

## 1) Introdução

ÁGUA → VIDA

### 1.1) Significado Etimológico da Palavra Hidráulica

Grego { Hydro → ÁGUA  
Aulos → CONDUÇÃO

Definição mais atual: Estudo do comportamento dos líquidos em repouso ou em movimento

### 1.2 ) Histórico da Hidráulica ao Longo da História

## Evolução da Hidráulica ao Longo da História

### Antiguidade - Conhecimentos Teóricos Rudimentares

3750 AC – Coletores de Esgotos na Babilônia

2500 AC – Tecnologia de Irrigação e Regularização do Rio Nilo (Egito)

691 AC – Primeiro Sistema Público de Abastecimento de Água Assíria

250 AC – Princípios da Hidrostática (Princípio de Arquimedes)

“Todo corpo submerso num líquido em equilíbrio, sofre ação de uma força denominada Empuxo, cuja intensidade é igual ao peso do volume de líquido deslocado, sendo tal empuxo vertical, agindo de baixo para cima e cuja linha de ação passa pelo centro de gravidade do líquido deslocado”

**Idade Média:** 1000 anos de estagnação científica

**Século XV - XVII:** Contribuições para os Fundamentos da Hidráulica

Leonardo da Vinci – Estudo de Escoamento de Água em Canais por Gravidade

Galileo – Estudo da queda dos corpos

Torriceli – Estudo do Escoamento de Água em Orifícios

Bernoulli – Lei da Conservação de Energia ao Movimento dos Fluidos

Família Bernoulli (1623-1863) – 12 grandes Matemáticos e Físicos

**Século XVII - XIX:** Formação de 2 Escolas de Pensadores em Hidráulica

a) EXPERIMENTADORES - Soluções de problemas práticos na condução de água

Hazen-Willians, Flamant, Manning, Darcy e outros

- b) FÍSICOS / MATEMÁTICOS - Teoria da Mecânica Racional Aplicada aos Flúidos  
Euler, Kelvin, Lagrange

### Final do Século XIX: Fusão das 2 Escolas (Mecânica dos Flúidos)

Navier e Stokes – Considerações da viscosidade nos estudos de hidrodinâmica

Reynolds – Aperfeiçoamento dos métodos de experimentação em hidráulica

Lord Rayleigh – Desenvolvimento da Análise Dimensional

Desenvolvimento da Engenharia Aeronáutica – Flúidos Gasosos

### Século XX: Abandono do Empirismo e Emprego de Métodos Racionais

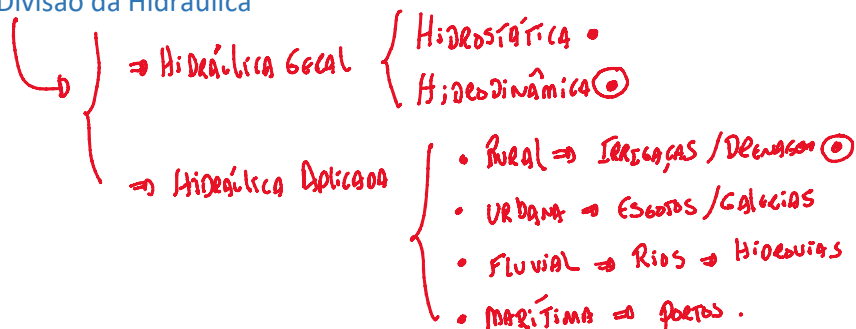
Blasius, Nikuradse, Parshall, Prandtl, Buckingham e outros

### Século XXI: Popularização de Métodos Numéricos na Engenharia Hidráulica

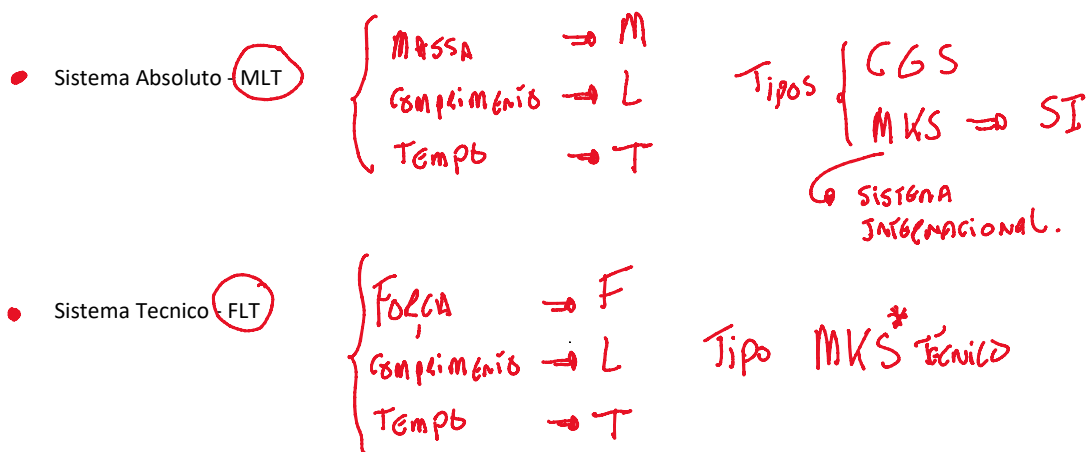
Cientistas (Universidades e Centros de Pesquisas) x Empresas (Aplicativos e Softwares)

Exemplos: WCAD, IRRICAD, IRRIMAKER, IRRIPRO, EPANET e outros softwares.

#### 1.3) Divisão da Hidráulica



#### 2. Sistemas de Unidades

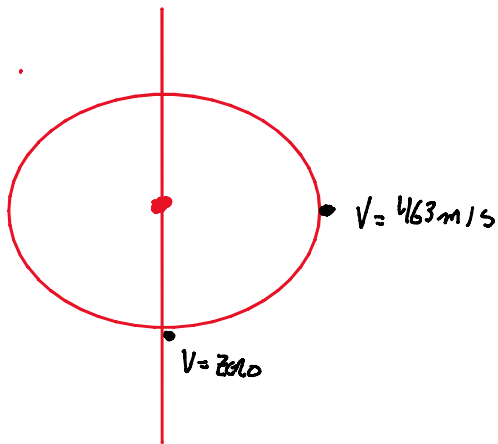


## 2.1 Massa / Peso

(M) MASSA  $\Rightarrow$  É A QUANTIDADE DE MATÉRIA QUE CONTÉM UM CORPO

(P) PESO  $\Rightarrow$  É A FORÇA ORIGINADA DA AÇÃO DA GRAVITAÇÃO ( $g$ )

$$P = M \cdot g \quad \underline{9,81 \text{ m/s}^2}$$



$g$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{CRESCER COM A LATITUDE} \\ \text{DECRESCER COM A ALTITUDE} \end{array} \right.$

Peso

• Polo  $\Rightarrow$   $70 \text{ kg}$

$$\Rightarrow 70 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \Rightarrow$$

686,7 N

• Equador  $\Rightarrow$   $70 \text{ kg}$

$$\Rightarrow 686,7 \text{ N} - \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$686,7 - \frac{70 \cdot 463 \text{ m/s}^2}{6378.000 \text{ m}} \Rightarrow$$

684,34 N

## 2.2 Quadro de Unidades

	CGS	MKS	MKS*
Comprimento	cm	m	m
MASSA	g	kg	UTM
Tempo	segundo	segundo	segundo
FORÇA	$1 \text{ g} \times 1 \text{ cm/s}^2$ (din)	$1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$ (Newton)	kgf N

Força

$1g \times 1cm/s^2$   
(Dina)

$1kg \cdot 1m/s^2$   
(Newton)

kgf  
↓  
 $1kg \times 9,81 m/s^2$

OBS ⇒  $1U_{TM}$

↓  
É a massa de um corpo que sob a ação de uma Força = 1 kgf, passa a ter uma aceleração igual  $1 m/s^2$ .

$$1U_{TM} = \frac{1 \text{ kgf}}{1 m/s^2} = \frac{9,81 \text{ Newtons}}{1 m/s^2} = \frac{9,81 \text{ kg} \cdot m/s^2}{1 m/s^2}$$

⇒  $1U_{TM} = 9,81 \text{ kg}$

Sistemas de unidades mais comuns.

GRANDEZA	ORIGEM	DIMENSÃO		SISTEMA INTERNACIONAL SI		SISTEMA CGS		SISTEMA MKS*	
Comprimento	Padrão	L		metro (m)		centimetro (cm)		metro (m)	
Massa	Padrão	M		quilograma (kg)		grama (g)		quilograma (kg)	
Tempo	Padrão	θ		segundo (s)		segundo (s)		segundo (s)	
Temperatura	Definição	T		Kelvin (K)		Kelvin (K)		Kelvin (K)	
Força	2ª Lei de Newton	ML / θ²	F	kg·m/s²	Newton (N)	g·cm/s²	dina	kg·m/s²	kgf
Área		L²	L²	m²	m²	cm²	cm²	m²	m²
Aceleração	Velocidade / Tempo	L / θ²	L/θ²	m/s²	m/s²	cm/s²	cm/s²	m/s²	m/s²
Pressão	Força / Área	M / Lθ²	F / L²	kg/m·s²	Pascal (Pa)	g/cm·s²	dina/cm²	kg/m·s²	kgf/m²
Energia	Força * Distância	mL² / θ²	FL	kg·m²/s²	Joule (J)	g·cm²/s²	erg	kg·m²/s²	kgf·m
Potência	Energia / Tempo	ML / θ³	FL / θ	kg·m²/s³	Watt (W)	g·cm²/s³	erg/s	kg·m²/s³	kgf·m/s
g	Medição	L / θ²	L / θ²	9,8	m/s²	980	cm/s²	9,8	m/s²
g <sub>c</sub>	Fator da 2ª Lei de Newton	ML / θ²		1	kg·m/N·s²	1	g·cm/dina·s²	9,8	kg·m/kgf·s²
Taxa de calor	Energia / Tempo	ML/Fθ²	FL / θ	kg·m²/s³	Watt	g·cm²/s³	erg/s	kg·m²/s³	kgf·m/s
Viscosidade		M / Lθ	Fθ / L²	kg/m·s	N·s/m²	Poise	dina·s/cm²	kg/m·s	kgf·s/m²

Prefixos do SI							v. 8
Prefixo	1000 <sup>m</sup>	10 <sup>n</sup>	Escala curta	Escala longa	Equivalente numérico	Desde <sup>(nota 1)</sup>	
Nome Simbolo							
yotta	Y	1000 <sup>8</sup>	10 <sup>24</sup>	Septilhão	Quadrilhão	1 000 000 000 000 000 000 000 000	1991
zetta	Z	1000 <sup>7</sup>	10 <sup>21</sup>	Sextilhão	Milhar de trilhão	1 000 000 000 000 000 000 000	1991
exa	E	1000 <sup>6</sup>	10 <sup>18</sup>	Quintilhão	Trilhão	1 000 000 000 000 000 000	1975
peta	P	1000 <sup>5</sup>	10 <sup>15</sup>	Quadrilhão	Milhar de bilião	1 000 000 000 000 000	1975
tera	T	1000 <sup>4</sup>	10 <sup>12</sup>	Trilhão	Bilhão	1 000 000 000 000	1960
giga	G	1000 <sup>3</sup>	10 <sup>9</sup>	Bilhão	Milhar de milhão	1 000 000 000	1960
mega	M	1000 <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup>	Milhão	Milhão	1 000 000	1960
quilo	k	1000 <sup>1</sup>	10 <sup>3</sup>	Mil	Milhar	1 000	1795
hecto	h	1000 <sup>2/3</sup>	10 <sup>2</sup>	Cem	Centena	100	1795
deca	da	1000 <sup>1/3</sup>	10 <sup>1</sup>	Dez	Dezena	10	1795
nenhum		1000 <sup>0</sup>	10 <sup>0</sup>	Unidade	Unidade	1	
deci	d	1000 <sup>-1/3</sup>	10 <sup>-1</sup>	Décimo	Décimo	0,1	1795
centi	c	1000 <sup>-2/3</sup>	10 <sup>-2</sup>	Centésimo	Centésimo	0,01	1795
mili	m	1000 <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup>	Milésimo	Milésimo	0,001	1795
micro	μ	1000 <sup>-2</sup>	10 <sup>-6</sup>	Millionésimo	Millionésimo	0,000 001	1960
nano	n	1000 <sup>-3</sup>	10 <sup>-9</sup>	Billionésimo	Milésimo de milionésimo	0,000 000 001	1960
pico	p	1000 <sup>-4</sup>	10 <sup>-12</sup>	Trillionésimo	Billionésimo	0,000 000 000 001	1960
femto	f	1000 <sup>-5</sup>	10 <sup>-15</sup>	Quadrillionésimo	Milésimo de bilionésimo	0,000 000 000 000 001	1964
atto	a	1000 <sup>-6</sup>	10 <sup>-18</sup>	Quintillionésimo	Trillionésimo	0,000 000 000 000 000 001	1964
zepto	z	1000 <sup>-7</sup>	10 <sup>-21</sup>	Sextillionésimo	Milésimo de trilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 001	1991
yocto	y	1000 <sup>-8</sup>	10 <sup>-24</sup>	Septillionésimo	Quadrillionésimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001	1991

1. O sistema métrico foi introduzido em 1795 com seis prefixos. As outras datas estão relacionadas ao reconhecimento pela resolução da Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM).

Quantity	SI (Metric) Unit	Equal US Customary Unit
Length	meter (m)	3.281 feet (ft)
	meter (m)	39.37 inches (in)
	millimeter (mm)	0.03937 inches (in)
Area	square meter (m <sup>2</sup> )	10.76 ft <sup>2</sup>
	square meter (m <sup>2</sup> )	1550 in <sup>2</sup>
	square millimeter (mm <sup>2</sup> )	0.001550 in <sup>2</sup>
Volume	cubic meter (m <sup>3</sup> )	35.31 ft <sup>3</sup>
	cubic meter (m <sup>3</sup> )	264.2 gallons (gal)
	liter	0.03531 ft <sup>3</sup>
	liter	61.02 in <sup>3</sup>
	liter	0.2642 gal
Mass	kilogram (kg)	2.205 pounds mass (lbm)
Force	Newton (N)	0.2248 pounds force (lbf)
Pressure	Pascal (Pa) or (N/m <sup>2</sup> )	1.450x10 <sup>-4</sup> lbf/in <sup>2</sup> (psi)
	bar	14.504 lbf/in <sup>2</sup> (psi)
	kiloPascal (kPa) or (kN/m <sup>2</sup> )	0.1450 lbf/in <sup>2</sup> (psi)
	kilogram-force/square centimeter (kgf/cm <sup>2</sup> ) or kilopond (kp/cm <sup>2</sup> )	14.223 lbf/in <sup>2</sup> (psi)
Enthalpy	Joule/gram (J/g)	0.4299 Btu/lbm
Temperature	Kelvin (K)	1.800° Rankine (°R)
	Kelvin (K)	1.8K-459.67=°Fahrenheit (°F)
	°Celsius (°C)	1.8°C + 32 = °F
Flow Coefficient	K <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /hr/bar <sup>1/2</sup> ) 1.1562 K <sub>v</sub>	0.8649C <sub>v</sub> (gpm/psi <sup>1/2</sup> ) C <sub>v</sub>
Flow Rate	cubic meter/hour(m <sup>3</sup> /h)	4.403 gal/min (gpm)
	kilogram/hour (kg/h)	0.00441 * G <sub>1</sub> gal/min (G <sub>1</sub> )
	kilogram/hour (kg/h)	2.205 lbm/h

Abbreviations	Metric Units	USA Units
Millilitre = ml Litre = l Gallon = gal Quart = qt Pint = pt Cup = cup Fluid Ounce = fl oz Tablespoon = tbsp Dessertspoon = dstspn Teaspoon = tsp  Kilogram = kg Gram = g Pounds = lb Ounces = oz  Celsius = °C Fahrenheit = °F	1 cup = 250 ml 1 tbsp = 15 ml 1 dstspn = 10 ml 1 tsp = 5 ml 1 l = 1000 ml 1tbsp = 1.5dstspn = 3tsp  1 kg = 1000 g 1 g = 1000 mg	1 gal = 3.79 l 1 qt = 946 ml 1 pt = 473 ml 1 cup = 236.6 ml 1 fl oz = 29.6 ml 1 tbsp = 14.8 ml 1 dstspn = 9.9 ml 1 tsp = 4.9 ml 1tbsp = 1.5dstspn = 3tsp 1 cup = 16 tbsp = 48 tsp  1 lb = 453.6 g 1 kg = 2.2 lb 1 lb = 16 oz 1 oz = 28.4 g
	UK Units	Australia Units
	1 gal = 4.5 l 1 qt = 1.14 l 1 pt = 568 ml 1 cup ≈ 284 ml 1 fl oz = 28.4 ml 1 tbsp = 15 ml 1 dstspn = 10 ml 1 tsp = 5 ml 1tbsp = 1.5dstspn = 3tsp	1 gal = 4.5 l 1 qt ≈ 1.14 l 1 pt = 570 ml 1 cup = 250 ml 1 fl oz = 28.4 ml 1 tbsp = 20 ml 1 dstspn = 10 ml 1 tsp = 5 ml 1tbsp = 1.5dstspn = 4tsp
<b>Temperature</b>	Canada Units	India Units
1°C = 33.8°F 1°F = -17.2°C 100°C = 212°F 110°C = 230°F 120°C = 248°F 130°C = 266°F 140°C = 284°F 150°C = 302°F 160°C = 320°F 170°C = 338°F 180°C = 356°F 190°C = 374°F 200°C = 392°F 210°C = 410°F 220°C = 428°F 230°C = 446°F 240°C = 464°F 250°C = 482°F 260°C = 500°F	1 gal = 4.5 l 1 qt ≈ 1.14 l 1 pt ≈ 568 ml 1 cup = 250 ml 1 fl oz = 28.4 ml 1 tbsp = 15 ml 1 dstspn = 10 ml 1 tsp = 5 ml 1tbsp = 1.5dstspn = 3tsp	1 cup = 190 ml 1 pinch = 1/8 tsp
	Japan Units	Length
	1 cup = 180 ml	1 inch = 2.54 cm 1/2 inches = 1.27 cm 1/4 inches = 0.64 cm 1 cm = 0.4 inches

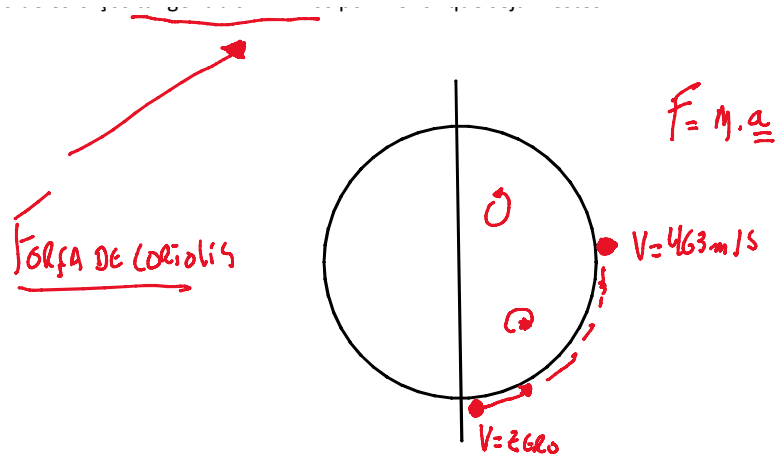
## EXERCICIO 01 - ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

- 1) QUAL A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL ? APRESENTE OS CÁLCULOS.
- 2) QUAL A VELOCIDADE DA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL EM TORNO DA TERRA ?
- 3) QUAL A ALTITUDE DOS SATELITES ESTACIONÁRIOS ? APRESENTE OS CÁLCULOS.
- 4) QUAL A RAZÃO DOS SATÉLITES ARTIFICIAIS TEREM UMA VIDA ÚTIL PRÉ-DETERMINADA ?

## 3. Propriedades Físicas dos Fluidos

Definição de Fluido - Modalidade de matéria que engloba os líquidos e os gases ; são corpos que sofrem de deformações sob a ação de esforços tangenciais mínimos por menor que sejam estes.





Fluido Líquido - Volume definido, forma indefinida e incompressível  
 Fluido Gasoso - Volume indefinido, forma indefinida e compressível

### 3.2 Massa Específica $\rho$ ( $R\ddot{o}$ )

$\rho$  é a massa contida por unidade de volume

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$$

- CGS  $\rightarrow$  g/cm<sup>3</sup>
- MKS  $\rightarrow$  kg/m<sup>3</sup>
- MKS\*  $\rightarrow$  UTM/L<sup>3</sup>
- $F \cdot L^{-1} \cdot T^2 \cdot L^{-3}$
- $F \cdot L^{-1} \cdot T^2 = \frac{kg \cdot m^{-1} \cdot s^2}{m^3}$

### 3.3 Peso Específico $\gamma$ (GAMA)

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

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

- CGS  $\rightarrow$  Dinhas/cm<sup>3</sup>
- MKS  $\rightarrow$  Newtons/m<sup>3</sup>
- MKS\*  $\rightarrow$  kgf/m<sup>3</sup>

### 3.4 Densidade Relativa $d$

Definição - É a relação entre a massa específica do material e a massa específica de uma substância tomada como padrão. no caso dos líquidos, o padrão adotado é a água destilada a 4 °C a uma atmosfera de pressão.

$$\rho = \frac{\rho_{\text{material}}}{\rho_{\text{padrão}}} = \frac{\gamma_{\text{material}}}{\gamma_{\text{padrão}}}$$

Ex:  $\gamma_{\text{Hg}} = 13.600 \text{ kgf/m}^3$   
 $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$

$$\frac{\gamma_{\text{Hg}}}{\gamma_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{13.600}{1000} = 13,6$$

### 3.5 Compressibilidade

Definição - é a propriedade que têm os corpos de reduzir de volume sob a ação de pressões externas, aumentando conseqüentemente suas massas específicas

↳ LEI DA CONSERVAÇÃO DA MASSA

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

$$dV = -\alpha \cdot V_I \cdot dp$$

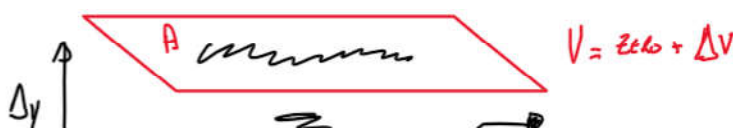
↳ AUMENTO DE PRESSÃO OCORRIDA  
 ↳ VOLUME INICIAL DE LÍQUIDO  
 ↳ COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE CÚBICA  
 ↳ VARIACÃO DE VOLUME OCORRIDA

$$E = \text{módulo de elasticidade volumétrica} = \frac{1}{\alpha}$$

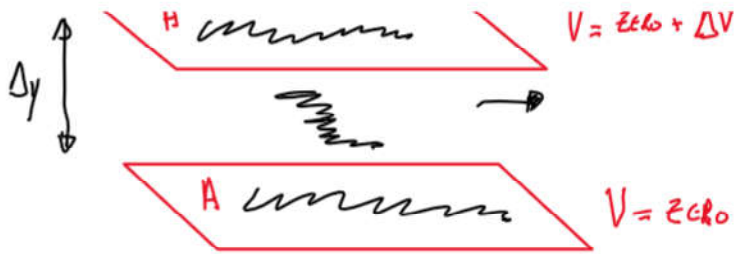
$$dV = - \frac{V_I \cdot dp}{E}$$

### 3.6 Viscosidade

Definição - é a resistência oferecida pelas camadas líquidas ao seu escorregamento recíproco







$$F = \mu \cdot A \cdot \frac{\Delta V}{\Delta y}$$

↑  
Viscosidade

$$\frac{F}{A} = \mu \cdot \frac{\Delta V}{\Delta y}$$

↑

OBS ⇒ Folga de atrito OBS sólidos x Viscosidade



$$F_k = \mu_k \cdot \tilde{P}_{ressão}$$

↑  
coeficiente de atrito

• Viscosidade

$$F = \mu \cdot A \cdot \frac{\Delta V}{\Delta y}$$

↑  
Velocidade

↑  
coeficiente de viscosidade  
dinâmica ou absoluta

⇒ Lubrificantes

$$\mu = \frac{F}{A} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta V} = \frac{F}{L^2} \cdot \frac{L}{LT^{-1}} = F \cdot L^{-2} \cdot T$$

... \* 1 / D... ? <

$$FLT - MKS^* \Rightarrow \text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$$

$$MLT - CGS \Rightarrow \text{DINAS} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s} = \underline{\underline{\text{Poise}}}$$

$$1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s} = \frac{9,81 \cdot 10^5 \text{ DINAS} \cdot \text{s}}{10^4 \text{ m}^2} = \underline{\underline{98,1 \text{ Poise}}}$$

- COEFICIENTE DE VISCOSIDADE CINEMÁTICA ( $\nu$ )  $\frac{N_i}{\rho}$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{F \cdot L^{-2} \cdot T}{F \cdot L^{-3} \cdot T^2} = L^2 \cdot T^{-1}$$

$\rho \rightarrow$  MASSA ESPECÍFICA

- FLT  $\Rightarrow \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

- MLT  $\Rightarrow \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{\underline{\text{STOKES}}}$

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 1 \cdot \underline{\underline{10^4 \text{ STOKES}}}$$



$$\mu_A = \mu_B \quad ?$$



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

$$\underline{\underline{\nu_A}} < \underline{\underline{\nu_B}}$$

↳ FLUIDOS A SÃO ESCORRE  
MAIS RAPIDAMENTE

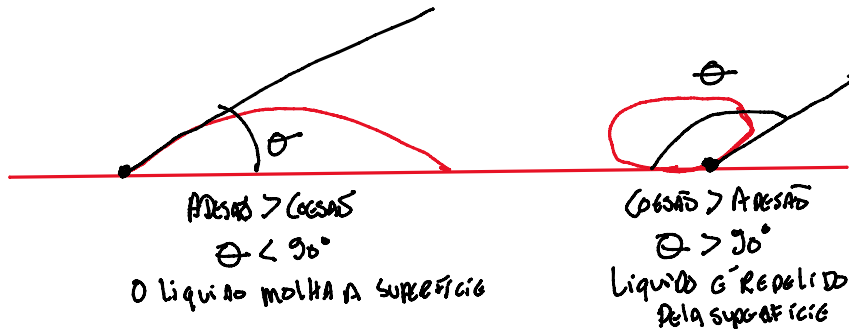
### 3.7 Outras Propriedades : Coesão, Adesão, Ângulo de Contato, Tensão Superficial e Capilaridade

São fenômenos de origem molecular, devido às forças eletroquímicas o que provocam uma atração recíproca entre as moléculas de água.

A) COESÃO - Atração entre as moléculas de uma massa líquida (formação de gotas)

B) ADESÃO - atração entre moléculas de massas líquidas e moléculas de massas sólidas (molhamento do vidro pela água)

C) ÂNGULO DE CONTATO - É o ângulo formado entre a superfície líquida e a superfície sólida na interface sólido-líquido-gás (depende das 2 propriedades anteriores).



#### D) TENSÃO SUPERFICIAL

É o fenômeno que ocorre na interface líquido-gás resultando do fato das forças de coesão entre as moléculas líquidas serem maiores que as de adesão com as moléculas de gás; com isto ocorre a formação de uma película elástica superficial que tende a tornar mínima a área superficial.

A tensão superficial se manifesta como uma força contratil tangente à superfície.

#### E) CAPILARIDADE

Fenômeno que ocorre na superfície livre dos tubos de pequeno diâmetro onde nota-se sobrelevação ou abaixamento da superfície com formação de meniscos côncavos e convexos, respectivamente:

Equações de Jurin

A ALTURA DE ELEVACÃO OU DE REBAIXAMENTO É DADA PELA SEGUNTE FÓRMULA:

$$h = \frac{2 \cdot \overset{(\text{sigma})}{\sigma} \cdot \cos \theta}{\gamma \cdot r}$$

QUANDO MENOR  $\theta >$  A ELEVACÃO  
 PARA DESPREZARMOS OS FENÔMENOS DE CAPILARIDADE  
 DEVEMOS USAR TUBOS COM  $\theta > 100^\circ$

ONDE =

- $h$  = ALTURA DE ELEVACÃO OU REBAIXAMENTO (m)
- $\sigma$  = COEFICIENTE DE TENSÃO SUPERFICIAL (kgf/m)
- $r$  = RAIO DO CAPILAR (m)
- $\theta$  = ÂNGULO DE CONTATO (GRÁUS)
- $\gamma$  = PESO ESPECÍFICO DO LÍQUIDO (kgf/m<sup>3</sup>)

### 3.8 Solubilidade dos Gases na Água

**DEF.** COEFICIENTE DE SOLUBILIDADE - É A RELAÇÃO ENTRE O VOLUME MÁXIMO DE GÁS DISSOLVIDO E O VOLUME DE LÍQUIDO DISSOLVENTE

EX: COEFICIENTES DE SOLUBILIDADE DE ALGUNS GASES EM H<sub>2</sub>O A 20°C E À PRESSÃO ATMOSFÉRICA.

Oxigênio	→	0,053	l/mo/litro
Hidrogênio	→	0,023	
Nitrogênio	→	0,026	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Ar	→	0,029	

- O VOLUME DE GÁS DISSOLVIDO É O MESMO QUE ESTE OCUPARIA NO ESTADO LIVRE ESTANDO A MESMA PRESSÃO
- QUANTO > PRESSÃO MENOR O VOLUME
- QUANTO < PRESSÃO MAIOR O VOLUME

### 3.9 Pressão de Vapor de um Líquido

DEF - É A PRESSÃO EXERCIDA PELO VAPOR DE UM LÍQUIDO EM UM DETERMINADO VOLUME E TEMPERATURA.

$$P_{ATM} = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{ARÇONIO} + P_{VAPOR H_2O}$$
$$P_{ATM} = P_{AR SECO} + P_{VAPOR H_2O}$$

Obs 1

• PRESSÃO DE VAPOR DE SATURAÇÃO

↳ NO MOMENTO EM QUE A VELOCIDADE DE EVAPORAÇÃO SE TORNA IGUAL À VELOCIDADE DE CONDENSAÇÃO DIZ-SE QUE O SISTEMA LÍQUIDO-VAPOR ATINGIU O EQUILÍBRIO (SATURAÇÃO)

Obs 2

• A PRESSÃO DE VAPOR INDEPENDE DO TAMANHO OU FORMA DO RECIPIENTE QUE O CONTÉM, NÃO DEPENDENDO TAMBÉM DA QUANTIDADE DE LÍQUIDO PRESENTE, DESDE QUE NO RECIPIENTE ESTEJA PRESENTE ALGUMA QUANTIDADE DO LÍQUIDO.

Obs 3

• A PRESSÃO DE VAPOR DE UM LÍQUIDO DEPENDE APENAS DE SUA TEMPERATURA

Obs 4

CURVAS PRESSÃO DE VAPOR X TEMPERATURA

↳ O LÍQUIDO ENTRA EM EBULIÇÃO QUANDO A PRESSÃO SOBRE A SUPERFÍCIE ESTIVER IGUAL OU ABAIXO DA SUA PRESSÃO DE SATURAÇÃO DE VAPOR A UMA DADA TEMPERATURA.

## EXERCÍCIOS HIDRÁULICA - AULA 01

Deverão ser entregues até o dia da próxima aula as 8:00 am (eDisciplinas - USP)  
Não serão aceitos exercícios entregues atrasados.

- 1) QUAL A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL? APRESENTE OS CÁLCULOS.
- 2) QUAL A VELOCIDADE DA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL EM TORNO DA TERRA?
- 3) QUAL A ALTITUDE DOS SATELITES ESTACIONÁRIOS? APRESENTE OS CÁLCULOS.
- 4) QUAL A RAZÃO DOS SATÉLITES ARTIFICIAIS TEREM UMA VIDA ÚTIL PRÉ-DETERMINADA?
- 5) Qual o peso de um corpo de massa 1 Kg na terra, expresso no sistema absoluto (MLT) dos tipos CGS e MKS e no sistema técnico (FLT) do tipo MK\*S?
- 6) Calcular a massa específica da água a 4 °C, expressando o resultado no sistema absoluto (CGS e MKS) e no sistema técnico (MK\*S).  
Dado: Peso específico da água a 4 °C = 1000 kgf/m<sup>3</sup>
- 7) Sabendo-se que a massa específica do mercúrio é de 1386,34 Kgf.m<sup>-4</sup>.s<sup>2</sup>, calcular o seu peso específico na terra e na lua (g Terra = 6 . g Lua) no sistema técnico.
- 8) Qual a variação de volume de 1m<sup>3</sup> de água a 10 °C, se o submetemos a um acréscimo de pressão de 1 atmosfera técnica (10.000 kgf.m<sup>-2</sup>), sendo o módulo de elasticidade volumétrica = 2,09 . 10<sup>8</sup> Kgf . m<sup>2</sup> ?
- 9) A que altura a água pura subirá em um capilar de vidro de 0,01 cm de diâmetro?  
Dados:  
a) Peso específico da água a 20 C = 998,2 kgf/m<sup>3</sup>

- b) Coeficiente de tensão superficial a 20 °C = 0,00743 kgf/m
- c) Ângulo de contato da água com o vidro do capilar = zero