



## Viscosidade dos polímeros Natália Joenck Ribeiro

### Objetivos

Este material foi produzido para auxiliar você a:

- compreender a importância de medir a viscosidade de uma solução polimérica;
- conhecer como medir a viscosidade intrínseca de uma solução.

### Iniciando o estudo

Este texto apresenta a definição de viscosidade e a importância dos ensaios de viscosidade com foco em polímeros.

### 1 Viscosidade dos Polímeros

Viscosidade é uma propriedade interna do fluido que oferece resistência ao fluxo. Isso ocorre devido à fricção interna das moléculas e depende principalmente da natureza e da temperatura do líquido. Muitos métodos existem para medir a viscosidade de uma solução polimérica. O método de Ostwald é um método simples em que a viscosidade é medida comparando um líquido com a viscosidade conhecida e outro com viscosidade desconhecida. Nesse método, a viscosidade do líquido é medido comparando o tempo de fluxo de dois líquidos de igual volume utilizando o mesmo viscosímetro.

Considere dois líquidos passando por um capilar do mesmo viscosímetro. O coeficiente de viscosidade do líquido ( $\eta_2$ ) é dado por:

$$\eta_2 = \frac{\eta_1 \rho_2 t_2}{\rho_1 t_1}$$

Aqui  $t_1$  e  $t_2$  são o tempo de fluxo dos líquidos e  $\rho_1$  e  $\rho_2$  são as densidades;  $\eta_1$  é o coeficiente de viscosidade da água. Para um dado líquido,  $\eta$  tem um valor específico à mesma temperatura. O tempo de fluxo do líquido depende da viscosidade e da composição. Nesse método, os tempos de fluxo são medidos para diferentes composições conhecidas (Quadro 1).

Quadro 1 - Constantes empíricas de sistemas polímero-solvente

Sistema polímero-solvente	K x 10 <sup>3</sup> mL/g	$\alpha$
PMMA-Acetona	7.70	0.70
PMMA-Benzeno	5.20	0.76
PMMA-Tolueno	7.0	0.71
Acetato de polivinila-acetona	10.2	0.72
Acetato de polivinila-benzeno	56.3	0.62
Acetato de polivinila-acetonitrila	41.5	0.62
Poli vinil álcool-água	45.3	0.64
Poliestireno-benzeno	10.6	0.735
Poliestireno-tolueno	11.0	0.725

Fonte: adaptado de Amrita Vishwa Vidyapeetham & CDAC Mumbai (2021).

A massa molecular do polímero, que é medida utilizando um viscosímetro obtida por essa técnica, chama-se massa molecular média viscosimétrica. A massa molecular da solução de polímero é muito maior que a do solvente puro, tal como a viscosidade. Para a equação de Mark-Houwink, a relação entre a massa molecular viscosimétrica e a viscosidade é dada por:

$$[\eta] = KM^\alpha$$

$[\eta]$  é a viscosidade intrínseca

M é a massa molecular viscosimétrica

K e  $\alpha$  são as constantes de um sistema particular de polímero e solvente

Os valores de um sistema polímero-solvente, a viscosidade intrínseca e a massa molecular viscosimétrica podem ser calculados utilizando essa equação.

Termos relacionados à medição de viscosidade:

Viscosidade Relativa:  $\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0} = \eta_r$

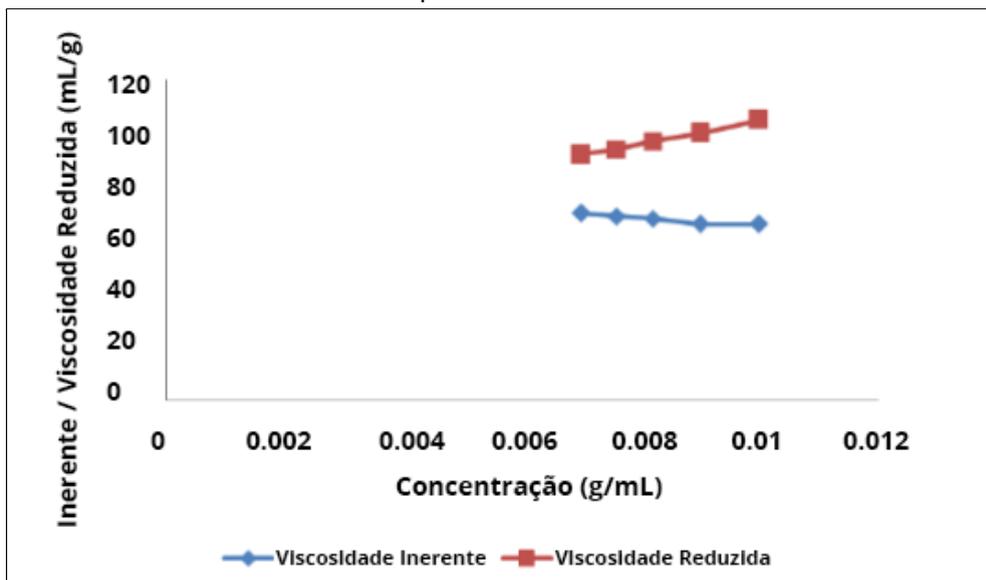
Viscosidade Inerente:  $\frac{\ln(\eta_r)}{c} = \eta_{inh}$

Viscosidade Intrínseca ( $c \rightarrow 0$ ):  $\left(\frac{\ln(\eta_r)}{c}\right) = \left(\frac{\eta_{sp}}{c}\right) = [\eta]$

#### C: Concentração.

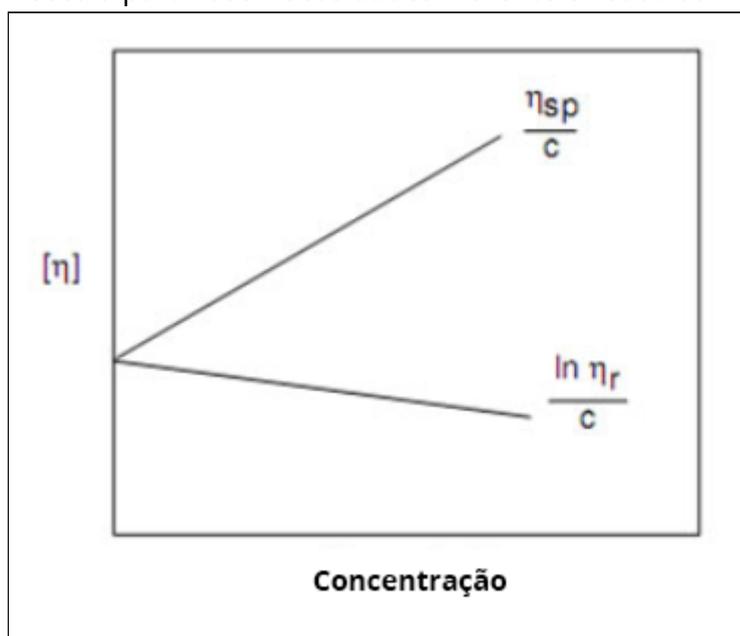
Para medir a viscosidade intrínseca de uma amostra de polímero, soluções de concentrações conhecidas são preparadas, os tempos de fluxo do solvente ( $t_0$ ) e das soluções ( $t$ ) são medidos utilizando o viscosímetro. Plotagens de extrapolação dupla de Viscosidade reduzida e Inerente vs Concentração podem ser feitas calculando a viscosidade reduzida e inerente correspondentes. A viscosidade intrínseca é dada pela ordenada dos gráficos (Gráfico 1 e 2).

Gráfico 1 - Exemplo de viscosidade intrínseca



Fonte: do Autor (2021).

Gráfico 2 - visualização do procedimento gráfico para encontrar a viscosidade intrínseca a partir das viscosidades inerente e reduzida



Fonte: Amrita Vishwa Vidyapeetham & CDAC Mumbai (2021).

## 2 Procedimento experimental

### Material requerido:

1. Viscosímetro Ostwald

2. Cronômetro
3. Pipeta
4. Sugador

Reagentes:

- Solventes:

1. Acetonitrila
2. Acetona
3. Água
4. Tolueno
5. Benzeno

- Polímeros:

1. Acetato de Polivinila
2. PMMA (polimetilmetacrilato)
3. Álcool polivinílico
4. Poliestireno

2.1 Determinando a viscosidade intrínseca do sistema polímero-solvente:

1. Selecione o polímero.
2. Selecione o solvente.
3. Determine o tempo de fluxo do solvente ( $t_0$ ).
4. Determine o tempo de fluxo do sistema polímero-solvente em diferentes concentrações.
5. A partir da concentração e do tempo de fluxo, a viscosidade inerente e a reduzida são calculadas pelas equações:

Viscosidade Reduzida: 
$$\frac{\eta_{sp}}{C} = \eta_{red}$$

Viscosidade Inerente: 
$$\frac{\ln(\eta_r)}{c} = \eta_{inh}$$

6. Um gráfico é elaborado plotando a viscosidade reduzida vs concentração e viscosidade inerente vs concentração.

7. Viscosidade Intrínseca pode ser obtida extrapolando o gráfico para concentração 0.

8. Do valor da viscosidade intrínseca, a massa molecular média do polímero pode ser encontrada utilizando a equação:

$$[\eta] = KM^\alpha$$

### Concluindo o estudo

Neste texto, você conheceu a definição de viscosidade e a importância dos ensaios de viscosidade com foco em polímeros. Foi destacado, também, no item 2, um procedimento experimental para ilustrar o material teórico.

### Referências

GOWARIKER, Vasant R.; VISWANATHAN, N. V.; SREEDHAR, Jayadev. **Polymer science**. New Age International, 1986.

BILLMEYER, Fred W. **Textbook of polymer science**. John Wiley & Sons, 1984.

AMRITA VISHWA VIDYAPEETHAM & CDAC MUMBAI. **Chemistry**. Disponível em: <http://vlab.amrita.edu/?sub=2&brch=190&sim=603&cnt=6>. Acesso em: 13 out. 2021.