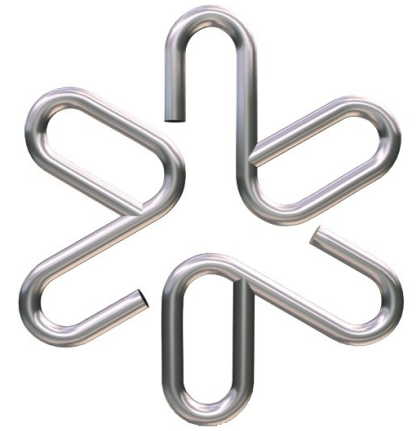


Física do Calor (4300159)



Prof. Adriano Mesquita Alencar
Dep. Física Geral
Instituto de Física da USP

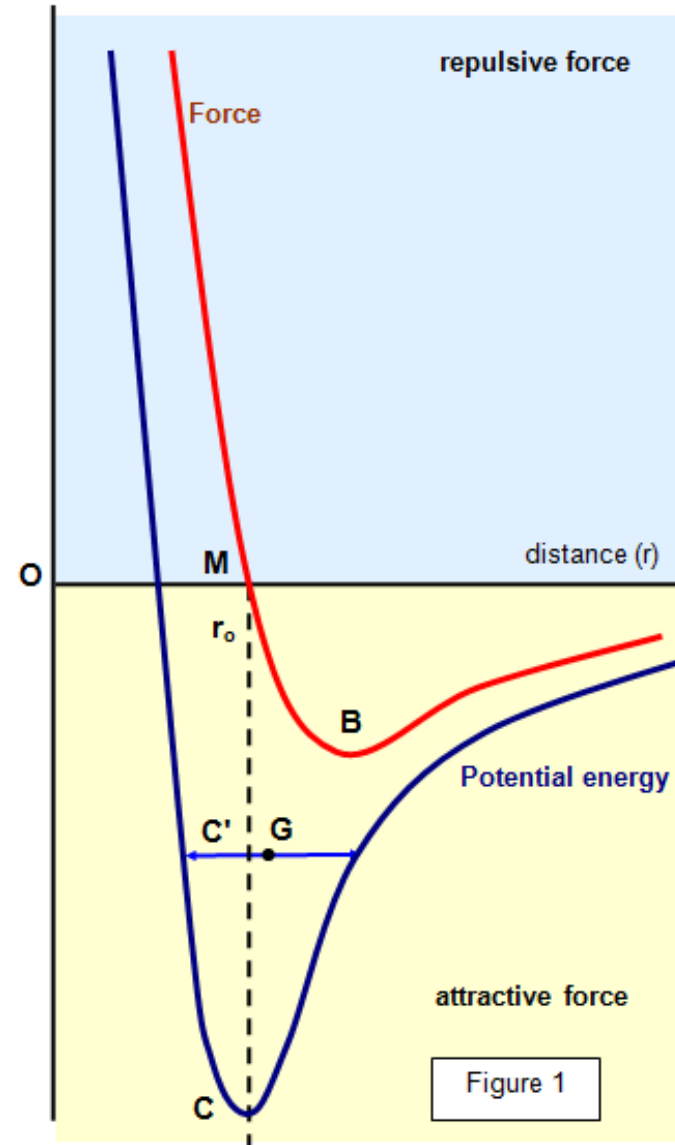
A02

Dilatação Térmica

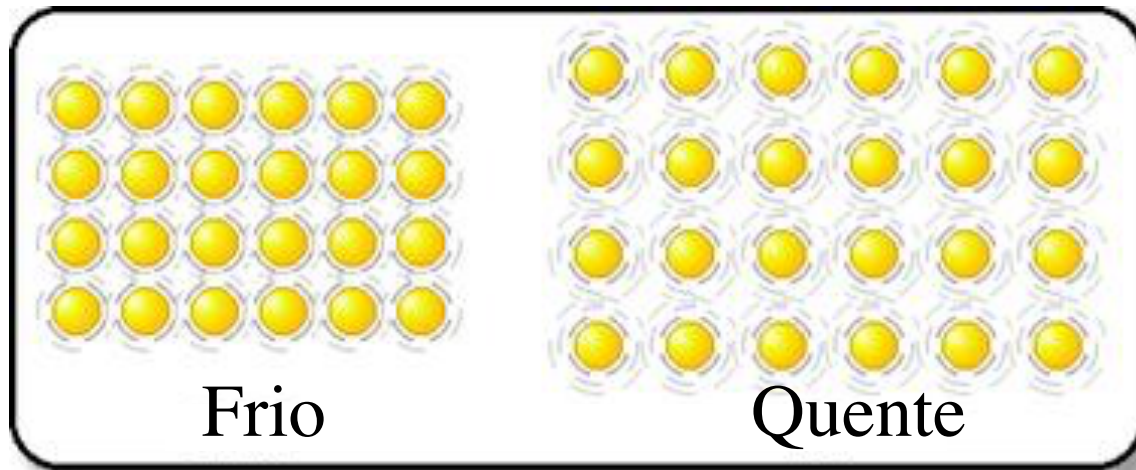


Dilatação Térmica

1. A dilatação térmica é a manifestação macroscópica do aumento da amplitude de movimento das partículas (átomo e moléculas) em nível microscópico.
2. Nos sólidos esse efeito pode ser entendido, qualitativamente, a partir da curva de energia potencial em função da separação entre átomos vizinhos.



Dilatação Térmica Linear

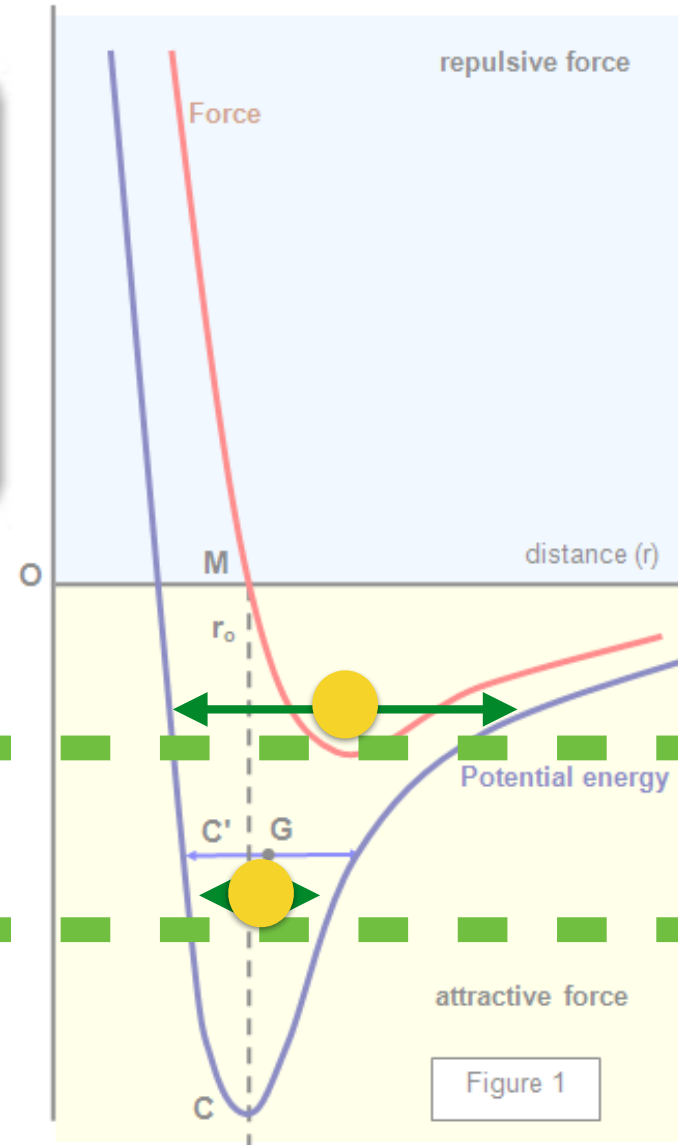


Observa-se, empiricamente, que a variação relativa do comprimento ($\Delta L/L$) é proporcional à variação da temperatura:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

E_2

E_1



Dilatação Térmica Linear

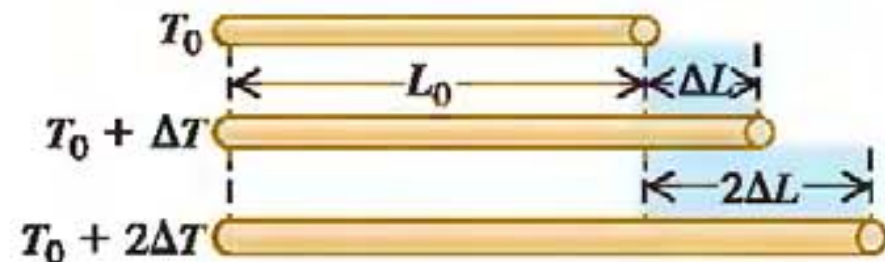
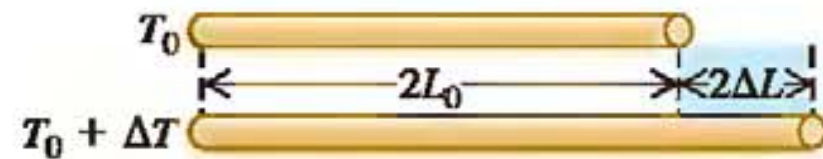
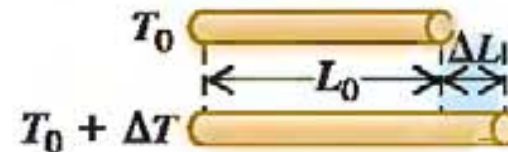
$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L - L_0 = \alpha L_0 \Delta T$$

$$L = L_0(1 + \alpha \Delta T)$$

A constante de proporcionalidade é denominada coeficiente linear de dilatação, tendo sua unidade o inverso da temperatura:

$$\alpha = \frac{\Delta L / L_0}{\Delta T} \quad \text{K}^{-1} \text{ ou } ^\circ\text{C}^{-1}$$



**Average
Linear Expansion
Coefficient (α)
($^{\circ}\text{C}$)⁻¹**

Material

Aluminum	24×10^{-6}
Brass and bronze	19×10^{-6}
Copper	17×10^{-6}
Glass (ordinary)	9×10^{-6}
Glass (Pyrex)	3.2×10^{-6}
Lead	29×10^{-6}
Steel	11×10^{-6}
Invar (Ni-Fe alloy)	0.9×10^{-6}
Concrete	12×10^{-6}



Dilatação Térmica Superficial

Em geral, a dilatação ocorre de maneira independente nas diferentes dimensões de um objeto bi ou tridimensional. Embora isso não seja sempre verdade, é comum que os coeficientes de dilatação lineares em cada dimensão sejam iguais.

$$L = L_0(1 + \alpha\Delta T) \text{ Porém } A = L^2$$

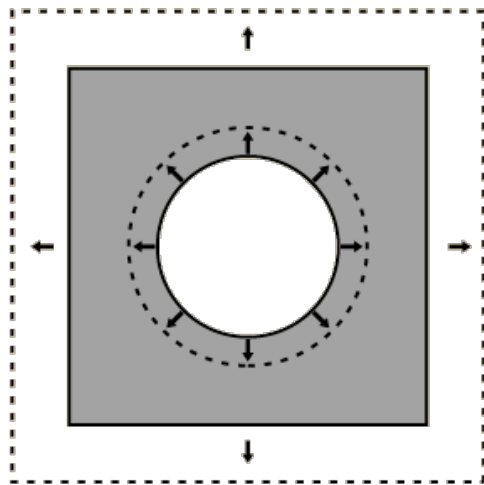
muito pequeno

$$\alpha \approx 10^{-6}$$

$$= L_0^2(1 + 2\alpha\Delta T + \alpha^2\Delta T^2)$$

$$A = A_0(1 + 2\alpha\Delta T)$$

$$\frac{\Delta A}{A_0} = 2\alpha\Delta T$$



Dilatação Térmica Volumétrica

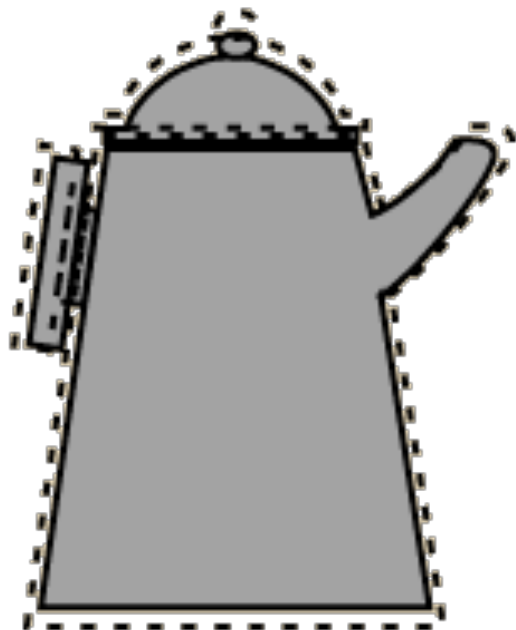
$$L = L_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$V = L^3$$

$$= L_0^3(1 + 3\alpha\Delta T + 3\alpha^2\Delta T^2 + \alpha^3\Delta T^3)$$

muito pequeno

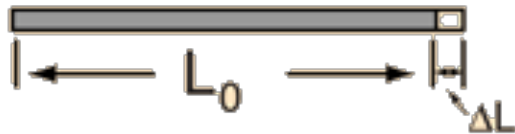
$$\alpha \approx 10^{-6}$$



$$V = V_0(1 + 3\alpha\Delta T)$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = 3\alpha\Delta T$$

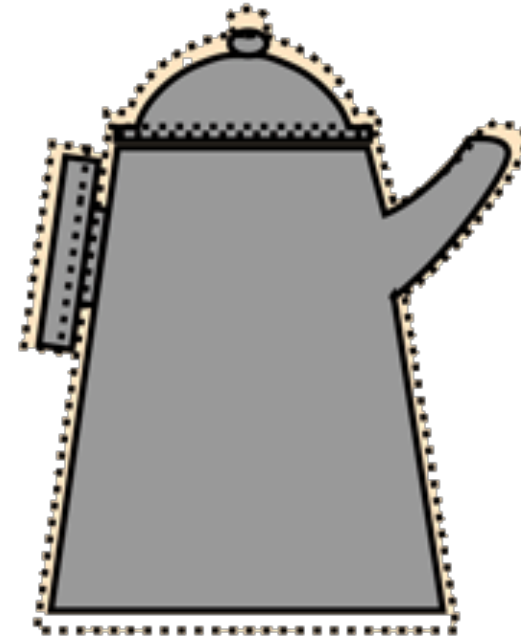
Dilatação Térmica



$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$$

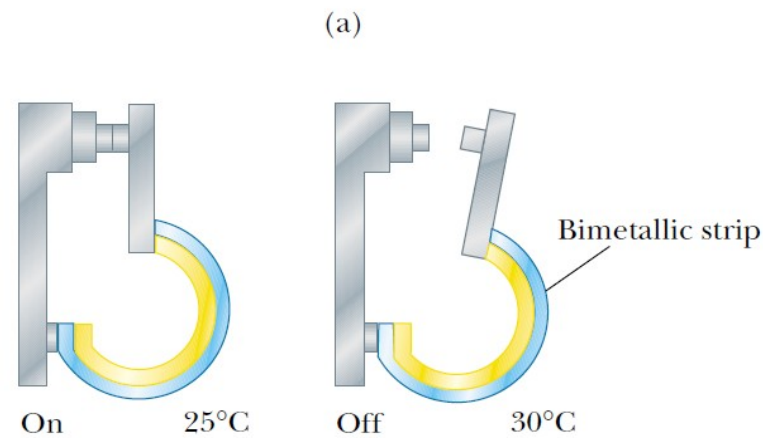
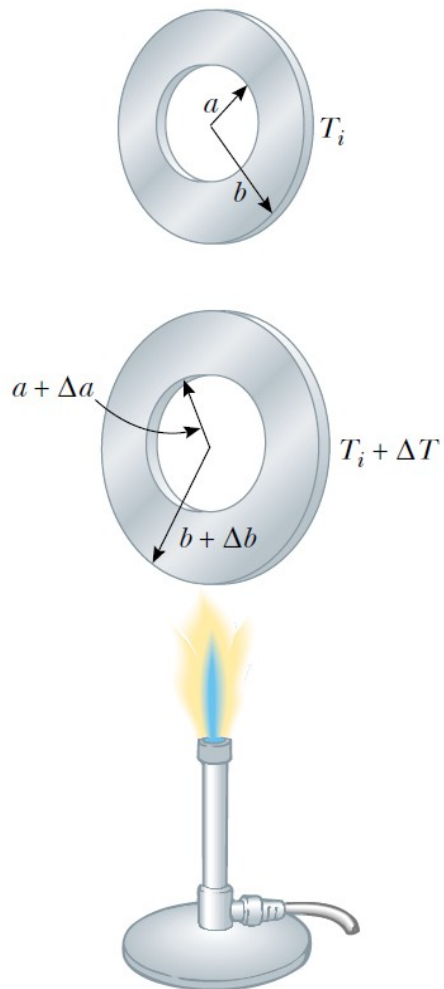


$$\frac{\Delta A}{A_0} = 2\alpha \Delta T$$



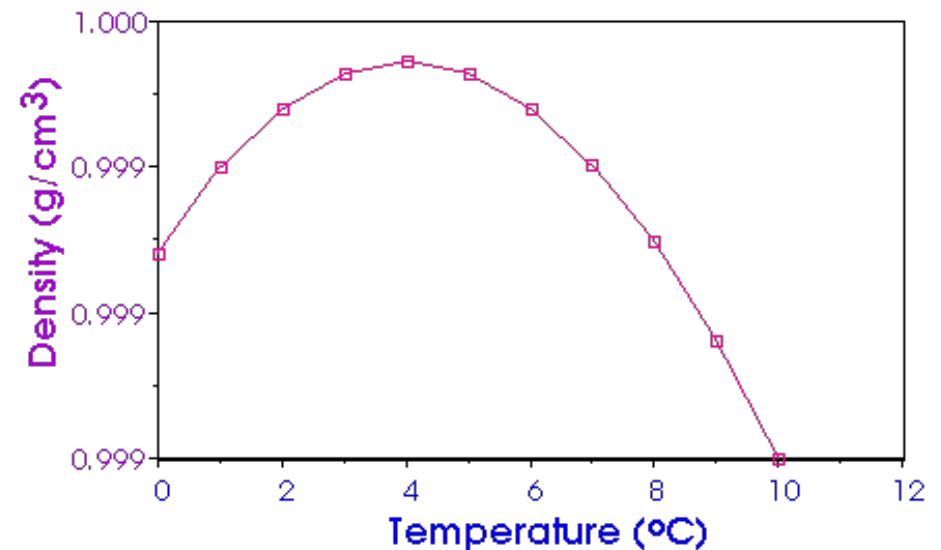
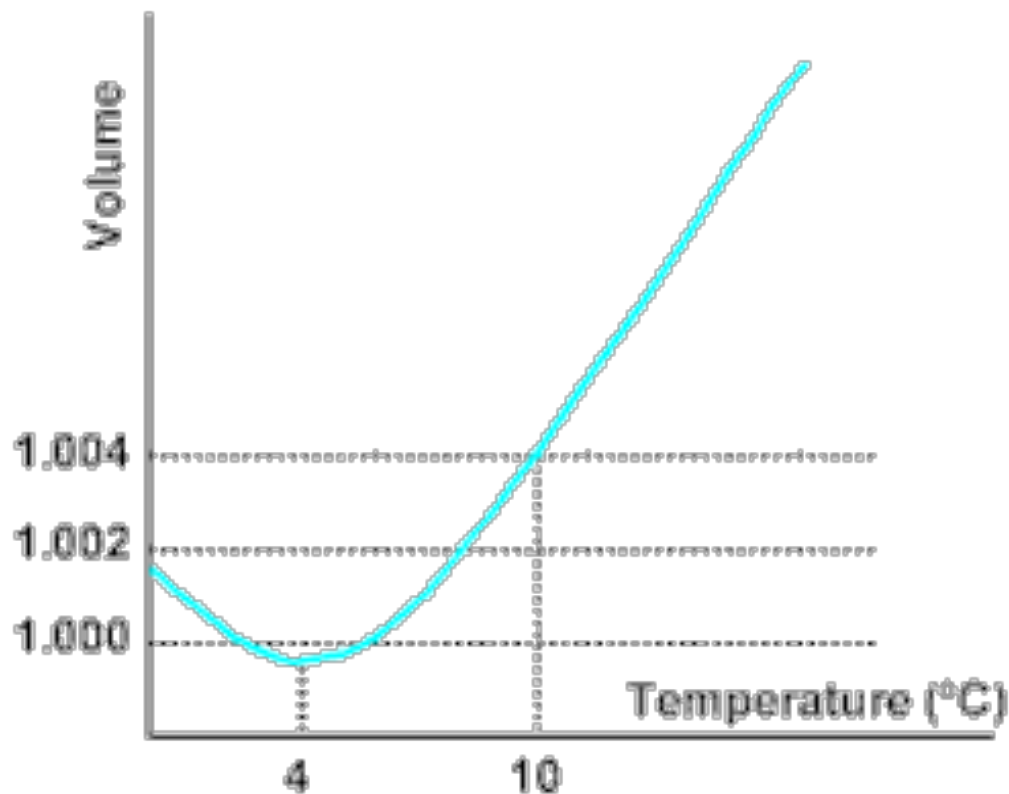
$$\frac{\Delta V}{V_0} = 3\alpha \Delta T$$

Dilatação Térmica



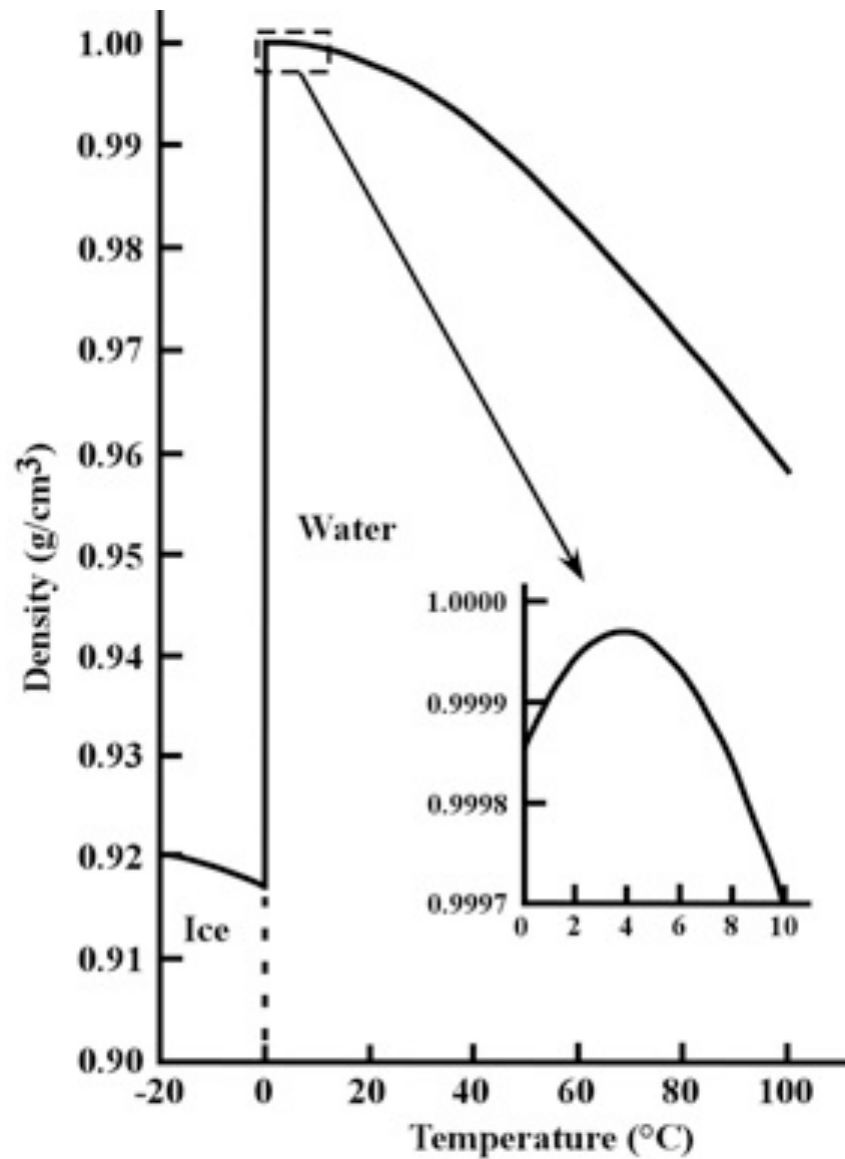
Expansão Térmica da Água

Comportamento anômalo da água: em geral, os líquidos sofrem expansão volumétrica com o aumento da temperatura. Entre 4°C e 0°C, a água sofre expansão volumétrica frente à diminuição da temperatura.



Porque isso ocorre?
Qual a consequência disso?

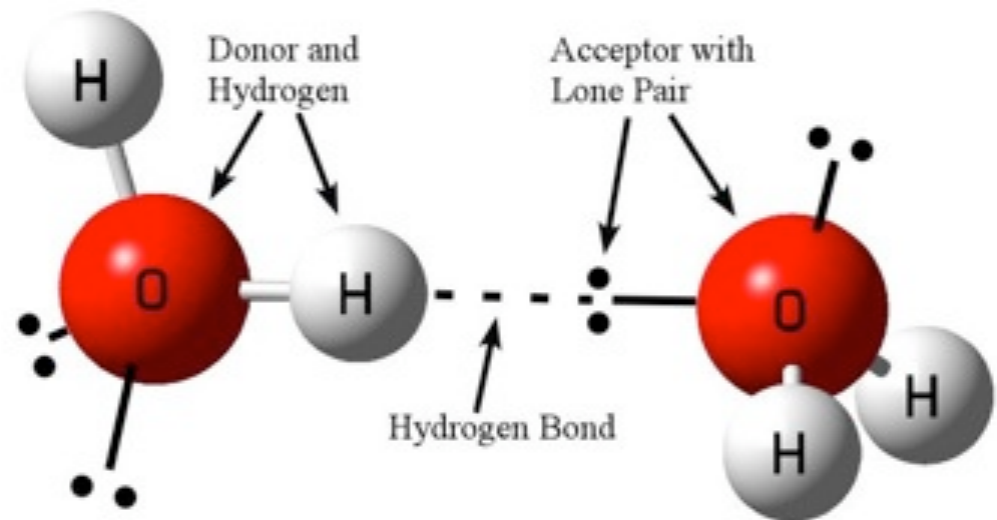
Expansão Térmica da Água



Expansão Térmica da Água

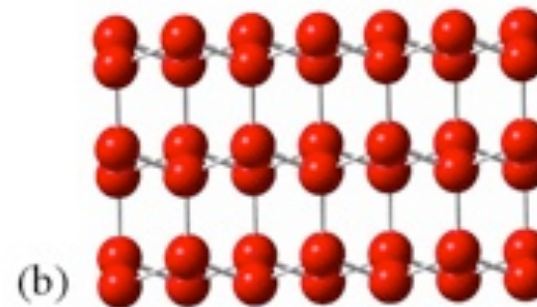
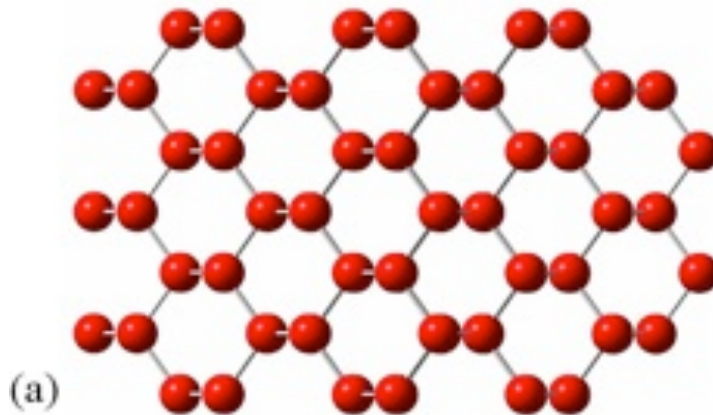
Pontes de hidrogénio é um tipo especial de força intermolecular que pode surgir entre moléculas adjacentes. Para criar uma ligação de hidrogênio, você precisa de um átomo doador (em geral, N, O, ou F), um átomo de hidrogénio ligado ao doador, e um aceitador (novamente N, O, ou F) com um par solitário de elétrons.

O hidrogénio do doador recebe uma carga positiva parcial, que é então atraído para o par solitário de carga negativa sobre o aceitador. Finalmente, estes átomos deve ser organizado de uma forma quase linear.

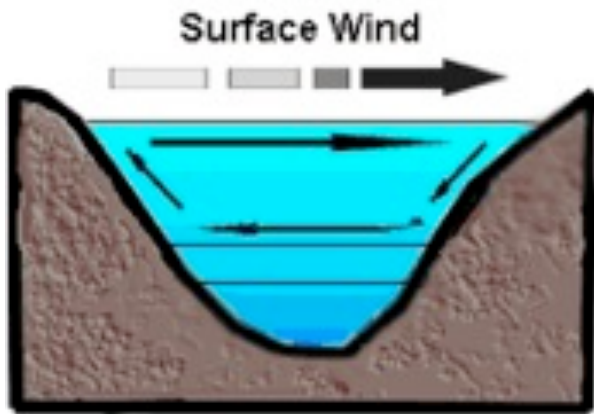


Expansão Térmica da Água

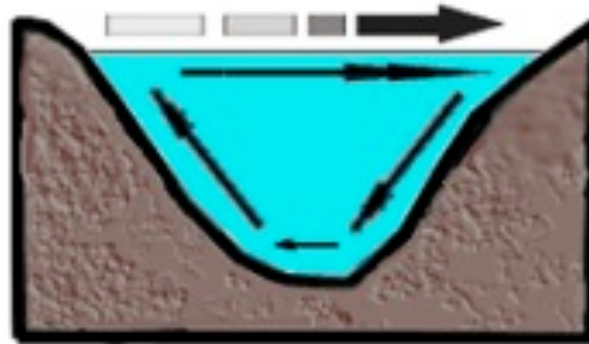
1. Quando um líquido aquece, expande
2. A água é um dos poucos materiais, além da sílica, em que a forma sólida é menos densa que a forma líquida.
3. Isso ocorre devido a tendência de formar estruturas com redes de pontes de hidrogênio
4. Na forma sólida, água se comporta como um cristal hexagonal, mantido apenas por pontes de hidrogênio, maximizando essas ligações (altamente direcionais).
5. Essa estrutura tipo gaiola, ocupa 9% mais de espaço que a forma diluída



Lago uniforme nos 4 °C

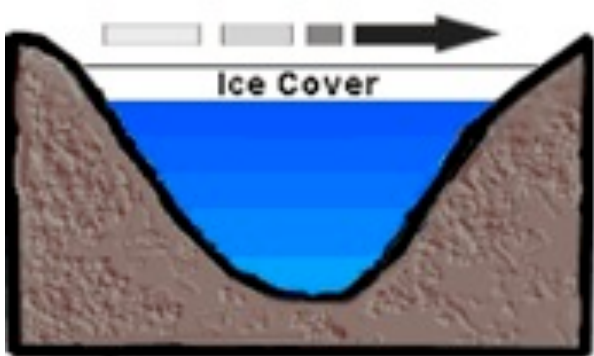


Summer Condition
Stratified Lake Waters

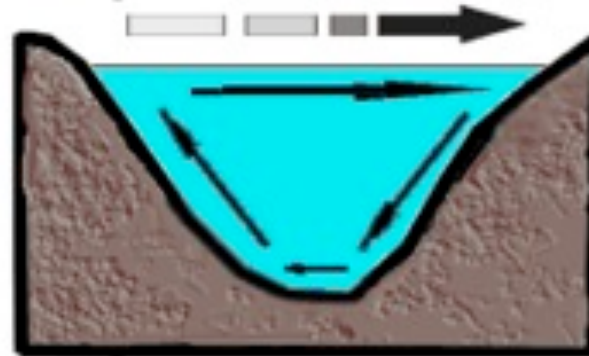


Fall Condition
Turnover

Annual Lake Cycle



Winter Condition
Stratified Lake Waters



Spring Condition
Turnover

