

HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM 2023

**INTRODUÇÃO
SISTEMAS DE UNIDADES
PROPRIEDADES FÍSICAS DO FLUIDO**

Profa. Tamara Gomes

ZEA 1037 – HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

A Disciplina

Carga Horária Total: 60h

Conteúdo:

- Apresentação dos conceitos fundamentais sobre o escoamento de água em condutos forçados e livres.
- Condutos para transporte hidráulico de água através de bombeamento e pela ação da gravidade, considerando as questões referentes a perda de carga (energia) durante o escoamento, velocidade e pressões limites. Em instalações de recalque, o aluno deverá saber escolher o conjunto de bombeamento adequado e dimensionar a instalação considerando as questões referentes a vazão, a pressão, altura da canalização de sucção , etc.

ZEA 1037 – HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

A Disciplina

Conteúdo:

- Na parte de canais serão apresentados os conceitos fundamentais sobre o escoamento.
- Fornecer conceitos fundamentais e básicos sobre projeto de diferentes técnicas de irrigação e sobre manejo da água, de modo que possam adquirir conhecimentos sobre princípios de operação desses sistemas e reconhecer os benefícios e os possíveis impactos ambientais e socioeconômicos do uso da tecnologia de irrigação.
- Projetar o espaçamento e profundidade dos drenos para um sistema de drenagem que proporcione a remoção do excesso de água e sais do solo a uma razão que permita o crescimento adequado das culturas.

ZEA 1037 – HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

A Disciplina

Método:

- Aulas teóricas e expositivas, com resoluções de exercícios, aula prática em laboratório e visita técnica.

Critério de Avaliação:

- Duas provas com peso de 40% cada, resolução de exercícios, relatórios de aula prática e visita técnica, com peso de 20%.

Norma de Recuperação:

- Provas escritas no período a ser estipulado pela CG

ZEA 1037 – HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

A Disciplina

Plataforma Moodle

- Acesso por <https://edisciplinas.usp.br>, login: Número USP; Senha: Sistema USP

Proposição de exercícios:

- Restrição de tempo para resolução e tentativas.

ZEA 1037 – HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

A Disciplina

Bibliografia

- AZEVEDO NETO, J. M. et al. Manual de Hidráulica. 8ª edição, E. Edgard Blücher. São Paulo. 1998.
- BERNARD, S, et al. Manual de irrigação. Viçosa: UFV, 2006, 625 p.
- CRUCIANI, D. E. A drenagem na agricultura. São Paulo: Nobel, 4 edição, 1987, 337 p.
- MIRANDA, J. H. (Org.); PIRES, Regina Célia de Matos (Org.). Irrigação - Volume 1. 1. ed. Jaboticabal-SP: FUNEPE, 2003. v. 1. 410 p.
- MIRANDA, J. H. (Org.) ; PIRES, Regina Célia de Matos (Org.) . Irrigação - Volume 2. 1. ed. Jaboticabal-SP: FUNEPE, 2003. v. 2. 703 p.

CRONOGRAMA

DATA	ATIVIDADE
14/03	Apresentação da disciplina, sistemas de unidade, propriedades físicas.
21/03	Hidrostática
28/03	Hidrodinâmica
11/04	Conduitos forçados
18/04	Conduitos Livres e Hidrometria
25/04	Sistema de bombeamento
02/05	Aula Prática -Turma I e II
09/05	Aula Prática -Turma III e IV
16/05	1º Prova
23/05	Necessidade Hídrica das Culturas/Irrigação por aspersão
30/05	Irrigação por aspersão
06/06	Visita NaanDanJain Turma I
13/06	Visita Técnica NaanDanJain Turma II
20/06	Irrigação Localizada
27/06	Irrigação por superfície e Drenagem Agrícola
04/07	2º Prova

ZEA 1037 – HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

O Engenheiro de Biosistemas frente aos Recursos Hídricos

O profissional desta área além de dominar as técnicas de hidráulica, engenharia de irrigação e drenagem tem que se destacar por atuar de forma a preservar todos os ecossistemas aquáticos.

O resultado deve ser uma interface biológica (plantas, animais, solo e água) e física (máquinas, mecanismos, processos).

A atuação será na criação e administração de sistemas agrícolas e biológicos produtivos e sustentáveis.

RECURSOS HÍDRICOS - CONTEXTO

85 % da população mundial encontra-se na metade mais seca do planeta;

783 milhões de pessoas não tem acesso à água potável;

2,5 bilhões de pessoas não tem acesso a saneamento adequado.

RECURSOS HÍDRICOS - BRASIL

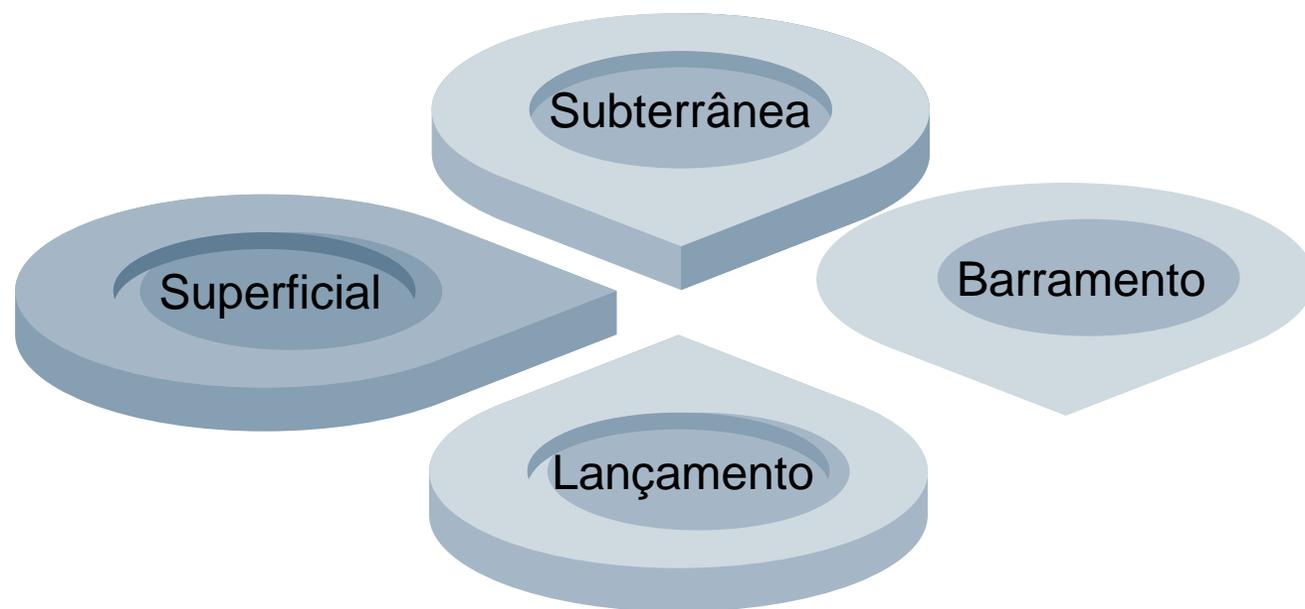


Fonte: ANA, 2016

RECURSOS HÍDRICOS - OUTORGA

Direito do Uso da Água

Qualquer interferência nos recursos hídricos é necessária a **solicitação de outorga**



Ano 2014 – Seca Estado de São Paulo



Reservatório Cantareira

Ano 2015 – Rompimento de Barragem



Município de Mariana/MG

Ano 2019 – Rompimento de Barragem



Município de Brumadinho/MG

Ano 2020 – Enchente Rio Tietê



Ano 2022 – Enchente e Deslizamento Petrópolis



Petrópolis/RJ

Ano 2023 – Chuva Litoral Norte de São Paulo

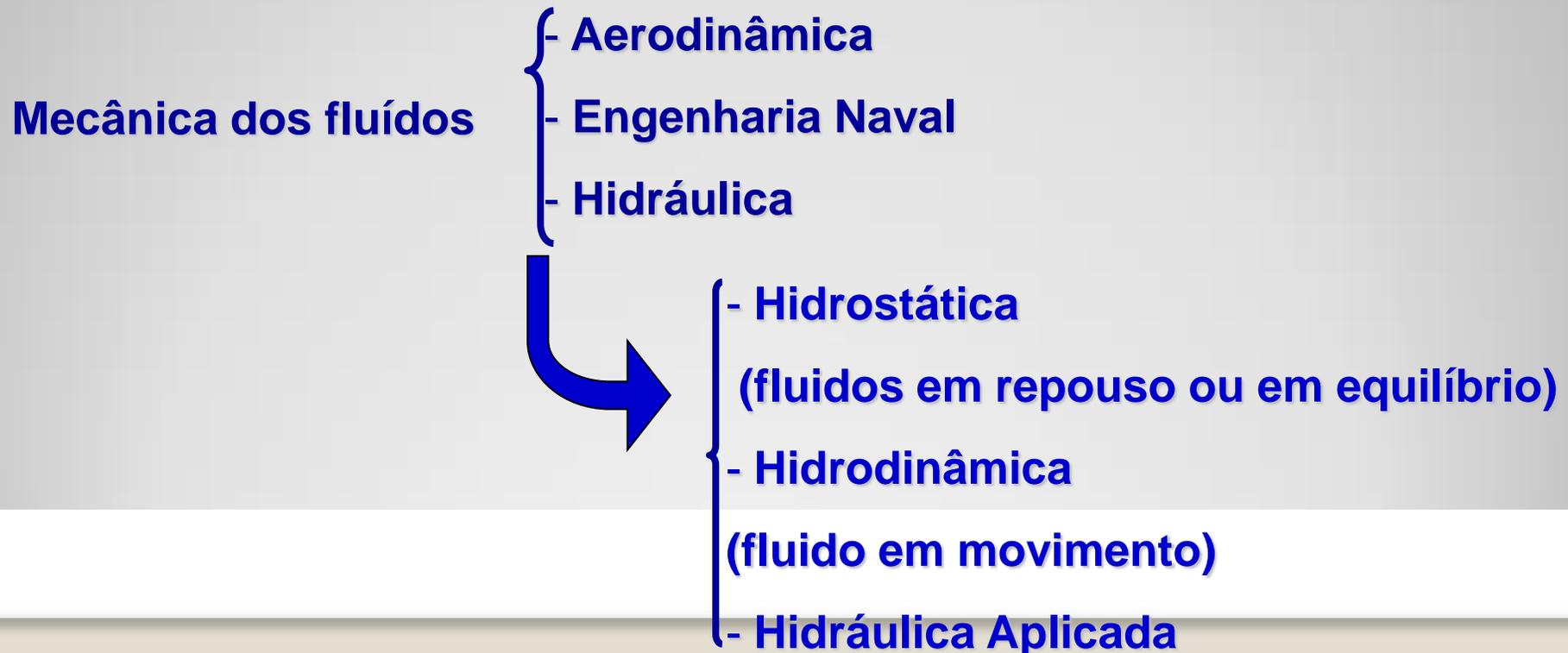


Litoral Norte de São Paulo

HIDRÁULICA

A Hidráulica é estudo do comportamento da água e de outros líquidos, quer em repouso ou em movimento.

A Hidráulica Aplicada é a aplicação dos conhecimentos da mecânica dos fluidos e da observação criteriosa dos fenômenos relacionados à água.



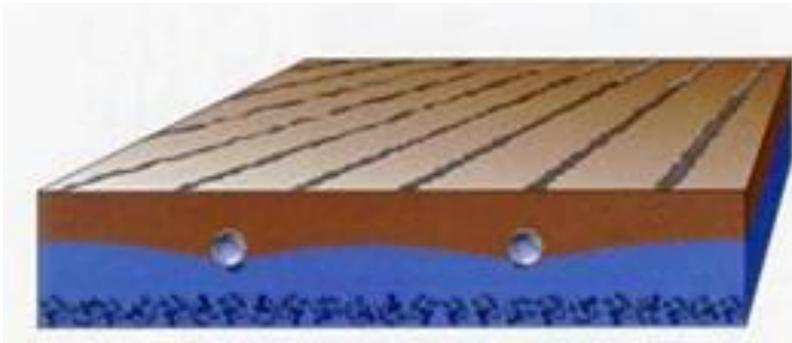
APLICAÇÃO DA HIDRÁULICA:

- Irrigação:

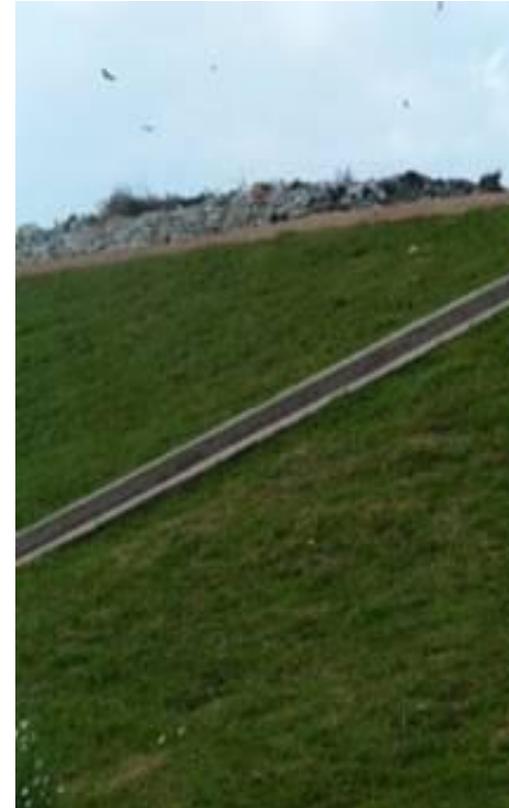


APLICAÇÃO DA HIDRÁULICA:

▪ Drenagem



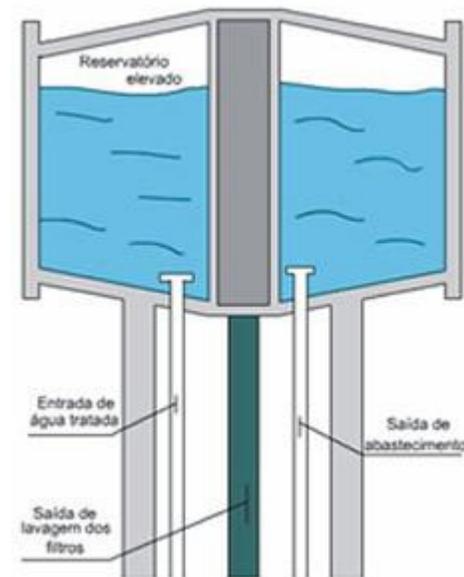
Drenos subterrâneos



Drenos de superfície

APLICAÇÃO DA HIDRÁULICA:

▪ Abastecimento (redes)



APLICAÇÃO DA HIDRÁULICA:

- Defesa contra inundação



- Conservação de solo



GRANDEZAS FÍSICAS

O estudo dos fluidos na disciplina de Hidráulica envolve variedades de características, obrigando-nos a descrevê-los de modo qualitativo e quantitativo.

***A descrição qualitativa* identifica a natureza ou tipo:**

- **velocidade;**
- **área;**
- **comprimento;**
- **calor, etc.**

***A descrição quantitativa* identifica a quantidade mensurável da natureza ou tipo:**

- **segundos;**
- **metro;**
- **quilogramas;**
- **joule;**
- **lumens, etc.**

SISTEMAS DE UNIDADES

Sistema	Grandezas fundamentais		Unidades de medida	
		Símbolo	c.g.s	m.kg.s
Absoluto ou MLT	Comprimento	L	centímetro	metro
	Massa	M	grama	quilograma
	Tempo	T	segundo	segundo
		Símbolo	c.gf.s	m.kgf.s
Técnico ou FLT	Comprimento	L	centímetro	metro
	Força	F	Grama força	Quilograma força
	Tempo	T	segundo	segundo

SISTEMAS DE UNIDADES

EXEMPLOS:

- **Sistema internacional (SI) ou MKS :**
 - **Unidade de comprimento: metro.**
 - **Unidade de massa: quilograma.**
 - **Unidade de tempo: segundo.**
 - **Unidade de força: newton.**
- **Sistema CGS:**
 - **Unidade de comprimento: centímetro.**
 - **Unidade de massa: grama.**
 - **Unidade de tempo: segundo.**
 - **Unidade de força: dina.**
- **Sistema MK*S (Técnico):**
 - **Unidade de comprimento: centímetro.**
 - **Unidade de massa: grama.**
 - **Unidade de tempo: segundo.**
 - **Unidade de força: UTM (UNIDADE TÉCNICA DE MASSA).**

$$1 \text{ UTM} = 9,81 \text{ kgf}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N}$$

SISTEMAS DE UNIDADES

O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

- ✓ Oficialmente adotado na maior parte dos países do mundo.
- ✓ Adotado legalmente no Brasil a partir de 1962.
Ratificado pela Resolução nº 12 de 1988 do Conmetro Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

- SISTEMA INTERNACIONAL (SI) ou MKS:

- Unidade de comprimento: metro.
- Unidade de massa: quilograma.
- Unidade de tempo: segundo.
- Unidade de força: newton.

SISTEMAS DE UNIDADES

O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI):

Unidades Suplementares do SI:

Grandeza	unidade		unidades de base
	nome	símbolo	
Frequência	hertz	Hz	s^{-1}
Força	newton	N	$m\ kg\ s^{-2}$
Pressão	pascal	Pa	$N\ m^2$
Energia	joule	J	$N\ m$
Potência	watt	W	$J\ s^{-1}$
Ângulo plano	radiano	rad	m/m

SISTEMAS DE UNIDADES

O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI):

Unidades SI derivadas possuidoras de nomes e símbolos particulares:

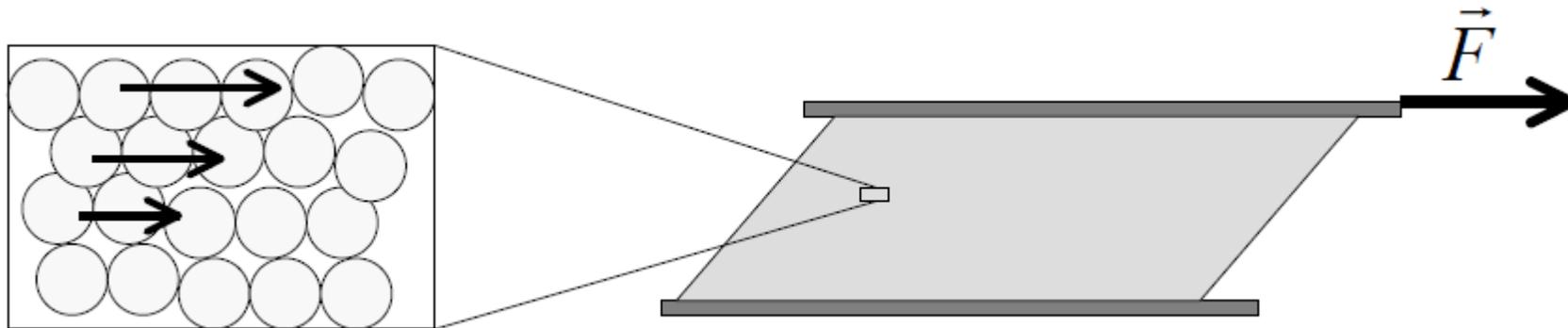
grandeza	nome	símbolo
Momento de uma força	newton metro	N m
Impulso de uma força	newton segundo	N s
Tensão superficial	newton por metro	N m ⁻¹
Capacidade térmica	joule por kelvin	J K ⁻¹

Unidades especiais autorizadas (Múltiplos ou sub-múltiplos do SI) :

grandeza	nome	símbolo	valor no SI
Volume	Litro	l L	= 10 ⁻³ m ³
Massa	tonelada	t	= 10 ³ kg
Pressão	Bar	bar	= 10 ⁵ Pa
Área	hectare	ha	= 10 ⁴ m ²

SI, INMETRO, 2007

Propriedades Físicas dos Fluidos



FLUÍDOS

São corpos cujas moléculas tem a propriedade de se moverem, uma em relação a outras, sob a ação de forças tangenciais de mínima grandeza, ou seja, é uma substância que altera a sua forma continuamente, quando submetida a uma força de cisalhamento ainda que pequena.

DIVISÃO DOS FLUÍDOS

Líquido: é um fluido que tem um volume definido e forma indefinida. Tomam a configuração do recipiente que contém, mudando de forma de acordo com o mesmo, mas mantendo o volume constante.

Gás ou Vapor: é um fluido que tem forma e volume indefinido, de acordo com o recipiente. Ocupam todo o volume independente da sua massa ou tamanho do recipiente

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

I) Massa Específica (ρ)(rô):

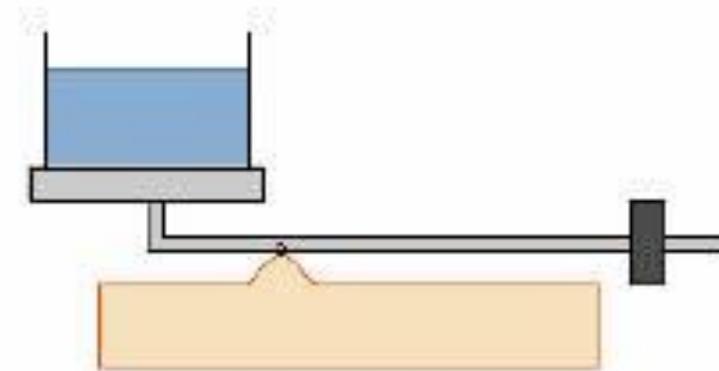
É a quantidade de matéria contida na unidade de volume de uma substância. Essa propriedade é normalmente utilizada para caracterizar a massa de um Sistema fluido.

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{m}{V}$$

Quantidade do fluido (massa)

Volume do fluido

$$\left\{ \begin{array}{l} SI = kg \cdot m^{-3} \\ MKS^* = UTM \cdot m^{-3} \\ CGS = g \cdot cm^{-3} \end{array} \right.$$



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

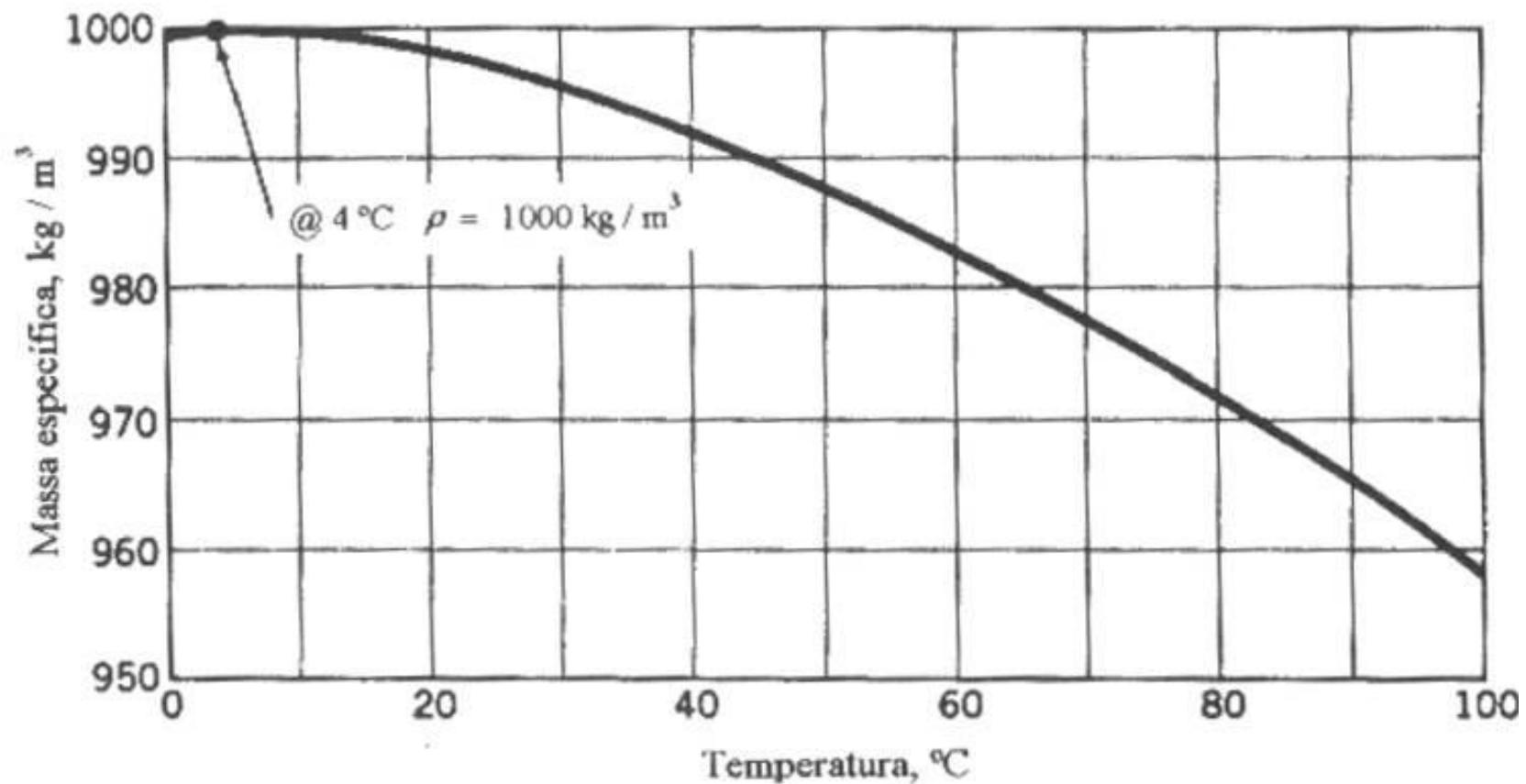
II) Densidade (d) ou massa específica relativa:

A densidade de um fluido é definida como a razão entre a massa específica do fluido e a massa específica da água numa certa temperatura, usualmente 4°C (nesta temperatura a massa específica da água é de ~1000 kg/m³). Portanto, por ser assim definido a densidade é independente do sistema de unidades utilizado.

$$d = \frac{\text{massa específica do fluido}}{\text{massa específica água}(4^{\circ}\text{C})} = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \quad (\text{é adimensional})$$

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

Massa específica da água em função da temperatura



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

III) Peso específico (γ) (gama):

O peso específico de um fluido, designado por γ , é definido como o peso por unidade de volume. Assim o peso específico está relacionado com a massa específica através da seguinte relação:

$$\gamma = \frac{\text{peso}}{\text{Volume}}$$

ou

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$\left\{ \begin{array}{l} g = \text{aceleração da gravidade local} \\ \rho = \text{massa específica do fluido} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} SI = N \cdot m^{-3} \\ MKS^* = kgf \cdot m^{-3} \\ CGS = gf \cdot cm^{-3} \end{array} \right.$$

IV) Volume específico (V):

Pela definição de peso específico, têm-se:

$$\gamma = \frac{\text{peso}}{\text{Volume}} \Rightarrow V = \frac{P}{\gamma}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} SI = m^3 \end{array} \right.$$

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

EXERCÍCIO:

Um frasco de volume conhecido pesa 12g quando vazio e 28g quando cheio de água. Em seguida retira-se a água e enche-se o frasco com ácido e obtém-se o peso de 37,6g. Qual a densidade relativa do ácido?

Dado: $\rho = 1\text{g/cm}^3$

$$\text{Massa da Água} = 28\text{g} - 12\text{g} = 16\text{g}$$

$$\text{Massa do Ácido} = 37,6\text{g} - 12\text{g} = 25,6\text{g}$$

Volume

Massa Específica do Ácido

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow \frac{16\text{g}}{1\text{g/cm}^3} \Rightarrow V = 16\text{cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{25,6\text{g}}{16\text{cm}^3} \Rightarrow \rho = 1,6\text{g/cm}^3$$

Densidade do Ácido

$$d = \frac{\rho_{\text{ácido}}}{\rho_{\text{água}}} \Rightarrow \frac{1,6\text{g/cm}^3}{1,0\text{g/cm}^3} \Rightarrow d = 1,6$$

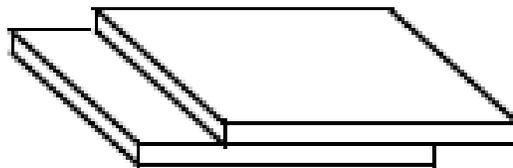
PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

V) VISCOSIDADE (atrito interno):

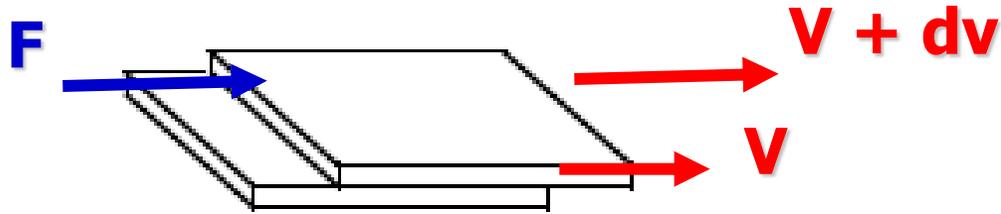
Viscosidade é uma propriedade interna de um fluido, relacionada ao fato deste opor uma resistência ao movimento (fluxo). Esta resistência pode ser imaginada como uma força de atrito agindo entre as partes de um fluido que estão se movendo a velocidades diferentes.

- **Um líquido flui através do deslizamento das moléculas sobre outras.**

Consideremos por exemplo a situação em que temos um fluido com escoamento permanente. Podemos isolar duas lâminas consecutivas do fluido paralelas à direção do movimento. Essas lâminas de fluido deslizam uma sobre a outra.



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS



As placas se movem com velocidades $(V+dv)$ e (V) .

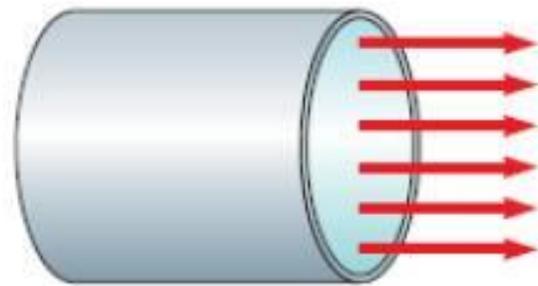
A força tangencial por unidade de superfície, que determina o escorregamento das duas camadas segundo a hipótese de Newton, é proporcional a diferença de velocidade entre as placas (dv) e inversamente proporcional a distância entre as placas (dz) .

$$\frac{F}{A} \propto \frac{dV}{dz} \Rightarrow \frac{F}{A} = \mu \cdot \frac{dV}{dz} \Rightarrow F = \mu \cdot A \cdot \frac{dV}{dz}$$

Coeficiente de viscosidade dinâmica (característico do fluido)

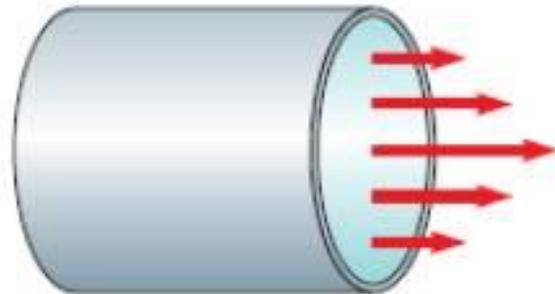
PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

➤ Quanto mais fortes são as forças intermoleculares, maior é a viscosidade.



Fluxo de um fluido ideal

Os esforços são iguais em todas as direções.
(fluido em repouso)



Fluxo de um fluido viscoso

(fluido em movimento)

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

VI) Viscosidade cinemática (ν):

É a relação entre a viscosidade absoluta e a massa específica do fluido.

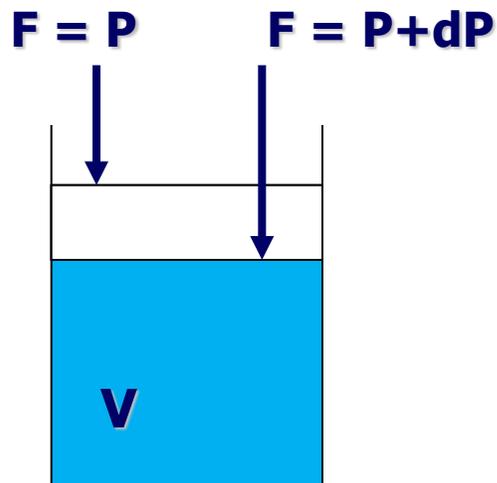
$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

A unidade de ν é $\frac{cm^2}{s} = stoke$

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

VII) Compressibilidade:

É a propriedade que tem os corpos de reduzirem seus volumes quando submetidos a incrementos de pressão.



Sob a ação de uma força P , o volume de um fluido é V . Dando um acréscimo dP na pressão P , o volume diminuirá dV .

dV é proporcional a $V \times dP \rightarrow dV \propto V \times dP$

$$dV = -\alpha \cdot V \cdot dP$$

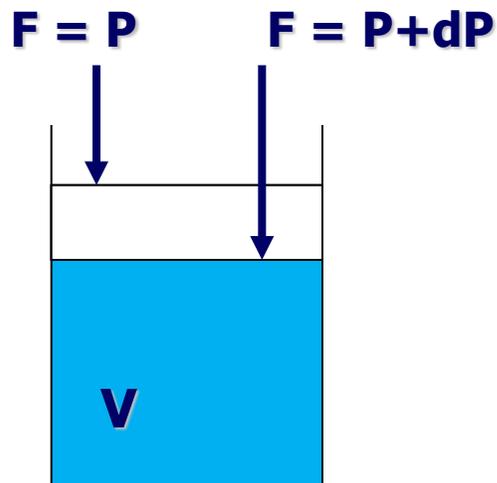
$\alpha \rightarrow$ coef. de compressibilidade cúbica

O sinal negativo significa diminuição de volume decorrente do acréscimo de uma força dP .

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

VII) Compressibilidade:

É a propriedade que tem os corpos de reduzirem seus volumes quando submetidos a incrementos de pressão.



Sob a ação de uma força P , o volume de um fluido é V . Dando um acréscimo dP na pressão P , o volume diminuirá dV .

dV é proporcional a $V \times dP \rightarrow dV \propto V \times dP$

$$dV = -\alpha \cdot V \cdot dP$$

ε = módulo de elasticidade à compressão cúbica
= $2,18 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2$ (H_2O à 20°C)

$$\varepsilon = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow dV = -\frac{1}{\varepsilon} \times V \times dP$$

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

Exercício: Pede-se a redução de volume em cm^3

Dados: {

- $P_i = 1 \text{ atm} = 10.000 \text{ kgf/m}^2$
- $P_f = 2 \text{ atm} = 20.000 \text{ kgf/m}^2$
- $V_i = 1 \text{ m}^3$
- $\epsilon_{\text{H}_2\text{O } 10^\circ\text{C}} = 2,09 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2$

$$dV = -\frac{1}{\epsilon} \times V \times dP$$

$$dV = -\frac{1}{2,09 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2} \times 1 \text{ m}^3 \times (20.000 - 10.000 \text{ kgf/m}^2)$$

$$dV = -47,8 \text{ cm}^3$$

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

VIII) Coesão:

É a propriedade que tem os corpos de resistirem a pequenos esforços de tensão, pela atração entre suas próprias moléculas. Refere-se às forças de atração entre moléculas de mesma natureza, isto é, entre moléculas do próprio líquido.

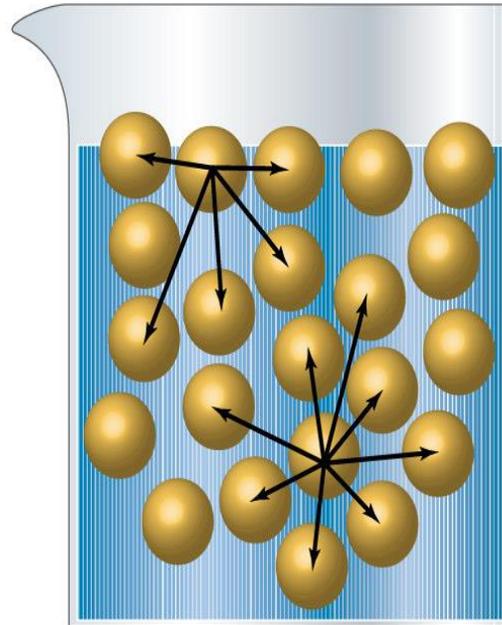
IX) Adesão:

É a propriedade que corpos de diferentes constituição têm de se atraírem, isto é, é a atração entre as moléculas do líquido e do sólido a qual estabelece contato.

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

X) Tensão superficial:

Na superfície de um líquido em contato com o ar, há formação de uma verdadeira película elástica. Isso é devido à atração entre as moléculas do líquido ser maior que atração exercida pelo ar e as moléculas superficiais atraídas para o interior do líquido tendem a tornar mínima a área da superfície. Sendo assim o coeficiente de tensão superficial (σ) da água em relação ao ar, tem as dimensões de uma força dividida por uma distância, expressa em N/m.



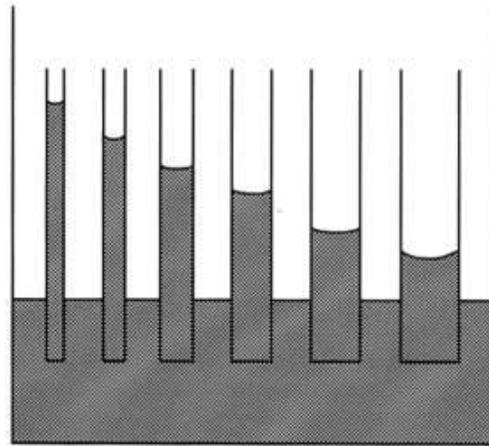
PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

XI) Capilaridade:

É a propriedade que tem os líquidos possuem de ascender (adesão > coesão) ou descender (Coesão > adesão) em tubos de pequenos diâmetros (< 9,6mm).

Menisco é a forma da superfície do líquido.

– Se as forças de adesão são maiores do que as forças de coesão, a superfície do líquido é atraída para o seu recipiente mais do que as moléculas volumosas. Portanto, o menisco tem formato de U (por exemplo, água em um copo).



Tubos capilares

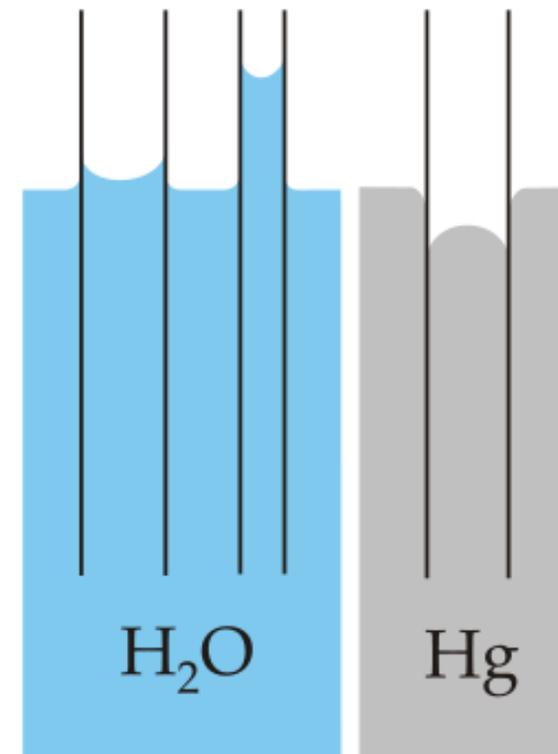
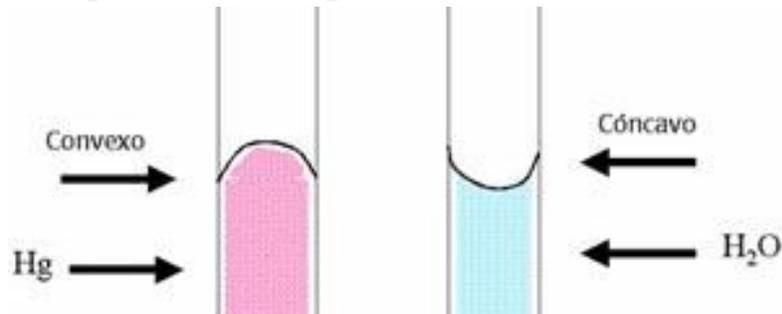
Es por capilaridad que el agua asciende por los tubos.



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

XI) Capilaridade:

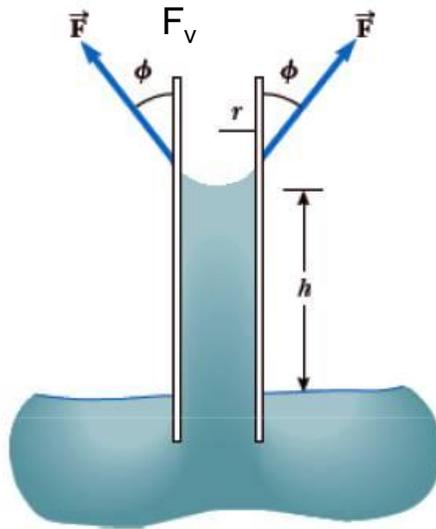
- Se as forças de coesão são maiores do que as forças de adesão, o menisco é curvo para baixo.
- Ação capilar: Quando um tubo de vidro estreito é colocado em água, o menisco puxa a água para o topo do tubo.



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

XI) Capilaridade:

- Se um fluido para o qual as forças adesivas dominam sobre as forças coesivas, o líquido sob pelo tubo.



$2\pi r$ Curva limite de intersecção entre a água e o vidro (circunferência)

$$F = 2\pi r \sigma \quad \sigma = \text{tensão superficial}$$

$$F_v = (2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma)(\cos \theta)$$

(componente vertical)

Equilibrada pelo peso da coluna de água de altura h

$$P = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$$

(peso da coluna líquida = P)

ρ = massa específica
 γ = peso específico

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{m}{V}$$

$$2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos \theta = \gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\gamma \cdot r}$$

Fórmula de Jurin

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLUÍDOS

EXERCÍCIO:

1) Qual o diâmetro mínimo necessário para um tubo de vidro afim de que o nível da água (20°C) no seu interior, não seja afetado por efeitos capilares numa altura superior a 1,0mm?

Dados:

Peso específico da água (20°C) = 998,2 kgf.m⁻³

Tensão superficial (20°C) = 74,3 . 10⁻⁴ kgf.m⁻¹

Ângulo de Contato da Água = 0°

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\gamma \cdot r}$$

$$r = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{\gamma \cdot h}$$

$$r = \frac{2 \times 74,3 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ}{998,2 \times 0,001}$$

$$r = 0,0298m = 2,98cm$$