

## Viscosidade

Eduardo Lage

Universidade do Porto  
ejslage@gmail.com

### CITAÇÃO

Lage, E. (2018)  
Viscosidade,  
*Rev. Ciência Elem.*, V6(04):085.  
[doi.org/10.24927/rce2018.085](https://doi.org/10.24927/rce2018.085)

### EDITOR

José Ferreira Gomes,  
Universidade do Porto

### EDITOR CONVIDADO

Jorge Manuel Canhoto,  
Universidade de Coimbra

### RECEBIDO EM

7 de fevereiro de 2018

### ACEITE EM

15 de fevereiro de 2018

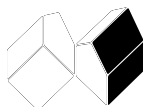
### PUBLICADO EM

15 de janeiro de 2019

### COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2018.  
Este artigo é de acesso livre,  
distribuído sob licença Creative  
Commons com a designação  
[CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite  
a utilização e a partilha para fins  
não comerciais, desde que citado  
o autor e a fonte original do artigo.

[rce.casadasciencias.org](http://rce.casadasciencias.org)



**Uma propriedade universal dos fluidos e que se manifesta como uma força de atrito.**

Qual a origem microscópica da viscosidade<sup>1</sup>? Recordemos a sua definição fenomenológica: para manter um fluido (gás ou líquido) em escoamento permanente entre dois planos (FIGURA 1), estando fixo um deles e movendo-se uniformemente o outro, é necessário aplicar uma tensão tangencial  $\tau$  neste outro, originando-se, desta forma, um gradiente da velocidade  $v_x(\mathbf{y})$  o qual satisfaz à lei de Newton:  $\tau = \eta \frac{dv_x}{dy}$ , onde  $\eta$  é o coeficiente de viscosidade do fluido. Somos, então, obrigados a concluir que esta é a tensão que se exerce em cada plano, paralelo aos anteriores, situado no interior do fluido, caracterizando a força tangencial, por unidade de área, que a parte do fluido acima do plano exerce sobre a parte abaixo do plano.

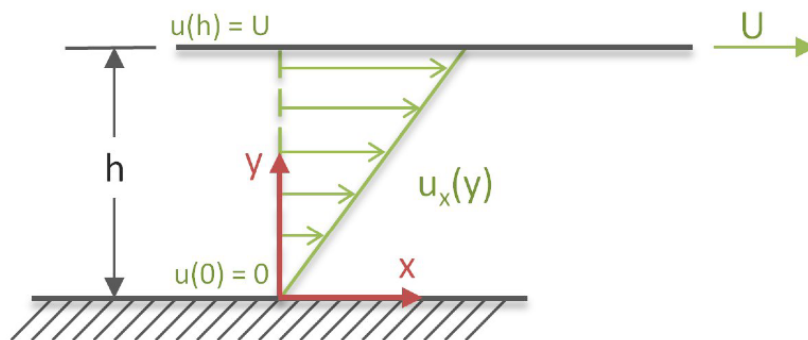


FIGURA 1. A definição do coeficiente de viscosidade.

Começemos por considerar um gás ou vapor, o que nos permite ignorar, em primeira aproximação, as forças intermoleculares. Considerando a FIGURA 1, as moléculas, em qualquer porção do fluido, têm uma velocidade macroscópica sobreposta à sua agitação microscópica. Imaginemos um plano horizontal no seio do fluido: há moléculas, abaixo deste plano, que passam, num curto intervalo de tempo, para cima, transportando uma quantidade de movimento ligeiramente menor (porque é menor a velocidade macroscópica) que a quantidade de movimento das moléculas acima do plano; no mesmo intervalo de tempo, igual<sup>2</sup> número de moléculas atravessa o plano de cima para baixo, transportando uma quantidade de movimento ligeiramente maior do que a quantidade de movimento das

<sup>1</sup>Ver "Fluidos".

<sup>2</sup>O número de moléculas que atravessa o plano num e noutro sentido, durante o mesmo curto intervalo de tempo, é estatisticamente o mesmo porque não há transporte macroscópico de massa através do plano.

moléculas abaixo do plano. Deste modo, o fluido acima do plano tende a diminuir a sua quantidade de movimento, i.e, experimenta uma força que o trava; enquanto o fluido abaixo do plano tende a aumentar a sua quantidade de movimento, i.e., experimenta uma força que o acelera. Baseando-nos nesta imagem, podemos deduzir uma expressão para o coeficiente de viscosidade. Consideremos a unidade de área num plano intermédio  $y$  qualquer da FIGURA 1. O número de partículas que, em cada segundo, atravessa esta área, de cima para baixo, é  $\frac{1}{4}n \langle v \rangle$ , onde  $n$  é o número de partículas por unidade de volume e  $\langle v \rangle$  é a média da sua velocidade **microscópica**. Cada uma destas partículas, de massa  $m$ , transporta a velocidade **macroscópica**  $v_x$  calculada, aproximadamente, em  $y + l$ , onde  $l$  é o livre percurso médio (distância média entre colisões sucessivas). Portanto, a quantidade de movimento transferida, por unidade de área e de tempo, de cima para baixo é  $\frac{1}{4}n \langle v \rangle m v_x(y + l)$ ; de modo análogo, a quantidade de movimento transferida, por unidade de área e de tempo, de baixo para cima é  $\frac{1}{4}n \langle v \rangle m v_x(y - l)$ . Então, o ganho de quantidade de movimento, por unidade de área e de tempo, da parte do fluido abaixo do plano é a diferença destas duas quantidades, i.e., a tensão tangencial exercida pela parte acima do plano sobre a parte abaixo do plano é  $\tau \cong \frac{1}{2}n \langle v \rangle ml \frac{dv_x}{dy}$ , pelo que  $\eta \cong \frac{1}{2}n \langle v \rangle ml$ . Assim, um aumento de pressão, que faz aumentar a densidade, ou um aumento de temperatura, que faz aumentar a velocidade microscópica e, portanto, aumenta o fluxo de partículas, levam a um aumento da viscosidade (FIGURA 2).

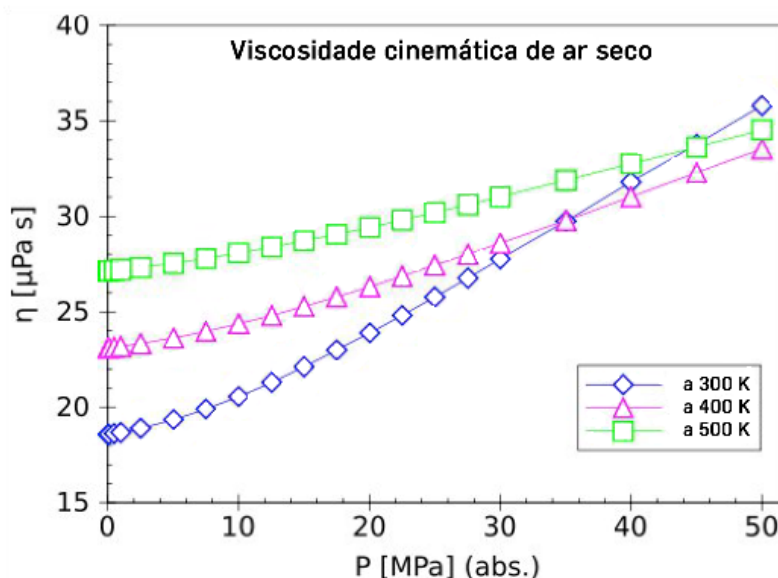


FIGURA 2. Variação do coeficiente de viscosidade num gás (ar seco)

Num líquido, a explicação anterior mantém-se, mas não podemos ignorar as forças intermoleculares: a muito maior densidade de um líquido em relação a um gás, significa, por um lado, que é muito maior o número de moléculas a atravessar o plano imaginado, pelo que é muito maior a viscosidade do líquido do que a de um gás, e, por outro lado, justifica que o efeito da pressão na viscosidade seja diminuto, porque um líquido é praticamente incompressível. Porém, um aumento de temperatura, se aumenta, como num gás, o fluxo

de partículas, tem, como contrapartida, uma diminuição da importância do potencial intermolecular em relação à energia cinética microscópica, levando o líquido a ter um comportamento mais parecido com o de um gás, i.e., diminuindo a sua viscosidade (FIGURA 3). Note-se a diferença das escalas da viscosidade neste dois gráficos.

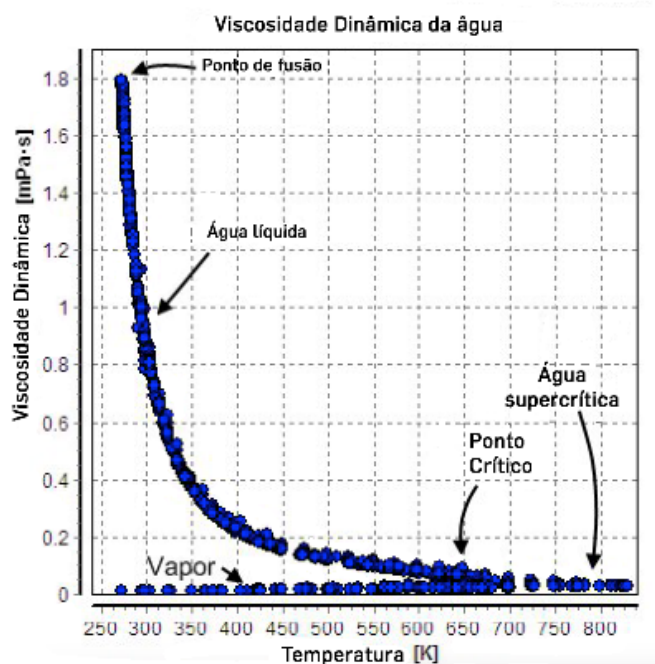


FIGURA 3. Variação o coeficiente de viscosidade com a temperatura num líquido (água) .

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> MASSEY, B. S., WARD-SMITH, A. J., *Mechanics of Fluids* (9th ed.). London & New York: Spon Press, 2011. ISBN 978-0-415-60259-4. OCLC 690084654
- <sup>2</sup> TRITTON, D.J., *Physical fluids dynamics*. New York: Van Nostrand-Reinhold, 1977.
- <sup>3</sup> J.F. DOUGLAS, J.M. GASTOREK, J.A. SWAFFIELD, *Fluid Mechanics*, Longman Scientific & Technical, Essex, 1995.
- <sup>4</sup> LAMB, W. *Hydrodynamics*.
- <sup>5</sup> LAI, W. M. et al., *Introduction to continuum mechanics*. Butterworth-Heinemann, 2009.
- <sup>6</sup> PRANDTL, L., & TIETJENS, O. G., *Applied Hydrodynamics*.
- <sup>7</sup> CURLE, N., DAVIES, H. J., *Modern fluid dynamics*, 1968.
- <sup>8</sup> FETTER, A. L., & WALECKA, J. D., *Theoretical mechanics of particles and continua*. Courier Corporation, 2003.