

Experiência 3

**Determinação do coeficiente de
viscosidade de líquidos**

1º semestre de 2014

3. Determinação do coeficiente de viscosidade de líquidos

Introdução

Viscosidade é uma grandeza física frequentemente associada às propriedades dinâmicas dos fluidos, nos quais se incluem gases, vapores, líquidos, material 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. Independente de sua constituição, a viscosidade dos diferentes materiais fluidos é usada como um parâmetro importante que os caracterizam molecularmente, e assim é de interesse tanto em ambientes científicos como tecnológicos.

Quanto aos fundamentos teóricos, você deverá estar a par do conteúdo da Apostila. Você poderá encontrar material adicional nas referências em seu livro texto. Os conceitos físicos envolvidos aqui são: movimento de uma esfera em meio viscoso, lei de Stokes, equação de Poiseuille.

Esta experiência consiste em determinar o coeficiente de viscosidade pelo método de viscosímetro de Ostwald e pelo método de Stokes.

3.1 Objetivos

- Introduzir o conceito de viscosidade dos fluidos.
- Princípio de funcionamento dos viscosímetros de Ostwald e Stokes.
- Medir a viscosidade de fluidos.
- Comparar a precisão dos dois métodos.
- Comparar os resultados com os valores tabelados.

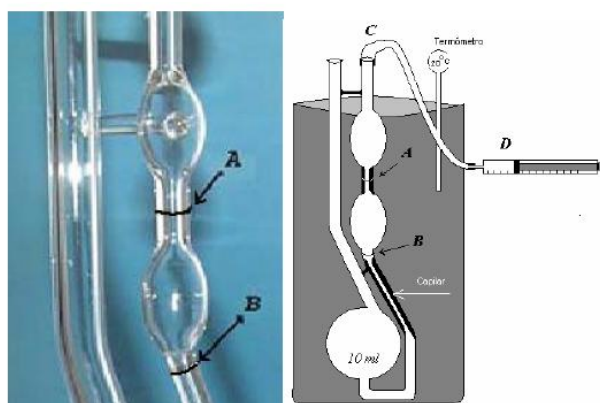


Figura 3.1: Viscosímetro de Ostwald.

fluido (aproximadamente 10ml) 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.

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 .

3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

☐ SOLUÇÃO A.

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

☐ SOLUÇÃO B.

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

☐ ÁGUA DESTILADA.

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

□ ÁLCOOL.

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

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

DENSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

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

O densímetro introduz-se gradualmente no líquido para que flutue livremente. A seguir observa-se em escala-a o ponto no 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 directamente a densidade específica, em gramas por centímetro cúbico.

□ Mesa densidade das densidades dos fluidos envolvidos no estudo e preencha a tabela abaixo.

	Densidade relativa $\frac{\rho_{liquido}}{\rho_{agua}}$
Solução A	
Solução B	
Alcohol	

VISCOSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

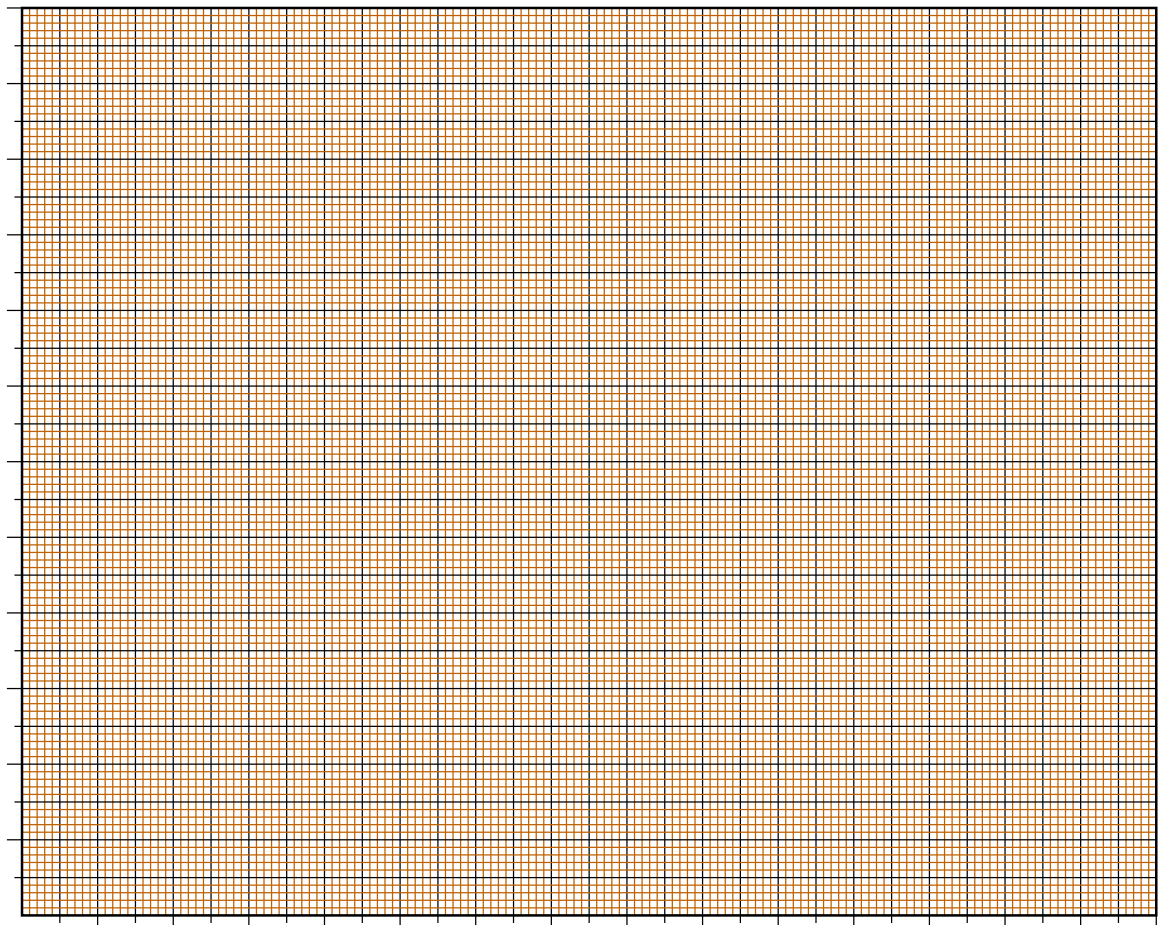
Através da fórmula representada abaixo, podemos encontrar o valor do coeficiente de viscosidade relativa das soluções utilizadas na experiência:

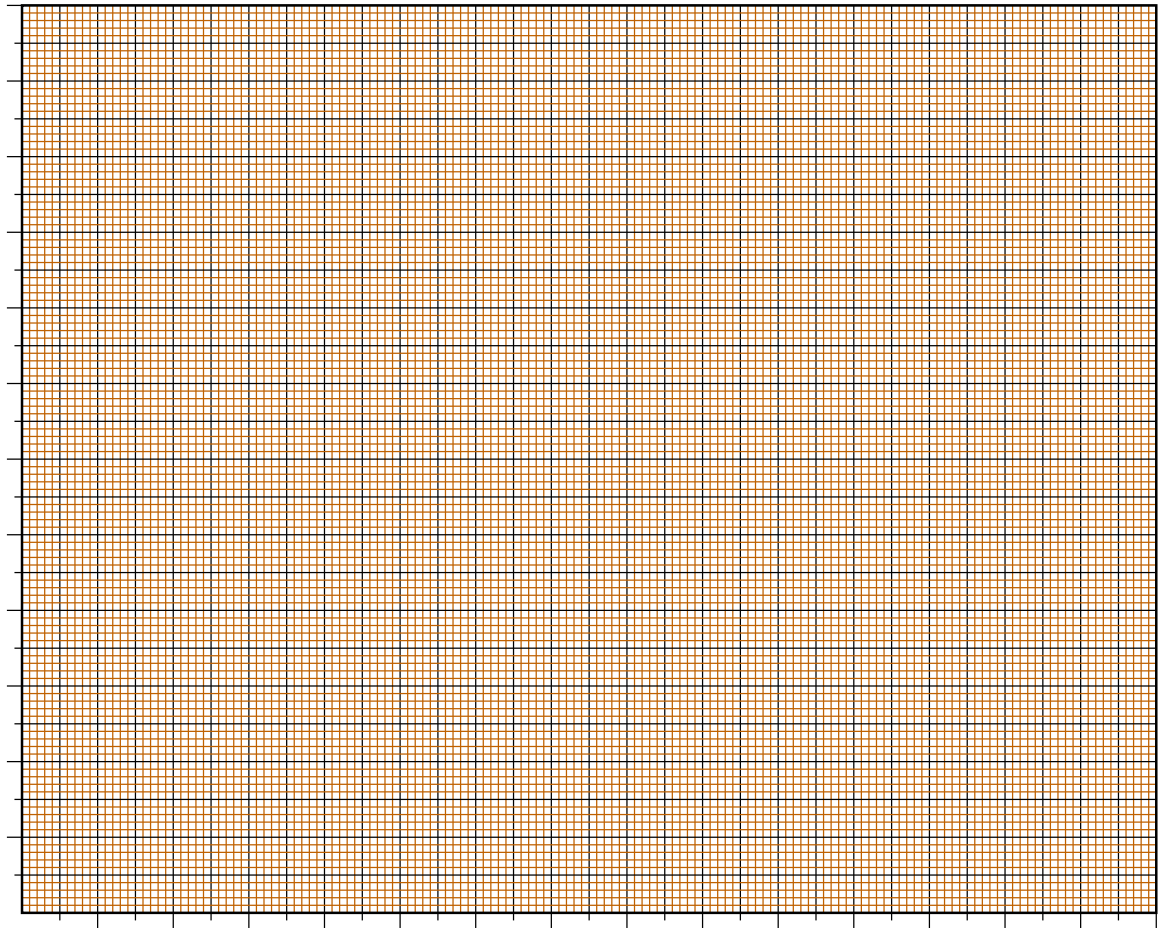
$$\frac{\eta_{liquido}}{\eta_{agua}} = \left(\frac{\rho_{liquido}}{\rho_{agua}} \right) \left(\frac{t_{liquido}}{t_{agua}} \right)$$

	viscosidade relativa $\frac{\eta_{liquido}}{\eta_{agua}}$	Desvio de viscosidade relativa $\sigma_{\eta_{liquido}/\eta_{agua}}$
Solução A		
Solução B		
Agua destilada		
Alcohol		

□ Construa o gráfico de viscosidade relativa de NaCl versus concentração e um outro gráfico de densidade versus % em volume de solução para o álcool etílico. Marque nos gráficos a faixa (devido a incerteza) de valores obtidos experimentalmente e determine intervalo de concentrações para as três substancias (solução A, B e álcool).

	Concentração (%)
Solução A	
Solução B	
Alcohol	





☐ Conclusão

2 MÉTODO DE STOKES ◇

3.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Mediremos a velocidade limite de queda para esferas de aço de vários diâmetros, 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 ρ_{aco} é $(7,8 \pm 0.1) \text{ g/cm}^3$ 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 a velocidade 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:

☐ Diâmetro das bolinhas grandes

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

☐ Diâmetro das bolinhas pequenas

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

	Média de diâmetro (mm)
Bolinha grande	
Bolinha pequena	

Pesagem das bolinhas

	Massa média $\bar{m}$ (g)	Desvio de massa σ_m (g)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Tempo de queda para bolinhas grandes

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

Tempo de queda para bolinhas pequenas

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

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

Calcule a velocidade limite com seu respectivo desvio

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

$$V_L (\quad) cm/s \pm (\quad) cm/s$$

☐ Propagação de erros:

Velocidade limite média de queda das bolinhas

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

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

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

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

- 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 V_c (cm/s)	Desvio de velocidade σ_{V_c} (cm/s)
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Calcule a viscosidade do óleo com seu respectivo desvio

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

- ρ_o - densidade de óleo ($0.877g/cm^3$);
- ρ_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 η_{Poises} , Poise	Desvio de viscosidade $\sigma_{\eta_{Poises}}$, Poise
Bolinha grande		
Bolinha pequena		

Passe a viscosidade do óleo em Poises para Stokes:

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

- η_{Poises} - viscosidade do óleo em Poises;
- η_S - viscosidade do óleo em Stokes;
- ρ_o - densidade de óleo ($0.877g/cm^3$).

☐ Construa o gráfico η_S em função de temperatura (utilizando em uma tabela do Handbook). Determine, a partir do gráfico, o valor de η_S a temperatura da sala

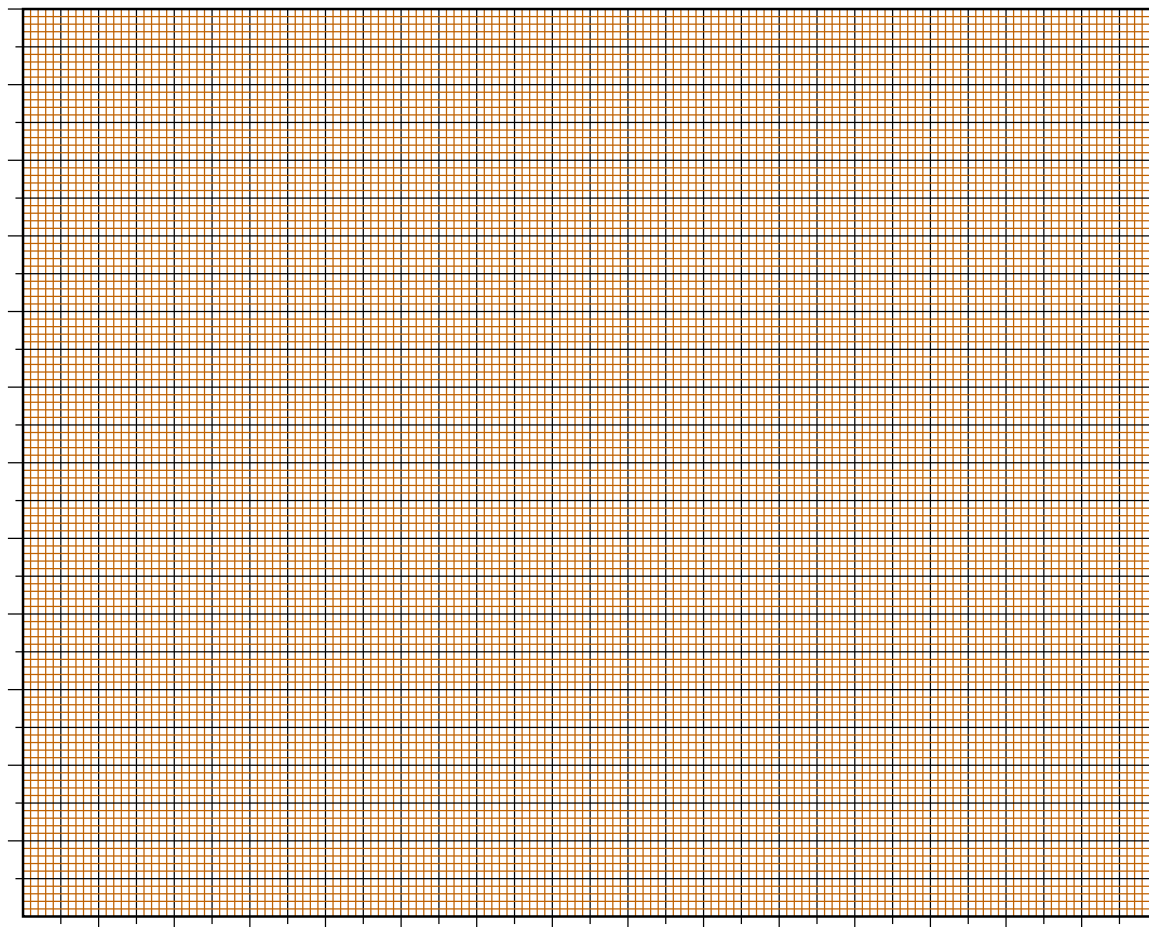
η_S , Stokes						
T , $^{\circ}C$						

☐ Temperatura da sala T_s =:

☐ $\eta_S(T_s)$ =:

Compare resultado com o valor esperado

	Viscosidade η_S , Stokes	Desvio de viscosidade σ_{η_S} , Stokes
Bolinha grande		
Bolinha pequena		



☐ Conclusão

- **Viscosidade** - Medida da resistência ao escoamento de um líquido.
- **Pa.s** - [Pascal](#) segundo (10 P)
- **mPa.s** - Milipascal segundo (1 cP)
- **N.s/m²** - [Newton](#) segundo por metro quadrado (1 Pa.s)
- **kgf.s/m²** - [Quilograma-força](#) segundo por metro quadrado
- **dyn.s/cm²** - [Dina](#) segundo por centímetro quadrado (1 P)
- **P** - [Poise](#) (1 dyn.s/cm² = 1 g/(cm.s))
- **cP** - Centipoise (P/100)
- **g/(cm.s)** - Grama por centímetro segundo (1 P)

Viscosidade de água

Temperature - t - (°C)	Dynamic Viscosity - μ - (N s/m ²) x 10 ⁻³	Kinematic Viscosity - ν - (m ² /s) x 10 ⁻⁶
0	1.787	1.787
5	1.519	1.519
10	1.307	1.307
20	1.002	1.004
30	0.798	0.801
40	0.653	0.658
50	0.547	0.553
60	0.467	0.475
70	0.404	0.413
80	0.355	0.365
90	0.315	0.326
100	0.282	0.294

- $1 \text{ N s/m}^2 = 1 \text{ Pa s} = 10 \text{ poise} = 1,000 \text{ milliPa s}$
- $1 \text{ m}^2/\text{s} = 1 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{s} = 1 \times 10^4 \text{ stokes} = 1 \times 10^6 \text{ centistokes}$

Viscosidade de NaCl

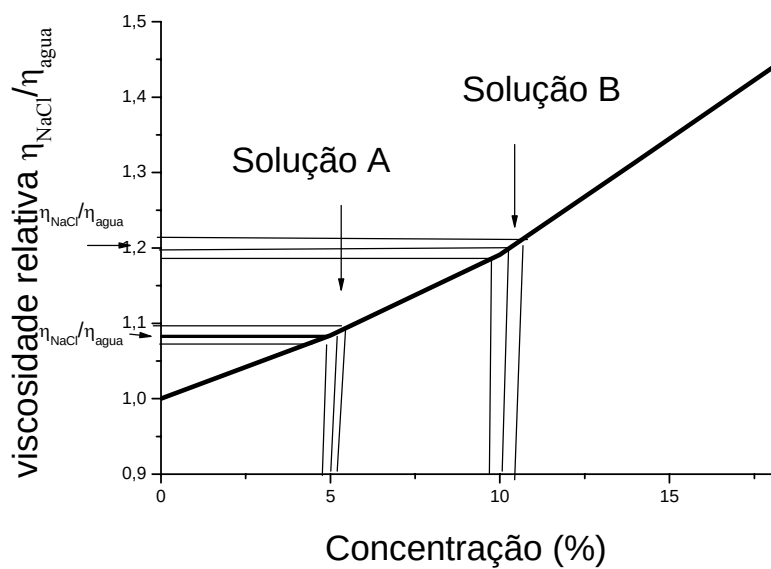
Concentração, %	$\eta_{\text{NaCl}}/\eta_{\text{água}}$
0.5	1.009
1	1.018
2	1.034
2.5	1.042
3	1.050
4	1.066
5	1.083
6	1.102
7	1.122
8	1.143
9	1.166

10	1.191
12	1.248
14	1.314

medida da densidade de NaCl e de Alcool ja foi efetuada na experiencia 2

Viscosidade de Alcool

Concentração, %	$\eta_{\text{Alcohol}} / \eta_{\text{agua}}$
80	1.877
82	1.804
84	1.738
86	1.671
88	1.603
90	1.539
92	1.477
94	1.404
96	1.333
98	1.27
100	1.201



Viscosidade cinemática

A viscosidade cinemática (η), é definida por:

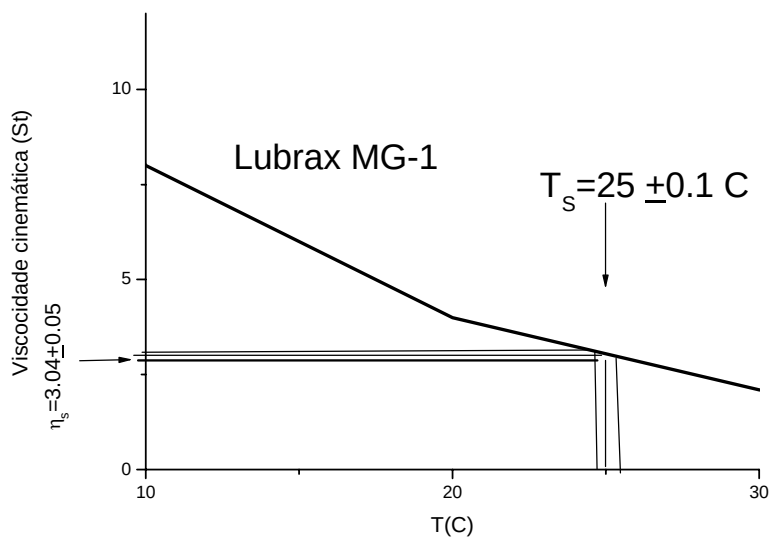
$$\eta_{\text{St}} = \eta_{\text{Poises}} / \rho$$

em que ρ é a densidade do fluido.

No SI a unidade da viscosidade cinemática é m^2/s . No sistema CGS é utilizada a unidade [Stokes](#) e dada a magnitude do seu valor é preferível utilizar a forma [centistokes](#). A viscosidade absoluta tem como unidade $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) em unidades do SI. Essa unidade é normalmente expressa em $\text{mPa}\cdot\text{s}$ dado a sua magnitude. Outra forma conveniente, a partir do sistema CGS é o Poise. Um centipoise (cP) é igual a 1 mPa.

Tabela de valores da viscosidade cinemática em St

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



Viscosidade cinematica versus temperatura para oleo de Petrobras