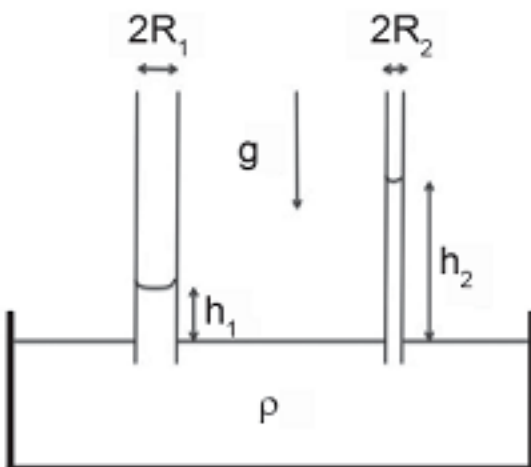
$$6 \text{ L/s} = \frac{v_2 \pi R^2}{4} \therefore v_2 = \frac{24}{\pi R^2}$$

Quando dividimos as duas velocidades, encontramos:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{24}{8} = 3$$

Gabarito: Letra E.

8. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Devido à tensão superficial do líquido de densidade  $\rho$ , o líquido sobe dentro dos tubos 1 e 2, como mostrado na Figura.



Se  $\frac{h_2}{h_1} = 3$ , o valor da razão  $R_2/R_1$  é

- A) 3
- B) 2
- C) 1



D) 1/2

E) 1/3

**Comentários:**

Faremos uso da equação da tensão superficial, conforme abaixo:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

Calculamos para os dois tubos (obs: consideraremos  $\cos \theta = 1$ , igual nos dois tubos):

$$h_1 = \frac{2\sigma}{\rho g R_1}$$

$$h_2 = \frac{2\sigma}{\rho g R_2}$$

Vamos dividir as duas expressões acima uma pela outra:

$$\frac{h_2}{h_1} = 3 = R_1/R_2$$

Logo:

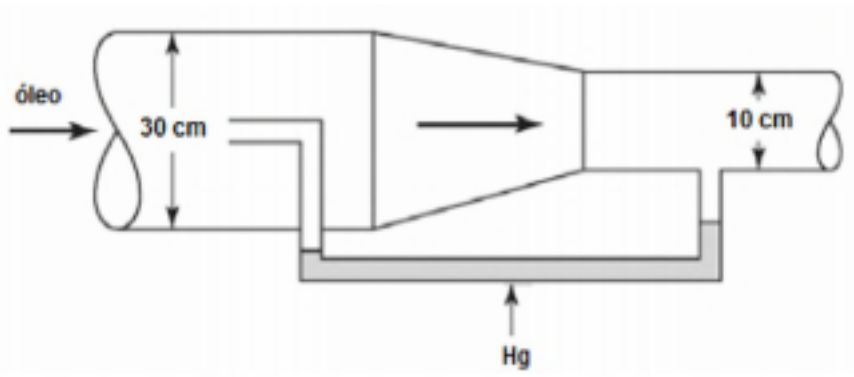
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{3}$$

**Gabarito: Letra E.**

9. (INSTITUTO AOCP - 2018 - ITEP - RN - Perito Criminal - Químico) Óleo escoava por uma tubulação, ilustrada na figura a seguir, com vazão mássica de 42,5 ton/h. Em determinado ponto da tubulação, foi instalado um dispositivo medidor de vazão que consiste na redução de diâmetro, e um manômetro em U, contendo mercúrio, foi acoplado nas duas regiões da tubulação, sendo um dos braços do manômetro instalado na região de diâmetro normal e, o outro, na região de diâmetro reduzido. Considerando que a massa específica da água, do mercúrio e do óleo sejam iguais a 1.000 kg/m<sup>3</sup>, 13.600 kg/m<sup>3</sup> e 850 kg/m<sup>3</sup>,







a vazão volumétrica, em L/min, e, aproximadamente, igual a

- A) 500
- B) 833
- C) 50
- D) 0,83
- E) 0,50

#### Comentários:

A questão pode dar a entender que seria necessário utilizar a equação de Bernoulli para resolver.

Não é, caro aluno. Você precisa se ater ao que a banca está solicitando.

Esta é uma mera questão de conversão de unidades de vazão mássica para vazão volumétrica, vamos lá:

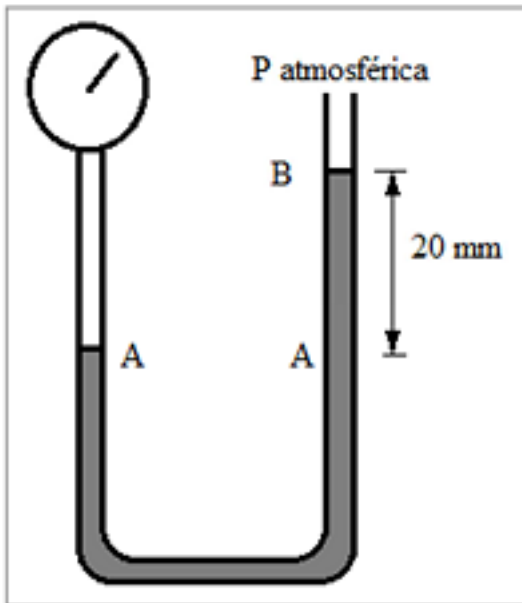
$$Q = 42,5 \times 10^3 \frac{kg}{h} \times \frac{1h}{60min} \times \frac{1m^3}{850kg} \times \frac{1000L}{1m^3}$$
$$Q = 833 L/min$$

Gabarito: Letra B.

10. (COMPERVE - 2017 - UFRN - Engenheiro Químico) A figura ao lado representa um manômetro em forma de U, que utiliza o mercúrio como líquido,  $\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g/cm}^3$ .

Sendo a equação que relaciona a pressão, P, com a altura, z, para um fluido estático incompressível, submetido à aceleração da gravidade constante,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , dada por  $dP/dz = -\rho g$ , e considerando o eixo "z" vertical e para cima, a Pressão manométrica no ponto A é de





- A)  $P_A = 780 \text{ Pa}$ .
- B)  $P_A = 1360 \text{ Pa}$ .
- C)  $P_A = 2720 \text{ Pa}$ .
- D)  $P_A = 2000 \text{ Pa}$ .

Comentários:

A pressão manométrica no ponto A é a pressão exercida pela coluna de mercúrio:

$$P_A = 13,6 \times 10^3 \times 10 \times 0,02 \therefore P_A = 2720 \text{ Pa}$$

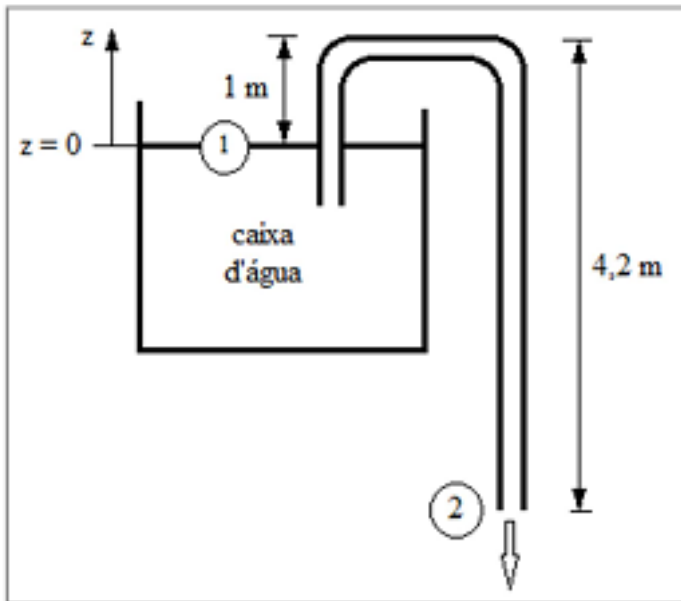
Gabarito: Letra C.

11. (COMPERVE - 2017 - UFRN - Engenheiro Químico) A figura ao lado representa uma caixa d'água contendo um tubo em U, como sifão, com curvatura a 1 (um) metro da superfície da água, ponto 1, e com saída 3,2 metros abaixo da mesma superfície.

Considerando atrito desprezível, escoamento permanente e incompressível e que o reservatório é muito grande em relação ao tubo,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,

$\rho_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ,  $P_{\text{externa}} = 1 \text{ atm}$ , a velocidade do jato livre, ponto 2, é de aproximadamente





- A)  $v_2 = 6 \text{ m/s}$ .
- B)  $v_2 = 9 \text{ m/s}$ .
- C)  $v_2 = 10 \text{ m/s}$ .
- D)  $v_2 = 8 \text{ m/s}$ .

#### Comentários:

Vamos aplicar equação de Bernoulli entre os pontos 1 e 2:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

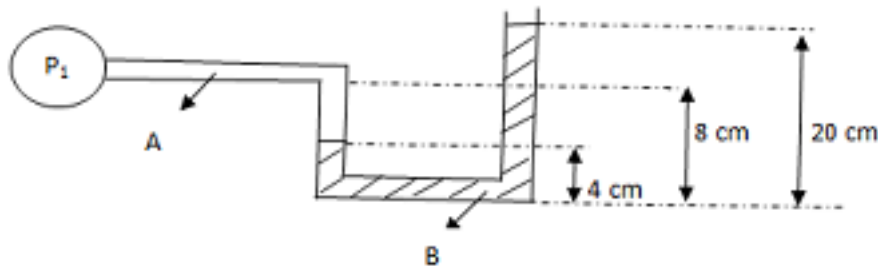
Vamos considerar como base o ponto 2, logo  $h_1 = 3,2 \text{ m}$ ,  $h_2 = 0 \text{ m}$ ,  $v_1 = 0$  (devido ao grande tamanho do reservatório em relação ao tubo),  $P_1 = P_2 = P_{\text{atm}}$ .

$$3,2 = \frac{v_2^2}{2 \times 10} \therefore v_2 = 8 \text{ m/s}$$

Gabarito: Letra D.

12. (IF-TO - 2017 - IF-TO - Professor - Engenharia Química) Considerando na figura do manômetro abaixo, A como sendo a água e B como sendo o Mercúrio, encontre a pressão absoluta no ponto 1





Dados: peso específicos dos fluidos: água = 10 000 N/m<sup>3</sup> e vMercúrio = 136 000 N/m<sup>3</sup> ; 1 atm = 101325 Pa.

- A) 114,675 KPa
- B) 122, 685 KPa
- C) 21,360 KPa
- D) 13,350 KPa
- E) 17,475 KPa

Comentários:

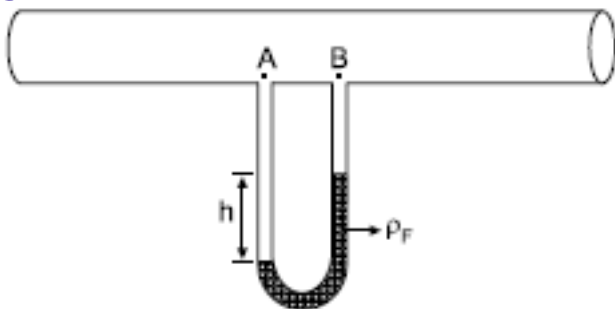
Vamos aplicar a equação abaixo ( $P_{atm} = 101325 \text{ Pa}$ ):

$$P_1 + 10000 \times 0,04 + 136000 \times 0,04 = P_{atm} + 136000 \times 0,2$$

$$P_1 = 122,685 \text{ KPa}$$

Gabarito: Letra B.

13. (VUNESP - 2016 - MPE-SP - Analista Técnico Científico - Engenheiro Químico) Assinale a alternativa que se relaciona corretamente ao sentido do escoamento de água em uma tubulação circular, tendo acoplado a ela um manômetro tipo “tubo em U”. Para isso, considere a figura e os seguintes valores na resolução: densidade da água = 1000 kg/m<sup>3</sup> ; h = 25 cm; densidade do fluido manométrico:  $\rho_F = 13600 \text{ kg/m}^3$  ; aceleração gravitacional = 9,8 m/s<sup>2</sup>



- A) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “A para B”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 30870 Pa.
- B) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “A para B”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 33320 Pa.
- C) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “B para A”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 33320 Pa.
- D) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “B para A”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 30870 Pa.
- E) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “A para B”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 35770 Pa.

### Comentários:

Em primeiro lugar, você já sabe, há uma queda de pressão no sentido do escoamento. Logo, pela figura acima, nós podemos concluir que o escoamento acontece no sentido de A para B, ou seja, já podemos eliminar as alternativas C e D.

Vamos aos cálculos:

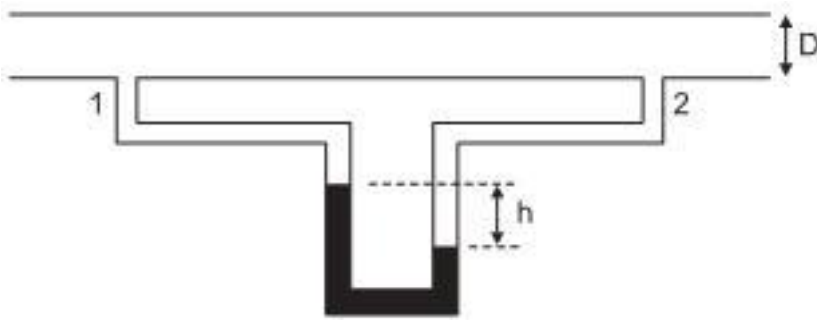
$$P_A + \rho_{\text{agua}}gh = P_B + \rho_Fgh$$

$$P_A - P_B = (\rho_F - \rho_{\text{agua}})gh = (13600 - 1000) \times 9.8 \times 0,25 = 30870 \text{ Pa}$$

### Gabarito: Letra A.

14. (CESGRANRIO - 2014 - Petrobras - Engenheiro(a) de Processamento Júnior) No esboço a seguir, é mostrado um manômetro diferencial acoplado a duas tomadas de pressão (1 e 2), que têm entre elas um trecho reto de tubulação horizontal, de diâmetro D e rugosidade relativa  $\epsilon/D$ , no qual não há máquinas de fluxo. Para as condições existentes na tubulação, o manômetro diferencial indica um desnível h do fluido manométrico. Sabe-se também que a massa específica do fluido manométrico é maior do que a do líquido na tubulação





Com base no observado e nas informações fornecidas, considere as afirmativas a seguir.

I - O líquido na tubulação está escoando, no sentido da tomada de pressão 1 para a 2.

II - A relação entre a vazão na tubulação e o desnível  $h$  medido no manômetro é uma função somente da massa específica do fluido manométrico.

III - A medida  $h$  no manômetro diferencial está relacionada à perda de carga entre os pontos de tomada de pressão.

Está correto o que se afirma em:

A) II, apenas

B) III, apenas

C) I e II, apenas

D) I e III, apenas

E) I, II e III

Comentários:

Vamos fazer uma análise item a item.

Item I: Incorreto. Como vimos na teoria, o sentido do escoamento é sempre da tomada que possui menor altura de fluido manométrico para a tomada que tem maior altura. Neste caso, o sentido seria de 2 para 1.

Item II: Incorreto. Vamos à demonstração, utilizando a Eq. de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \therefore v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2gh}$$

Sabemos que vazão,  $Q = vA$ . Desta forma:

$$Q = v_2 A = \left( \sqrt{v_1^2 - 2gh} \right) \times \frac{\pi D^2}{4}$$

Vimos, com isso, que depende da outra velocidade e do diâmetro da tubulação.



Item III: Correto. Isso mesmo, essa variação de pressão (perda de carga) leva à medida h.

**Gabarito: Letra B.**

**15. (CESGRANRIO - 2014 - Petrobras - Engenheiro(a) de Processamento Júnior)** Um fluido real apresenta taxa de deformação desde que haja tensão cisalhante. A razão entre a tensão cisalhante aplicada e a correspondente taxa de deformação é uma propriedade importante na descrição do escoamento de fluidos (viscosidade). A forma de comportamento desta razão pode ser usada para classificar os diversos fluidos, e nomes como fluidos newtonianos e não newtonianos, fluidos pseudoplásticos, fluidos tixotrópicos, entre outros, são utilizados.

Um fluido que apresenta a razão entre a tensão cisalhante e a taxa de deformação constante, cujo valor aumenta com o aumento da temperatura, sendo independente do tempo, é um(a)

- A) fluido tixotrópico
- B) suspensão dilatante
- C) líquido newtoniano
- D) gás newtoniano
- E) mistura pseudoplástica

**Comentários:**

Vimos que os fluidos newtonianos se comportam de acordo com a seguinte expressão (Lei de viscosidade de Newton):

$$\tau = \mu \frac{\partial v}{\partial y}$$

Onde  $\mu$  é constante para os fluidos newtonianos.

Vimos, também, que os líquidos têm sua viscosidade decrescente com a temperatura, e os gases têm sua viscosidade crescente com a temperatura.

Logo, pelo enunciado da questão, podemos constatar que diz respeito a um fluido newtoniano no estado gasoso.

**Gabarito: Letra D.**

**16. (VUNESP - 2013 - CETESB - Analista Ambiental - Auditor)** Um tanque de água com altura de 10 m, completamente cheio com água ( $d = 1\text{g.cm}^{-3}$ ), tem na parede a 0,2 m acima do fundo uma saída horizontal cuja área da seção é igual a 0,1 cm<sup>2</sup>. Aplicando a equação de Bernoulli para fluidos ideais, pode-se constatar que a vazão máxima por essa saída em L.h<sup>-1</sup> é:

**Dado:** despreze a diferença de pressão atmosférica entre o topo do tanque e a saída horizontal;  $g = 10\text{ m.s}^{-2}$

- A) 55
- B) 110
- C) 200



D) 252

E) 504

### Comentários:

Vamos escrever a equação de Bernoulli para este problema:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

Vamos considerar o ponto 1 a o nível da água no tanque e o ponto 2 a saída próxima ao fundo do tanque. Se considerarmos o tanque muito grande,  $v_1 = 0$ .  $P_1 = P_2 = P_{atm}$ .  $h_1 = 10$  m,  $h_2 = 0,2$  m.

$$10 = \frac{v_2^2}{2 \times 10} + 0,2 \therefore v_2 = 14 \text{ m/s}$$

Sabemos que vazão é o produto da velocidade e área transversal:

$$Q = v_2 A = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,1 \text{ cm}^2 \times 1 \frac{\text{dm}^2}{100 \text{ cm}^2} \times \frac{10 \text{ dm}}{\text{m}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}}$$
$$Q = 504 \text{ L/s}$$

Gabarito: Letra E.

17. (IBFC - 2013 - PC-RJ - Perito Criminal - Química) Ao se analisar as condições de escoamento de fluidos no interior de tubulações, o número adimensional de Reynolds de Reynolds é um parâmetro importante pois classifica a natureza do escoamento quanto ao regime laminar e turbulento. As grandezas relacionadas ao número de Reynolds são:

- A) Diâmetro do tubo, perda de carga e velocidade do fluido.
- B) Perda de carga, viscosidade dinâmica e velocidade do fluido.
- C) Velocidade do fluido, viscosidade dinâmica, diâmetro do tubo e perda de carga
- D) Diâmetro do tubo, densidade, velocidade do fluido e viscosidade dinâmica.
- E) Diâmetro do tubo, densidade, velocidade do fluido e perda de carga.

### Comentários:

Questão simples caros alunos. Vamos analisar o número adimensional de Reynolds:





$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Como podemos ver, as grandezas relacionadas são densidade, velocidade do fluido, diâmetro do tubo e viscosidade dinâmica.

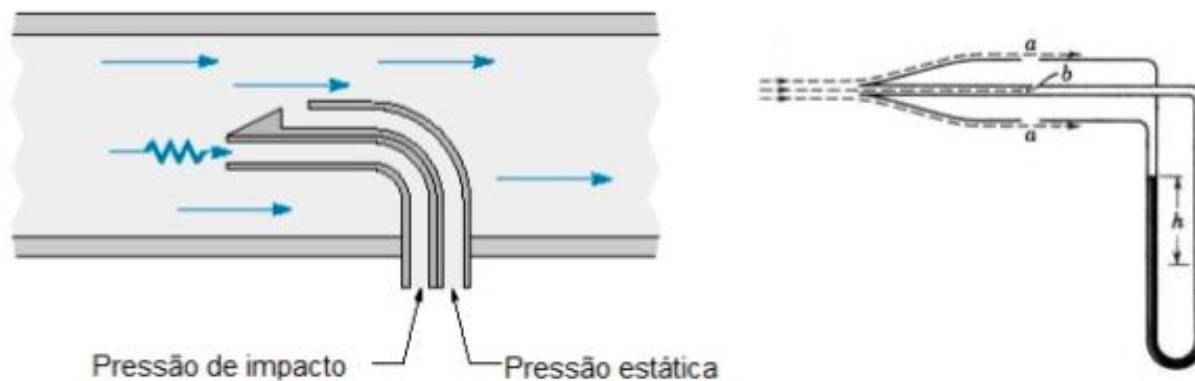
Gabarito: Letra D.

18. (IBFC - 2013 - PC-RJ - Perito Criminal - Química) O tubo de Pitot é um instrumento de medição que consiste em um pequeno tubo instalado a montante do escoamento e, que apesar de simples, apresenta grande importância, sendo utilizado em aviões, carros de fórmula 1, dentre outros. Um famoso acidente aéreo brasileiro, em um vôo com destino à França, que sucumbiu no oceano, apontou como um dos motivos relacionado ao tubo de Pitot. Identifique a alternativa abaixo que relaciona as propriedades utilizadas por esse instrumento:

- A) Densidade e velocidade.
- B) Velocidade e pressão.
- C) Pressão e viscosidade.
- D) Densidade e viscosidade.
- E) Condutividade e pressão.

Comentários:

Tudo de Pitot faz uso da equação de Bernoulli para medir a velocidade a partir do diferencial de pressão.



$$v = \sqrt{2gh} = \frac{\sqrt{2\Delta P}}{\rho}$$

Gabarito: Letra B.

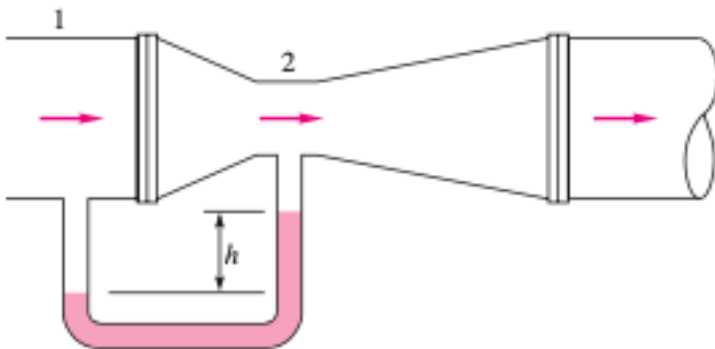
19. (CESPE - 2013 - CPRM - Analista em Geociências - Química) A respeito de medidores de vazão, julgue os próximos itens.

O princípio de funcionamento do venturi, equipamento constituído de tubos manométricos, é a transformação da queda de energia cinética em energia de pressão.



**Comentários:**

Errado. É exatamente o contrário. É a transformação da queda de energia de pressão em energia cinética.



$$V_2 = \left[ \frac{2\Delta P}{\rho \left( 1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right)} \right]^{1/2}$$

**Gabarito: Errado.**

20. (CESPE - 2013 - CPRM - Analista em Geociências - Química) Considere que, na seção 1 de um tubo entre um fluido e que esse fluido saia pela seção 2 desse mesmo tubo. Considere, ainda, que, após aplicação do balanço de energia, seja estabelecida a seguinte relação:

$$\frac{V_1^2}{2\alpha_1} + gz_1 + \frac{P_1}{\rho_1} > \frac{V_2^2}{2\alpha_2} + gz_2 + \frac{P_2}{\rho_2}$$

Em que V é a velocidade do fluido a, o parâmetro que correlaciona a velocidade eficaz à velocidade média de circulação do fluido ( $\alpha_1, \alpha_2$ ); g, aceleração da gravidade; z, a posição de cada seção da tubulação; P, a pressão; e  $\rho$ , a densidade do fluido. Assuma que os índices 1 e 2 subscritos referem-se, respectivamente, às seções 1 e 2 da tubulação. Nessa situação, o fluido circulará espontaneamente, não sendo necessário o uso de uma bomba.

**Comentários:**

Certo. No exemplo acima temos uma situação que ocorre um gradiente de energia cinética, potencial e de pressão que favorecem esse escoamento sem a utilização de máquina motriz (bombas, por exemplo).

**Gabarito: Certo.**



**21. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro)** Considere o escoamento de um determinado fluido através de uma tubulação circular. A partir dos conceitos básicos da mecânica dos fluidos, podem-se escrever as três afirmativas seguintes:

- I. a estimativa do número de Reynolds permite definir se o escoamento é laminar ou turbulento;
- II. a velocidade do fluido na parede do tubo é igual a zero;
- III. o escoamento será considerado bifásico se simultaneamente escoarem líquido e gás desse fluido através da tubulação.

Dos itens acima, verifica-se que está(ão) correto(s)

- A) I e II, apenas.
- B) I, apenas.
- C) II, apenas.
- D) I, II e III.
- E) III, apenas.

**Comentários:**

Item I: Correto. Para tubulação circular, por exemplo,  $Re > 2.100$  ou  $2.300$  implica em escoamento turbulento.

Item II: Correto. Ao considerarmos, idealmente, a hipótese de não deslizamento, observamos velocidade igual a zero na adjacência do tubo.

Item III: Correto. Isso diz respeito a termodinâmica, mas está corretíssimo.

**Gabarito: Letra D.**

**22. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro)** Dadas as regras gerais abaixo, com relação à viscosidade,

- I. A viscosidade, a baixas pressões, não apresenta dependência.
- II. A altas pressões, a viscosidade aumenta para líquidos e gases.
- III. A viscosidade dos líquidos diminui com o aumento da temperatura.
- IV. A viscosidade dos gases aumenta com a temperatura.

verifica-se que

- A) somente I e II são verdadeiras.
- B) somente III e IV são verdadeiras.



- C) somente I, III e IV são verdadeiras.  
D) somente II, III e IV são verdadeiras.  
E) I, II, III e IV são verdadeiras.

**Comentários:**

Item I: Correto. Isso mesmo, a baixas pressões, a viscosidade praticamente não varia com a pressão.

Item II: Incorreto. Para líquidos, a viscosidade é praticamente independente da pressão.

Item III: Correto. Isso mesmo.

Item IV: Correto. Isso mesmo.

**Gabarito: Letra C.**

**23. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro)** Um óleo com viscosidade de  $8,5 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2$  e massa específica  $800 \text{ kg/m}^3$  escoa através de uma tubulação de 5cm de diâmetro interno. Qual opção abaixo apresenta o valor do número de Reynolds quando a vazão circulante for 95L/min?

- A)  $3,7 \times 10^4$   
B)  $5,5 \times 10^8$   
C)  $2,1 \times 10^8$   
D)  $1,5 \times 10^9$   
E)  $7,2 \times 10^8$

**Comentários:**

Como já vimos, a expressão para o número de Reynolds é como se segue:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Calculemos a velocidade:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{95 \frac{L}{min}}{\frac{\pi 0,05^2}{4}} \times \frac{m^3}{1000L} \times \frac{min}{60s} = 0,806 \text{ m/s}$$

$$Re = 800 \times 0,806 \times \frac{0,05}{8,5 \times 10^{-4}} = 3,7 \times 10^4$$

**Gabarito: Letra A.**



24. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro) Em uma tubulação escoo um fluido (massa específica de  $0,73\text{kg}/\text{Nm}^3$ ) a uma velocidade de  $12\text{m}/\text{s}$ , que é direcionado para um tanque com volume de  $250\text{m}^3$  e leva 1 hora, 15 minutos e 30 segundos para enchê-lo totalmente. O diâmetro da tubulação e a vazão mássica são dados por

A) 2 polegadas e  $158\text{kg}/\text{h}$ .

B) 3 polegadas e  $158\text{kg}/\text{h}$ .

C) 6 polegadas e  $0,32\text{kg}/\text{h}$ .

D) 3 polegadas e  $145\text{kg}/\text{h}$ .

E) 6 polegadas e  $145\text{kg}/\text{h}$ .

**Comentários:**

Vamos realizar a modelagem deste tanque pela conservação da massa:

$$Q_0 = \frac{dV}{dt} \therefore Q_0 dt = dV \therefore Q_0 \int_0^t dt = \int_0^V dV$$

Vamos converter o tempo total para segundos:  $t = 3600 + 15 \times 60 + 30 = 4530$  s.

Vamos escrever  $Q_0$  como função da velocidade e diâmetro:

$$Q_0 = \frac{v_0 \pi D^2}{4} = 12 \times \pi \times \frac{D^2}{4}$$

Substituindo tudo isso na equação modelada, temos:

$$12 \times \pi \times \frac{D^2}{4} \times 4530 = 250 \therefore D = 0,0765 \text{ m}$$

Para encontrarmos em polegadas, teremos que usar fator de conversão:

$$D = 0,0765\text{m} \times \frac{\text{pol}}{0,0254\text{m}} = 3 \text{ polegadas}$$

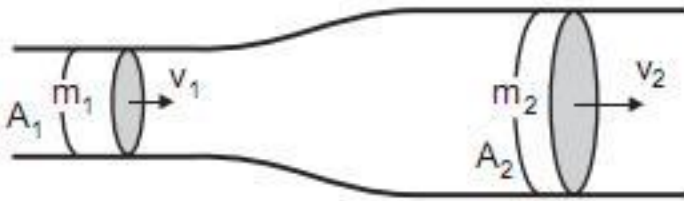
Agora, multiplicaremos a vazão volumétrica no S.I. pela densidade e transformaremos de segundos para horas a unidade de tempo:

$$\dot{m} = 12 \times \pi \times \frac{0,0765^2}{4} \times 0,73 \times \frac{3600\text{s}}{\text{h}} = 145 \text{ kg/h}$$

**Gabarito: Letra D.**



25. (CESGRANRIO - 2012 - Petrobras - Engenheiro de Processamento Júnior-2012)



Considere um escoamento na tubulação descrita na figura, onde  $A_1$  e  $A_2$  são as áreas das seções transversais 1 e 2, respectivamente, e  $A_1$  é  $1/3$  de  $A_2$ .

Se  $V_1$  e  $V_2$  são as velocidades de escoamento, e  $Q_1$  e  $Q_2$  as vazões em 1 e 2, respectivamente, então

- A)  $V_1 = V_2$
- B)  $V_1 = 3 V_2$
- C)  $V_1 = 1/3 V_2$
- D)  $Q_1 > Q_2$
- E)  $Q_1 < Q_2$

Comentários:

Já resolvemos muito disto nessa aula, caros alunos, tem que estar no sangue já!

Aplicação pura e simples da equação da continuidade:

$$Q_1 = Q_2 \therefore v_1 A_1 = v_2 A_2 \therefore v_1 = \frac{v_2}{\frac{A_1}{A_2}} \therefore v_1 = \frac{v_2}{\frac{1}{3}} \therefore v_1 = 3v_2$$

Gabarito: Letra B.

26. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Engenheiro de Processamento Júnior) A cavitação é um fenômeno que pode ocorrer nas bombas toda vez que a pressão estática local for inferior à pressão de vapor do líquido. Esse processo, além de levar à redução do desempenho das bombas, pode também causar danos ou desgastes devido à implosão das bolhas de vapor formadas. Assim, é evidente que o fenômeno de cavitação deve ser evitado na operação de bombas. Relativas à cavitação em bombas, observe as afirmações a seguir.

I - Quanto maior a altura manométrica de sucção, maior é o valor do NPSH requerido. II - O NPSH disponível aumenta quando a vazão aumenta. III - Visando a evitar a cavitação, deve-se manter o valor de NPSH disponível maior que o valor de NPSH requerido.



Está correto o que se afirma em

- A) II, apenas
- B) III, apenas
- C) I e II, apenas
- D) I e III, apenas
- E) I, II e III

**Comentários:**

Caros alunos, essa é uma questão conceitual importante para consolidar o estudo de bombas. Vamos analisar item a item.

Item I: Incorreto. Quanto maior é a altura manométrica de sucção, menos esforço a bomba precisará para movimentar o fluido. Além disso, maior a probabilidade de a pressão na sucção ser maior que a pressão de vapor, dificultando a ocorrência de cavitação.

Item II: Incorreto. Você precisa entender que, em linhas gerais, a pressão aumenta quando a vazão diminui, o que acarreta aumento do NPSH disponível. Desta forma, o contrário também é verdadeiro, se a vazão aumenta, o NPSH disponível diminui.

Item III: Correto. Não há o que acrescentar ao enunciado.

**Gabarito: Letra B.**

**27. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Engenheiro de Processamento Júnior) Um engenheiro pretende utilizar uma bomba cuja curva característica segue a parábola  $H = H_0 - aQ^2$ , onde  $H_0 = 100$  m e  $a = 10^5 \text{ s}^2/\text{m}^5$ . Esse engenheiro pretende transportar um fluido entre dois tanques separados por uma altura de**

**10**

**m.**

Desconsiderando os efeitos das perdas de carga maiores e menores na tubulação que conecta os tanques, e sabendo que a tubulação tem diâmetro constante, a vazão volumétrica, em  $\text{m}^3/\text{s}$ , e a altura de carga no ponto operação para realizar o transporte do fluido entre os dois tanques, em m, são, respectivamente,

- A)  $3 \times 10^{-3}$  e 10
- B)  $3 \times 10^{-1}$  e 100
- C)  $9 \times 10^{-2}$  e 10
- D)  $9 \times 10^{-3}$  e 90
- E)  $3 \times 10^{-2}$  e 10

**Comentários:**



Queridos alunos, o ponto de operação de uma bomba ocorre onde a curva do sistema é interceptada pela curva da bomba. Ora, para essa altura entre os tanques, ou seja, altura de carga desse sistema, basta pegarmos esse valor e substituímos na equação da bomba.

$$H = H_0 - aQ^2 \therefore 10 = 100 - 10^5 Q^2 \therefore Q = 3 \times 10^{-2} m^3/s$$

Ora, a altura de carga, como já falamos, é 10 m para essa questão.

**Gabarito: Letra E.**

**28. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico))** Considere que foi desenvolvido um modelo empírico, relacionando-se dados experimentais de vazão volumétrica,  $q$ , de um líquido através de uma válvula e a diferença entre as pressões a montante,  $P_1$ , e a jusante da mesma,  $P_2$ , tal

$$q = C_v \sqrt{P_1 - P_2}$$

em que a constante  $C_v$  foi estimada por regressão não linear. Considerando-se as três dimensões fundamentais MLt, a dimensão de  $C_v$  para consistência dimensional é

- A)  $M^{-1/2} L^{7/2}$
- B)  $M^{1/2} L^{1/2}$
- C)  $M^{-1/2} L^{5/2}$
- D)  $M^{-1/2} L^{7/2} t^{1/2}$
- E)  $L^{7/2} t^{1/2}$

**Comentários:**

Vamos resolver essa por análise dimensional de cada variável:

$$q = \frac{L^3}{t}$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\frac{ML}{t^2}}{L^2} = \frac{M}{Lt^2} \therefore \sqrt{P} = \frac{M^{\frac{1}{2}}}{L^{\frac{1}{2}}t}$$

$$C_v = \frac{q}{\sqrt{P}} = \frac{\frac{L^3}{t} \frac{1}{L^{\frac{1}{2}}t}}{M^{\frac{1}{2}}} = L^{\frac{7}{2}} M^{-\frac{1}{2}}$$

**Gabarito: Letra A.**





29. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Um dos problemas que podem causar redução drástica de eficiência em bombas centrífugas é o fenômeno de cavitação. Além de causar redução de eficiência, a cavitação provoca desgaste na superfície da bomba devido à erosão. Para evitar essa cavitação, os parâmetros — o NPSH disponível (NPSHA) e o NPSH requerido (NPSHR) — devem ser comparados, visando a determinar as condições em que a cavitação não ocorreria. Um engenheiro determinou que a vazão de operação da bomba em um dado sistema é  $0,0123 \text{ m}^3/\text{s}$ , com diâmetro de  $0,125 \text{ m}$ . O tanque jusante da bomba está à mesma altura da bomba, e a pressão de sucção no tanque é de  $34 \text{ kPa}$ . Desconsiderando-se as perdas de carga maiores e menores, NPSHA, em metros, e a vazão volumétrica de operação para uma operação segura de cavitação são assim determinados: Dado altura de sucção positiva líquida requerida:  $4 \text{ metros}$  Pressão de vapor do líquido:  $4,25 \text{ kPa}$  Massa específica:  $1000 \text{ kg/m}^3$

- A)  $3,0$ , e a vazão não é adequada
- B)  $4,0$ , e a vazão não é adequada
- C)  $2,0$ , e a vazão é adequada
- D)  $3,0$ , e a vazão é adequada
- E)  $4,0$ , e a vazão é adequada

#### Comentários:

Pessoal, aqui nós vamos lançar mão da equação do NPSH disponível, conforme a seguir:

$$NPSH_D = \frac{P_{adm} - P^{vap}}{\rho g} \pm H - h_l$$

Nessa questão,  $H$  é igual a zero em virtude de a jusante da bomba estar na mesma cota da bomba. Além disso,  $h_l$  também é igual a zero, pois são desconsideradas as perdas de carga maiores e menores. Desta forma, a equação se resume à seguinte:

$$NPSH_D = \frac{P_{adm} - P^{vap}}{\rho g} = \frac{34 \times 10^3 - 4,25 \times 10^3}{1000 \times 10} = 2,97 \cong 3$$

Assim, temos que:

$$NPSH_D < NPSH_R$$

Em virtude do exposto acima, ocorrerá cavitação, ou seja, a vazão não é adequada.

**Gabarito: Letra A.**



30. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Medidores de vazão volumétrica internos são escolhidos baseando-se nas incertezas exigidas, custo, tempo de serviço e faixa de medidas. Um dos medidores de vazão bastante utilizados são os do tipo venturi que, apesar de caros, são interessantes devido à sua baixa perda de carga. Esses equipamentos de medição se baseiam em aceleração de fluidos através de um difusor cuja perda de carga é usada para medir indiretamente a vazão no escoamento. Um engenheiro dispõe de um venturi de diâmetro 0,125 para medir a vazão volumétrica numa tubulação de 0,25 m de diâmetro. Após a instalação do equipamento, o engenheiro mediu, no venturi, para o escoamento a queda de pressão em um medidor de pressão diferencial em 100 mm de água.

A vazão volumétrica, em  $m^3/s$  nessa tubulação, é de, aproximadamente,  
Dados: Massa específica da água:  $1000 \text{ kg/m}^3$  Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$  Massa específica do fluido de trabalho:  $790 \text{ kg/m}^3$  Coeficiente de vazão: 0,8

- A) 0,3
- B) 0,15
- C) 0,12
- D) 0,015
- E) 0,5

Comentários:

Vamos recordar a equação do medidor de vazão Venturi, que você precisa decorar para a sua prova:

$$q = \frac{C_v A_{venturi}}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_f}} \therefore \beta = \frac{D_{venturi}}{D_{tubulação}}$$

$$\beta = \frac{0,125}{0,25} = 0,5 \therefore \Delta P = \rho_{água} g H = 1000 \times 10 \times 0,1 = 1000 \text{ Pa}$$

$$A_{venturi} = \frac{\pi D_{venturi}^2}{4} = \frac{(3,14) \times (0,125)^2}{4} = 0,012 \text{ m}^2$$

Pegamos o que calculamos acima e inserimos na primeira equação.

$$q = \frac{(0,8)(0,012)}{\sqrt{1 - 0,5^4}} \sqrt{\frac{2 \times 1000}{790}} = 0,015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Gabarito: Letra D.



31. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Uma forma de prevenir cavitação é comparando as alturas de sucção positiva líquida disponível (NPSHA) e requerida (NPSHR). Considere o sistema com altura de sucção de 2 m e vazão volumétrica de 0,123 m<sup>3</sup> /s numa tubulação de 0,125 m de diâmetro.

Nessas condições, o valor de NPSH disponível é

Dados:

altura de sucção positiva líquida requerida: 3 m

Pressão de vapor do líquido: 4,25 kPa

Massa específica: 1000 kg/m<sup>3</sup>

A) 2 m e não haverá cavitação.

B) 1,56 m e não haverá cavitação.

C) 1,56 m e haverá cavitação.

D) 6,56 m e não haverá cavitação.

E) 6,56 m e haverá cavitação.

Comentários:

Podemos calcular a pressão de admissão na bomba através da equação de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\rho g} + h_1 = \frac{P_{adm}}{\rho g} + \frac{v_{adm}^2}{2g} \therefore v_{adm} = \frac{q}{A} = \frac{q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0,123}{\frac{\pi(0,125)^2}{4}} = 10 \frac{m}{s}$$

$$\frac{P_{adm}}{\rho g} = \frac{10^5}{10000} + 2 - \frac{10^2}{20} = 7 \text{ m}$$

$$\frac{P^{vap}}{\rho g} = \frac{4250}{10000} = 0,425 \text{ m}$$

$$NPSH_D = \frac{P_{adm} - P^{vap}}{\rho g} = 7 - 0,425 = 6,575 \text{ m}$$

Como, NPSH<sub>d</sub> > NPSH<sub>r</sub>, não haverá cavitação.

Gabarito: Letra D.

32. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Um dos parâmetros mais importantes na seleção de bombas é sua curva característica. Para cada bomba, essa curva relaciona a vazão



volumétrica e a altura de carga da bomba. Essa informação serve como direção para obtenção do ponto em que a bomba deve operar para um dado sistema.

Nesse sentido, referente à curva característica de bombas centrífugas, tem-se que o(a)

- A) aumento da rotação dessa bomba leva à diminuição da altura de carga da bomba.
- B) aumento do diâmetro externo do impelidor leva ao aumento da altura de carga dessa bomba.
- C) ângulo da pá não influencia na curva característica da bomba.
- D) instalação de uma válvula ajusante da bomba diminui a altura de carga dessa bomba.
- E) instalação de uma válvula amontante da bomba diminui a altura de carga dessa bomba.

**Comentários:**

Pessoal, vimos na teoria que a rotação da bomba varia da seguinte forma:

Em relação à vazão:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

Em relação à altura de carga da bomba:

$$\frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{H_1}{H_2}$$

Em relação à potência consumida:

$$\frac{N_1^3}{N_2^3} = \frac{W_1}{W_2}$$

Ora, sabemos que a rotação é proporcional ao diâmetro do impelidor. Logo, quanto maior for o diâmetro, maior será a rotação, e por conseguinte, maior será a altura de carga da bomba. Ademais, a instalação de válvula não tem grande influência sobre a altura de carga, mas o grau de fechamento terá.

**Gabarito: Letra B.**

**33. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior)** A maioria dos medidores de vazão por restrição para escoamento interno é baseada na aceleração de fluidos. A ideia por trás desse tipo de medidor está em relacionar a variação de pressão a uma variação de velocidade, e consequentemente, medir vazão. Considere que um fluido circula em uma tubulação onde o manômetro disponível mede 200 mm de água quando utilizado um medidor tipo placa de orifício com diâmetro de 0,15 m e com coeficiente de vazão de 0,65.



Nessas condições, a vazão volumétrica de fluido nessa tubulação, em m<sup>3</sup> /s, é

Dado:

Massa específica do fluido = 1,21 kg/m<sup>3</sup>

Aceleração da gravidade = 10 m/s<sup>2</sup>

A) 0,66

B) 0,33

C) 0,8

D) 0,4

E) 0,01

Comentários:

$$q = \frac{C_v A_{\text{orificio}}}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_f}} \therefore \beta = \frac{D_{\text{orificio}}}{D_{\text{tubulação}}}$$

Como o enunciado da questão não forneceu o diâmetro da tubulação, vamos considerar  $\beta$  igual a zero. Desta forma, prossigamos substituindo os dados na equação acima:

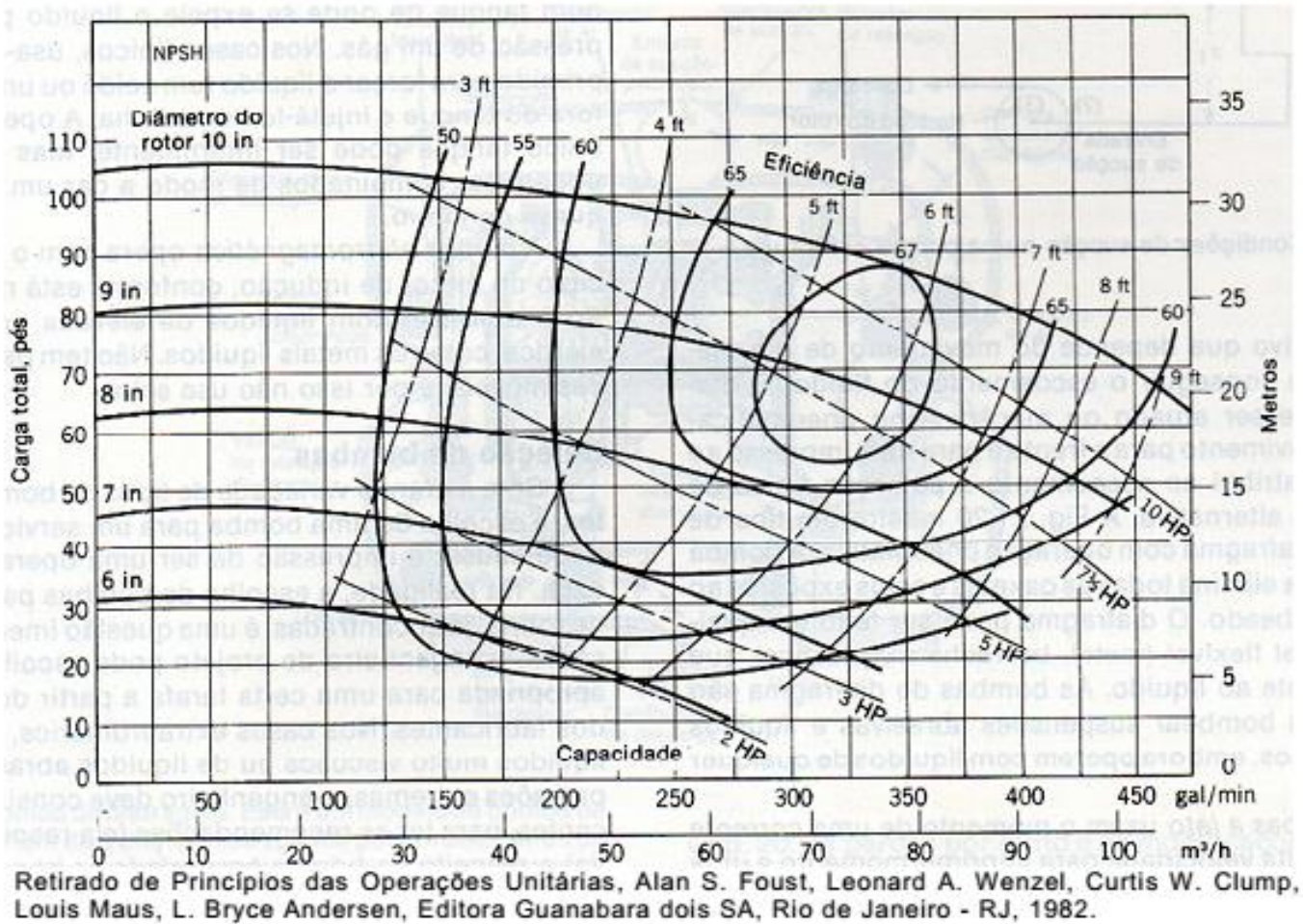
$$q = \frac{C_v A_{\text{orificio}}}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_f}} = \frac{(0,65)\pi(0,15)^2}{4} \sqrt{2 \times 1000 \times 10 \times \frac{0,2}{1,21}}$$

$$q = 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gabarito: Letra A.

34. (COMPERVE - 2017 - UFRN - Engenheiro Químico) A figura abaixo representa as curvas características de uma família de bombas que operam a uma rotação de 1750 rpm.





Para uma bomba que opera a 1750 rpm, a ser usada para bombear um líquido a uma vazão de 275 gal/min sobre uma carga total de 75 ft. A Potência dissipada em HP, o diâmetro do rotor em "in" e a eficiência devem ser, respectivamente:

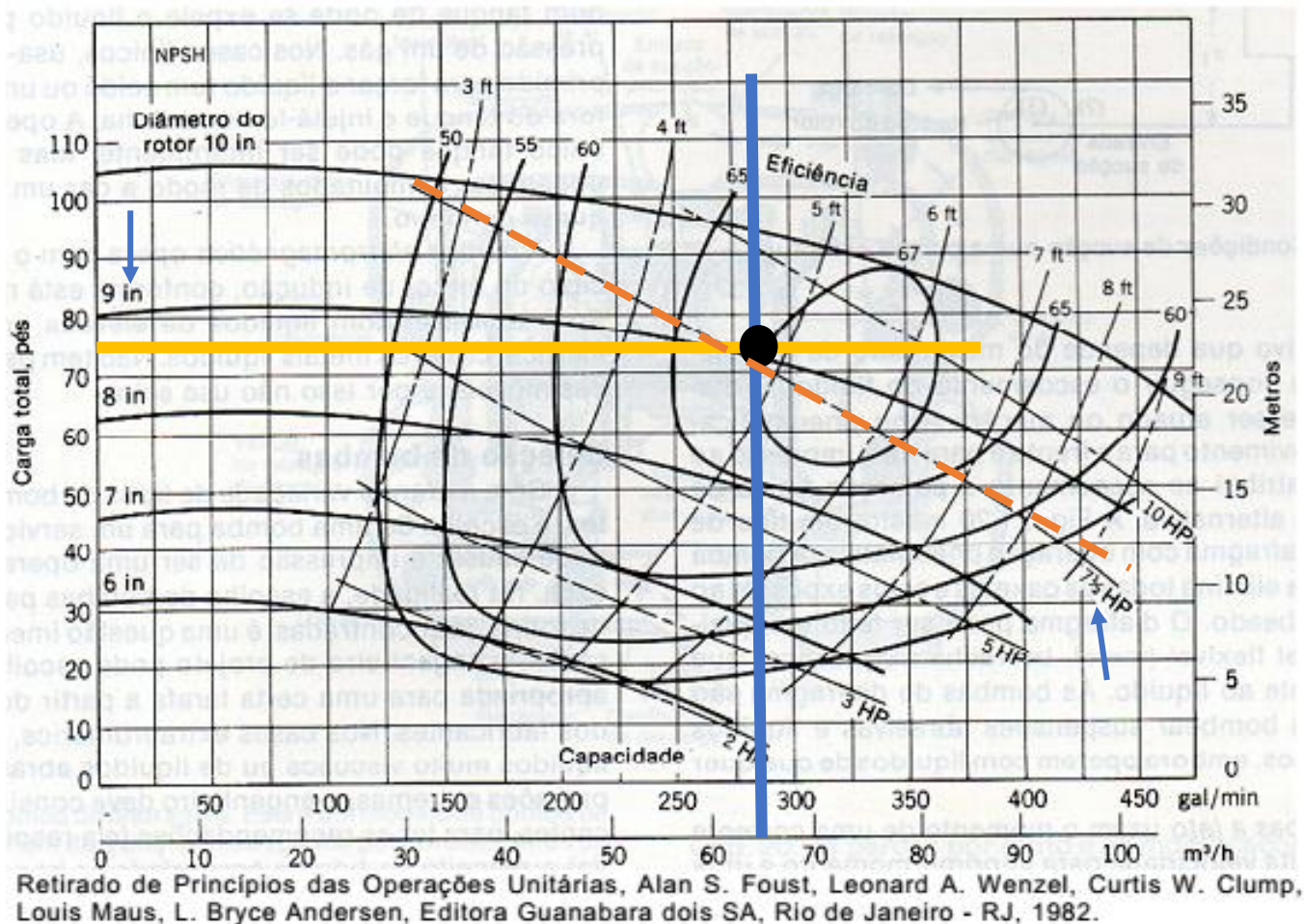
- A) 7,5 HP; 9 in; 66 %
- B) 5 HP; 4,5 in; 60 %
- C) 10 HP; 5 in; 67 %
- D) 6 HP; 7 in; 80%

**Comentários:**

Pessoal, essa é uma questão de cruzamento de retas. Traçaremos uma reta vertical saindo de 275 gal/min e uma reta horizontal saindo de 75 ft de carga total:



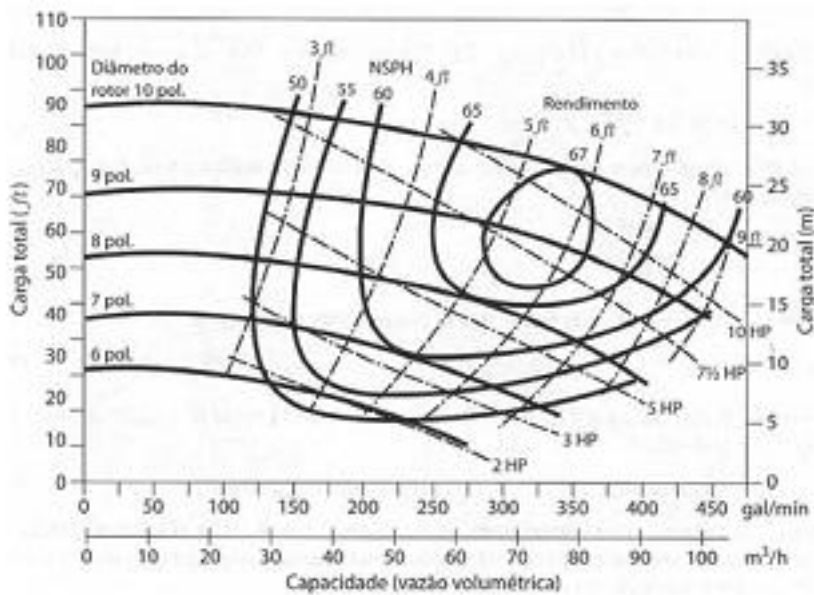




O ponto preto de interseção das duas retas corresponde a potência dissipada de  $7 \frac{1}{2}$  HP, eficiência entre 65 e 66 % e 9 in de diâmetro do rotor.

Gabarito: Letra A.

35. (FUNDEP (Gestão de Concursos) - 2017 - UFVJM-MG - Engenheiro Químico) Observe as curvas características de uma bomba centrífuga apresentadas na figura a seguir.



Considerando que essa bomba está operando com uma vazão de 50 m<sup>3</sup> /h e uma carga total de 20 m, quais são os valores corretos a serem utilizados para o diâmetro do rotor, a potência e o rendimento dessa bomba, respectivamente?

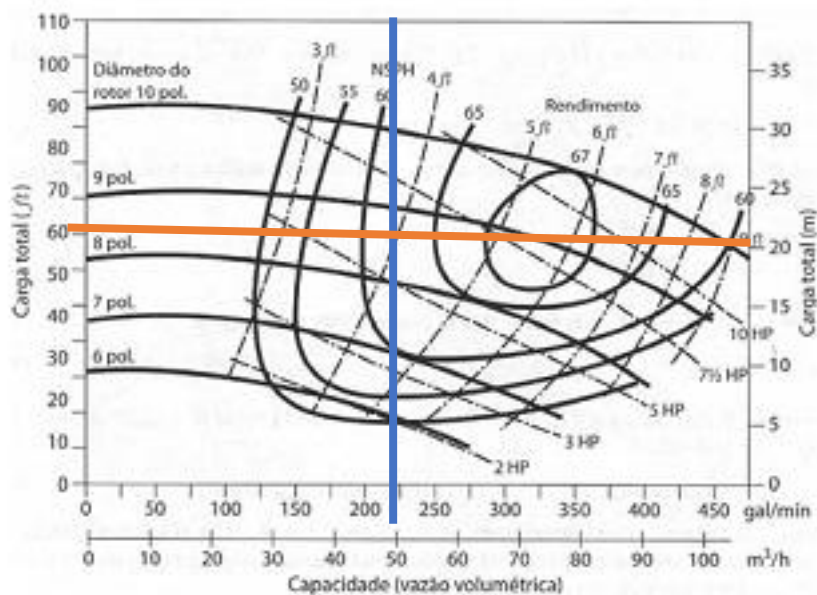
- A) 9 pol. / 7½ HP / 60
- B) 8 pol. / 5 HP / 65
- C) 9 pol. / 5 HP / 65
- D) 8 pol. / 7½ HP / 60

Comentários:

Questão de cruzamento de retas para praticar. Traçaremos uma reta vertical em 50 m<sup>3</sup>/h e uma reta horizontal em 20 m de carga total.







Questão fácil de resolver, mas a banca escolheu um ponto fora de faixa. Como o ponto caiu no meio de todas as faixas, o correto seria pegar os valores médios de todas as alternativas da questão. Contudo, a banca deu como gabarito os maiores valores.

**Gabarito: Letra A.**

**36. (IESES - 2017 - GasBrasiliano - Engenheiro de Gás Natural Júnior) Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:**

O equipamento que promove a troca de energia entre um sistema mecânico e um fluido, transformando energia mecânica em energia de fluido ou energia de fluido em energia mecânica. É denominado:

- A) Máquina de fluxo.
- B) Trocador de calor.
- C) Evaporador.
- D) Condensador.

**Comentários:**

Pessoal, não há o que errar nessa questão. As máquinas de fluxo são equipamentos que convertem energia mecânica em energia de fluido (bombas, compressores) ou energia de fluido em energia mecânica (turbinas).

**Gabarito: Letra A.**

**37. (IBFC - 2017 - POLÍCIA CIENTÍFICA-PR - Perito Criminal - Área 3) Avalie as afirmações que seguem com base no tema “máquinas de fluxo”. I. A associação de bombas em paralelo é utilizada quando desejamos uma carga manométrica elevada e não proporcional à vazão. II. O rotor é o componente principal das**



bombas em razão de ser o agente fornecedor de energia de líquido. III. Nas bombas do tipo centrífuga helicoidal, não é possível cavitação em virtude da pressão de escoamento e da temperatura de funcionamento. Está correto o que se afirma em:

A) I, II e III

B) I e II, apenas

C) I e III, apenas

D) II e III, apenas

E) II, apenas

**Comentários:**

Questão conceitual que você não pode errar de forma alguma.

Item I: Incorreto. É o contrário. Associação de bombas em paralelo é utilizada quando se deseja ter uma vazão elevada para uma mesma carga manométrica. Já associação em série serve para se obter uma carga manométrica elevada, mantendo-se a vazão.

Item II: Correto.

Item III: Incorreto. Baixas pressões e/ou altas temperaturas da admissão da bomba podem proporcionar surgimento de vapor, dando origem à cavitação.

**Gabarito: Letra E.**

**38. (IBFC - 2017 - POLÍCIA CIENTÍFICA-PR - Perito Criminal - Área 3) Avalie as afirmações que seguem com base no tema “máquinas de fluxo”. I. São exemplos de bombas de deslocamento positivo: centrífuga radial, centrífuga helicoidal, centrífuga diagonal e axial. II. Nas bombas do tipo centrífuga helicoidal, também conhecida por “Francis”, o fluido entra axialmente no motor e é lançado no caracol. III. A carga manométrica disponível em uma bomba representa a quantidade de energia que ela pode fornecer a cada peso do fluido que passar por ela. Está correto o que se afirma em:**

A) II e III, apenas

B) I e II, apenas

C) I e III, apenas

D) II, apenas

E) I, II e III

**Comentários:**

Item I: Incorreto. É o contrário. Essas são bombas de deslocamento não-positivo.

Item II: Correto. Também são chamadas de turbina Francis.

Item III: Correto.



**Gabarito: Letra A.**

**39. (IESES - 2017 - CEGÁS - Analista Técnico – Engenheiro) Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:**

Dentre as válvulas de bloqueio manual, aquela que é largamente empregada em redes de distribuição e que apresenta como vantagens apresentarem menor peso e tamanho, melhor vedação, maior facilidade de operação e menor perda de carga; é a válvula de:

A) Gaveta.

B) Vazão.

C) Esfera.

D) Pressão.

**Comentários:**

As válvulas gaveta e esfera são classificadas como válvulas de bloqueio. Normalmente estão completamente abertas, apresentando baixa perda de carga. Contudo, a válvula esfera é, em geral, bem menor que a válvula gaveta.

A válvula de vazão, também conhecida como válvula de controle de fluxo, provoca grande perda de carga, mesmo quando está completamente aberta.

A válvula de pressão, também conhecida como válvula de alívio, não têm como principal requisito ter boa vedação, já que seu objetivo é facilitar a saída de fluido para controlar a vazão.

**Gabarito: Letra C.**

**40. (IESES - 2017 - CEGÁS - Analista Técnico – Engenheiro) Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:**

As válvulas que são empregadas quando se quer impedir, em determinada linha, qualquer possibilidade de retorno do fluido por inversão do sentido do escoamento e que consiste, basicamente, em um orifício com uma tampa flutuante, que se abre livremente em um sentido, mas bloqueia a passagem no sentido contrário é chamada de válvula de:

A) Retenção.

B) Segurança.

C) Inversão.

D) Sentido único.

**Comentários:**

Cuidado com a pegadinha da alternativa D. Esse tipo de válvula é de retenção, e possui a seguinte simbologia:





**Gabarito: Letra A.**

**41. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico))** A força de arraste ( $F$ ) de um corpo esférico liso em um dado fluido, depende da velocidade relativa desse corpo ( $V$ ), do diâmetro ( $D$ ) desse corpo, da massa específica do fluido ( $\rho$ ), e da viscosidade do fluido ( $\mu$ ).

No estudo e dimensionamento da relação de  $F$  com os demais parâmetros, sendo  $n$  o número de parâmetros envolvidos,  $k$ , o número de dimensões primárias, e  $\Pi$  o(s) grupo(s) adimensional(is), tem-se que

- (A)  $n = 4$ ,  $k = 3$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu / \rho V D$
- (B)  $n = 4$ ,  $k = 4$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu \rho / V D$
- (C)  $n = 5$ ,  $k = 3$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu / \rho V D$
- (D)  $n = 5$ ,  $k = 4$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu \rho / V D$
- (E)  $n = 5$ ,  $k = 3$  e  $\Pi = 1$ , sendo  $\Pi_1 = \mu / V D$

**Comentários:**

Parâmetros envolvidos ( $n=5$ ): Força de arraste ( $F$ ), Velocidade relativa do corpo ( $V$ ), Diâmetro ( $D$ ), Massa específica do fluido ( $\rho$ ) e a Viscosidade do fluido ( $\mu$ ).

Dimensões primárias ( $k=3$ ): As dimensões dos respectivos parâmetros são:

Velocidade relativa do corpo ( $V$ ):  $[m/s^2]$

Diâmetro ( $D$ ):  $[m]$

Massa específica do fluido ( $\rho$ ):  $[m^3/kg]$

Viscosidade do fluido ( $\mu$ ):  $[Pa.s]=[kg/(m^2.s^2)]$

Assim, as três dimensões primárias são (massa)  $kg$ , (comprimento)  $m$  e (tempo)  $s$ .



Grupo(s) adimensional(is) ( $\Pi$ ):

$$\pi = n - k = 5 - 3 = 2$$

**Gabarito: Letra C)**

**42. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico))** As razões entre algumas forças são representadas como números adimensionais, que são bastante aplicados ao estudo da mecânica dos fluidos. Dentre esses, destacam-se o número de Froude ( $Fr$ ) e o número de Euler ( $Eu$ ) que representam a razão entre as forças

Número de Froude	Número de Euler
(A) de inércia e de gravidade	viscosa e de inércia
(B) de pressão e de inércia	viscosa e de compressibilidade
(C) de inércia e de compressibilidade	de pressão e de inércia
(D) viscosa e de atrito	de compressibilidade e de gravidade
(E) de inércia e de gravidade	de pressão e de inércia

**Comentários:**

$$\text{Número de Froude: } Fr = \frac{\text{Inércia}}{\text{Gravidade}} = \frac{V^2}{gD}$$

$$\text{Número de Euler: } Eu = \frac{\Delta\text{Pressão}}{\text{Inércia}} = \frac{\Delta P}{\rho V^2}$$

**Gabarito: Letra E)**



43. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Algumas propriedades físicas são aplicadas para distinguir analiticamente os fluidos, sendo empregadas para entender o comportamento desses fluidos e, também, no estudo do escoamento. Em geral, estudam-se as variações sofridas por essas propriedades em função de variáveis de processo.

NÃO se aplica ao estudo dos fluidos a(o)

(A) viscosidade absoluta ou dinâmica ( $\mu$  ou  $\nu$ ), que representam a resistência do fluido ao escoamento, ou seja, são a resistência que todo fluido oferece ao movimento relativo de suas partes.

(B) capacidade térmica (C), que corresponde à quantidade de calor (recebida ou cedida) que leva a uma variação na temperatura do corpo.

(C) massa específica ou densidade absoluta ( $\rho$ ), que são a quantidade de massa de uma substância existente em um determinado volume, ou seja, a massa que ocupa uma unidade de volume.

(D) volume específico ( $u_s$ ), que é o volume ocupado por uma determinada massa de uma substância, ou seja, o volume ocupado por unidade de massa.

(E) peso específico (g), que é a força exercida por unidade de volume em um corpo de massa específica  $\rho$  submetido à aceleração da gravidade  $g$  ( $9,81\text{m.s}^{-2}$ ), corresponde à razão entre o peso de um corpo e seu volume.

**Comentários:**

**NÃO** se aplica ao estudo dos fluidos a(o) capacidade térmica (C), que corresponde à quantidade de calor (recebida ou cedida) que leva a uma variação na temperatura do corpo.

**Gabarito: Letra B)**



44. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Em uma prensa hidráulica, a razão entre os diâmetros dos êmbolos é igual a 8. Um objeto de massa  $m$  colocado sobre o êmbolo maior é equilibrado por uma força de 500 N.

Considerando que o sistema está em equilíbrio estático e que os pesos dos êmbolos são desprezíveis, de acordo com a Lei de Pascal, o valor da massa  $m$ , em kg, é igual a

Dado:

$$\text{Aceleração da gravidade } g = 10 \frac{m}{s^2}$$

- (A) 400
- (B) 800
- (C) 3.200
- (D) 4.000
- (E) 32.000

**Comentários:**

Temos uma prensa hidráulica em equilíbrio. Assim, aplicando o Princípio de Pascal, temos que

$$P_1 = P_2$$
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \therefore \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

Substituindo pela equação da área e simplificando,

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\pi(d_1)^2/4}{\pi(d_2)^2/4} = \frac{(d_1)^2}{(d_2)^2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

Isolando  $F_1$ ,

$$F_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 F_2$$

Substituindo pelos dados fornecidos na questão, onde  $F_2 = 500N$  e  $\frac{d_1}{d_2} = 8$ , temos que

$$F_1 = (8)^2 500N$$

$$F_1 = 32\,000N$$

Como  $F = \text{massa}(m) \times \text{aceleração}(g)$ , temos que o valor da massa  $m_1$ , em kg, é igual a

$$m_1 = \frac{F_1}{g} = \frac{32\,000N}{10 \frac{m}{s^2}} = 3\,200\,kg$$



**Gabarito: Letra C)**

45. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Em um sistema de bombeamento de uma instalação industrial, a curva característica do *net positive suction head* (NPSH) requerido da bomba é dada pela equação 1, ao passo que o NPSH disponível do sistema pode ser calculado pela equação 2. Nessas equações,  $Q$  é a vazão, dada em L/s.

$$\text{NPSH}_r = 0,4 Q + 2 \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{NPSH}_d = -0,005 Q^2 + 12 \quad \text{Equação 2}$$

De acordo com essas informações, o valor limite de vazão do fluido, expresso em L/s, a partir do qual ocorrerá cavitação,

é igual a

(A) 2

(B) 20

(C) 40

(D) 80

(E) 100

**Comentários:**

Para que não haja cavitação, temos que, necessariamente,

$$\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$$

Assim, o valor limite de vazão do fluido é dado por

$$-0,005 Q^2 + 12 = 0,4Q + 2$$

$$0,005 Q^2 + 0,4Q - 10 = 0$$

Multiplicando ambos os lados por 10 para facilitar os cálculos,

$$0,05 Q^2 + 4Q - 100 = 0$$

Resolvendo a equação de segunda ordem,

$$\Delta = 36$$

$$Q' = 20 \text{ e } Q'' = -100$$

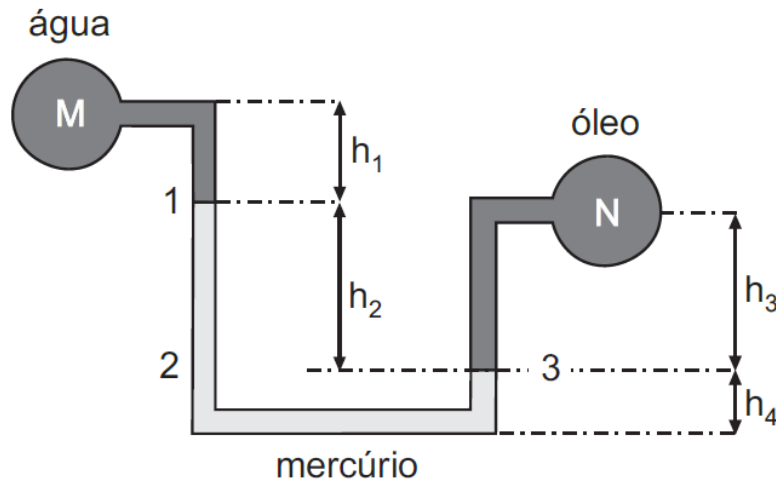
Assim, a única vazão do fluido possível e limite do processo é  $Q = 20 \text{ L/s}$ .

**Gabarito: Letra C)**





46. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) A figura a seguir mostra um manômetro diferencial, onde o fluido M é água, o N é óleo e o fluido manométrico é mercúrio.



Sabendo-se que  $h_1 = 0,3$  m,  $h_2 = 1,2$  m e  $h_4 = 0,2$  m, e que a diferença de pressão entre os pontos M e N é igual a 16 kPa, qual é o valor da altura  $h_3$ , expresso em cm?

Dados:

Massa específica da água  $\rho_{\text{água}} = 1.000$  kg/m<sup>3</sup>

Massa específica do mercúrio  $\rho_{\text{Hg}} = 13.600$  kg/m<sup>3</sup>

Massa específica do óleo  $\rho_{\text{óleo}} = 775$  kg/m<sup>3</sup>

Aceleração da gravidade  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>

- (A) 0,8
- (B) 17
- (C) 20
- (D) 40
- (E) 80

**Comentários:**

Aplicando o estudo de pressão, temos que

$$P_M = P_N + \rho_{\text{óleo}} \cdot g \cdot h_3 - \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h_2 - \rho_{\text{ar}} \cdot g \cdot h_1$$

Isolando  $h_3$ ,

$$(P_M - P_N) + \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h_2 + \rho_{\text{ar}} \cdot g \cdot h_1 = \rho_{\text{óleo}} \cdot g \cdot h_3$$



$$\frac{[(P_M - P_N) + \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_2 + \rho_{ar} \cdot g \cdot h_1]}{\rho_{\text{óleo}} \cdot g} = h_3$$

Substituindo os dados,

$$h_3 = \frac{\left[ (16 \cdot 10^3 \text{ Pa}) + 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,2\text{m} + 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,3\text{m} \right]}{750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h_3 = 23,50\text{m} = 2350 \text{ cm}$$

**Gabarito: Anulada por falta de gabarito.**



## LISTA DE QUESTÕES

1. (FUNDATEC - 2019 - Prefeitura de Gramado - RS - Engenheiro Químico) O engenheiro de uma indústria projetou um tanque em forma de cilindro circular reto com diâmetro de 6 m em que a água flui para dentro do tanque a uma taxa de  $1,8 \cdot 10^5 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ , sendo assim podemos calcular que a altura da água está aumentando a uma razão de quantos  $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  ?

A)  $1/2 \pi$

B)  $1/3 \pi$

C)  $1/6 \pi$

D)  $1/12 \pi$

E)  $3\pi/6$

2. (FUNDATEC - 2019 - Prefeitura de Gramado - RS - Engenheiro Químico) O engenheiro químico responsável por uma empresa de tratamento de água precisa calcular a velocidade com que a água flui em um tubo com diâmetro interno de 2,00 cm, sendo que esse tubo está conectado a outro tubo com diâmetro interno de 6,00 cm. Qual será a velocidade no segundo estágio, sabendo-se que a vazão é de  $4,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ?

A)  $0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

B)  $0,14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

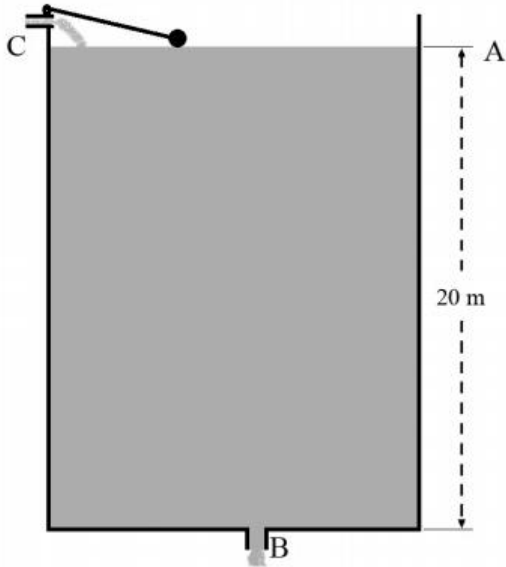
C)  $0,32 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

D)  $1,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

E)  $1,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

3. (CESPE - 2019 - SLU-DF - Analista de Gestão de Resíduos Sólidos - Engenharia Química) A figura seguinte ilustra um reservatório de água, cilíndrico, com 20 m de altura. Em B, saída do reservatório, há uma tubulação com  $0,002 \text{ m}^2$  de área da secção transversal. Nesse reservatório, que está aberto na parte superior e em B, o nível de água é mantido constante por meio de um sistema de alimentação, em C, munido de boia.

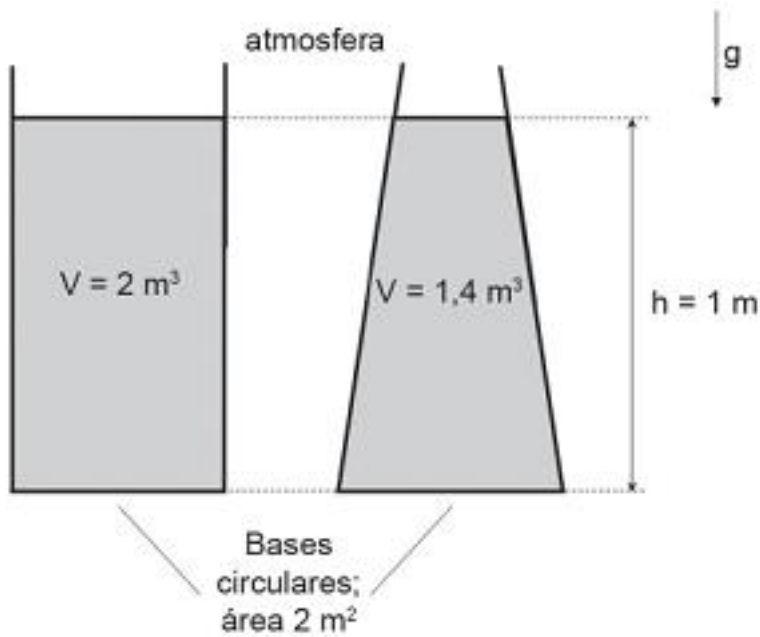




Com referência a esse reservatório, julgue o seguinte item, considerando que as perdas de cargas sejam desprezíveis e que a aceleração da gravidade seja de  $10 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$ .

Se a área da seção de entrada do reservatório em C for igual a  $0,02 \text{ m}^2$ , então, para que o nível de água no reservatório seja mantido constante, a velocidade de escoamento em C deve ser igual a  $1/10$  da velocidade de escoamento em B.

4. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Um tanque cilíndrico contém  $2 \text{ m}^3$  de um óleo de massa específica  $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ , de forma que o volume de óleo dentro do tanque tenha a profundidade  $h = 1 \text{ m}$ . Um outro tanque, que tem o formato de um tronco de cone com a base inferior maior que a superior, contém  $1,4 \text{ m}^3$  do mesmo óleo, com a mesma profundidade  $h = 1 \text{ m}$ . Os dois tanques estão abertos e possuem bases circulares idênticas, de área igual a  $2 \text{ m}^2$ , como ilustrado na Figura abaixo.



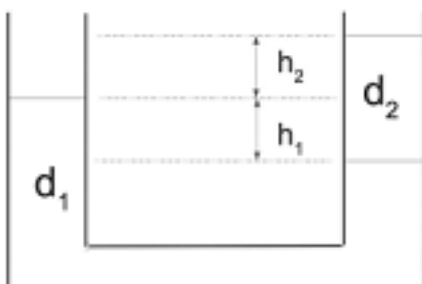
As pressões manométricas atuantes sobre as bases circulares, no interior dos tanques cilíndrico e tronco-cônico, são, respectivamente, em pascais,

Dado

Aceleração da gravidade:  $g=10 \text{ m/s}^2$

- A) 8.000 e 8.000
- B) 5.600 e 5.600
- C) 8.000 e 11.429
- D) 8.000 e 5.600
- E) 100.000 e 100.010

5. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Em um tubo em U, colocam-se dois fluidos imiscíveis de densidades distintas,  $d_1 > d_2$ , como na Figura.



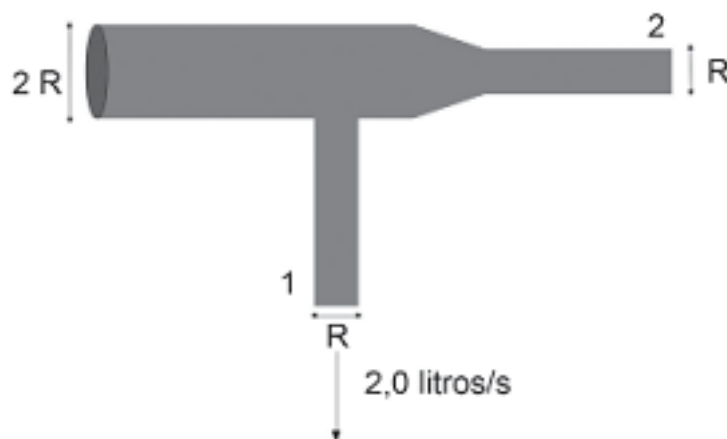
Dadas as diferenças de níveis de altura  $h_1$  e  $h_2$ , qual a razão entre as densidades  $d_1 / d_2$  ?

- A)  $2 h_2 / h_1$
- B)  $1+ h_2 / h_1$
- C)  $1+ h_1 / h_2$
- D)  $(1+ h_2 + h_1) / 2$
- E)  $1+ h_2 h_1$

6. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Em um tubo horizontal com seção reta variável, entra um fluido com velocidade inicial  $V_0$ . Se a razão entre a seção reta de saída e a entrada do tubo é 0,4, então, a velocidade de saída do fluido do tubo, em função da velocidade de entrada, é

- A)  $0,4V_0$
- B)  $0,6V_0$
- C)  $1,4V_0$
- D)  $1,6V_0$
- E)  $2,5V_0$

7. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Um fluxo de água de 8,0 litros/s entra em uma extremidade de uma tubulação de raio  $R$ . O fluxo se divide e sai por duas extremidades de raio  $R/2$ . Na saída 1, o fluxo é de 2,0 litros/s, como ilustrado na Figura abaixo.



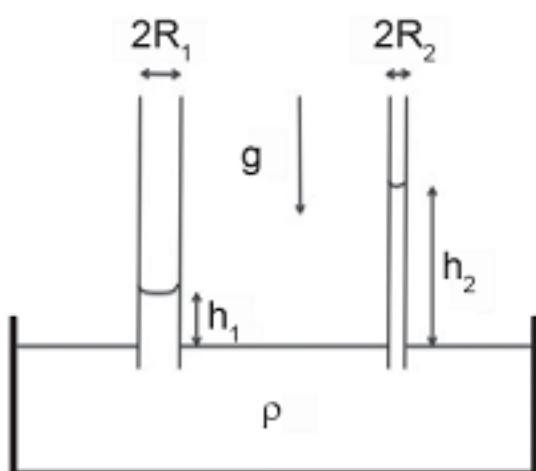
Nessas condições, qual é a razão entre a velocidade na saída 2 e a velocidade na saída 1,  $V_2 / V_1$ ?

- A) 0,33
- B) 0,50



- C) 1,0
- D) 2,0
- E) 3,0

8. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Devido à tensão superficial do líquido de densidade  $\rho$ , o líquido sobe dentro dos tubos 1 e 2, como mostrado na Figura.

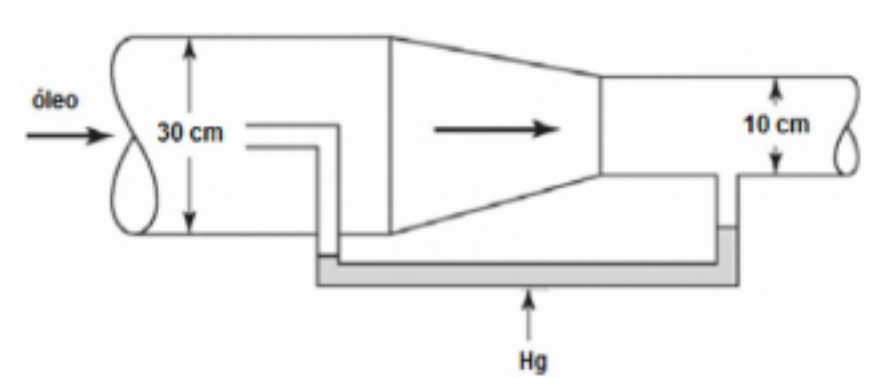


Se  $\frac{h_2}{h_1} = 3$ , o valor da razão  $R_2 / R_1$  é

- A) 3
- B) 2
- C) 1
- D) 1/2
- E) 1/3

9. (INSTITUTO AOCP - 2018 - ITEP - RN - Perito Criminal - Químico) Óleo escoava por uma tubulação, ilustrada na figura a seguir, com vazão mássica de 42,5 ton/h. Em determinado ponto da tubulação, foi instalado um dispositivo medidor de vazão que consiste na redução de diâmetro, e um manômetro em U, contendo mercúrio, foi acoplado nas duas regiões da tubulação, sendo um dos braços do manômetro instalado na região de diâmetro normal e, o outro, na região de diâmetro reduzido. Considerando que a massa específica da água, do mercúrio e do óleo sejam iguais a 1.000 kg/m<sup>3</sup>, 13.600 kg/m<sup>3</sup> e 850 kg/m<sup>3</sup>,





a vazão volumétrica, em L/min, e, aproximadamente, igual a

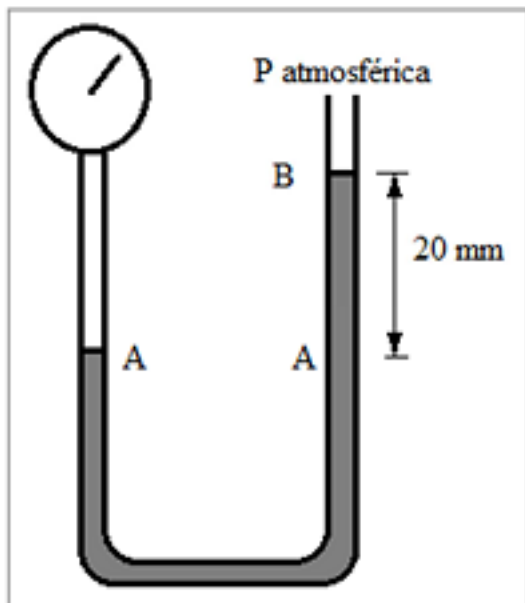
- A) 500
- B) 833
- C) 50
- D) 0,83
- E) 0,50

10. (COMPERVE - 2017 - UFRN - Engenheiro Químico) A figura ao lado representa um manômetro em forma de U, que utiliza o mercúrio como líquido,  $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$ .

Sendo a equação que relaciona a pressão,  $P$ , com a altura,  $z$ , para um fluido estático incompressível, submetido à aceleração da gravidade constante,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , dada por  $dP/dz = -\rho g$ , e considerando o eixo "z" vertical e para cima, a Pressão manométrica no ponto A é de





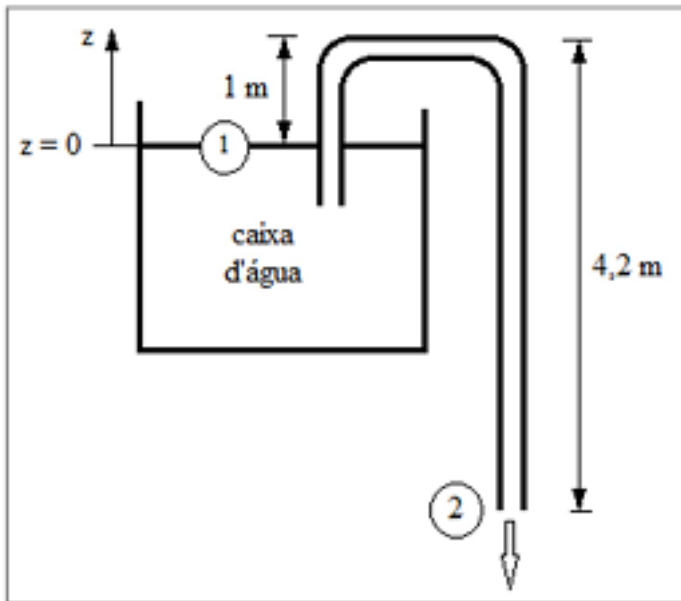


- A)  $P_A = 780 \text{ Pa}$ .
- B)  $P_A = 1360 \text{ Pa}$ .
- C)  $P_A = 2720 \text{ Pa}$ .
- D)  $P_A = 2000 \text{ Pa}$ .

11. (COMPERVE - 2017 - UFRN - Engenheiro Químico) A figura ao lado representa uma caixa d'água contendo um tubo em U, como sifão, com curvatura a 1 (um) metro da superfície da água, ponto 1, e com saída 3,2 metros abaixo da mesma superfície.

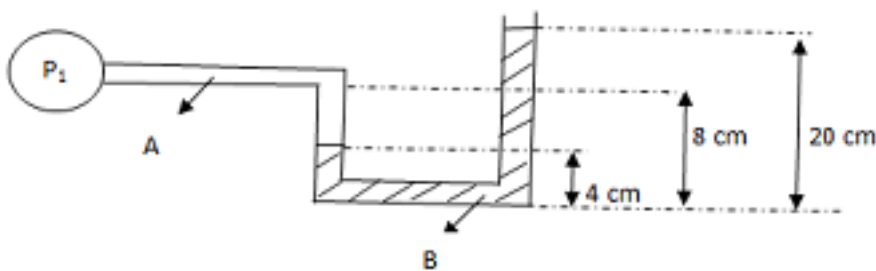
Considerando atrito desprezível, escoamento permanente e incompressível e que o reservatório é muito grande em relação ao tubo,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,

$\rho_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ,  $P_{\text{externa}} = 1 \text{ atm}$ , a velocidade do jato livre, ponto 2, é de aproximadamente



- A)  $V_2 = 6 \text{ m/s}$ .
- B)  $V_2 = 9 \text{ m/s}$ .
- C)  $V_2 = 10 \text{ m/s}$ .
- D)  $V_2 = 8 \text{ m/s}$ .

12. (IF-TO - 2017 - IF-TO - Professor - Engenharia Química) Considerando na figura do manômetro abaixo, A como sendo a água e B como sendo o Mercúrio, encontre a pressão absoluta no ponto 1



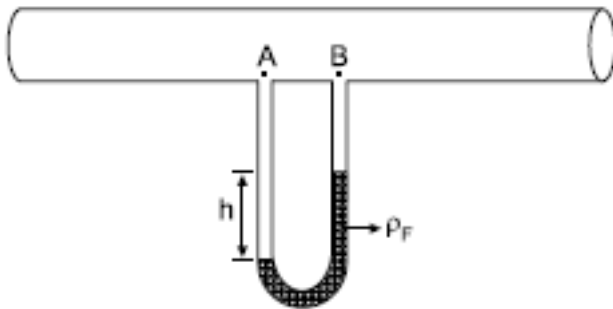
Dados: peso específicos dos fluidos:  $\gamma_{\text{água}} = 10\,000 \text{ N/m}^3$  e  $\gamma_{\text{Mercúrio}} = 136\,000 \text{ N/m}^3$  ;  $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ .

- A) 114,675 KPa
- B) 122, 685 KPa
- C) 21,360 KPa
- D) 13,350 KPa



E) 17,475 KPa

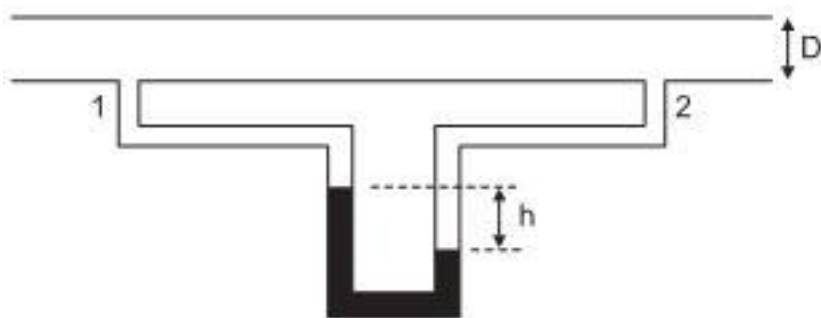
13. (VUNESP - 2016 - MPE-SP - Analista Técnico Científico - Engenheiro Químico) Assinale a alternativa que se relaciona corretamente ao sentido do escoamento de água em uma tubulação circular, tendo acoplado a ela um manômetro tipo “tubo em U”. Para isso, considere a figura e os seguintes valores na resolução: densidade da água =  $1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $h = 25 \text{ cm}$ ; densidade do fluido manométrico:  $\rho_F = 13600 \text{ kg/m}^3$ ; aceleração gravitacional =  $9,8 \text{ m/s}^2$



- A) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “A para B”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 30870 Pa.
- B) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “A para B”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 33320 Pa.
- C) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “B para A”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 33320 Pa.
- D) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “B para A”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 30870 Pa.
- E) O escoamento da água na tubulação está ocorrendo no sentido de “A para B”, sendo a diferença de pressão entre os pontos A e B da tubulação igual a 35770 Pa.

14. (CESGRANRIO - 2014 - Petrobras - Engenheiro(a) de Processamento Júnior) No esboço a seguir, é mostrado um manômetro diferencial acoplado a duas tomadas de pressão (1 e 2), que têm entre elas um trecho reto de tubulação horizontal, de diâmetro  $D$  e rugosidade relativa  $\epsilon/D$ , no qual não há máquinas de fluxo. Para as condições existentes na tubulação, o manômetro diferencial indica um desnível  $h$  do fluido manométrico. Sabe-se também que a massa específica do fluido manométrico é maior do que a do líquido na tubulação





Com base no observado e nas informações fornecidas, considere as afirmativas a seguir.

I - O líquido na tubulação está escoando, no sentido da tomada de pressão 1 para a 2.

II - A relação entre a vazão na tubulação e o desnível  $h$  medido no manômetro é uma função somente da massa específica do fluido manométrico.

III - A medida  $h$  no manômetro diferencial está relacionada à perda de carga entre os pontos de tomada de pressão.

Está correto o que se afirma em:

A) II, apenas

B) III, apenas

C) I e II, apenas

D) I e III, apenas

E) I, II e III

15. (CESGRANRIO - 2014 - Petrobras - Engenheiro(a) de Processamento Júnior) Um fluido real apresenta taxa de deformação desde que haja tensão cisalhante. A razão entre a tensão cisalhante aplicada e a correspondente taxa de deformação é uma propriedade importante na descrição do escoamento de fluidos (viscosidade). A forma de comportamento desta razão pode ser usada para classificar os diversos fluidos, e nomes como fluidos newtonianos e não newtonianos, fluidos pseudoplásticos, fluidos tixotrópicos, entre outros, são utilizados.

Um fluido que apresenta a razão entre a tensão cisalhante e a taxa de deformação constante, cujo valor aumenta com o aumento da temperatura, sendo independente do tempo, é um(a)

A) fluido tixotrópico

B) suspensão dilatante

C) líquido newtoniano

D) gás newtoniano

E) mistura pseudoplástica



16. (VUNESP - 2013 - CETESB - Analista Ambiental - Auditor) Um tanque de água com altura de 10 m, completamente cheio com água ( $d = 1 \text{ g.cm}^{-3}$ ), tem na parede a 0,2 m acima do fundo uma saída horizontal cuja área da seção é igual a  $0,1 \text{ cm}^2$ . Aplicando a equação de Bernoulli para fluidos ideais, pode-se constatar que a vazão máxima por essa saída em  $L.h^{-1}$  é:

Dado: despreze a diferença de pressão atmosférica entre o topo do tanque e a saída horizontal;  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

- A) 55
- B) 110
- C) 200
- D) 252
- E) 504

17. (IBFC - 2013 - PC-RJ - Perito Criminal - Química) Ao se analisar as condições de escoamento de fluidos no interior de tubulações, o número adimensional de Reynolds de Reynolds é um parâmetro importante pois classifica a natureza do escoamento quanto ao regime laminar e turbulento. As grandezas relacionadas ao número de Reynolds são:

- A) Diâmetro do tubo, perda de carga e velocidade do fluido.
- B) Perda de carga, viscosidade dinâmica e velocidade do fluido.
- C) Velocidade do fluido, viscosidade dinâmica, diâmetro do tubo e perda de carga
- D) Diâmetro do tubo, densidade, velocidade do fluido e viscosidade dinâmica.
- E) Diâmetro do tubo, densidade, velocidade do fluido e perda de carga.

18. (IBFC - 2013 - PC-RJ - Perito Criminal - Química) O tubo de Pitot é um instrumento de medição que consiste em um pequeno tubo instalado a montante do escoamento e, que apesar de simples, apresenta grande importância, sendo utilizado em aviões, carros de fórmula 1, dentre outros. Um famoso acidente aéreo brasileiro, em um vôo com destino à França, que sucumbiu no oceano, apontou como um dos motivos relacionado ao tubo de Pitot. Identifique a alternativa abaixo que relaciona as propriedades utilizadas por esse instrumento:

- A) Densidade e velocidade.
- B) Velocidade e pressão.
- C) Pressão e viscosidade.
- D) Densidade e viscosidade.
- E) Condutividade e pressão.



19. (CESPE - 2013 - CPRM - Analista em Geociências - Química) A respeito de medidores de vazão, julgue os próximos itens.

O princípio de funcionamento do venturi, equipamento constituído de tubos manométricos, é a transformação da queda de energia cinética em energia de pressão.

20. (CESPE - 2013 - CPRM - Analista em Geociências - Química) Considere que, na seção 1 de um tubo entre um fluido e que esse fluido saia pela seção 2 desse mesmo tubo. Considere, ainda, que, após aplicação do balanço de energia, seja estabelecida a seguinte relação:

$$\frac{V_1^2}{2\alpha_1} + gz_1 + \frac{P_1}{\rho_1} > \frac{V_2^2}{2\alpha_2} + gz_2 + \frac{P_2}{\rho_2}$$

Em que V é a velocidade do fluido a, o parâmetro que correlaciona a velocidade eficaz à velocidade média de circulação do fluido ( $\alpha_1\alpha_2$ ); g, aceleração da gravidade; z, a posição de cada seção da tubulação; P, a pressão; e  $\rho$ , a densidade do fluido. Assuma que os índices 1 e 2 subscritos referem-se, respectivamente, às seções 1 e 2 da tubulação. Nessa situação, o fluido circulará espontaneamente, não sendo necessário o uso de uma bomba.

21. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro) Considere o escoamento de um determinado fluido através de uma tubulação circular. A partir dos conceitos básicos da mecânica dos fluidos, podem-se escrever as três afirmativas seguintes:

- I. a estimativa do número de Reynolds permite definir se o escoamento é laminar ou turbulento;
- II. a velocidade do fluido na parede do tubo é igual a zero;
- III. o escoamento será considerado bifásico se simultaneamente escoarem líquido e gás desse fluido através da tubulação.

Dos itens acima, verifica-se que está(ão) correto(s)

- A) I e II, apenas.
- B) I, apenas.
- C) II, apenas.
- D) I, II e III.
- E) III, apenas.



22. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro) Dadas as regras gerais abaixo, com relação à viscosidade,

- I. A viscosidade, a baixas pressões, não apresenta dependência.
- II. A altas pressões, a viscosidade aumenta para líquidos e gases.
- III. A viscosidade dos líquidos diminui com o aumento da temperatura.
- IV. A viscosidade dos gases aumenta com a temperatura.

verifica-se que

- A) somente I e II são verdadeiras.
- B) somente III e IV são verdadeiras.
- C) somente I, III e IV são verdadeiras.
- D) somente II, III e IV são verdadeiras.
- E) I, II, III e IV são verdadeiras.

23. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro) Um óleo com viscosidade de  $8,5 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2$  e massa específica  $800 \text{ kg/m}^3$  escoar através de uma tubulação de 5cm de diâmetro interno. Qual opção abaixo apresenta o valor do número de Reynolds quando a vazão circulante for 95L/min?

- A)  $3,7 \times 10^4$
- B)  $5,5 \times 10^8$
- C)  $2,1 \times 10^8$
- D)  $1,5 \times 10^9$
- E)  $7,2 \times 10^8$

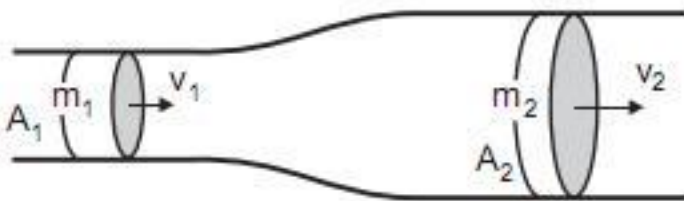
24. (COPEVE-UFAL - 2012 - ALGÁS - Engenheiro) Em uma tubulação escoar um fluido (massa específica de  $0,73 \text{ kg/Nm}^3$ ) a uma velocidade de 12m/s, que é direcionado para um tanque com volume de  $250 \text{ m}^3$  e leva 1 hora, 15 minutos e 30 segundos para enchê-lo totalmente. O diâmetro da tubulação e a vazão mássica são dados por

- A) 2 polegadas e 158kg/h.



- B) 3 polegadas e 158kg/h.
- C) 6 polegadas e 0,32kg/h.
- D) 3 polegadas e 145kg/h.
- E) 6 polegadas e 145kg/h.

25. (CESGRANRIO - 2012 - Petrobras - Engenheiro de Processamento Júnior-2012)



Considere um escoamento na tubulação descrita na figura, onde  $A_1$  e  $A_2$  são as áreas das seções transversais 1 e 2, respectivamente, e  $A_1$  é  $1/3$  de  $A_2$ .

Se  $V_1$  e  $V_2$  são as velocidades de escoamento, e  $Q_1$  e  $Q_2$  as vazões em 1 e 2, respectivamente, então

- A)  $V_1 = V_2$
- B)  $V_1 = 3 V_2$
- C)  $V_1 = 1/3 V_2$
- D)  $Q_1 > Q_2$
- E)  $Q_1 < Q_2$

26. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Engenheiro de Processamento Júnior) A cavitação é um fenômeno que pode ocorrer nas bombas toda vez que a pressão estática local for inferior à pressão de vapor do líquido. Esse processo, além de levar à redução do desempenho das bombas, pode também causar danos ou desgastes devido à implosão das bolhas de vapor formadas. Assim, é evidente que o fenômeno de cavitação deve ser evitado na operação de bombas. Relativas à cavitação em bombas, observe as afirmações a seguir.

I - Quanto maior a altura manométrica de sucção, maior é o valor do NPSH requerido. II - O NPSH disponível aumenta quando a vazão aumenta. III - Visando a evitar a cavitação, deve-se manter o valor de NPSH disponível maior que o valor de NPSH requerido.





Está correto o que se afirma em

- A) II, apenas
- B) III, apenas
- C) I e II, apenas
- D) I e III, apenas
- E) I, II e III

27. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Engenheiro de Processamento Júnior) Um engenheiro pretende utilizar uma bomba cuja curva característica segue a parábola  $H = H_0 - aQ^2$ , onde  $H_0 = 100$  m e  $a = 10^5$  s<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>. Esse engenheiro pretende transportar um fluido entre dois tanques separados por uma altura de 10 m.

Desconsiderando os efeitos das perdas de carga maiores e menores na tubulação que conecta os tanques, e sabendo que a tubulação tem diâmetro constante, a vazão volumétrica, em m<sup>3</sup>/s, e a altura de carga no ponto operação para realizar o transporte do fluido entre os dois tanques, em m, são, respectivamente,

- A)  $3 \times 10^{-3}$  e 10
- B)  $3 \times 10^{-1}$  e 100
- C)  $9 \times 10^{-2}$  e 10
- D)  $9 \times 10^{-3}$  e 90
- E)  $3 \times 10^{-2}$  e 10

28. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Considere que foi desenvolvido um modelo empírico, relacionando-se dados experimentais de vazão volumétrica,  $q$ , de um líquido através de uma válvula e a diferença entre as pressões a montante,  $P_1$ , e a jusante da mesma,  $P_2$ , tal que:

$$q = C_v \sqrt{P_1 - P_2}$$

em que a constante  $C_v$  foi estimada por regressão não linear. Considerando-se as três dimensões fundamentais MLt, a dimensão de  $C_v$  para consistência dimensional é

- A)  $M^{-1/2} L^{7/2}$
- B)  $M^{1/2} L^{1/2}$
- C)  $M^{-1/2} L^{5/2}$
- D)  $M^{-1/2} L^{7/2} t^{1/2}$
- E)  $L^{7/2} t^{1/2}$



29. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Um dos problemas que podem causar redução drástica de eficiência em bombas centrífugas é o fenômeno de cavitação. Além de causar redução de eficiência, a cavitação provoca desgaste na superfície da bomba devido à erosão. Para evitar essa cavitação, os parâmetros — o NPSH disponível (NPSHA) e o NPSH requerido (NPSHR) — devem ser comparados, visando a determinar as condições em que a cavitação não ocorreria. Um engenheiro determinou que a vazão de operação da bomba em um dado sistema é  $0,0123 \text{ m}^3/\text{s}$ , com diâmetro de  $0,125 \text{ m}$ . O tanque jusante da bomba está à mesma altura da bomba, e a pressão de sucção no tanque é de  $34 \text{ kPa}$ .

Desconsiderando-se as perdas de carga maiores e menores, NPSHA, em metros, e a vazão volumétrica de operação para uma operação segura de cavitação são assim determinados: Dado altura de sucção positiva líquida requerida:  $4 \text{ metros}$  Pressão de vapor do líquido:  $4,25 \text{ kPa}$  Massa específica:  $1000 \text{ kg/m}^3$

- A)  $3,0$ , e a vazão não é adequada
- B)  $4,0$ , e a vazão não é adequada
- C)  $2,0$ , e a vazão é adequada
- D)  $3,0$ , e a vazão é adequada
- E)  $4,0$ , e a vazão é adequada

30. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Medidores de vazão volumétrica internos são escolhidos baseando-se nas incertezas exigidas, custo, tempo de serviço e faixa de medidas. Um dos medidores de vazão bastante utilizados são os do tipo venturi que, apesar de caros, são interessantes devido à sua baixa perda de carga. Esses equipamentos de medição se baseiam em aceleração de fluidos através de um difusor cuja perda de carga é usada para medir indiretamente a vazão no escoamento. Um engenheiro dispõe de um venturi de diâmetro  $0,125$  para medir a vazão volumétrica numa tubulação de  $0,25 \text{ m}$  de diâmetro. Após a instalação do equipamento, o engenheiro mediu, no venturi, para o escoamento a queda de pressão em um medidor de pressão diferencial em  $100 \text{ mm}$  de água.

A vazão volumétrica, em  $\text{m}^3/\text{s}$  nessa tubulação, é de, aproximadamente, Dado Massa específica da água:  $1000 \text{ kg/m}^3$  Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$  Massa específica do fluido de trabalho:  $790 \text{ kg/m}^3$  Coeficiente de vazão:  $0,8$

- A)  $0,3$
- B)  $0,15$
- C)  $0,12$



D) 0,015

E) 0,5

31. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Uma forma de prevenir cavitação é comparando as alturas de sucção positiva líquida disponível (NPSHA) e requerida (NPSHR). Considere o sistema com altura de sucção de 2 m e vazão volumétrica de  $0,123 \text{ m}^3 / \text{s}$  numa tubulação de 0,125 m de diâmetro.

Nessas condições, o valor de NPSH disponível é

Dados:

altura de sucção positiva líquida requerida: 3 m

Pressão de vapor do líquido: 4,25 kPa

Massa específica:  $1000 \text{ kg/m}^3$

A) 2 m e não haverá cavitação.

B) 1,56 m e não haverá cavitação.

C) 1,56 m e haverá cavitação.

D) 6,56 m e não haverá cavitação.

E) 6,56 m e haverá cavitação.

32. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) Um dos parâmetros mais importantes na seleção de bombas é sua curva característica. Para cada bomba, essa curva relaciona a vazão volumétrica e a altura de carga da bomba. Essa informação serve como direção para obtenção do ponto em que a bomba deve operar para um dado sistema.

Nesse sentido, referente à curva característica de bombas centrífugas, tem-se que o(a)

A) aumento da rotação dessa bomba leva à diminuição da altura de carga da bomba.

B) aumento do diâmetro externo do impelidor leva ao aumento da altura de carga dessa bomba.

C) ângulo da pá não influencia na curva característica da bomba.

D) instalação de uma válvula ajusante da bomba diminui a altura de carga dessa bomba.

E) instalação de uma válvula amontante da bomba diminui a altura de carga dessa bomba.



33. (CESGRANRIO - 2018 - Petrobras - Químico de Petróleo Júnior) A maioria dos medidores de vazão por restrição para escoamento interno é baseada na aceleração de fluidos. A ideia por trás desse tipo de medidor está em relacionar a variação de pressão a uma variação de velocidade, e conseqüentemente, medir vazão. Considere que um fluido circula em uma tubulação onde o manômetro disponível mede 200 mm de água quando utilizado um medidor tipo placa de orifício com diâmetro de 0,15 m e com coeficiente de vazão de 0,65.

Nessas condições, a vazão volumétrica de fluido nessa tubulação, em m<sup>3</sup> /s, é

Dado:

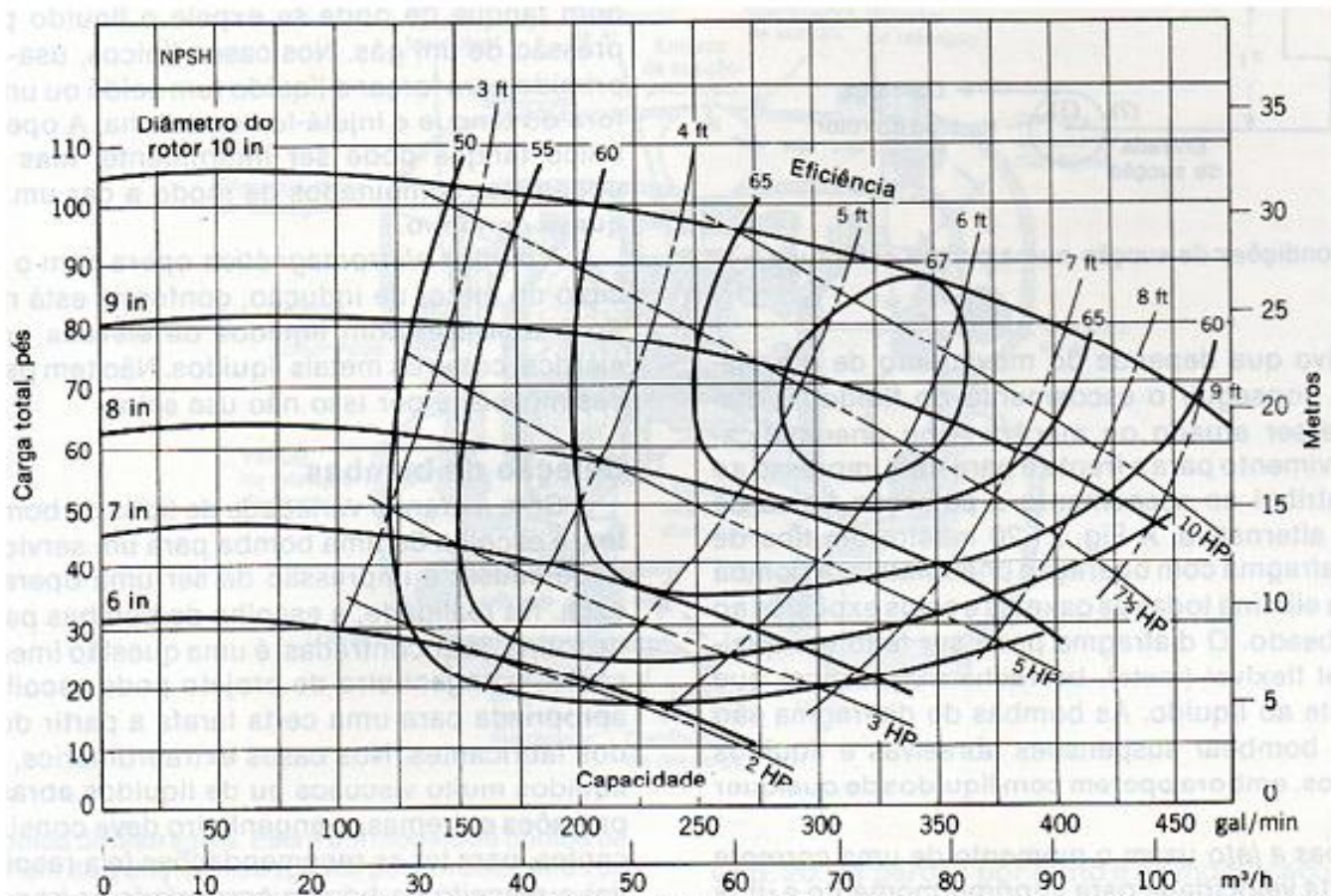
Massa específica do fluido = 1,21 kg/m<sup>3</sup>

Aceleração da gravidade = 10 m/s<sup>2</sup>

- A) 0,66
- B) 0,33
- C) 0,8
- D) 0,4
- E) 0,01

34. (COMPERVE - 2017 - UFRN - Engenheiro Químico) A figura abaixo representa as curvas características de uma família de bombas que operam a uma rotação de 1750 rpm.





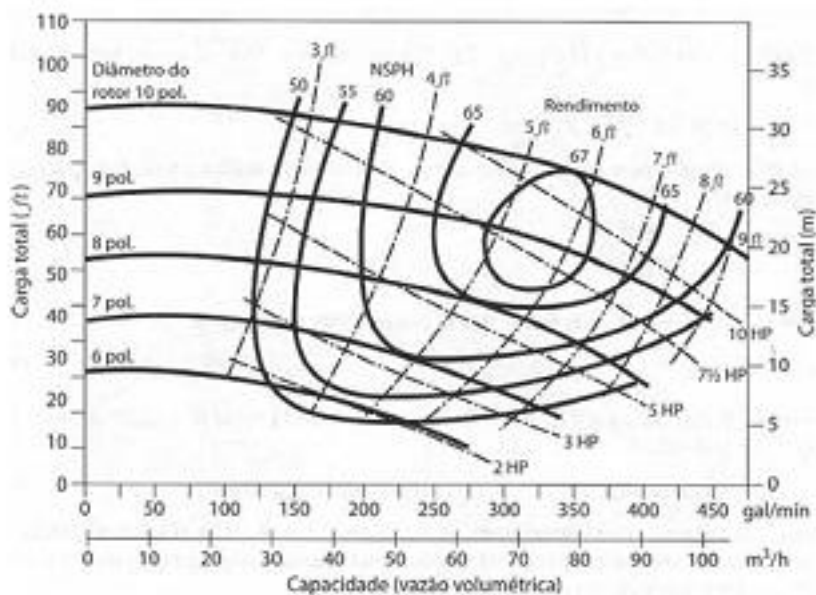
Retirado de Princípios das Operações Unitárias, Alan S. Foust, Leonard A. Wenzel, Curtis W. Clump, Louis Maus, L. Bryce Andersen, Editora Guanabara dois SA, Rio de Janeiro - RJ, 1982.

Para uma bomba que opera a 1750 rpm, a ser usada para bombear um líquido a uma vazão de 275 gal/min sobre uma carga total de 75 ft. A Potência dissipada em HP, o diâmetro do rotor em "in" e a eficiência devem ser, respectivamente:

- A) 7,5 HP; 9 in; 66 %
- B) 5 HP; 4,5 in; 60 %
- C) 10 HP; 5 in; 67 %
- D) 6 HP; 7 in; 80%

35. (FUNDEP (Gestão de Concursos) - 2017 - UFVJM-MG - Engenheiro Químico) Observe as curvas características de uma bomba centrífuga apresentadas na figura a seguir.





Considerando que essa bomba está operando com uma vazão de  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  e uma carga total de 20 m, quais são os valores corretos a serem utilizados para o diâmetro do rotor, a potência e o rendimento dessa bomba, respectivamente?

- A) 9 pol. /  $7\frac{1}{2}$  HP / 60
- B) 8 pol. / 5 HP / 65
- C) 9 pol. / 5 HP / 65
- D) 8 pol. /  $7\frac{1}{2}$  HP / 60

36. (IESES - 2017 - GasBrasiliano - Engenheiro de Gás Natural Júnior) Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:

O equipamento que promove a troca de energia entre um sistema mecânico e um fluido, transformando energia mecânica em energia de fluido ou energia de fluido em energia mecânica. É denominado:

- A) Máquina de fluxo.
- B) Trocador de calor.
- C) Evaporador.
- D) Condensador.





**37. (IBFC - 2017 - POLÍCIA CIENTÍFICA-PR - Perito Criminal - Área 3) Avalie as afirmações que seguem com base no tema “máquinas de fuxo”. I. A associação de bombas em paralelo é utilizada quando desejamos uma carga manométrica elevada e não proporcional à vazão. II. O rotor é o componente principal das bombas em razão de ser o agente fornecedor de energia de líquido. III. Nas bombas do tipo centrífuga helicoidal, não é possível cavitação em virtude da pressão de escoamento e da temperatura de funcionamento. Está correto o que se afirma em:**

- A) I, II e III
- B) I e II, apenas
- C) I e III, apenas
- D) II e III, apenas
- E) II, apenas

**38. (IBFC - 2017 - POLÍCIA CIENTÍFICA-PR - Perito Criminal - Área 3) Avalie as afirmações que seguem com base no tema “máquinas de fuxo”. I. São exemplos de bombas de deslocamento positivo: centrífuga radial, centrífuga helicoidal, centrífuga diagonal e axial. II. Nas bombas do tipo centrífuga helicoidal, também conhecida por “Francis”, o fluido entra axialmente no motor e é lançado no caracol. III. A carga manométrica disponível em uma bomba representa a quantidade de energia que ela pode fornecer a cada peso do fluido que passar por ela. Está correto o que se afirma em:**

- A) II e III, apenas
- B) I e II, apenas
- C) I e III, apenas
- D) II, apenas
- E) I, II e III

**39. (IESES - 2017 - CEGÁS - Analista Técnico – Engenheiro) Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:**

Dentre as válvulas de bloqueio manual, aquela que é largamente empregada em redes de distribuição e que apresenta como vantagens apresentarem menor peso e tamanho, melhor vedação, maior facilidade de operação e menor perda de carga; é a válvula de:

- A) Gaveta.
- B) Vazão.
- C) Esfera.



D) Pressão.

40. (IESES - 2017 - CEGÁS - Analista Técnico – Engenheiro) Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:

As válvulas que são empregadas quando se quer impedir, em determinada linha, qualquer possibilidade de retorno do fluido por inversão do sentido do escoamento e que consiste, basicamente, em um orifício com uma tampa flutuante, que se abre livremente em um sentido, mas bloqueia a passagem no sentido contrário é chamada de válvula de:

A) Retenção.

B) Segurança.

C) Inversão.

D) Sentido único.





41. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) A força de arraste (F) de um corpo esférico liso em um dado fluido, depende da velocidade relativa desse corpo (V), do diâmetro (D) desse corpo, da massa específica do fluido ( $\rho$ ), e da viscosidade do fluido ( $\mu$ ).

No estudo e dimensionamento da relação de F com os demais parâmetros, sendo n o número de parâmetros envolvidos, k, o número de dimensões primárias, e  $\Pi$  o(s) grupo(s) adimensional(is), tem-se que

- (A)  $n = 4$ ,  $k = 3$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu / \rho V D$
- (B)  $n = 4$ ,  $k = 4$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu \rho / V D$
- (C)  $n = 5$ ,  $k = 3$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu / \rho V D$
- (D)  $n = 5$ ,  $k = 4$  e  $\Pi = 2$ , sendo  $\Pi_1$  ou  $2 = \mu \rho / V D$
- (E)  $n = 5$ ,  $k = 3$  e  $\Pi = 1$ , sendo  $\Pi_1 = \mu / V D$

42. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) As razões entre algumas forças são representadas como números adimensionais, que são bastante aplicados ao estudo da mecânica dos fluidos. Dentre esses, destacam-se o número de Froude (Fr) e o número de Euler (Eu) que representam a razão entre as forças

Número de Froude	Número de Euler
(A) de inércia e de gravidade	viscosa e de inércia
(B) de pressão e de inércia	viscosa e de compressibilidade
(C) de inércia e de compressibilidade	de pressão e de inércia
(D) viscosa e de atrito	de compressibilidade e de gravidade
(E) de inércia e de gravidade	de pressão e de inércia



43. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Algumas propriedades físicas são aplicadas para distinguir analiticamente os fluidos, sendo empregadas para entender o comportamento desses fluidos e, também, no estudo do escoamento. Em geral, estudam-se as variações sofridas por essas propriedades em função de variáveis de processo.

NÃO se aplica ao estudo dos fluidos a(o)

(A) viscosidade absoluta ou dinâmica ( $\mu$  ou  $\nu$ ), que representam a resistência do fluido ao escoamento, ou seja, são a resistência que todo fluido oferece ao movimento relativo de suas partes.

(B) capacidade térmica (C), que corresponde à quantidade de calor (recebida ou cedida) que leva a uma variação na temperatura do corpo.

(C) massa específica ou densidade absoluta ( $\rho$ ), que são a quantidade de massa de uma substância existente em um determinado volume, ou seja, a massa que ocupa uma unidade de volume.

(D) volume específico ( $u_s$ ), que é o volume ocupado por uma determinada massa de uma substância, ou seja, o volume ocupado por unidade de massa.

(E) peso específico (g), que é a força exercida por unidade de volume em um corpo de massa específica  $\rho$  submetido à aceleração da gravidade  $g$  ( $9,81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), corresponde à razão entre o peso de um corpo e seu volume.

44. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Em uma prensa hidráulica, a razão entre os diâmetros dos êmbolos é igual a 8. Um objeto de massa  $m$  colocado sobre o êmbolo maior é equilibrado por uma força de 500 N.

Considerando que o sistema está em equilíbrio estático e que os pesos dos êmbolos são desprezíveis, de acordo com a Lei de Pascal, o valor da massa  $m$ , em kg, é igual a

Dado:

$$\text{Aceleração da gravidade } g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(A) 400

(B) 800

(C) 3.200

(D) 4.000

(E) 32.000



45. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) Em um sistema de bombeamento de uma instalação industrial, a curva característica do *net positive suction head* (NPSH) requerido da bomba é dada pela equação 1, ao passo que o NPSH disponível do sistema pode ser calculado pela equação 2. Nessas equações,  $Q$  é a vazão, dada em L/s.

$$\text{NPSH}_r = 0,4 Q + 2 \quad \text{Equação 1}$$

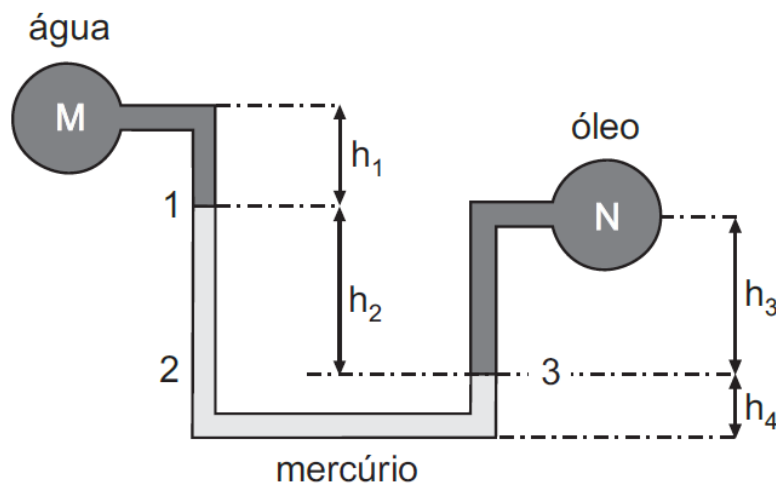
$$\text{NPSH}_d = -0,005 Q^2 + 12 \quad \text{Equação 2}$$

De acordo com essas informações, o valor limite de vazão do fluido, expresso em L/s, a partir do qual ocorrerá cavitação,

é igual a

- (A) 2
- (B) 20
- (C) 40
- (D) 80
- (E) 100

46. (CESGRANRIO - 2018 - Transpetro - Engenheiro Júnior - Processamento (Químico)) A figura a seguir mostra um manômetro diferencial, onde o fluido M é água, o N é óleo e o fluido manométrico é mercúrio.



Sabendo-se que  $h_1 = 0,3$  m,  $h_2 = 1,2$  m e  $h_4 = 0,2$  m, e que a diferença de pressão entre os pontos M e N é igual a 16 kPa, qual é o valor da altura  $h_3$ , expresso em cm?

Dados:

Massa específica da água  $\rho_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$



Massa específica do mercúrio  $\rho_{\text{Hg}} = 13.600 \text{ kg/m}^3$

Massa específica do óleo póleo =  $775 \text{ kg/m}^3$

Aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$

- (A) 0,8
- (B) 17
- (C) 20
- (D) 40
- (E) 80



# GABARITO

GABARITO



- |          |            |             |
|----------|------------|-------------|
| 1. B     | 17. D      | 33. A       |
| 2. B     | 18. B      | 34. A       |
| 3. CERTO | 19. ERRADO | 35. A       |
| 4. A     | 20. CERTO  | 36. A       |
| 5. B     | 21. D      | 37. E       |
| 6. E     | 22. C      | 38. A       |
| 7. E     | 23. A      | 39. C       |
| 8. E     | 24. D      | 40. A       |
| 9. B     | 25. B      | 41. C       |
| 10. C    | 26. B      | 42. E       |
| 11. D    | 27. E      | 43. B       |
| 12. B    | 28. A      | 44. C       |
| 13. A    | 29. A      | 45. B       |
| 14. B    | 30. D      | 46. ANULADA |
| 15. D    | 31. D      |             |
| 16. E    | 32. B      |             |



# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



**1** Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



**2** Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



**3** Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



**4** Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



**5** Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



**6** Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



**7** Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



**8** O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.