

Aula prática nº 1

1.1. Tema: Medida de viscosidade dinâmica

- Fluido é uma substância que, quando submetida a uma tensão de cisalhamento, deforma-se continuamente, independente da grandeza dessa tensão.
- Tensão de cisalhamento é a razão entre a componente tangencial da força que age na superfície do líquido e a área dessa mesma superfície.

1.2. Lei de Newton da viscosidade

Pressupõe:

- Escoamento laminar entre as placas.
- Distância pequena entre as placas.
- Distribuição de velocidade linear entre as placas.

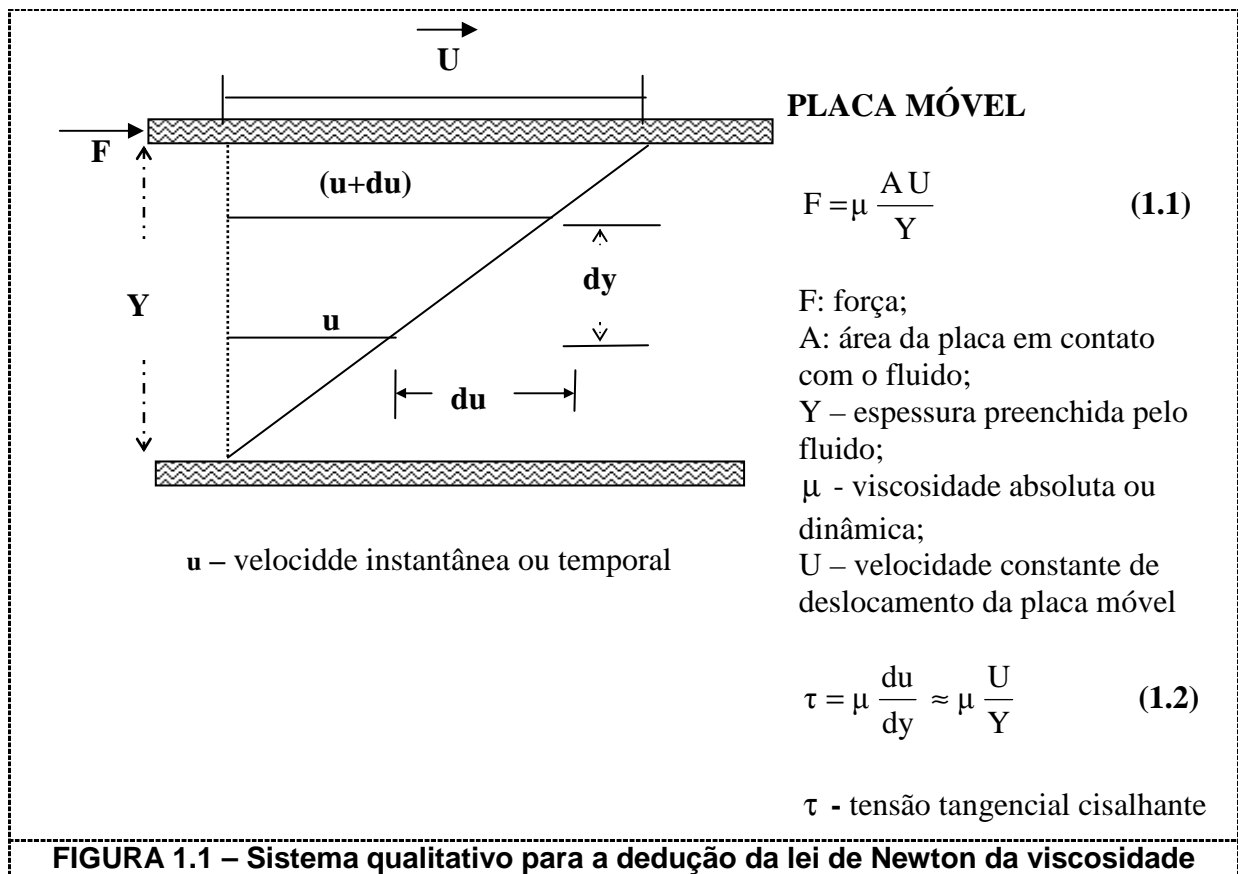
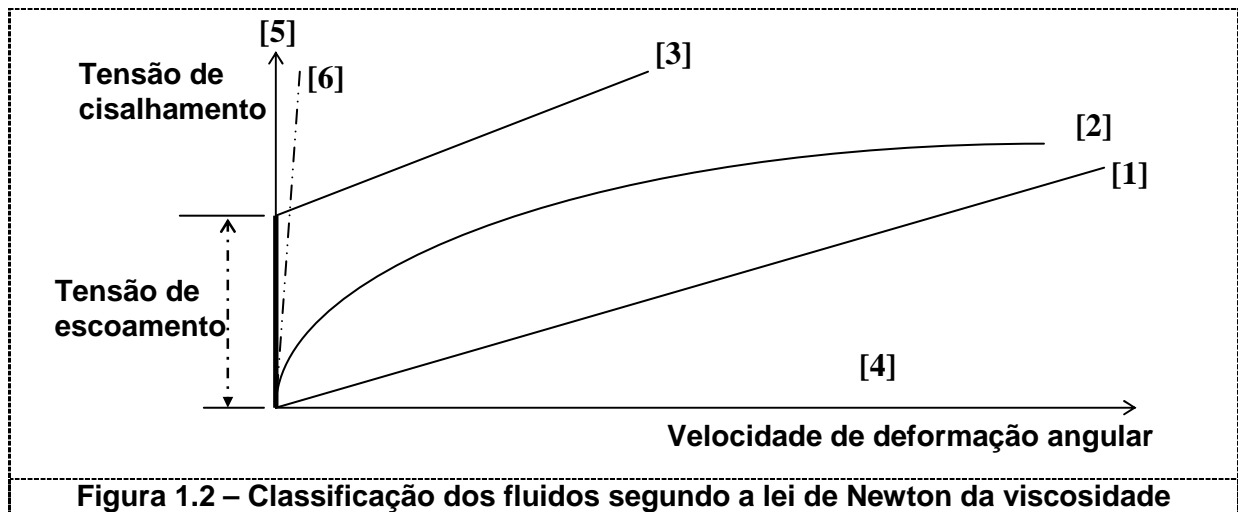


FIGURA 1.1 – Sistema qualitativo para a dedução da lei de Newton da viscosidade

1.3. Classificação dos fluidos segundo a Lei de Newton da Viscosidade

- **Fluidos Newtonianos [1]:** seguem a **equação (1.2)** ou a tensão tangencial de cisalhamento é diretamente proporcional ao gradiente de velocidade ou velocidade de deformação angular.
- **Não Newtonianos [2]:** há deformação, embora não proporcional ao gradiente de velocidade, exceto para baixos valores das tensões.
- **Plástico Ideal [3]:** suporta pequenas tensões sem se deformar; em seguida, deformam-se segundo a Lei de Newton da Viscosidade.
- **Fluido Ideal [4]:** na análise dos fluido ideais, não são considerados os efeitos de viscosidade. [caso hipotético, não existe na natureza]
- **Sólido Ideal [5]:** Não se deformam, mesmo para altos valores de tensões.
- **Sólidos [6]:** deformam-se, mas seguindo a Lei de Hooke.



1.4. Viscosidade cinemática: relação entre a viscosidade dinâmica ou absoluta e a massa específica do fluido.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.3)$$

v - viscosidade cinemática

ρ - massa específica do fluido

1.5. Determinação experimental da viscosidade dinâmica

- Instrumento usado: Viscosímetro de Michel ou viscosímetro de eixos coaxiais, esquematizado na **Figura 1.3**. O viscosímetro de Michel consta de um cilindro dentro do qual gira um outro, com diâmetro ligeiramente menor, sendo o espaço entre eles preenchido por um líquido cuja viscosidade dinâmica se pretende determinar.

Raios			Altura
r	R_1	R_2	h
1,62 cm	2,52 cm	2,98 cm	7,65 cm

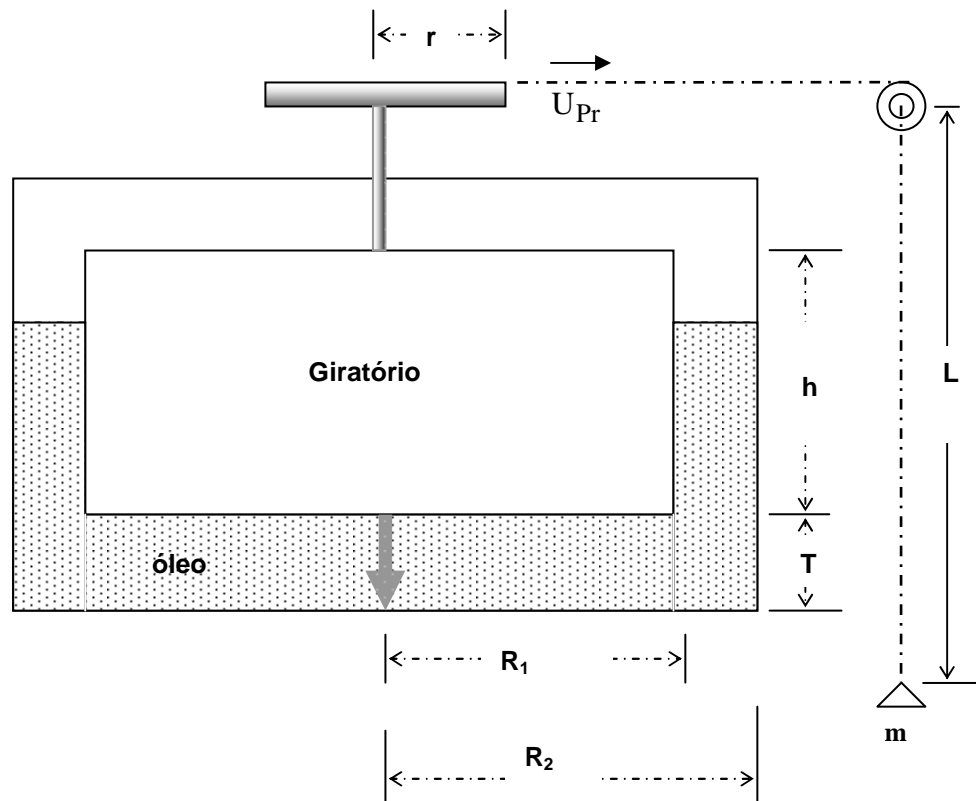


Figura 1.3 – Esquema do viscosímetro de Michel ou de eixos coaxiais

1.5.1. Equação analítica para o viscosímetro de Michel

1.5.1.1. Os princípios básicos a serem respeitados ao se aplicar o viscosímetro de Michel, em conformidade com a Primeira Lei de Newton da viscosidade são :

- Ao se iniciar o movimento do cilindro menor, o sistema é acelerado, mas em seguida, retoma o movimento uniforme [**velocidade constante**], condição

primordial para se aplicar a lei de Newton da viscosidade traduzida pela **equação 1.2.**

- Ao se atingir o estágio do movimento uniforme, fisicamente tem-se que o momento das forças externas é igualado ao momento das forças de resistência. Cabe esclarecer que as forças de resistências [Fr] são traduzidas pelas forças de viscosidade que poderão ser obtidas pela Lei de Newton da viscosidade. Já as forças externas são traduzidas pelas forças gravitacionais [Fe = m.g].
- A distância entre a área da base do cilindro interno e o fundo do cilindro fixo é suficientemente elevada, de modo a não se considerar a contribuição das forças de resistência oriundas dessa área, razão porquê, partículas situadas em diferentes pontos da base do cilindro interno gerariam diferentes valores de velocidades lineares, o que dificultaria em demasia o cálculo da viscosidade. Essa distância foi assinalada pela letra [T] na **Figura 1.3.**

Uma vez observados os três princípios descritos no **item 1.5.1.1** pode-se escrever:

$$M_r = M_e \quad (1.4)$$

M_r - momento das forças de resistência

M_e - momento das forças externas

$$F_r \cdot R_1 = F_e \cdot r \quad (1.5)$$

F_r - força de resistência

F_e - força externa

R_1 - raio do cilindro interno

r - raio da roldana

$$F_r = \frac{m \cdot g \cdot r}{R_1} \quad (1.6)$$

m - massa

g - aceleração da gravidade.

Recorrendo-se a **equação 1.1** pode-se escrever:

$$\mu = \frac{F_r \cdot [R_2 - R_1]}{2\pi \cdot R_1 \cdot h \cdot U} \quad (1.7)$$

Substituindo a **equação 1.6 em 1.7** obtém-se:

$$\mu = \frac{m \cdot g \cdot r \cdot [R_2 - R_1]}{2\pi \cdot R_1^2 \cdot h \cdot U} \quad (1.8)$$

Na **Equação 1.8** a velocidade **U** é facilmente obtida valendo-se da informação de que a roldana e o cilindro interno apresentam velocidades tangenciais ou periféricas diferentes, mas suas velocidades angulares são iguais, ou seja:

$$U_{Pr} = \frac{L}{t} = \omega \cdot r \quad (1.9)$$

U_{Pr} : velocidade tangencial ou periférica da roldana

ω - velocidade angular

$$U = \omega \cdot R_1 \quad (1.10)$$

Combinando as **equações 1.9 e 1.10** pode-se escrever:

$$U = \frac{L \cdot R_1}{t \cdot r} \quad (1.11)$$

Substituindo a **equação 1.11 na 1.8**, tem-se:

$$\mu = \frac{m \cdot g \cdot r^2 \cdot [R_2 - R_1] \cdot t}{2\pi \cdot R_1^3 \cdot h \cdot L} \quad (1.12)$$

$$K = \frac{g \cdot r^2 \cdot [R_2 - R_1]}{2\pi \cdot R_1^3 \cdot h} \quad (1.13)$$

$$\mu = \frac{K \cdot m \cdot t}{L} \quad (1.14)$$

A **equação 1.14** possibilita a determinação experimental da viscosidade dinâmica, desde que se conheça a massa m , a distância L , e se compute o tempo t . A determinação experimental da velocidade dinâmica é tema do primeiro exercício de avaliação.

K - constante do aparelho.



1.6 – Exercícios de avaliação relativos a aula prática número 1.

1. Usando a **equação 1.14** determine a viscosidade dinâmica do Óleo Shel SAE 20. Usar também os dados da **tabela 1.1**. Apresentar o resultado em Poise.

Quadro para tomada de dados						T = °C
Óleo	Tempo de aceleração (primeira ½ volta)	Tempo total de queda (descontar o último ¼ de volta)	Tempo de queda à velocidade constante correspondente a L Seg.	Massa usada Gramas	Comprimento medido (L). [cm]	Viscosidade Dinâmica. $\mu = \frac{K \cdot m \cdot t}{L}$
Shell SAE 20						

2. Quais são as representações dimensionais de viscosidade dinâmica nos sistemas de base MLT e FLT.

3. Apresente as unidades de viscosidade dinâmica nos sistemas CGS, MKS ou internacional e por último, no sistema técnico, também conhecido como MKS técnico ou MKFS. [Dica: Para cada um dos sistemas serão apresentadas duas unidades]

4. Determinar a viscosidade cinemática para a massa específica média do óleo $\rho_o = 935 \text{ kg/m}^3$. Use a viscosidade dinâmica obtida no **exercício 1**.

5. Determinar a velocidade periférica do cilindro interno.

6. Determinar o número de rotações do cilindro interno.

Bibliografia

- Victot L. Streeter e Benjamim Wylie, Mecânica dos Fluidos, 7ª edição, Ed. MC Graw-Hill.
- Lucas Nogueira Garcez, Elementos de Mecânica dos Fluidos, Hidráulica Geral, vol. I, Ed. Edgard-Blucher.

Mecânica dos Fluidos: lista de símbolos			
Símbolo	Significado	Dimensão	Unidade
A	área	$[L^2]$	m ²
F	força	[F]	kgf
F _e	força externa	[F]	kgf
g	aceleração da gravidade	$[L \cdot T^{-2}]$	m/s ²
h	altura	[L]	cm; m
K	constante do aparelho	$[T^{-2}]$	s ⁻²
m	massa	[M]	g ; kg
M _r	momento das forças de resistência	[F.L]	kgf. m
M _e	momento das forças externas	[F.L]	kgf. m
R ₁	raio do cilindro menor	[L]	cm; m
R ₂	raio maior	[L]	cm; m
r	raio da roldana	[L]	cm; m
t	tempo	[T]	s
U _{Pr}	Velocidade tangencial ou periférica da roldana	$[L \cdot T^{-1}]$	m/s
U	velocidade média	$[L \cdot T^{-1}]$	m/s
u	velocidade instantânea ou temporal	$[L \cdot T^{-1}]$	m/s
Y	denota uma espessura	[L]	m
ρ	massa específica	$[F \cdot T^2 \cdot L^{-4}]$	kgf.s ² / m ⁴
ρ _o	massa específica do óleo	$[F \cdot T^2 \cdot L^{-4}]$	kgf.s ² / m ⁴
τ	tensão tangencial	$[F \cdot L^{-2}]$	kgf/m ²
μ	viscosidade absoluta ou dinâmica	$[F \cdot T \cdot L^{-2}]$	kgf.s/ cm ²
ν	viscosidade cinemática	$[L^2 T^{-1}]$	m ² /s