

INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

Hudson Goto

INFRAESTRUTURA

INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

Hudson Goto

INFRAESTRUTURA



Autor

Hudson Goto

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá. Possui MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV/ISAE) e especialização em Patologia das Construções pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR). É integrante do grupo de pesquisa em Patologia e Reabilitação das Construções. Atualmente, é engenheiro civil de manutenção de usinas da Companhia Paranaense de Energia (COPEL), atuando, principalmente, nos seguintes temas: segurança de barragens, análise de instrumentação civil e manutenção de barragens de usinas hidrelétricas. Possui experiência em construções civis residenciais, comerciais e de saneamento, participando das etapas de elaboração de orçamentos, planejamento, controle e execução de obras.

Design Instrucional

Rodolfo Rodrigues
Vinícius Abreu

Projeto Gráfico

NT Editora

Capa

NT Editora

Revisão

Ricardo Moura
Mariana Carvalho

Ilustração

Rodrigo Souza

Editoração Eletrônica

Nathália Nunes

NT Editora, uma empresa do Grupo NT

SCS Quadra 2 – Bl. C – 4º andar – Ed. Cedro II
CEP 70.302-914 – Brasília – DF
Fone: (61) 3421-9200
sac@grupont.com.br
www.nteditora.com.br e www.grupont.com.br

Goto, Hudson.

Instalações hidrossanitárias / Hudson Goto – 1. ed. – Brasília: NT Editora, 2017.

258 p. il. ; 21,0 X 29,7 cm.

ISBN 978-85-8416-189-8

1. Hidráulica. 2. Instalações prediais.

I. Título

Copyright © 2017 por NT Editora.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou outros, sem autorização prévia e escrita da NT Editora.

ÍCONES

Prezado(a) aluno(a),

Ao longo dos seus estudos, você encontrará alguns ícones na coluna lateral do material didático. A presença desses ícones o ajudará a compreender melhor o conteúdo abordado e a fazer os exercícios propostos. Conheça os ícones logo abaixo:



Saiba mais

Esse ícone apontará para informações complementares sobre o assunto que você está estudando. Serão curiosidades, temas afins ou exemplos do cotidiano que o ajudarão a fixar o conteúdo estudado.



Importante

O conteúdo indicado com esse ícone tem bastante importância para seus estudos. Leia com atenção e, tendo dúvida, pergunte ao seu tutor.



Dicas

Esse ícone apresenta dicas de estudo.



Exercícios

Toda vez que você vir o ícone de exercícios, responda às questões propostas.



Exercícios

Ao final das lições, você deverá responder aos exercícios no seu livro.

Bons estudos!

Sumário

1 NOÇÕES DE HIDRÁULICA.....	9
1.1 Conceitos de hidráulica.....	9
1.2 Propriedades dos fluidos: líquidos e gases	13
1.3 Hidrostática: conceitos de pressão e carga.....	17
1.4 Hidrodinâmica: vazão e tipos de escoamentos.....	22
1.5 Perda de carga em tubulações: linha de carga e linha piezométrica	25
2 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA – PARTE I	33
2.1 Instalações e projetos prediais de água fria	33
2.2 Sistemas de captação de água e Norma Técnica NBR 5626	37
2.3 Sistemas de distribuição	44
3 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA – PARTE II.....	54
3.1 Subsistema de alimentação	54
3.2 Subsistemas de reservação.....	59
3.3 Subsistemas de distribuição interna	63
3.4 Estimativas de consumo, reservatórios e variáveis hidráulicas	68
4 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA – PARTE III.....	76
4.1 Dimensionamento e traçado de tubulações.....	76
4.2 Ligações de bomba de água	86
4.3 Materiais usuais e recomendações gerais.....	93
5 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE	103
5.1 Conceitos gerais das instalações de água quente.....	103
5.2 Sistemas de aquecimento de água individual e central	108
5.3 Dimensionamento de sistemas de água quente	115
5.4 Materiais usuais, cuidados e recomendações gerais.....	120
6 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO – PARTE I	128
6.1 Projetos de instalações prediais de esgoto sanitário	128
6.2 Norma técnica e sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário	133
6.3 Sistemas de ventilação	144
7 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO – PARTE II	151
7.1 Dimensionamento e traçado de tubulações de esgoto	151
7.2 Conceitos e dimensionamento de fossas sépticas	162
7.3 Materiais usuais e recomendações gerais	170

8 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS	177
8.1 Conceitos básicos do ciclo hidrológico	177
8.2 Instalações prediais de águas pluviais – parte I	181
8.3 Instalações prediais de águas pluviais – parte II	186
8.4 Sistemas de captação e armazenamento de água de chuva	194
9 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE COMBATE A INCÊNDIO	203
9.1 Conceitos básicos de combate a incêndio.....	203
9.2 Classificações	208
9.3 Sistemas de proteção e materiais componentes das instalações de combate a incêndio	213
9.4 Dimensionamento e componentes do projeto de instalação de combate a incêndio	222
10 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE GÁS.....	233
10.1 Instalações prediais de gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural (GN)...	233
10.2 Dimensionamento e componentes do projeto de instalações de gás	243
10.3 Materiais e segurança em instalações de gás.....	248
GLOSSÁRIO.....	257
BIBLIOGRAFIA	258

Caro(a) estudante,

Seja bem-vindo(a) às **Instalações Hidrossanitárias!**

Uma edificação pode ser formada por diversas partes, que devem relacionar-se entre si, atingindo o seu bom funcionamento. Uma dessas partes são as instalações hidrossanitárias, que devem ser estudadas desde o seu funcionamento básico até a sua execução. Por isso, é muito importante que este conhecimento seja adquirido, para que o profissional possa tomar as decisões necessárias para o bom andamento dos trabalhos.

Assim, neste material você terá a oportunidade de adquirir os conhecimentos necessários para a sua vida profissional, que farão com que você desenvolva bons trabalhos no futuro. Na parte inicial, serão apresentados alguns conceitos básicos de hidráulica que servirão de base para o entendimento da sequência do conteúdo. Cada lição apresentará a referência normativa adotada no Brasil e os procedimentos básicos para o desenvolvimento de projetos de cada etapa, oferecendo condições de um completo aprendizado.

Ao final deste curso, você estará apto a conhecer os fundamentos básicos de hidráulica, os sistemas de abastecimento de água fria, de esgotamento sanitário, de águas pluviais, de proteção contra incêndio e de gás, desenvolvendo uma visão integrada dessas instalações em edificações, dimensionando-os de acordo com as normas técnicas brasileiras (NBRs), podendo aplicá-los em obra civis. Da mesma forma, você irá adquirir conhecimento para especificar e quantificar os materiais para a execução dessas instalações, bem como o supervisionamento e o controle de qualidade de execução de instalações hidrossanitárias, o que diminuirá as manutenções corretivas.

Não perca tempo! Aproveite esta oportunidade de aprendizado! Este material é o início de uma nova jornada em seu desenvolvimento e crescimento profissional, sendo apenas um marco inicial para a sua carreira!

Bons estudos!

Hudson Goto

1 NOÇÕES DE HIDRÁULICA

Iremos iniciar os estudos com os conceitos de hidráulica e prosseguiremos com a abordagem sobre as propriedades dos fluidos. Veremos também conceitos de hidrostática, como pressão e carga. Passaremos por algumas definições de hidrodinâmica e, por fim, aprofundaremos nossos estudos acerca das perdas de carga em tubulações, vendo os conceitos de linha de carga e linha piezométrica. Assim, com tudo isso, temos uma grande jornada pela frente. Espero que esteja animado com ela. Bons estudos!

Objetivos

Ao finalizar esta lição, você deverá ser capaz de:

- compreender os conceitos básicos de hidráulica;
- conhecer as propriedades dos fluidos (líquidos e gases);
- entender os conceitos básicos da hidrostática e da hidrodinâmica;
- compreender os conceitos de perda de carga em tubulações (distribuída e localizada);
- entender e aplicar os conceitos de linha de carga e linha piezométrica em tubulações.

1.1 Conceitos de hidráulica

Para conseguir entender qualquer assunto, conhecer o seu princípio básico é fundamental. Por isso, buscando a origem do termo no grego, a palavra “hidráulica” significa “condução de água” (*hýdor* = água e *aulos* = tubo ou condução). Seu significado pode ser ainda mais amplo, pois o conceito também pode ser entendido como o estudo do comportamento da água e de outros fluidos (líquidos, vapores ou gases), estando eles em equilíbrio, em repouso ou em movimento. Dessa forma, a hidráulica pode ser assim dividida:



hidrostática: estuda os líquidos e os gases em repouso ou em equilíbrio, além das forças atuantes em corpos nele inseridos;

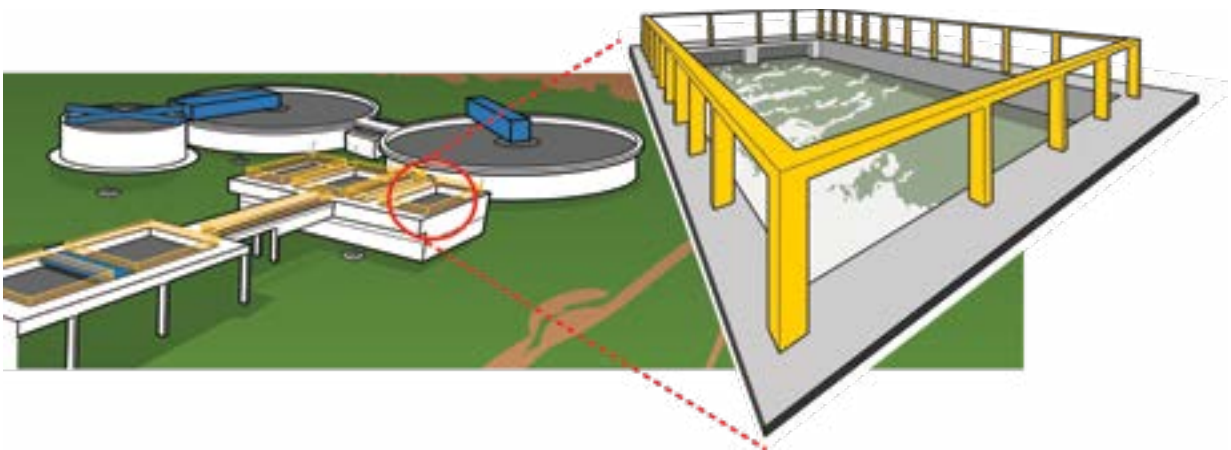
hidrodinâmica: estuda os líquidos e os gases em movimento, analisando suas velocidades, acelerações e forças atuantes, considerando-os como “fluidos ideais”, ou seja, que não possuem viscosidade, coesão, elasticidade e outras propriedades, desconsiderando a existência de tensões de cisalhamento em sua massa.



Segundo Azevedo Netto (2015), podem-se citar, ainda, a hidráulica aplicada ou hidrotécnica, que é a aplicação prática dos conhecimentos desenvolvidos a partir da hidráulica, esteja a água em equilíbrio (hidrostática) ou em movimento (hidrodinâmica). Assim, segundo o autor, podem-se citar as seguintes áreas de aplicação:

- urbana: sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de drenagem pluvial e canais;
- rural: sistemas de drenagem, de irrigação, de água potável e esgotos;
- instalações prediais: industriais, comerciais, residenciais, comerciais e públicas;
- lazer e paisagismo;
- estradas (sistemas de drenagem);
- defesa contra inundações;
- geração de energia elétrica;
- navegação e obras marítimas e fluviais;
- dragagem e aterros hidráulicos.

Exemplos de áreas de aplicação em que, ao lado direito, vê-se uma estação de tratamento de esgoto e, ao lado esquerdo uma estação de coleta e tratamento de água



Os recursos que são utilizados para o desenvolvimento da atividade da hidráulica aplicada ou hidrotécnica podem ser:

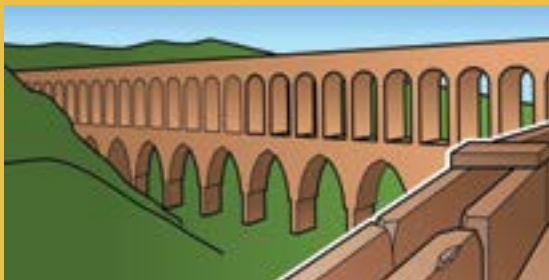
- as analogias e as correlações entre fatos que ocorrem em trabalhos similares ou naturalmente;
- elaboração de cálculos teóricos e desenvolvimento de formulações empíricas;
- estudos em modelos reduzidos físicos;
- elaboração computacional de modelos matemáticos de simulação;
- uso da base de dados hidrológicos com correlação estatística.

Outros acessórios, materiais e estruturas são empregados para auxiliar na prática da hidrotécnica, como:

- aterros de controle;
- barragens de diversos materiais;
- bombas hidráulicas para recalque;
- canais para condução de águas;
- comportas;
- diques de contenção;
- dragas para redução do assoreamento de rios e lagos;
- drenos para verificação de nível de água em maciços;
- medidores de vazão de água;
- poços para rebaixamento de lençóis freáticos;
- reservatórios de água;
- tubos e canos de instalações;
- turbinas de pequeno a grande porte;
- vertedores para escoamento e medição de água.

Inúmeras outras aplicações ainda podem ser citadas para os estudos da hidráulica. Assim, como você pode perceber, os conceitos básicos teóricos dessa matéria são inteiramente aplicáveis em diversas áreas do nosso dia a dia.

Saiba mais



Segundo relatos históricos, o primeiro sistema público de abastecimento de água foi o aqueduto de Jerwan, construído na Assíria, em 691 a.C. Já a bomba centrífuga e o tubo de PVC, componentes presentes nos dias atuais, foram desenvolvidos em 1664 e 1936, respectivamente.

Para o desenvolvimento desses conceitos, a definição de unidades e símbolos é um fator importante, pois as grandezas físicas devem ser comparáveis entre si, direcionando-se para uma única unidade de medida. Números sem unidades ou dimensões que representem uma determinada medida não nos podem informar nada. Com isso, eles são pouco úteis.

Por exemplo: o que seria maior, 10 ou 20? Em um primeiro momento, 20 parece ser maior do que 10, porém, sem a definição de uma unidade de medida, nada se pode afirmar, pois essa pergunta precisa de termos (unidades) de comparação. Se as unidades forem 10 m^3 e 20 litros, a primeira avaliação não é válida, pois 10 m^3 (ou 10.000 litros) é maior do que 20 litros. Assim, os sistemas de medidas são importantes para as definições durante o dimensionamento hidráulico.

Em 1960, por convenção internacional, foi criado o Sistema Internacional de Unidades (ou Sistema SI), também conhecido como Sistema Absoluto, do tipo MLT (massa, comprimento e tempo), em vigor no Brasil, e também na maioria dos países do mundo, desde a década de 70. Nesse sistema, há nove dimensões fundamentais: comprimento, massa, tempo, corrente elétrica, temperatura, intensidade luminosa, quantidade de uma substância, ângulo plano e ângulo sólido. A partir dessas dimensões, podem-se expressar todas as outras unidades.

Grandeza	Unidade	Símbolo	Dimensional
Comprimento	metro	m	L
Massa	quilograma	kg	M
Tempo	segundo	s	T
Corrente elétrica	ampère	A	θ
Temperatura	kelvin	K	I
Intensidade luminosa	candela	cd	I_0
Quantidade de substância	mol	mol	N
Ângulo plano	radiano	rad	adimensional
Ângulo sólido	esferorradiano	sr	adimensional

Na tabela acima, são apresentadas as unidades ou grandezas mais comuns, derivadas do SI e determinadas por resoluções algébricas ou dimensionais, a partir das grandezas físicas básicas.

Unidades derivadas do Sistema Internacional (SI) ou Absoluto

Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com unidade básica do SI	Dimensional
Área (A)			m^2	L^2
Volume (V)			m^3	L^3
Velocidade (v)			m/s	L/T
Aceleração (a)			m/s^2	L/T^2
Massa específica (ρ)			kg/m^3	M/L^3
Peso específico (γ)			N/m^3	M/L^2T^2
Frequência (f)	hertz	Hz	s^{-1}	T^{-1}
Força (F)	newton	N	$kg.m/s^2$	ML/T^2
Pressão (p)	pascal	Pa	N/m^2	M/LT^2
Energia (E)	joule	J	$N.m$	ML^2/T^2
Potência (P)	watt	W	J/s	ML^2/T^3
Viscosidade dinâmica (μ)	poise	P	$0,1 N.s/m^2$	M/LT
Viscosidade cinemática (v)	stokes	St	$10^{-4}.m^2/s$	L^2/T
Momento de inércia (I)			m^4	L^4
Tensão superficial (σ)			N/m	M/T^2



Canalizando o conhecimento

Em relação ao que acabamos de estudar sobre o Sistema Internacional, em qual das alternativas abaixo você acha que são citadas apenas grandezas derivadas?

- a) Peso, temperatura, aceleração e corrente elétrica.
- b) Tempo, massa, ângulo plano e intensidade luminosa.
- c) Área, pressão, potência e tempo.
- d) Velocidade, força, pressão e potência.

Comentário: se você pensou na letra “d”, está correto! Para a velocidade, sua unidade é o m/s, que deriva das unidades fundamentais de comprimento e tempo, representadas dimensionalmente por L e T, respectivamente. A força, expressa em newtons (N), é resultado da combinação das unidades fundamentais de massa, comprimento e tempo, representadas dimensionalmente por M, L e T². A unidade para a grandeza pressão é o pascal (Pa), derivada das unidades de massa (M), comprimento (L¹) e tempo (T²). E, por fim, temos a potência, em watt (W), como a combinação de massa (M), comprimento (L²) e tempo (T³).

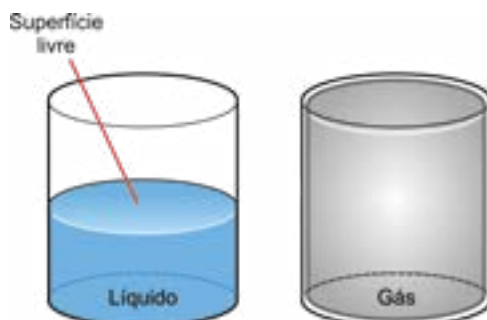
1.2 Propriedades dos fluidos: líquidos e gases

Os fluidos são substâncias ou corpos que não possuem forma definida, e cujas moléculas ou partículas podem deformar-se continuamente quando submetidas a tensões cisalhantes, movendo-se umas em relação às outras, independentemente da magnitude da força aplicada sobre elas. Nessa circunstância, o repouso é considerado sempre como seu estado inicial. Os fluidos podem ainda ser subdivididos em líquidos e gases (ou vapores).

Basicamente, os líquidos são substâncias que adquirem a forma do recipiente no qual estão inseridos, e possuem volume definido. Eles são também pouco compressíveis e pouco resistentes a trações e esforços cortantes (por isso se movem facilmente). Suas moléculas encontram-se próximas umas das outras em relação aos gases, o que aumenta sua força de coesão.

Já os gases são substâncias que, ao preencher um determinado recipiente, não formam superfície livre e não têm volume definido. Por isso eles são altamente compressíveis e de pequena densidade, quando comparados aos líquidos. Nos gases, as moléculas encontram-se mais distantes umas das outras, o que gera pouca força de coesão.

Comportamento de líquidos e gases no interior de recipientes



Dentre as características dos fluidos, podem-se citar algumas como: massa específica, peso específico, viscosidade, coesão, adesão, compressibilidade e elasticidade.

A massa de um fluido, em uma unidade de volume, é denominada densidade absoluta, também conhecida como massa específica (ρ), podendo ser expressa em kg/m^3 no SI, definida de acordo com a equação abaixo. Essa relação pressupõe que o fluido seja homogêneo, ou seja, que, em qualquer parte do deste, teremos a mesma relação massa e volume.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Em que:

m = massa (kg);

V = volume (m^3).

Em geral, quando ocorre um aumento de temperatura, a massa específica dos líquidos decresce, ocorrendo situação idêntica com os gases quando a pressão é constante.



Saiba mais



Você sabia que a massa específica da água pura, normalmente adotada como $1.000 \text{ kg}/\text{m}^3$ para cálculos hidráulicos, é obtida para a temperatura de $4 \text{ }^\circ\text{C}$? Porém, quando a sua temperatura é elevada até $20 \text{ }^\circ\text{C}$, sua massa específica cai para $998,23 \text{ kg}/\text{m}^3$. Isso também ocorre com o mercúrio, cuja massa específica é de $13.595,10 \text{ kg}/\text{m}^3$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, e $13.545,80 \text{ kg}/\text{m}^3$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. As diferenças podem não ser muito grandes, mas, dependendo do grau de eficiência ou de precisão que se necessita obter, esses valores podem trazer resultados significativos.

Já o peso específico (γ) de um fluido é o peso por unidade de volume desse fluido, definido de acordo com as equações mostradas abaixo, para líquidos e gases, respectivamente. Ele representa a força exercida pela ação gravitacional da Terra sobre a massa por unidade de volume. Assim como na massa específica, essa relação pressupõe que o fluido seja homogêneo.

• **Para os líquidos,** $\gamma = \frac{P}{V}$ ou $\gamma = \frac{m \times g}{V}$.

Em que, no SI:

m = massa (kg);

P = peso (N);

V = volume (m³);

g = aceleração da gravidade (m/s²).

• Para os gases, $\gamma = \frac{P}{RT}$.

Em que, no SI:

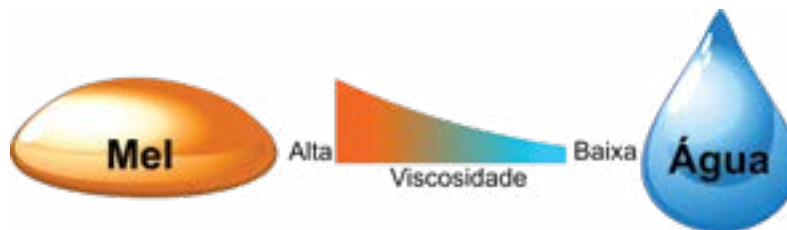
P = pressão absoluta (kgf/m²);

R = constante do gás;

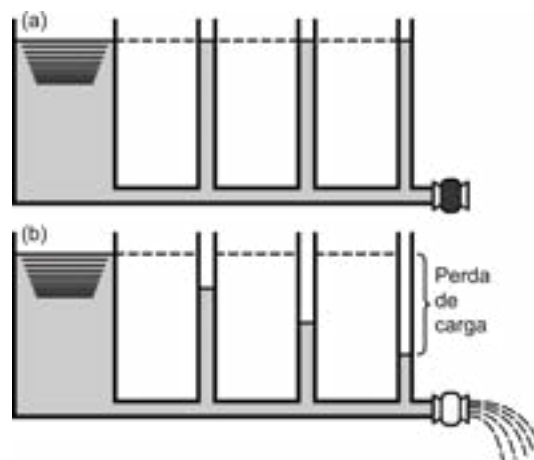
T = temperatura absoluta (°C).

A viscosidade dos fluidos ou atrito interno, de acordo com Newton, é a propriedade que lhes permite aguentar o cisalhamento, ou seja, é a propriedade que possibilita às camadas fluídicas resistirem ao escoamento ou ao deslocamento. Quanto maior a viscosidade do fluido, maior será o seu atrito interno.

Exemplo de fluidos com viscosidade alta e baixa



Essa propriedade pode ser bem observada durante o escoamento no interior de tubulações, onde o atrito do fluido com suas paredes resulta em perdas de energia ao longo do seu trajeto, como mostra a figura a seguir.



(a) Tubulação sem escoamento e sem perdas de cargas. (b) Tubulação com escoamento e atrito com a tubulação, gerando perda de carga (NETTO, 2015).

A coesão é a propriedade dos fluidos de resistirem a esforços de tração (tensão), de acordo com a força de atração existente entre as moléculas do próprio fluido. Um exemplo disso é a formação da gota d'água.

A adesão é a atração que ocorre entre moléculas de materiais diferentes. Quando um fluido entra em contato com um sólido, uma atração é exercida sobre as moléculas líquidas por parte das moléculas do sólido, e, caso seja maior que a atração eletroquímica existente entre as moléculas do próprio líquido, ocorrerá a adesão do líquido às paredes do sólido.

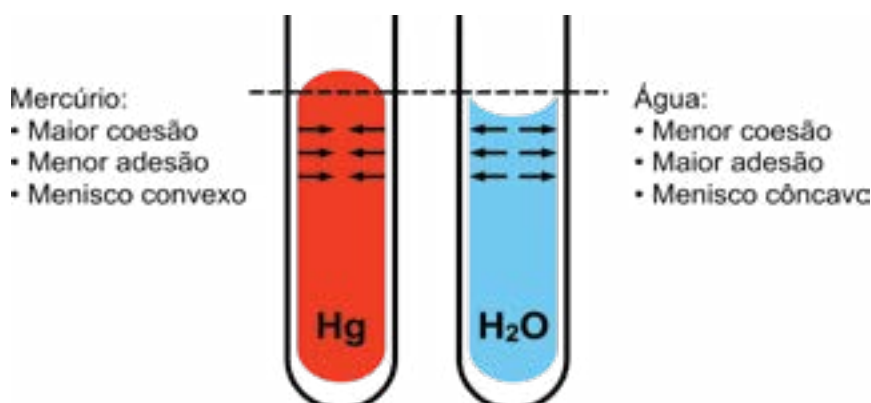


Dica

Para ilustrar a diferença de comportamento entre coesão e adesão, usemos como exemplo a forma adquirida por um menisco no interior de tubulações verticais de pequeno diâmetro, quando imersas em água (H_2O) e mercúrio (Hg).

Na água, a superfície do menisco adquire forma côncava, pois a sua menor coesão em relação à tensão superficial das paredes da tubulação força o líquido a se elevar pelo tubo. Já o mercúrio tem comportamento oposto, pois a sua maior coesão resulta em pouca adesão com as paredes do tubo, onde o menisco assume formato convexo.

Diferenças de comportamento das propriedades de adesão e coesão para o mercúrio (Hg) e a água (H_2O)



A compressibilidade é a capacidade que os fluidos têm de reduzir seus volumes devido à ação de forças externas, ou seja, é a propriedade de alterar o seu volume quando ocorre um aumento na pressão a que estão submetidos. Também é possível defini-la como a capacidade inversa à elasticidade.

A elasticidade é a propriedade que os fluidos possuem de aumentar o seu volume quando há uma diminuição da pressão exercida sobre eles. Segundo Azevedo Netto (2015), Berchelot, em 1850, descobriu que essa propriedade também se aplicava aos líquidos, pois essa já era conhecida para os gases.



Canalizando o conhecimento

Em relação à determinação de massa específica e de peso específico, é importante que você entenda bem a diferença entre ambos. Por isso, dentre as alternativas abaixo, assinale aquela que melhor represente o enunciado a seguir.

Se 1.200 kg de massa de um líquido qualquer ocupam um volume de 5 m^3 , qual a sua massa específica e o seu peso específico, expressos em unidades do SI? Considere a aceleração da gravidade (g) igual a 10 m/s^2 .

- a) $\rho = 24 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 240 \text{ N/m}^3$.
- b) $\rho = 240 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 2400 \text{ N/m}^3$.
- c) $\rho = 2,40 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 24 \text{ N/m}^3$.
- d) $\rho = 240 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 240 \text{ N/m}^3$.

Comentário: se você marcou a letra “b”, está correto! Substituindo os valores na equação 1 da massa específica, considerando $m = 1.200 \text{ kg}$ e $V = 5 \text{ m}^3$, obtemos o valor de 240 kg/m^3 , em unidades do SI. Consequentemente, aplicando a ação da gravidade ao valor encontrado, ou fazendo sua substituição na equação 2, considerando $m/v=240\text{kg/m}^3$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, obtemos o valor de 2.400 N/m^3 para o peso específico em unidades do SI.

1.3 Hidrostática: conceitos de pressão e carga

A hidrostática é a parte da hidráulica que estuda os líquidos em seu estado de repouso, ou seja, quando todas as velocidades em qualquer um de seus pontos é igual a zero. Os princípios da hidrostática envolvem tanto o estudo dos fluidos propriamente ditos como das forças atuantes sobre corpos nele submersos.

A pressão é a força que atua em uma superfície por unidade de área. E, quando essa força atua uniformemente distribuída sobre a área, pode-se escrevê-la de acordo com a equação a seguir:

$$p = \frac{F}{A}$$

Em que, no SI:

p = pressão, em Pa (N/m^2);

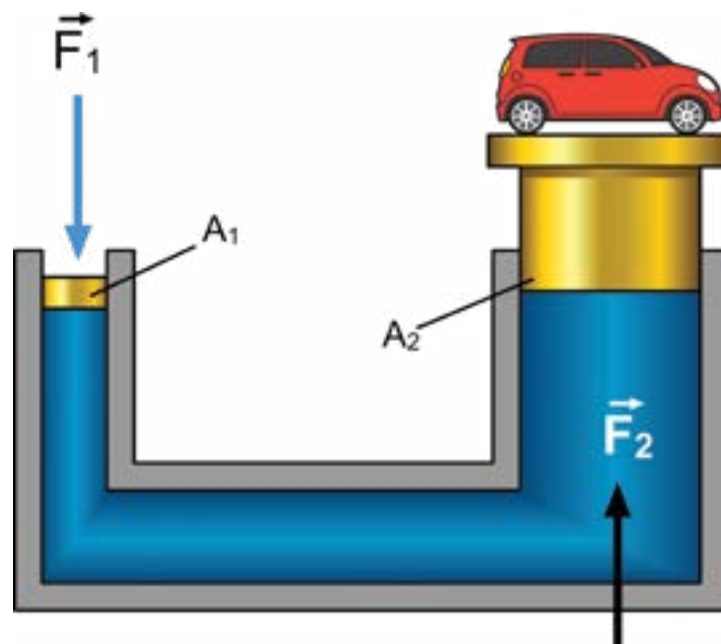
F = força aplicada, normal à superfície, em N;

A = área sobre a qual atua a força (F), em m^2 .

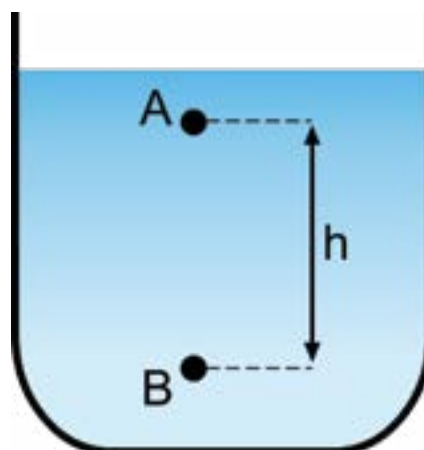
Segundo enuncia a lei de Pascal, um líquido homogêneo em equilíbrio (repouso) pode apresentar no seu interior um corpo submerso, com determinada altura, largura e comprimento – corpo este que, caso esteja em equilíbrio, terá a somatória das forças atuantes em qualquer direção igual a zero. A mesma lei ainda anuncia que em qualquer ponto no interior de uma massa líquida em repouso e homogênea, a pressão é a mesma em todas as direções, ou seja, a pressão aplicada em um ponto de um fluido incompressível em repouso transmite-se integralmente para todos os demais pontos do fluido.

Essa lei trouxe implicações práticas, como o desenvolvimento das prensas hidráulicas, utilizadas para elevação de automóveis.

Elevador hidráulico para automóveis, baseado na lei de Pascal



O teorema de Stevin, também conhecido como teorema fundamental da hidrostática, publicado em 1586, pelo físico flamengo Simão Stevin, enuncia que a diferença de pressões entre dois pontos da massa de um líquido em equilíbrio é igual à diferença da profundidade, multiplicada pelo peso específico do líquido.



Matematicamente, esse enunciado pode ser descrito conforme a equação que segue:

$$\Delta P = \gamma \cdot \Delta h$$

Em que, no SI:

ΔP = pressão, em Pa (N/m²);

γ = peso específico do fluido (N);

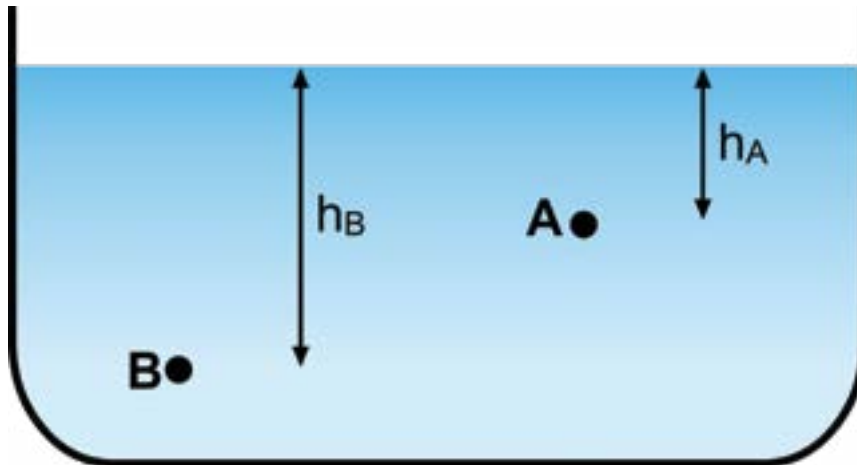
Δh = diferença de profundidade ou altura (m²).

Conforme visto no teorema de Stevin, altura e pressão mantêm uma relação constante para o mesmo fluido, podendo-se expressar, então, essa pressão em unidade de comprimento, conforme demonstrado na seguinte equação:

$$\frac{P}{\gamma} = h$$

A altura h , quando multiplicada pelo peso específico do fluido, representa a pressão em um determinado ponto, denominado carga de pressão. Para facilitar o entendimento, pode-se usar como exemplo um recipiente, para o qual são aplicados esses conceitos.

Pontos A e B no interior de um recipiente aberto com diferentes cargas de pressão

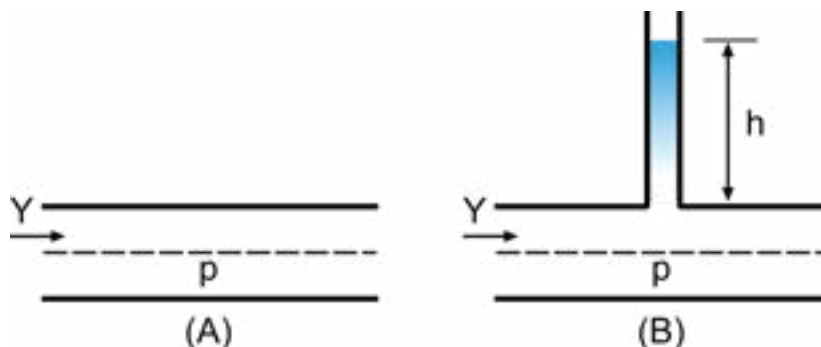


Assim, a pressão no ponto A será $p_A = \gamma \cdot h_A$. Logo, a sua carga de pressão será h_A , o que também ocorrerá com o ponto B.

Será que esse conceito de carga de pressão é válido somente para recipientes? Como seria a sua utilização e interpretação em uma tubulação?

Vamos utilizar como exemplo um tubo por onde escoar um fluido de peso específico γ e pressão p , supondo que a pressão desse fluido em todos os pontos da seção transversal seja semelhante.

(A) Tubo sem abertura do orifício e (B) com abertura do orifício e tubo vertical



Caso seja aberto um orifício em uma determinada seção desse tubo, verifica-se que um jato de líquido será lançado para cima, considerando que a pressão no seu interior seja maior que a pressão externa. Se ainda pudermos canalizar esse jato em um tubo de vidro, vamos verificar que o líquido subirá até uma certa altura h . Esse líquido no interior da coluna atingirá o seu repouso quando sua pressão for equilibrada com a pressão p do condutor, ou seja:

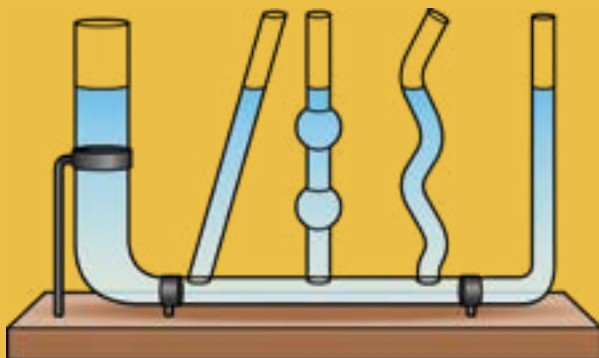
$$P_{\text{conduto}} = \gamma_{\text{fluido}} \times H_{\text{coluna}}$$

Percebe-se, então, que o h da coluna de fluido é exatamente a carga de pressão de p no interior do conduto. Logo, pode-se dizer que a carga de pressão é a altura à qual pode ser elevada uma coluna de fluido por uma pressão p , sendo possível, assim, associar uma coluna h de fluido a uma pressão p , descrita por γh . O inverso também é válido, pois uma determinada pressão p pode-se associar a uma altura h de fluido, dado por $\frac{p}{\gamma}$, denominada carga de pressão.



Saiba mais

Uma das aplicações do teorema de Stevin são os vasos comunicantes. Quando um líquido é colocado em recipientes de formatos e capacidades diferentes, mas interligados na sua base por um conduto, no momento em que é estabelecido o equilíbrio, a altura desse líquido será a mesma em todos os recipientes. Isso ocorre devido ao fato de que a pressão exercida por um líquido só depende da altura da coluna do próprio líquido. Se as alturas forem diferentes, consequentemente as pressões também serão diferentes, gerando o desequilíbrio.

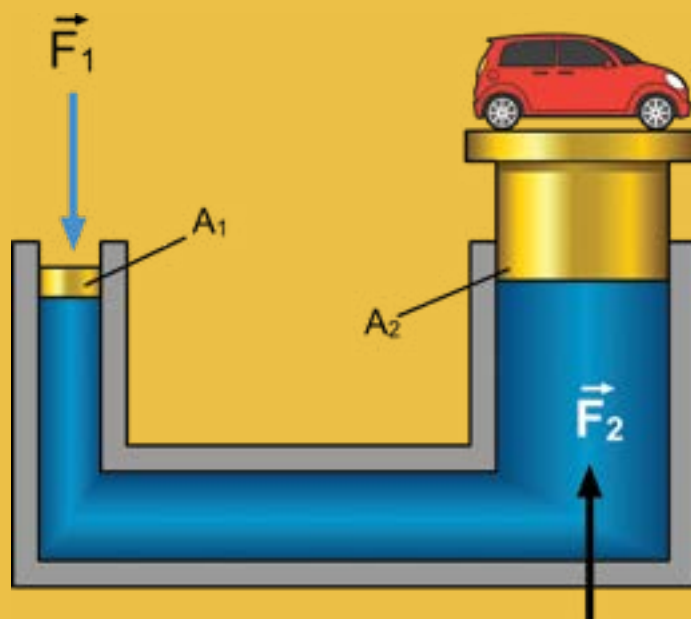


Na figura ao lado, veem-se vasos comunicantes, nos quais a altura do líquido é igual em todos os tubos verticais, independentemente do seu formato.



Canalizando o conhecimento

Observe novamente a figura do elevador hidráulico para automóveis. Vamos considerar que o fluido no interior do elevador seja incompressível e que a aceleração da gravidade seja de 10 m/s^2 . Considere, ainda, que as áreas das seções transversais A_1 e A_2 sejam, respectivamente, $0,5 \text{ m}^2$ e $1,0 \text{ m}^2$. Qual será a força F_1 , no SI, necessária para elevar o automóvel localizado na outra extremidade, levando em conta que ele possui uma massa de 100 kg ?



- a) $F_1 = 500 \text{ N}$.
- b) $F_1 = 20 \text{ N}$.
- c) $F_1 = 1.000 \text{ N}$.
- d) $F_1 = 100 \text{ N}$.

Comentário: se você chegou ao resultado da letra “a”, está correto! Considerando que o peso do automóvel é a sua massa sob a ação da gravidade, ou seja, $p = m \times g$ (conforme desenvolvimento da equação 1), então $p = 100\text{kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.000\text{N}$, que também é equivalente à força F_2 aplicada na seção A_2 . Assim, aplicando a lei de Pascal, pode-se concluir, conforme a equação 4, que:

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{0,5\text{m}^2} = \frac{1000 \text{ N}}{1,0\text{m}^2} \Rightarrow F_1 = \frac{1.000\text{N} \times 0,5\text{m}^2}{1,0\text{m}^2} = 500\text{N}$$

Portanto, a força aplicada na seção transversal A_1 é igual a 500 N , ou seja, menor do que o peso do automóvel (1.000 N) situado na outra extremidade do elevador hidráulico!

1.4 Hidrodinâmica: vazão e tipos de escoamentos

Conforme visto anteriormente, a hidrodinâmica é o estudo do movimento dos fluidos, considerando-os sempre como fluidos ideais.

Denomina-se vazão ou descarga o volume de um fluido que atravessa uma determinada seção em uma unidade de tempo. Comumente, a vazão é expressa em m^3/s ou em outras unidades múltiplas ou submúltiplas, como litros por segundo ou litros por hora, como mostra a equação a seguir.

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

Em que, no SI:

Q = vazão, em m^3/s ;

V = volume do fluido, em m^3 ;

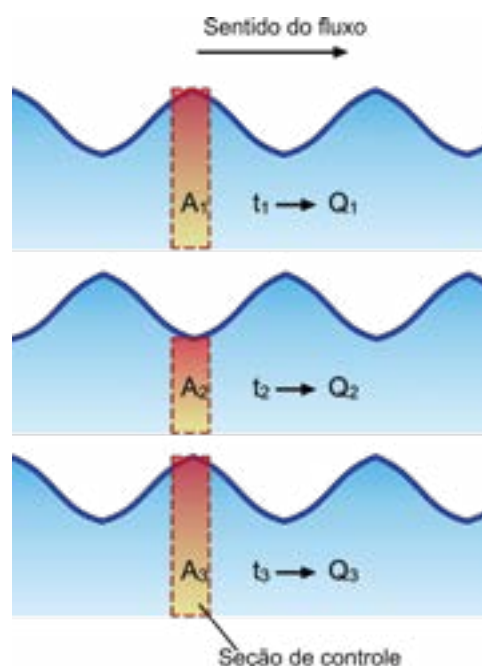
A = área da seção transversal ao escoamento, em m^2 .

Dentro do contexto da hidráulica, os escoamentos recebem diversas conceituações de acordo com suas características. Sendo assim, a seguir serão apresentados alguns tipos de escoamentos que são normalmente verificados.

a) Escoamento não permanente

O escoamento não permanente ocorre quando a vazão, em uma mesma seção, varia em diferentes medidas de tempo, ou seja, no instante t_1 , tem-se a vazão Q_1 ; e, no instante t_2 , tem-se uma nova vazão Q_2 , diferente de Q_1 . Um exemplo desse tipo de escoamento são as ondas de cheia que ocorrem em rios, que variam no tempo em uma mesma seção. Esse tipo de escoamento também pode ser caracterizado pela sua variabilidade na velocidade.

Variação da vazão (Q) ao longo do tempo (t) em uma seção de área (A) em escoamentos não permanentes



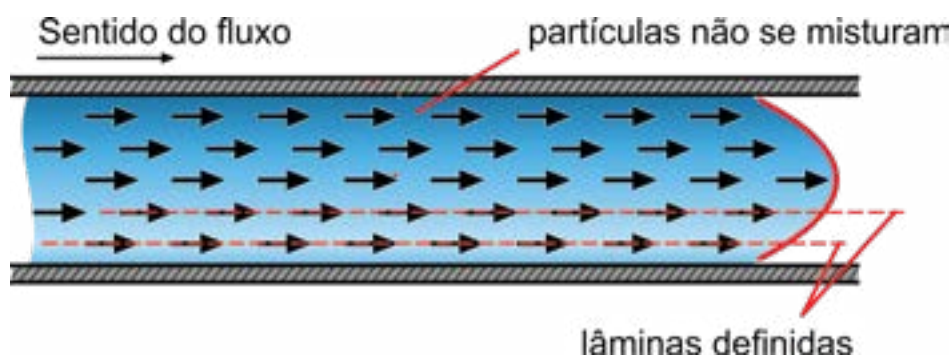
b) Escoamento permanente

O escoamento permanente, por sua vez, ocorre quando a vazão, em uma mesma seção, permanece inalterada com o passar do tempo, tendo, portanto, a mesma velocidade em qualquer medição. Logo, as características de força, velocidade e pressão são função exclusiva do ponto e independem do tempo. Esse tipo de escoamento ainda pode ser uniforme, quando a velocidade média do fluxo ao longo do percurso é constante e variada, ou quando a velocidade varia ao longo do percurso, o que pode tornar o escoamento acelerado ou retardado.

c) Escoamento laminar

Outro tipo de escoamento é o laminar, verificado quando as partículas que compõem o fluido se movem ao longo de trajetórias bem definidas, constituindo lâminas ou camadas, situação na qual cada uma delas preserva sua identidade no meio. Nesse caso, as partículas não se misturam entre si, formando camadas fluidicas bem definidas, quase paralelas. Nesse tipo de escoamento, a ação da viscosidade do fluido é preponderante, amortecendo a tendência de surgimento de turbulência que, caso apareçam, são rapidamente amortecidas. Em geral, esse tipo de escoamento ocorre em baixas velocidades ou em fluidos muito viscosos.

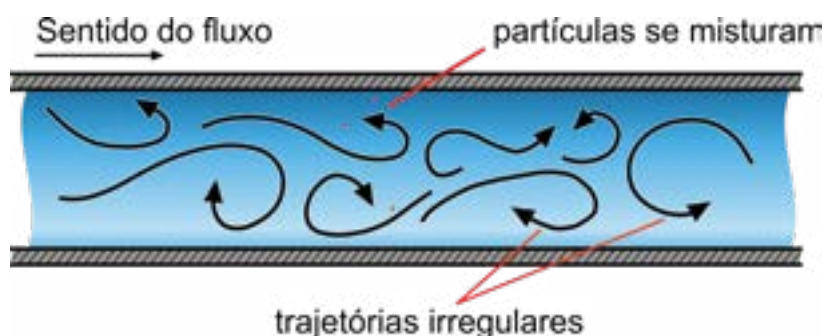
Esquema de escoamento tipo laminar



d) Escoamento turbulento

O escoamento turbulento, no caso da hidráulica, é o escoamento mais comum, pois a água possui viscosidade baixa. Nesse caso, as partículas movem-se em trajetórias irregulares, com movimentos aleatórios e de difícil caracterização. O movimento aleatório e sem padrão definido provoca a mistura das diversas porções do fluido. Nesse escoamento, há o predomínio das forças inerciais em relação às forças de viscosidade, resultando na falta de amortecimento das perturbações, que se propagam no interior do fluido em escoamento. Como já dito, este tipo de escoamento é o mais comum, ocorrendo, ainda, maiores perdas de energia em relação ao escoamento laminar, devido ao aparecimento de maiores tensões cisalhantes.

Esquema de escoamento tipo turbulento



Os escoamentos laminares e turbulentos podem ser determinados segundo o número de Reynolds, que é um número adimensional no qual as forças de inércia se relacionam com as forças de viscosidade que atuam sobre um fluido em escoamento.

Realizando diversos experimentos, Reynolds verificou que, além da velocidade, o diâmetro da tubulação e o fluido escoante também são importantes para caracterizar o regime de escoamento, chegando à seguinte equação:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Em que, no SI:

R_e = número de Reynolds, adimensional;

ρ = massa específica do fluido, em kg/m^3 ;

v = velocidade do escoamento, em m/s ;

D = diâmetro da tubulação, em m ;

μ = viscosidade dinâmica do fluido, em m^2/s .

O número de Reynolds (R_e) pode, ainda, ser assim classificado:

- se $R_e < 2.000$ = o regime de escoamento é considerado laminar;
- se $2.000 < R_e < 4.000$ = o regime de escoamento é considerado de transição;
- se $R_e > 4.000$ = o regime de escoamento é considerado turbulento.

e) Escoamentos de superfície livre

Há, ainda, casos de escoamentos classificados como de superfície livre ou simplesmente livre, nos quais o líquido escoado encontra-se sempre em contato com a atmosfera, independente da sua seção transversal. Este é o caso de escoamento em rios, córregos, canais ou canaletas. Este tipo de escoamento ocorre principalmente sob ação da gravidade.

Exemplo de escoamento livre



f) Escoamento em pressão

No interior de tubulações, podem ocorrer também os escoamentos em pressão ou forçados, que ocupam integralmente sua área geométrica, não havendo contato com o meio externo. A pressão exercida pelo líquido sobre a parede da tubulação é diferente da pressão atmosférica. Tal escoamento ocorre pela ação da gravidade ou por bombeamento hidráulico.

Canalizando o conhecimento

Sobre o número de Reynolds, qual das alternativas abaixo você acha que responde ao enunciado proposto?

Qual o tipo de escoamento que está ocorrendo em uma tubulação com diâmetro de 10 cm, que escoar a uma velocidade de 0,05 m/s? E qual é o seu número de Reynolds? Considere a viscosidade dinâmica da água $\mu = 1,003 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$ e $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$.

- a) Turbulento e $R_e = 4.985$.
- b) Laminar e $R_e = 4.985$.
- c) Laminar e $R_e = 498.504$.
- d) Transição e $R_e = 4.985$.

Comentário: se você chegou ao resultado da letra "a", está correto! Primeiramente, devemos calcular o número de Reynolds para definir o tipo de escoamento, substituindo as variáveis, nas unidades do SI, na equação 8, apresentada anteriormente:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,05 \text{ m/s} \cdot 0,10 \text{ m}}{1,003 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 4.985$$

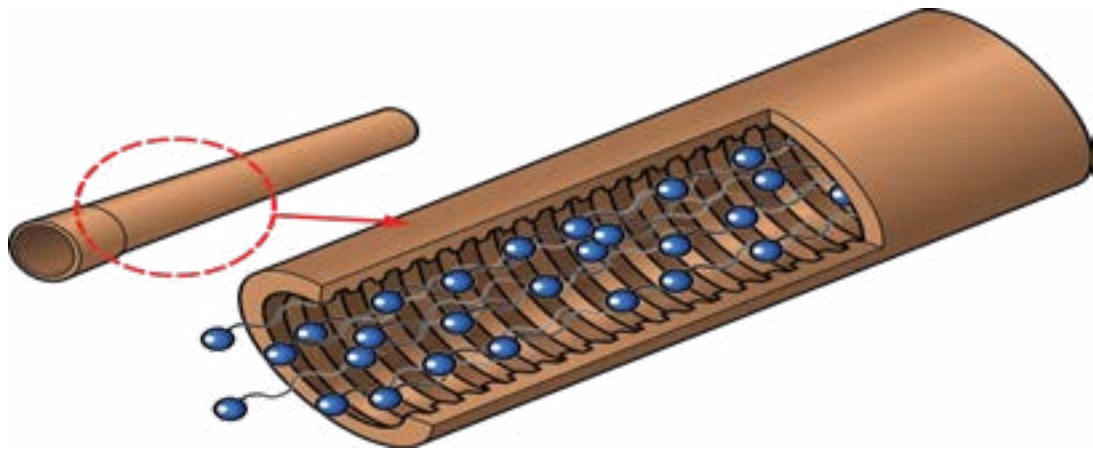
Como $R_e = 4.985 > 4.000$, então o escoamento é do tipo turbulento.

1.5 Perda de carga em tubulações: linha de carga e linha piezométrica

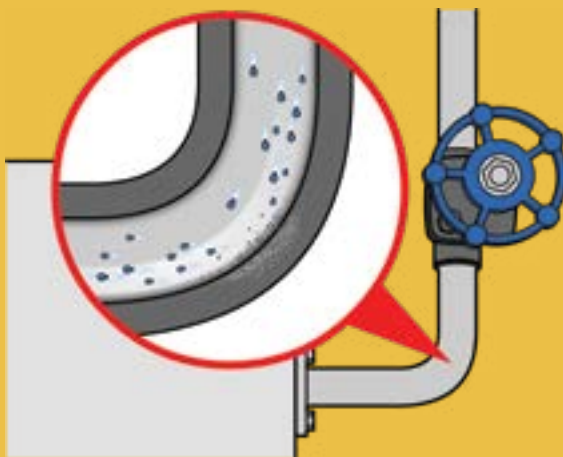
A perda de carga pode ser definida como a energia dissipada em forma de calor, que ocorre durante o atrito do fluido com a parede da tubulação, podendo ser classificada em: perda de carga contínua (ou distribuída) ou perda de carga localizada.

As perdas de cargas contínuas devem ser consideradas quando ocorrem sob condições de regime permanente, com fluidos incompressíveis, ao longo de condutos longos e de seção transversal constante. As velocidades devem ser as mesmas em cada seção de análise, considerando-se um regime dinamicamente estabelecido, com rugosidade uniforme, além de um trecho sem máquinas.

Detalhe do escoamento no interior de uma tubulação de seção transversal constante com perda de carga contínua



Saiba mais

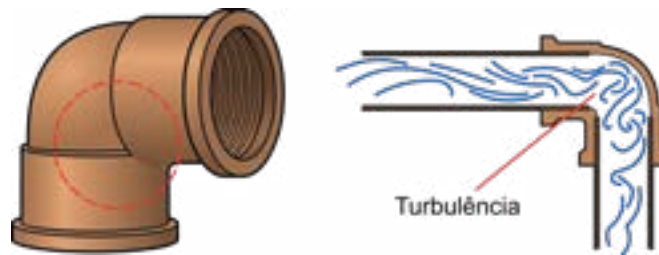


Desde o século XVIII, o comportamento dos fluidos tem sido estudado pelos hidráulicos. Darcy, hidráulico suíço, e demais pesquisadores chegaram à conclusão de que a perda de carga ao longo de tubulações era:

1. relacionada diretamente ao comprimento da tubulação;
2. inversamente proporcional a uma potência do diâmetro;
3. indiferente ao sentido do escoamento e da posição da tubulação;
4. variável, de acordo com a rugosidade das paredes, no caso de regimes turbulentos;
5. não relacionada com a pressão de escoamento do líquido.

Já as perdas de cargas localizadas ocorrem em certos pontos específicos da tubulação, normalmente em derivações, ampliações ou restrições, curvas, etc. Esses pontos podem ser válvulas, registros, entre outras peças, ou ainda, eventualmente, máquinas hidráulicas, como as bombas. A presença dessas peças especiais pode ocorrer em função do próprio tipo de sistema instalado, colaborando para que existam alterações de módulo ou direção da velocidade média e da pressão pontual. Vale destacar que tais perdas devem ser acrescidas às perdas contínuas.

Detalhe do escoamento no interior de um joelho 90° de PVC soldável com perda de carga localizada



Partindo de um plano horizontal definido (que pode ser o centro da tubulação), podem-se definir as linhas de carga (ou de energia) e as linhas piezométricas.

A linha piezométrica é formada pelos pontos distantes de P/γ (expressa em altura de líquido) acima do centro da tubulação analisada, a uma distância igual à pressão existente, podendo também ser denominada de gradiente hidráulico. Como exemplo, cita-se que um líquido no interior de um piezômetro instalado neste ponto se elevaria até a linha piezométrica.

A linha de carga (ou de energia) representa a energia total do fluido, sendo formada pelos pontos distantes de $V^2/2g$ acima da linha piezométrica, ou seja, à distância de $P/\gamma + V^2/2g$ acima do centro da tubulação. Para velocidades constantes, a linha de carga é paralela à linha piezométrica.

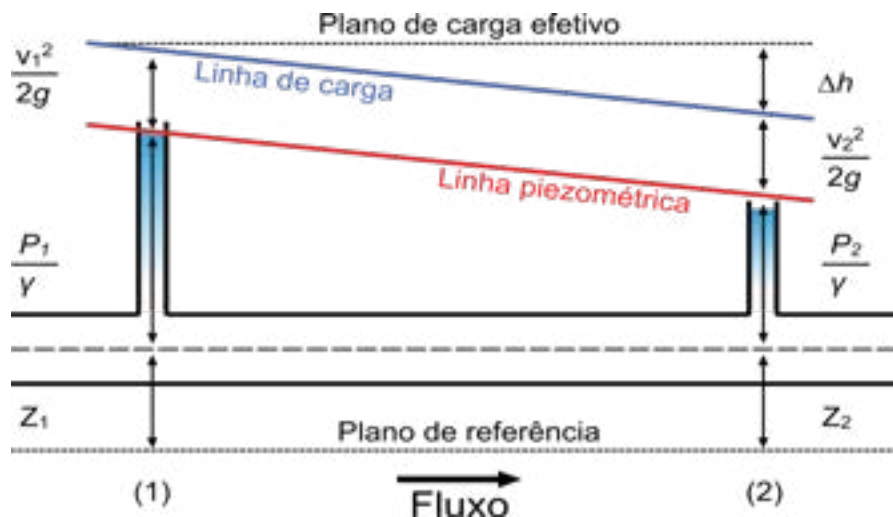
Tanto a linha piezométrica como a linha de carga inclinam-se para baixo, na direção do escoamento no interior da tubulação, como consequência da perda de carga distribuída (Δh) no interior do tubo que, conforme a velocidade do escoamento, se aproxima de zero, e ambas as linhas tendem a se aproximar.

Importante

Somente ocorrerá uma mudança súbita nestas linhas caso haja uma perda causada por mudança repentina de geometria da seção ou perda de carga localizada. Outra forma de mudança súbita seria quando energia útil é adicionada ao fluido, como na instalação de uma bomba hidráulica, ou uma queda, quando energia é extraída, tal qual ocorre com a instalação de uma turbina.



Escoamento de um fluido no interior de uma tubulação e suas linhas piezométrica e de carga



O teorema de Bernoulli enuncia que ao longo de qualquer linha de corrente, é constante a soma das energias cinética ($\frac{v^2}{2g}$), piezométrica ($\frac{p}{\gamma}$) e potencial (z). Na equação de Bernoulli, são consideradas as seguintes hipóteses:

- o fluido não tem viscosidade, ou seja, sem perdas por atrito;
- o regime é permanente;
- o escoamento se dá ao longo de um tubo;
- o fluido é incompressível.

Assim, podemos dizer que a energia no ponto 1 (E_1) da figura 16 é igual à energia do ponto 2 acrescida da perda de carga ($E_1 + \Delta h$), porém, considerando essa perda de carga desprezível, pode-se escrever:

$$E_1 = E_2 + \Delta h$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 = \text{constante}$$

Uma utilização prática para a equação de Bernoulli é quando se deseja calcular a carga total em uma determinada seção no escoamento por uma canalização. Se o líquido for considerado ideal, ou seja, sem atrito, a carga ou energia total permanece constante em todas as seções, não havendo mudanças. Assim, as linhas piezométricas e de carga não terão inclinações entre as seções.

Porém, se o líquido é real, para que ele se desloque de uma seção 1 para uma seção 2, o líquido consumirá energia para superar as resistências ao escoamento entre essas seções. Assim, a carga total na seção 2 será menor do que na seção 1, e essa diferença é justamente a energia dissipada na forma de calor, conforme citado anteriormente. Como essa energia dissipada não tem utilidade para o escoamento, considera-se que essa parcela é a perda de carga ou a perda de energia; ou, ainda, Δh .

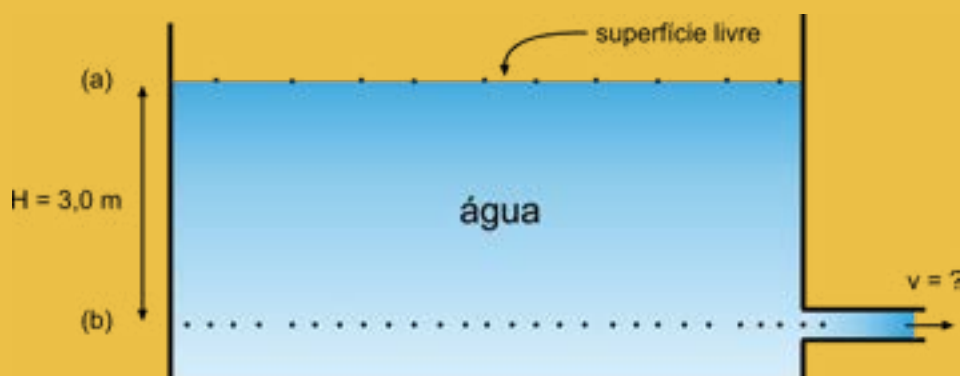


Canalizando o conhecimento

Em um reservatório preenchido com água, qual a velocidade de saída deste fluido através de um orifício localizado na parte inferior do reservatório?

Considere que o desnível entre o furo e a superfície livre é de 3,0 m.

Dados: $\rho_{\text{água}} = 1.000\text{kg/m}^3$ e $g = 10\text{m/s}^2$.



- a) 9,00 m/s.
- b) 10,0 m/s.
- c) 0,00 m/s.
- d) 7,75 m/s.

Comentário: se você conseguiu chegar ao resultado da letra "d", está correto! Primeiro, vamos descrever novamente o teorema de Bernoulli:

$$\frac{v_a^2}{2g} + \frac{P_a}{\gamma} + Z_a = \frac{v_b^2}{2g} + \frac{P_b}{\gamma} + Z_b$$

Considerando o plano que passa pelo ponto (b) como referência, e que a pressão atuante sobre o líquido, tanto na superfície como na saída do reservatório, é a pressão atmosférica, teremos:

$$\frac{v_a^2}{2g} + \frac{P_{atm}}{\gamma} + Z_a = \frac{v_b^2}{2g} + \frac{P_{atm}}{\gamma} + 0$$

Ainda, considerando-se que a velocidade no ponto (a) é igual a zero, tem-se:

$$0 + 3,0 = \frac{v_b^2}{2g} \rightarrow v_b^2 = 2 \cdot g \cdot 3,0\text{m} = 2 \cdot 10\text{m/s}^2 \cdot 3,0\text{m}$$

$$v_b = \sqrt{2 \cdot 10\text{m/s}^2 \cdot 3,0\text{m}} = 7,75\text{m/s}$$

Portanto, a velocidade de saída no orifício é de 7,75 m/s.

Resumindo

Nesta primeira parte do estudo, você aprendeu alguns conceitos básicos de hidráulica, bem como a simbologia usualmente adotada no Sistema Internacional e as propriedades dos líquidos e gases. Avançando no campo da hidráulica, vimos os conceitos da hidrostática (pressão e carga), além de assuntos referentes à hidrodinâmica, como vazão e tipos de escoamento. Completando a série de tópicos básicos para os estudos sobre instalações hidrossanitárias, estudamos os temas de perda de carga em tubulações, além de linhas de carga e linhas piezométricas.

Veja se você se sente apto a:

- distinguir os conceitos básicos da hidráulica;
- diferenciar as propriedades dos fluidos apresentadas;
- discernir os conceitos de hidrostática e hidrodinâmica;
- detectar a ocorrência de perdas de carga em tubulações, sejam elas distribuídas ou localizadas;
- aplicar os conceitos de linha de carga e linha piezométrica ao longo de diferentes pontos de tubulações.



Parabéns, você finalizou esta lição!

Agora responda às questões ao lado.

Exercícios

Questão 1 – Qual a diferença entre hidrostática e hidrodinâmica?

- a) Não há diferenças, pois ambos estudam os mesmos princípios físicos.
- b) A hidrostática estuda os fluidos adimensionais, enquanto a hidrodinâmica estuda fluidos que podem ser representados pelo SI.
- c) A hidrostática estuda os líquidos e gases em repouso, enquanto a hidrodinâmica estuda os líquidos e os gases em movimento.
- d) A hidrostática estuda um único fluido, enquanto a hidrodinâmica estuda diversos fluidos.

Questão 2 – Marque a alternativa que cita exemplos de áreas de aplicação da hidráulica aplicada ou hidrotécnica.

- a) Instalações prediais, urbana e rural.
- b) Urbana, rural e subterrânea.
- c) Instalações prediais, rural e aérea.
- d) Rural, aérea e escoamento de canais.

Questão 3 – Sobre o Sistema Internacional de Unidades, marque a alternativa correta.

- a) As grandezas de base são o comprimento, a massa, a temperatura, o tempo, a corrente elétrica, a quantidade de substância, a intensidade luminosa, o ângulo plano e o ângulo sólido.
- b) As unidades das grandezas de base não podem ser classificadas dentro do Sistema Internacional de Unidades.
- c) A unidade de intensidade luminosa é o kelvin, cujo símbolo é a letra K.
- d) A unidade de massa específica é o N/m^3 , que está relacionado com as unidades fundamentais de massa, comprimento e tempo.

Questão 4 – Sobre as grandezas derivadas do Sistema Internacional de Unidades, marque a alternativa correta.

- a) A representação dimensional da massa específica é M/L^2T^2 .
- b) A grandeza pressão, expressa pela unidade N/m^2 , tem relação dimensional M/LT^2 .
- c) Newton é a unidade de medida da grandeza pressão, com relação dimensional ML/T^2 .
- d) A viscosidade dinâmica é uma grandeza adimensional, ou seja, não possui unidade.

Questão 5 – Se 2.000 kg de massa de um líquido qualquer ocupa um volume de 10 m^3 , qual a sua massa específica e o seu peso específico, expressos em unidades do SI? Considere a aceleração da gravidade (g) como 10 m/s^2 .

- a) $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 200 \text{ N/m}^3$.
- b) $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 2000 \text{ N/m}^3$.
- c) $\rho = 2,00 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 20 \text{ N/m}^3$.
- d) $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$ e $\gamma = 2000 \text{ N/m}^3$.

Questão 6 – Qual é a massa de um determinado líquido que possui massa específica $\rho = 730 \text{ kg/m}^3$, inserido completamente em um reservatório cilíndrico com diâmetro de base igual a 1,0 m e altura de 3,0 m?

- a) 1.146 kg.
- b) 6.880 kg.
- c) 172 kg.
- d) 1.720 kg.

Questão 7 – Sobre a propriedade de viscosidade dos fluidos, assinale a alternativa correta.

- a) É a propriedade dos fluidos de resistirem às forças de tração.
- b) É a propriedade dos fluidos de resistirem ao cisalhamento.
- c) É a propriedade dos fluidos de resistirem à coesão.
- d) É a capacidade de atração entre as moléculas do fluido e das paredes do canal.

Questão 8 – Sobre as propriedades de coesão e adesão dos fluidos, pode-se afirmar que:

- a) na coesão, a atração ocorre entre moléculas de materiais diferentes, enquanto na adesão a atração ocorre entre moléculas do próprio fluido.
- b) a coesão é a propriedade dos fluidos de resistirem à tração, enquanto na adesão tem-se a propriedade de atração entre moléculas do próprio fluido.
- c) adesão e coesão são propriedades similares, nas quais atuam as mesmas forças, independentemente do material com o qual estejam em contato.
- d) na coesão, a atração ocorre entre moléculas do próprio fluido, enquanto na adesão a atração ocorre entre moléculas de materiais diferentes.

Questão 9 – A capacidade de redução de volume, quando submetido à ação de forças externas, é uma característica de líquidos que possuem a propriedade de:

- a) elasticidade.
- b) adesão.
- c) compressibilidade.
- d) coesão.

Questão 10 – O estudo das forças atuantes em um corpo sólido, no interior de um tanque preenchido por um determinado líquido, em situação de repouso, faz parte de qual área da hidráulica?

- a) Hidrostática.
- b) Hidrodinâmica.
- c) Hidrologia.
- d) Estática.