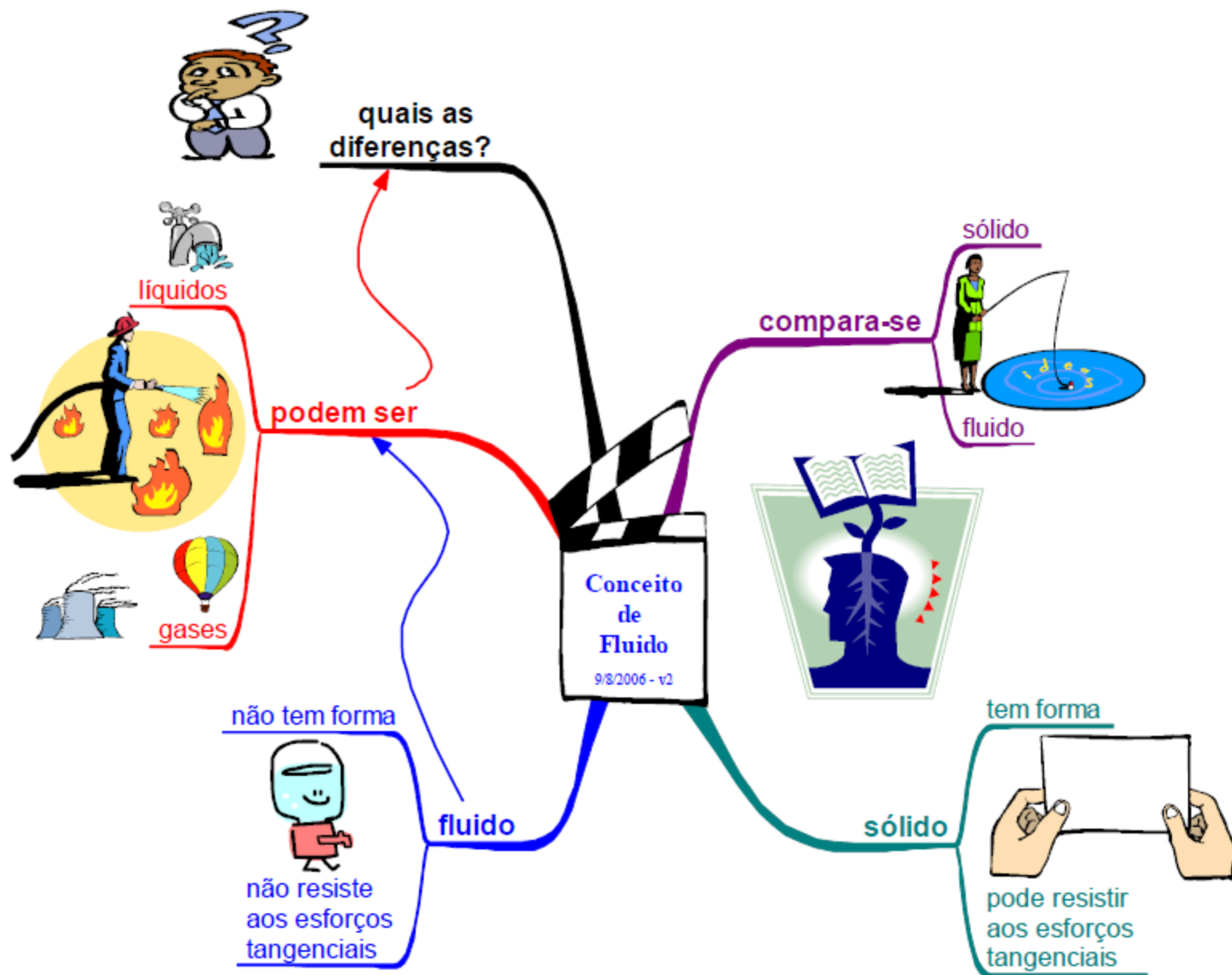
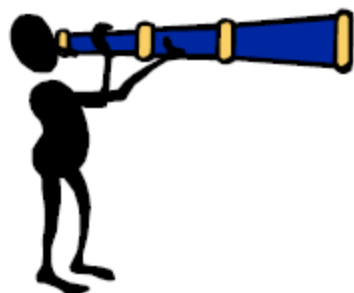


# Quarta aula de FT

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio





que reconhece  
os fluidos



## Primeira classificação dos fluidos

8/9/2006 - v4

líquidos

volume definido  
mas não próprio



superfície livre



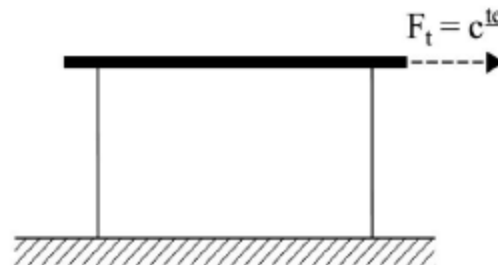
gases

sem volume próprio



sem superfície livre

**sólido**

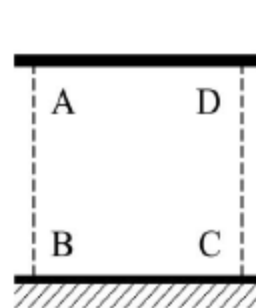


(a)

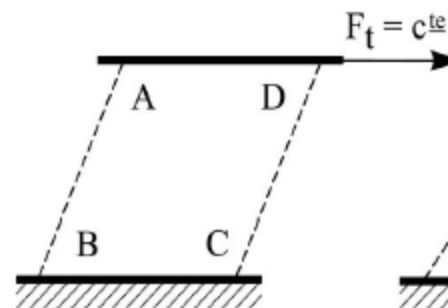


(b)

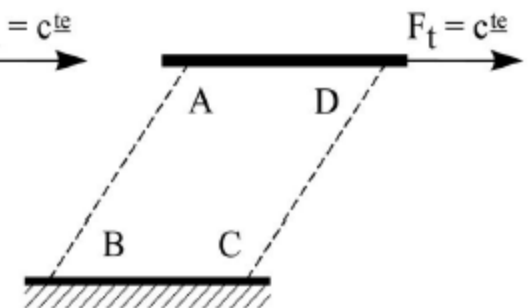
Sólido se deforma angularmente  
mas pode assumir nova posição de  
equilíbrio



(a)



(b)



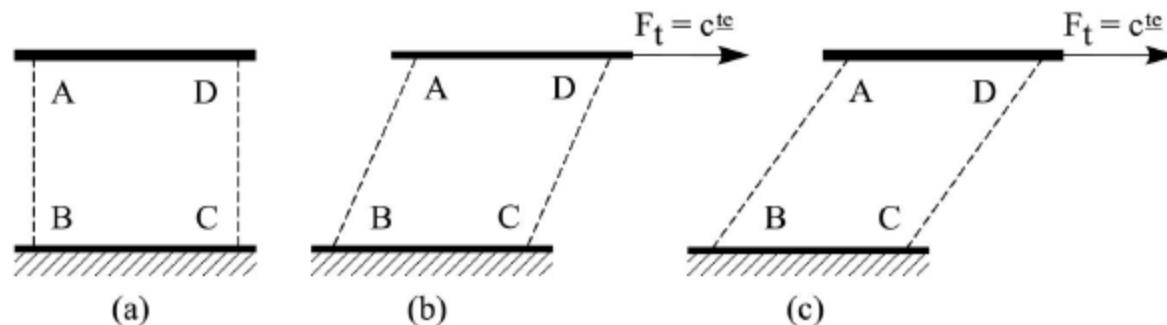
(c)

Líquido se deforma  
continuamente

**líquido**

**Experiência  
das  
duas placas**

9/8/2006 - v4



princípio de aderência

As partículas fluidas  
em contato com uma  
superfície sólida  
apresentam a  
velocidade da  
superfície



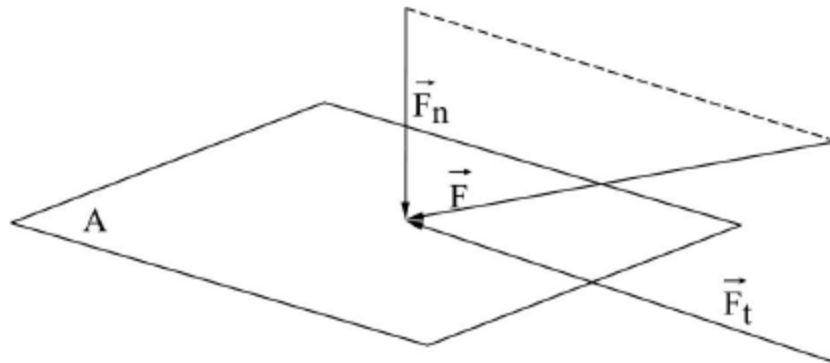
## tensão de cisalhamento



Uma força  
aplicada a uma  
área "A" pode ser  
decomposta.

Define-se tensão de  
cisalhamento:

$$\tau = \frac{F_t}{A}$$



**tensão de cisalhamento**

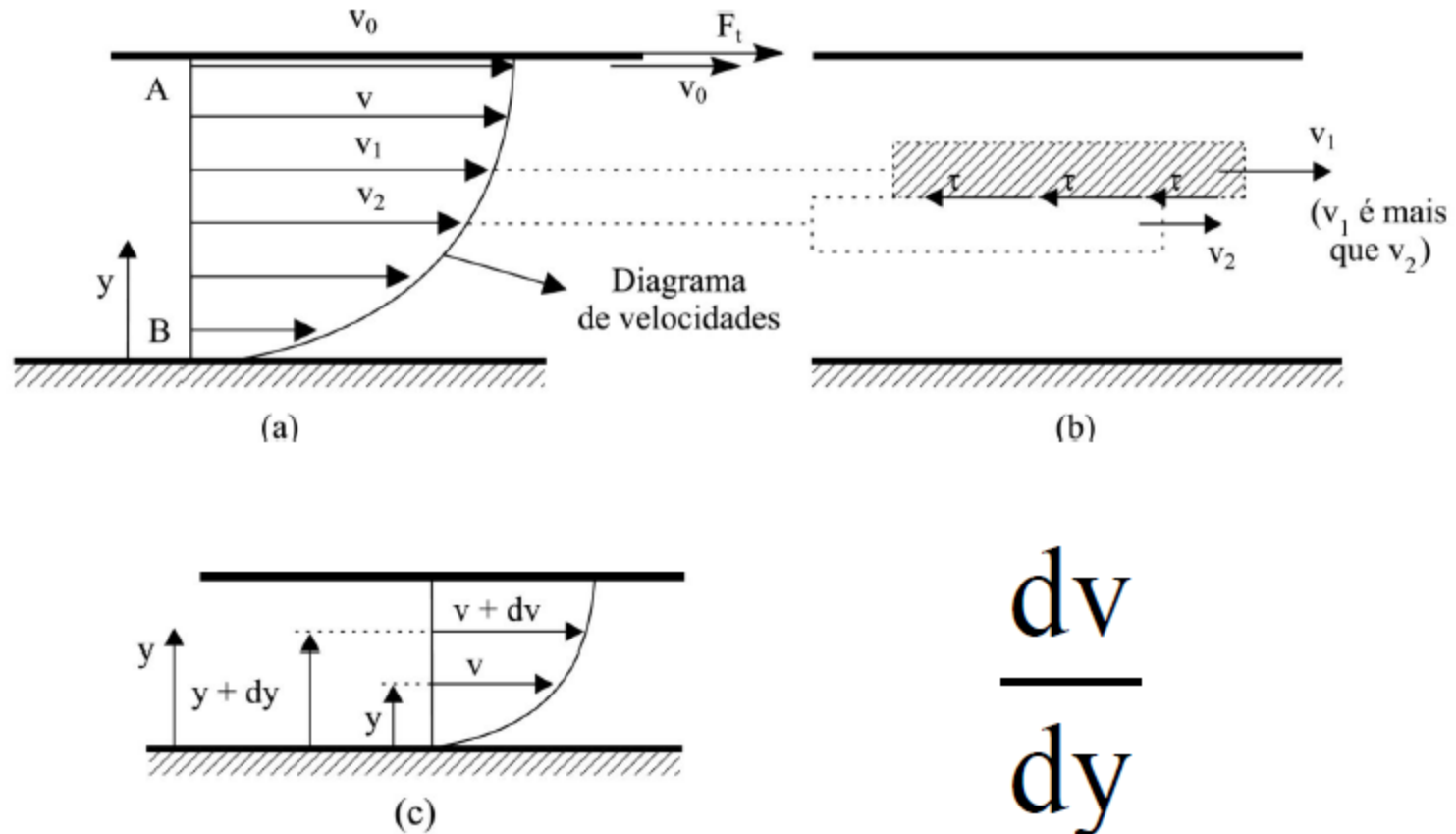


será calculada pela

**lei de Newton da viscosidade**

A tensão de cisalhamento é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade.

# Gradiente de velocidade



$$\frac{dv}{dy}$$

1.8 VISCOSIDADE  
CINEMÁTICA ( $\nu$ )



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

## EXERCÍCIOS

1.1 A viscosidade cinemática de um óleo é  $0,028 \text{ m}^2/\text{s}$  e o seu peso específico relativo é 0,85. Determinar a viscosidade dinâmica em unidades dos sistemas MK\*S, CGS e SI ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).

Resp.:  $\mu_{\text{MK*S}} = 2,38 \text{ kgf.s/m}^2$ ;  $\mu_{\text{CGS}} = 233 \text{ dina.s/cm}^2$ ;  $\mu_{\text{SI}} = 23,3 \text{ N.s/m}^2$ .

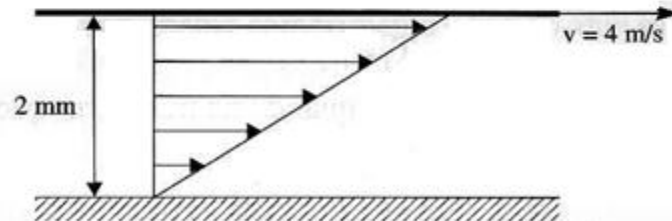
1.2 A viscosidade dinâmica de um óleo é  $5 \times 10^{-4} \text{ kgf.s/m}^2$  e o peso específico relativo é 0,82. Determinar a viscosidade cinemática nos sistemas MK\*S, SI e CGS ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ;  $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kgf/m}^3$ ).

Resp.:  $\nu = 6 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 6 \times 10^{-2} \text{ St}$

1.3 O peso de  $3 \text{ dm}^3$  de uma substância é 23,5 N. A viscosidade cinemática é  $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ . Se  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , qual será a viscosidade dinâmica nos sistemas CGS, MK\*S, SI e em  $\text{N.min/km}^2$ ?

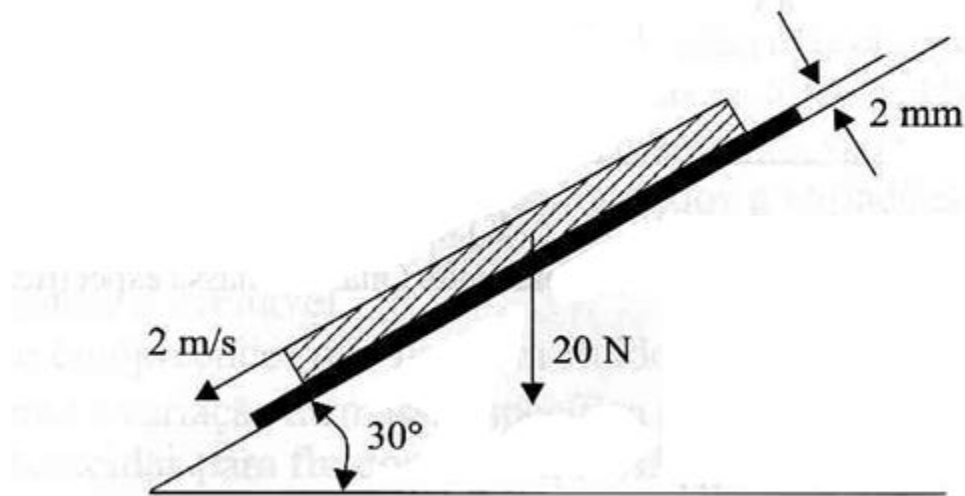
Resp.:  $7,83 \times 10^{-2} \text{ poise} = 8 \times 10^{-4} \text{ kgf.s/m}^2 = 7,83 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 = 130,5 \text{ N.min/km}^2$

1.4 São dadas duas placas planas paralelas à distância de 2 mm. A placa superior move-se com velocidade de 4 m/s, enquanto a inferior é fixa. Se o espaço entre as duas placas for preenchido com óleo ( $\nu = 0,1 \text{ St}$ ;  $\rho = 830 \text{ kg/m}^3$ ), qual será a tensão de cisalhamento que agirá no óleo?



Resp.:  $\tau = 16,6 \text{ N/m}^2$

- 1.5 Uma placa quadrada de 1,0 m de lado e 20 N de peso desliza sobre um plano inclinado de  $30^\circ$ , sobre uma película de óleo. A velocidade da placa é 2 m/s constante. Qual é a viscosidade dinâmica do óleo se a espessura da película é 2 mm?



Resp.:  $\mu = 10^{-2} \text{ N.s/m}^2$

# Resolução

Sendo constante a velocidade da placa, deve haver um equilíbrio dinâmico na direção do movimento, isto é, a força motora (a que provoca o movimento) deve ser equilibrada por uma força resistente (de mesma direção e sentido contrário).

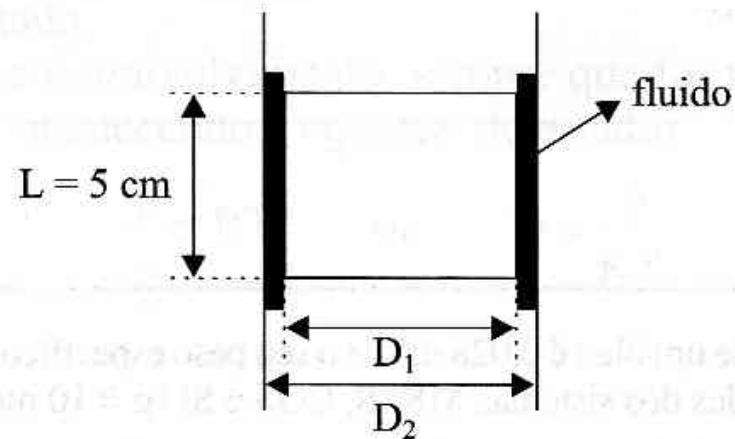
$$G \sin 30^\circ = F_t$$

$$G \sin 30^\circ = \tau A$$

$$G \sin 30^\circ = \mu \frac{v}{\varepsilon} A$$

$$\mu = \frac{\varepsilon G \sin 30^\circ}{vA} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 20 \times \sin 30^\circ}{2 \times 1 \times 1} = 10^{-2} \frac{\text{N.s}}{\text{m}^2}$$

- 1.6 O pistão da figura tem uma massa de 0,5 kg. O cilindro de comprimento ilimitado é puxado para cima com velocidade constante. O diâmetro do cilindro é 10 cm e do pistão é 9 cm e entre os dois existe um óleo de  $\nu = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $\gamma = 8.000 \text{ N/m}^3$ . Com que velocidade deve subir o cilindro para que o pistão permaneça em repouso? (Supor diagrama linear e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .)



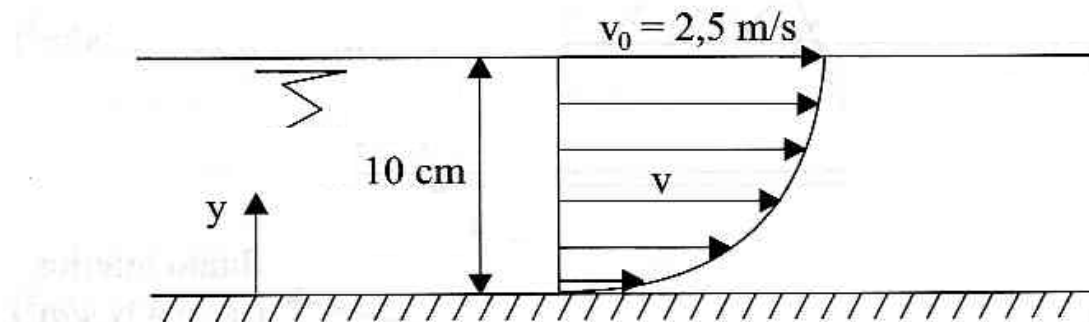
## 1.6 - Resolução

Supondo o cilindro em repouso tem - se :

$$0,5 \times 10 = 10^{-4} \times \frac{8000}{10} \times \frac{v}{\frac{(10 - 9) \times 10^{-2}}{2}} \times \pi \times 0,09 \times 0,05$$

$$\therefore v = \frac{0,5 \times 10 \times 10 \times 0,5 \times 10^{-2}}{10^{-4} \times 8000 \times \pi \times 0,09 \times 0,05} \cong 22,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 1.14** Assumindo o diagrama de velocidades indicado na figura, em que a parábola tem seu vértice a 10 cm do fundo, calcular o gradiente de velocidade e a tensão de cisalhamento para  $y = 0; 5; 10$  cm. Adotar  $\mu = 400$  centipoises.



## 1.14 - Resolução

$$v = ay^2 + by + c$$

$$1) \text{ para } y = 0,1\text{m} \Rightarrow v = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore 2,5 = a \times 0,1^2 + b \times 0,1 \quad (1)$$

$$2) \text{ para } y = 0 \Rightarrow v = 0 \therefore c = 0$$

$$3) \text{ para } y = 0,1\text{m} \Rightarrow \frac{dv}{dy} = 0 \therefore 0 = 2 \times a \times 0,1 + b \therefore b = -0,2a \quad (2)$$

$$\text{De (2) em (1): } 2,5 = a \times 0,1^2 - 0,1 \times 0,2 \times a \therefore a = -250 \frac{1}{\text{ms}}$$

$$\therefore b = 50 \frac{1}{\text{s}} \Rightarrow v = -250y^2 + 50y \text{ e } \frac{dv}{dy} = -500y + 50$$

$$\text{para } y = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dy} = 50 \frac{1}{\text{s}} \therefore \tau = 400 \times 10^{-2} \times 50 = 200 \frac{\text{dina}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{para } y = 0,05\text{m} \Rightarrow \frac{dv}{dy} = -500 \times 0,05 + 50 = 25 \frac{1}{\text{s}} \therefore \tau = 400 \times 10^{-2} \times 25 = 100 \frac{\text{dina}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{para } y = 0,1\text{m} \Rightarrow \frac{dv}{dy} = -500 \times 0,1 + 50 = 0 \therefore \tau = 400 \times 10^{-2} \times 0 = 0$$

## 1.15 - Resolução

$$v = 20yv_{\text{máx}} - 100y^2v_{\text{máx}}$$

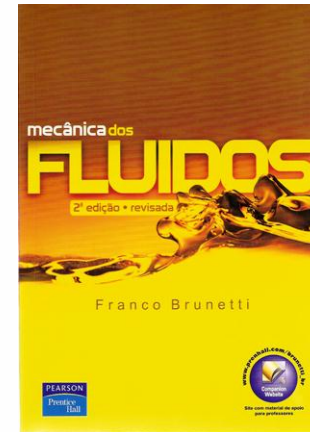
$$\left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=0,2\text{m}} = 20v_{\text{máx}} - 200yv_{\text{máx}} = 20 \times 4 - 200 \times 0,2 \times 4 = -80\text{ s}^{-1}$$

$$\left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=0} = 20v_{\text{máx}} = 80\text{ s}^{-1}$$

$$\tau_{y=0} = \mu \left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=0} = 10^{-2} \times 80 = 0,8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$F = \tau A = 0,8 \times 4 = 3,2\text{ N}$$

Vamos estudar agora  
o capítulo 3



# CINEMÁTICA DOS FLUIDOS



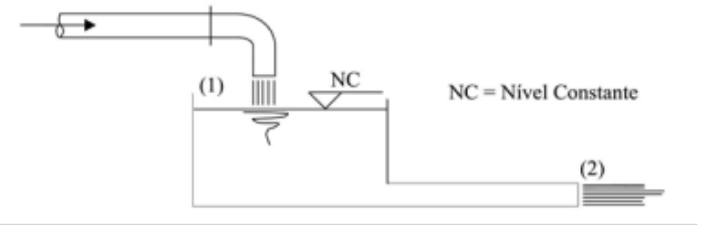
# CINEMÁTICA DOS FLUIDOS

O que estudamos  
em cinemática dos  
fluidos

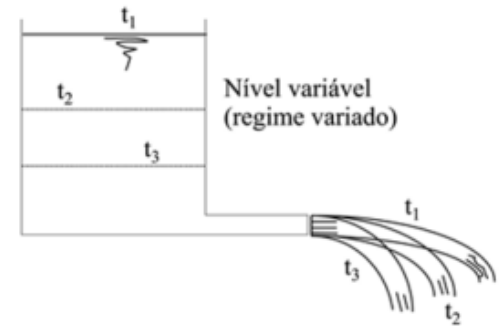
Tipos de regime  
de escoamento



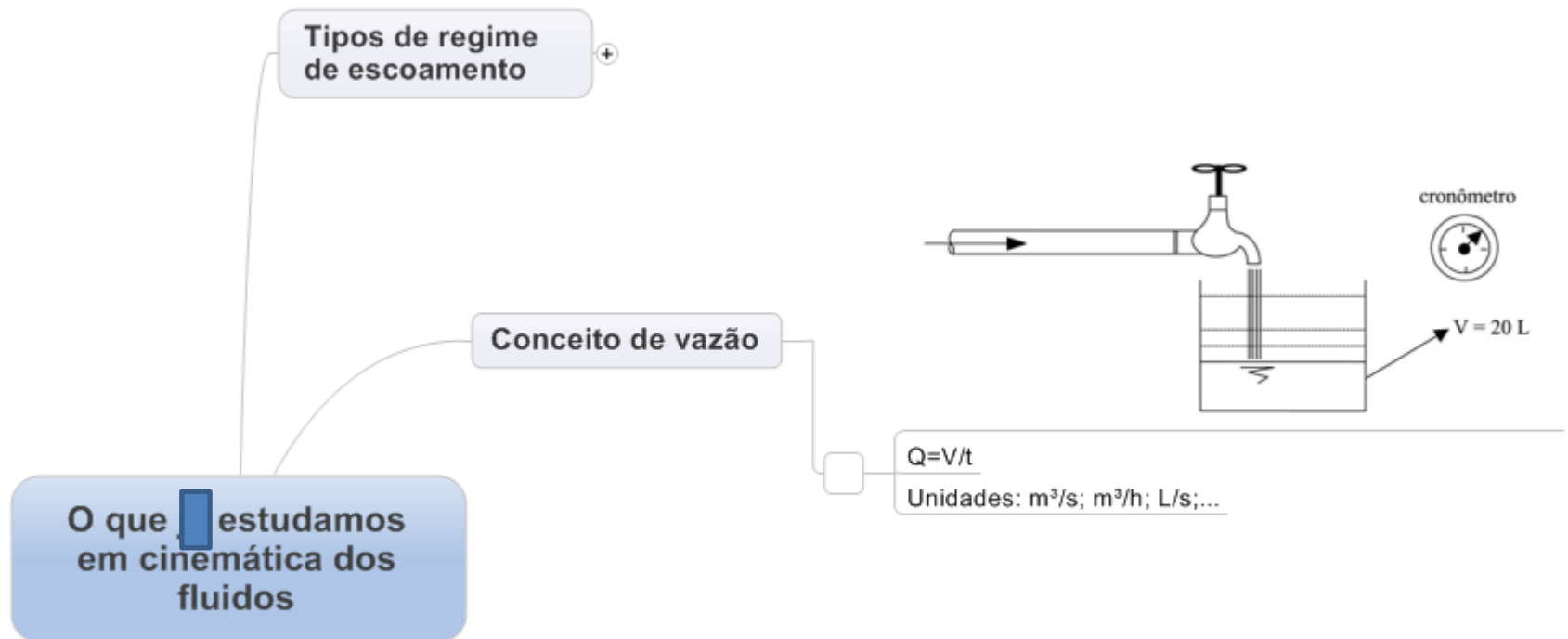
regime permanente



regime variado



# CINEMÁTICA DOS FLUIDOS



# CINEMÁTICA DOS FLUIDOS

