

# IFUSP

Instituto de Física da USP



Universidade de São Paulo  
Instituto de Química

**4310256**

**Laboratório de Física I**

---

**Experiência 3**

**Determinação do coeficiente de  
viscosidade de líquidos**

**1º semestre de 2023**

---

# 1. Equipe responsável

## Professor responsável pela disciplina

Prof. Dr. Valdir Guimaraes

## Monitores

Fernando Lock Miletto

Juan Antonio Alcantara-Nunez

## Professora responsável pela elaboração dos roteiros

Profa. Dra. Michele H. Ueno Guimaraes

Lucas Dias Queiroz

# 2. Integrantes do grupo

---

---

---

# 3. Determinação do coeficiente de viscosidade de líquidos

## Introdução

Batatas fritas são deliciosas. Batatas fritas com ketchup são ainda melhores. Nas garrafas comuns de loja, um problema frequente é a dificuldade de colocar a quantidade exata do molho. Estamos tão acostumados a usar ketchup, que por vezes, não notamos as peculiaridades do seu comportamento. Se a garrafa estivesse repleta com um sólido como aço, nem a mais forte balança conseguiria fazê-lo sair pelo buraco da tampa. Imagine a mesma garrafa cheia de um líquido como a água. Dessa vez, poderíamos derramá-la na batata sem esforço. Por quê?

Líquidos corriqueiros como água, óleo de cozinha e álcool respondem à força linearmente, ou seja, se os empurrarmos duas vezes mais forte, eles se moverão duas vezes mais rápido. Isaac Newton observou e descreveu essa relação como o que conhecemos hoje por fluidos newtonianos. O ketchup, no entanto, é classificado como um fluido não-newtoniano, assim como maionese, pasta de dente, sangue, tinta e muitas outras substâncias do nosso dia a dia. Sua “grossura” aparente muda dependendo de quão forte se empurra, ou por quanto tempo ou quão rápido. Uma propriedade comum dos fluidos newtonianos e não newtonianos, no entanto, é a viscosidade.

Viscosidade é uma grandeza física frequentemente associada às propriedades dinâmicas dos fluidos, nos quais se incluem gases, vapores, líquidos, materiais plásticos, ou mesmo grãos de matéria sólida. Para substâncias de constituição molecular simples, e em aplicações típicas, a viscosidade é uma característica do fluido, que depende da temperatura, mas não depende da velocidade de escoamento, por exemplo. Porém, para fluidos constituídos de moléculas mais complexas, como polímeros e biopolímeros, a viscosidade pode variar em função de outros parâmetros, além da temperatura, como pressão e velocidade de escoamento e até mesmo o tempo. Independentemente de sua constituição, a viscosidade dos diferentes materiais fluidos é usada como um parâmetro importante que os caracteriza molecularmente, e assim, é de interesse tanto em ambientes científicos como tecnológicos.

Líquidos viscosos frequentemente são usados não só como molho na batata frita, mas também evitando o contato de peças em máquinas, diminuindo o atrito, devido ao possível movimento, enquanto ainda permitem seu bom funcionamento. No óleo das engrenagens de um motor, nas juntas de uma porta, ou até mesmo nas nossas articulações, substâncias viscosas, sejam newtonianas ou não, se fazem presente.

## Objetivos

Identificar os parâmetros que influenciam na viscosidade dos líquidos estudados e suas propriedades.

## Materiais

Viscosímetro de Ostwald

Pipeta, proveta ou becker

Termômetro

Cronômetro

Tubo de aspiração, seringa ou pera de sucção

## MÉTODO DO VISCOSÍMETRO DE OSTWALD

No método de viscosímetro de Ostwald, podemos medir a viscosidade relativa ( $\eta_1/\eta_2$ ) entre dois fluidos. Essa viscosidade relativa (conforme será explicado na sala de aula) é proporcional à densidade relativa dos fluidos e a razão dos tempos de escoamentos.

$$\frac{\eta_{\text{liquido}}}{\eta_{\text{agua}}} = \left( \frac{\rho_{\text{liquido}}}{\rho_{\text{agua}}} \right) \left( \frac{t_{\text{liquido}}}{t_{\text{agua}}} \right)$$

Então, precisamos medir as densidades (relativas) e os tempos de escoamento de dois fluidos utilizando um tubo específico. Esse tubo se chama viscosímetro. Para o carregamento do viscosímetro, introduzir um fluido pelo extremo aberto de maior diâmetro, com a ajuda de uma pipeta ou um pequeno Becker. Para efetuar a medida do tempo de escoamento, parte do fluido residente no bojo inferior deve ser conduzido para os dois bojos menores superiores; isto é feito por meio de aspiração (tubo anexado a um dos extremo aberto indicado por *C*; ver figura acima, à direita). Vamos então medir o tempo que o nível do fluido passa por uma certa marca. Então, quando o nível mais alto do fluido passa pelo anel superior, indicado pela letra *A*, o cronômetro é acionado, e é travado quando o nível mais alto do líquido passar pelo anel *B* (ver detalhes na figura). Com isso, o escoamento laminar é o que ocorre por um tubo regular, abaixo do anel *B*. Um termômetro deve subsidiar o controle da temperatura do banho (ver detalhes na figura). Bolhas de ar devem ser completamente eliminadas.

### Procedimentos e cuidados preliminares:

O viscosímetro, assim como todo material empregado no manuseio dos fluidos, deve estar completamente limpo; lavar o viscosímetro na troca de fluido; monitorar a temperatura indicada durante a medida, por meio de um banho térmico (20°C).

### Carregamento do Viscosímetro:

- Utilizar uma pipeta (ou um pequeno Becker) para carregar o viscosímetro: Introduza o fluido (aproximadamente 10 mL) pelo extremo aberto do viscosímetro de maior diâmetro; ver Fig.3.1;
- Em seguida, por meio de uma seringa, *D*, aspirar pela abertura *C* até que o bojo superior fique parcialmente cheio. ATENÇÃO: Evitar que o fluido suba pela mangueira que liga a seringa ao viscosímetro.

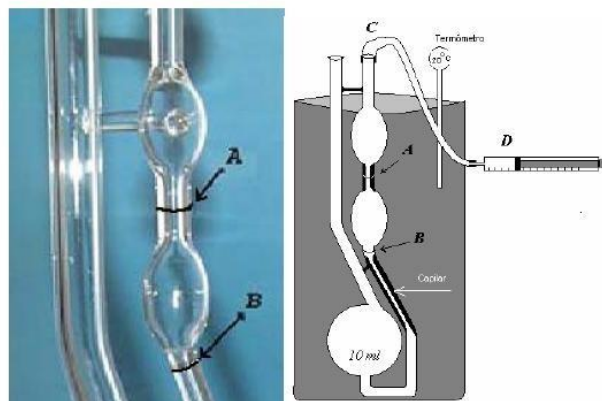


Figura 3.1: Viscosímetro de Ostwald.

**Cronometragem:**

- Desconectar o tubo de látex da seringa para que o fluido comece a fluir;
- Disparar o cronômetro quando o nível superior do fluido passar pelo anel *A*, como indicado na Fig. 3.1,
- travar o cronômetro quando o nível superior do fluido passar pelo anel *B*, Fig. 3.1, e assim determinar o tempo  $t_1$  para que o volume  $V$  do fluido 1 escoe pelo tubo *capilar*, como indicado na Fig. 3.1. Repetir todo o processo para o fluido seguinte, determinando  $t_2$ .

**PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

SOLUÇÃO A (com uma certa porcentagem de sal).

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										

SOLUÇÃO B (com uma certa porcentagem de sal).

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										

ÁGUA DESTILADA

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										

ÁLCOOL

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										

	Tempo médio $\bar{t}$ (s)	Desvio de tempo $\sigma_t$ (s)
Solução A		
Solução B		
Água destilada		
Álcool		

## DENSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

Densímetros serão utilizados para a determinação das densidades dos fluidos envolvidos no estudo.

O densímetro é introduzido gradualmente no líquido para que flutue livremente. A seguir observa-se em escala o ponto em que a superfície do líquido toca o cilindro do densímetro. Os densímetros geralmente contêm uma escala de papel dentro deles para que se possa ler diretamente a densidade específica, em gramas por centímetro cúbico.

Meça a densidade dos fluidos envolvidos no estudo e preencha a tabela abaixo.

	Densidade relativa $\frac{\rho_{\text{liquido}}}{\rho_{\text{agua}}}$	Desvio da densidade relativa
Solução A		
Solução B		
Álcool		

## VISCOSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

Utilizando a fórmula representada abaixo, podemos encontrar o valor do coeficiente de viscosidade relativa das soluções utilizadas na experiência:

$$\frac{\eta_{\text{liquido}}}{\eta_{\text{agua}}} = \left( \frac{\rho_{\text{liquido}}}{\rho_{\text{agua}}} \right) \left( \frac{t_{\text{liquido}}}{t_{\text{agua}}} \right)$$

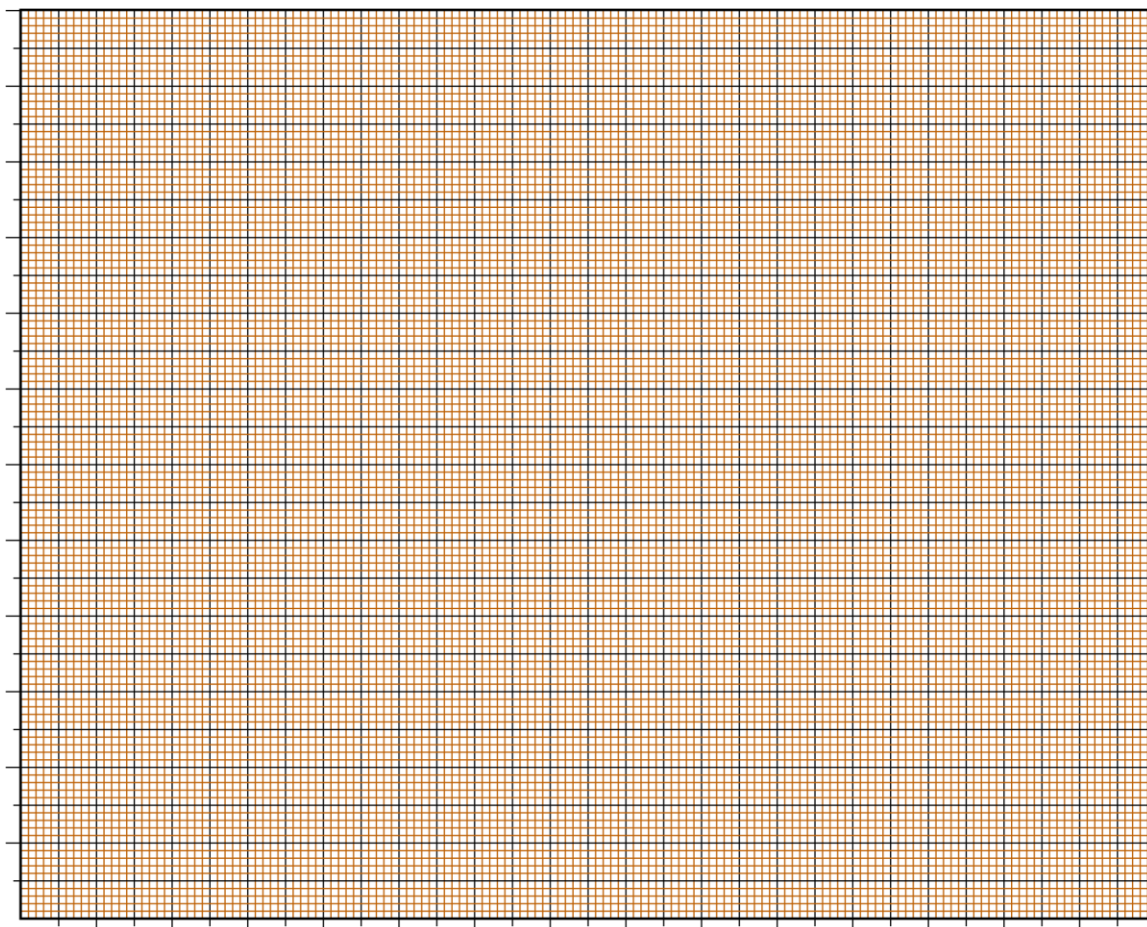
	viscosidade relativa $\frac{\eta_{\text{liquido}}}{\eta_{\text{agua}}}$	Desvio de viscosidade relativa $\sigma_{\eta_{\text{liquido}}/\eta_{\text{agua}}}$
Solução A		
Solução B		
Água destilada		
Álcool		

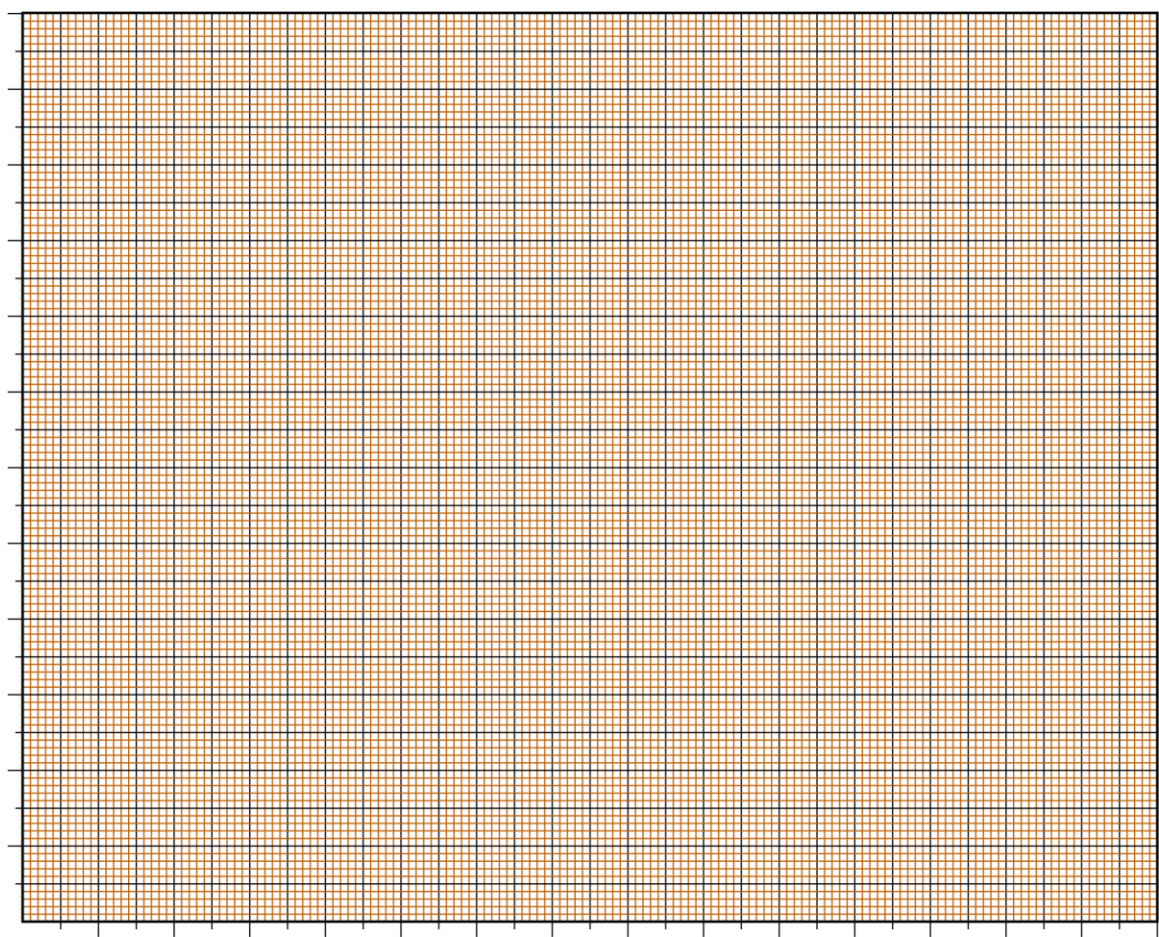
Utilizando os valores da tabela de viscosidade versus concentração, construa o gráfico de viscosidade relativa de NaCl versus concentração, e um outro gráfico viscosidade versus % em volume de solução para o álcool etílico. Marque nos gráficos a faixa (devido a incerteza) de valores obtidos experimentalmente e determine o intervalo de concentrações para as três substâncias (solução A, B e álcool).

Viscosidade de NaCl

Viscosidade de Álcool

Concentração (%)	$\eta_{\text{NaCl}} / \eta_{\text{água}}$		Concentração (%)	$\eta_{\text{Alcohol}} / \eta_{\text{água}}$
0.5	1.009		80	1.877
1	1.018		82	1.804
2	1.034		84	1.738
2.5	1.042		86	1.671
3	1.050		88	1.603
4	1.066		90	1.539
5	1.083		92	1.477
6	1.102		94	1.404
7	1.122		96	1.270
8	1.143		98	1.270
9	1.166		100	1.201
10	1.191			
12	1.248			
14	1.314			





**Conclusão:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## MÉTODO DE STOKES

O método de Stokes permite a obtenção do valor da viscosidade absoluta de fluido, a partir da determinação das densidades e da velocidade de escoamento de uma esfera de raio  $r$ .

$$\eta = [(2/9)r^2g(\rho_e - \rho_f)]/v$$

### 3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Mediremos a velocidade limite de queda para esferas de aço (com dois diâmetros diferentes), as quais serão soltas dentro de uma coluna transparente contendo óleo. Acoplada à coluna, temos uma escala graduada para medir as distâncias de queda. A densidade das esferas  $\rho_{aço}$  é  $(7,8 \pm 0.1) g/cm^3$  e a densidade do óleo pode ser determinada com o densímetro em sala de aula. Para encontrar as velocidades limite, podemos medir o tempo que leva para uma esfera percorrer uma determinada distância. A esfera inicia sua queda com velocidade zero e, aproximadamente a 20 cm abaixo do início do percurso já deve ter atingido o valor da velocidade limite (dentro dos limites de precisão da nossa experiência). Faça experiências para verificar que de fato esta afirmação é verdadeira. Os raios das esferas podem ser medidos com um paquímetro.

#### Medição do diâmetro das esferas

Bolinhas grandes

Bolinha	$(d \pm \sigma_d)(mm)$
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Bolinhas pequenas

Bolinha	$(d \pm \sigma_d)(mm)$
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Diâmetro das bolinhas

	Média de diâmetro (mm)	Desvio do diâmetro $\sigma_d$ (mm)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Massa das bolinhas

	Massa média $m^-$ (g)	Desvio de massa $\sigma_m$ (g)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Tempo de queda das bolinhas grandes

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										

Tempo de queda das bolinhas pequenas

Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (s)										

	Tempo médio $\bar{t}$ (s)	Desvio de tempo $\sigma_t$ (s)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Calcule a velocidade limite com seu respectivo desvio

$$V_L = \frac{S}{t} (\text{cm/s})$$

$$V_L = ( \quad ) \text{ cm/s} \pm ( \quad ) \text{ cm/s}$$

Propagação de erros:

Velocidade limite média de queda das bolinhas

	Velocidade limite média $\bar{V}_L$ (cm/s)	Desvio de velocidade $\sigma_{VL}$ (cm/s)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

O efeito das paredes do recipiente se faz sentir como uma força extra de resistência ao movimento. Para levá-lo em consideração, uma correção deve ser aplicada aos valores das velocidades limites. A correção é dada por:

$$V_c = V_L(1 + X + X^2)$$

$$X = \frac{9d}{4D}$$

- $V_c$  velocidade limite média no meio infinito
- $V_L$  - Velocidade limite média
- $d$  - o diâmetro da esfera
- $D$  - o diâmetro do recipiente
- 

	Velocidade limite média $\bar{V}_c$ (cm/s)	Desvio de velocidade $\sigma_{Vc}$ (cm/s)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Calcule a viscosidade do óleo com seu respectivo desvio

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{(\rho_f - \rho_o)gd^2}{V_c}$$

- $\rho_o$  - densidade de óleo ( $0.877g/cm^3$ );
- $\rho_f$  - densidade da bolinha ( $7,8g/cm^3$ );
- $d$  - Diâmetro da bolinha;
- $V_c$  - velocidade limite;
- $g$  - Aceleração da gravidade ( $978,622cm/s^2$ )

Propagação de erros:

Viscosidade de óleo

	Viscosidade $\eta_{Poises}$ , Poise	Desvio de viscosidade $\sigma_{\eta Poises}$ , Poise
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Passe a viscosidade do óleo em Poises para Stokes:

$$\eta_S = \frac{\eta_{Poises}}{\rho_0}$$

- $\eta_{Poises}$  - viscosidade do óleo em Poises;
- $\eta_S$  - viscosidade do óleo em Stokes;
- $\rho_0$  - densidade de óleo ( $0.877g/cm^3$ ).

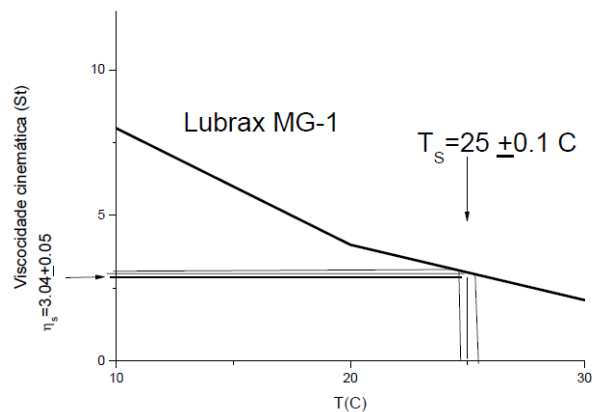
	Viscosidade $\eta_S$ , Stokes	Desvio de viscosidade $\sigma_{\eta S}$ , Stokes
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Construa o gráfico  $\eta_S$  em função de temperatura (utilizando a tabela abaixo) e determine, a partir do gráfico, a temperatura da sala

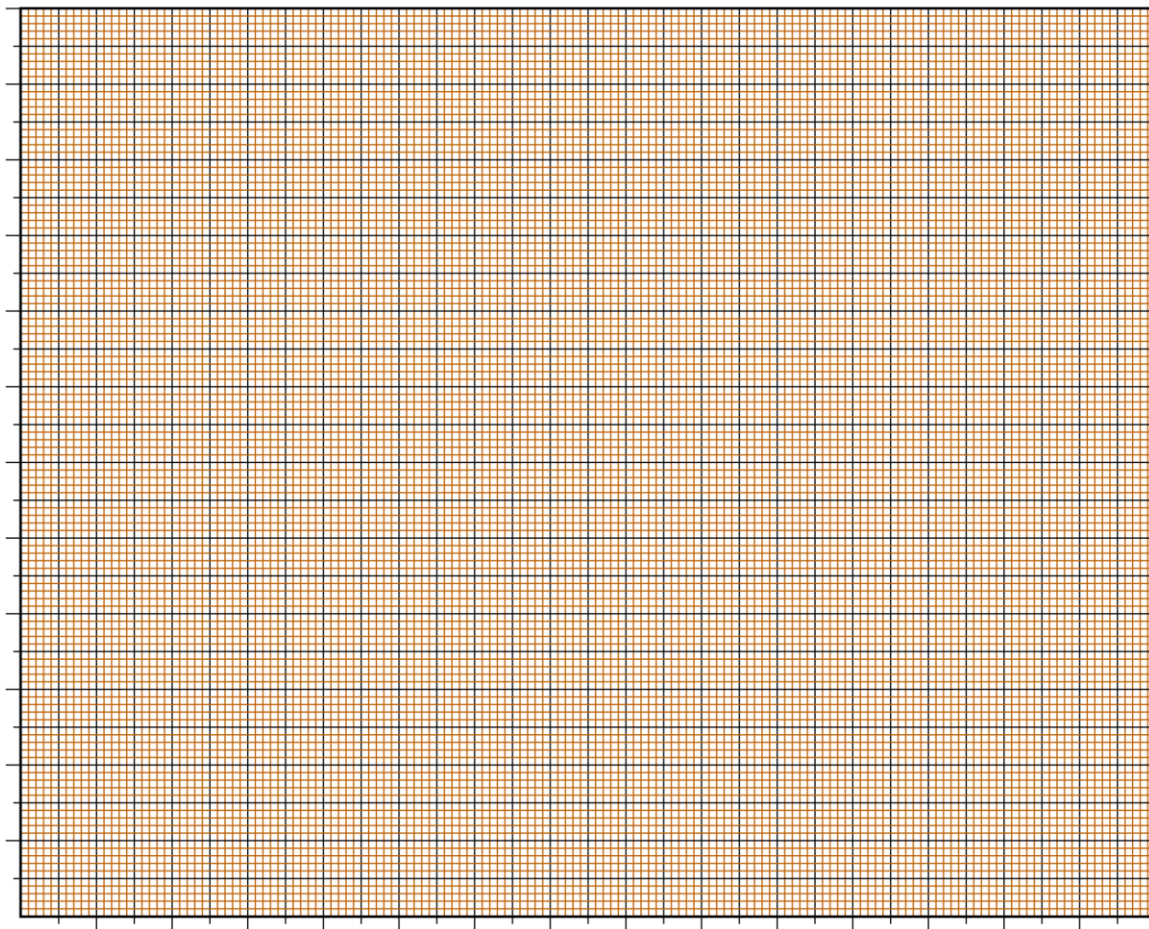
Temperatura da sala  $T_s$  =:

Tabela de valores da viscosidade cinemática em St

T, C	Lubrax MG-1 $\eta$ (St)
0	20
10	8
20	4
30	2,10
40	1,28
50	0,80



- **Pa.s** - [Pascal](#) segundo (10 P)
- **mPa.s** - Milipascal segundo (1 cP)
- **N.s/m<sup>2</sup>** - [Newton](#) segundo por metro quadrado (1 Pa.s)
- **kgf.s/m<sup>2</sup>** - [Quilograma-força](#) segundo por metro quadrado
- **dyn.s/cm<sup>2</sup>** - [Dina](#) segundo por centímetro quadrado (1 P)
- **P** - [Poise](#) (1 dyn.s/cm<sup>2</sup> = 1 g/(cm.s))
- **cP** - Centipoise (P/100)
- **g/(cm.s)** - Grama por centímetro segundo (1 P)



Compare o valor obtido da viscosidade com o valor esperado e compare a temperatura da sala com o valor obtido e discuta seus resultados.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---