

Capítulo

**18**

# Dilatação dos sólidos e dos líquidos



# Dilatação dos sólidos e dos líquidos

## Agitação térmica

Já sabemos que a temperatura de um corpo está relacionada ao estado de agitação das partículas que o constituem.

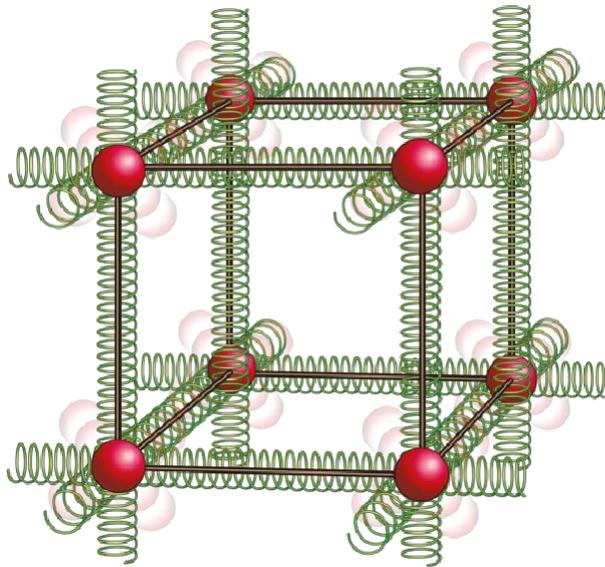
Maior temperatura



Maior agitação

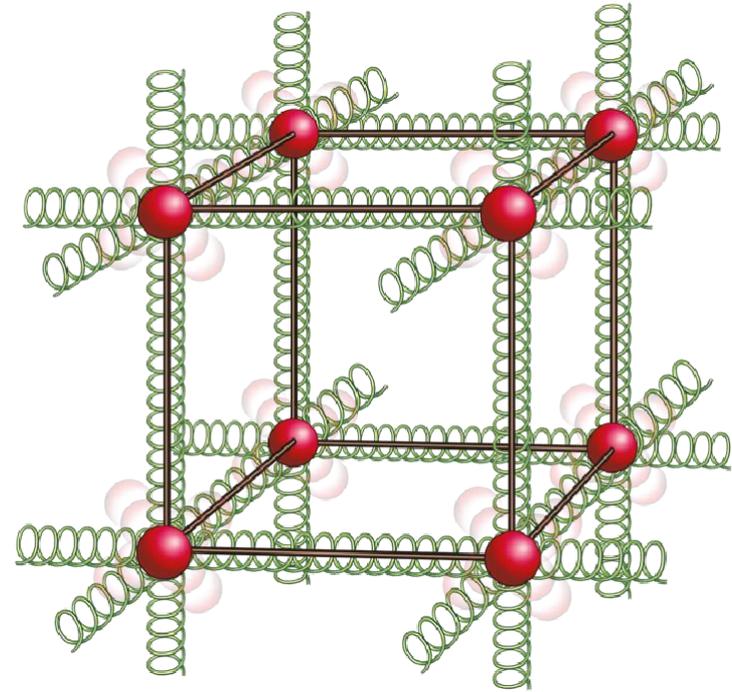
# Dilatação dos sólidos e dos líquidos

## Agitação térmica



Temperatura  $\theta_0$

Aquecimento



Temperatura  $\theta > \theta_0$

Maior agitação



Maior espaçamento

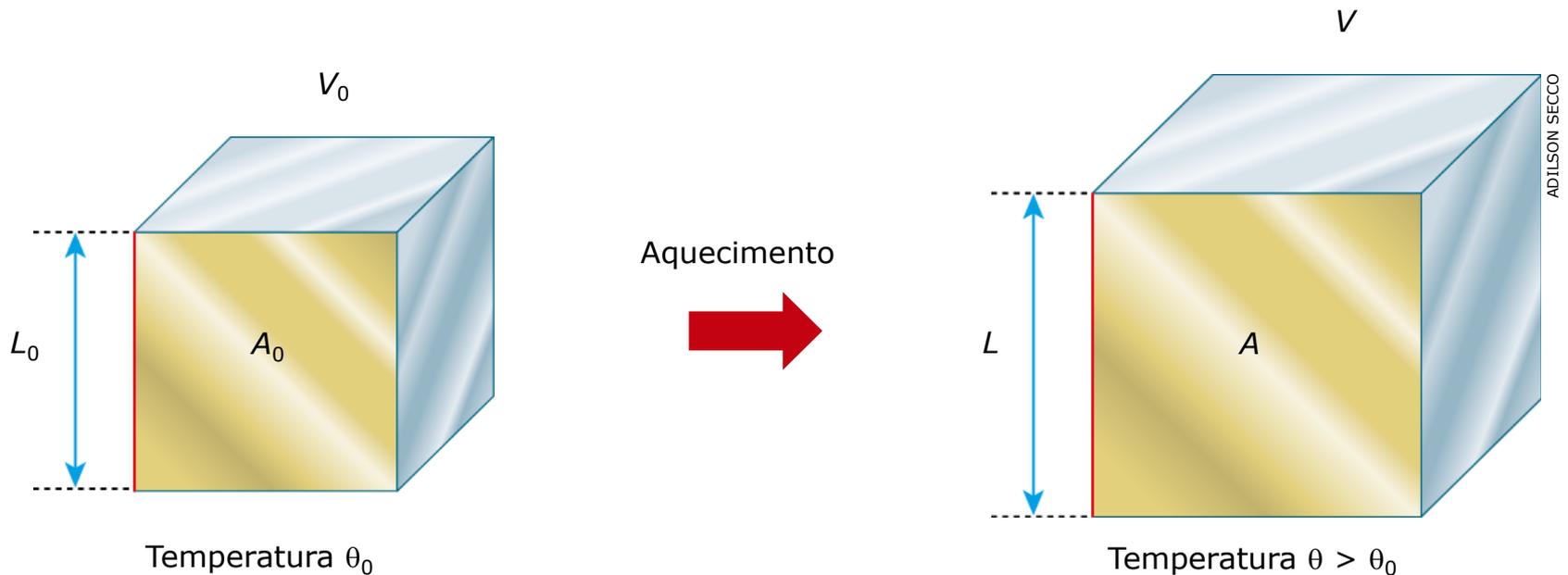
STUDIO CAPARROZ



# Dilatação dos sólidos e dos líquidos

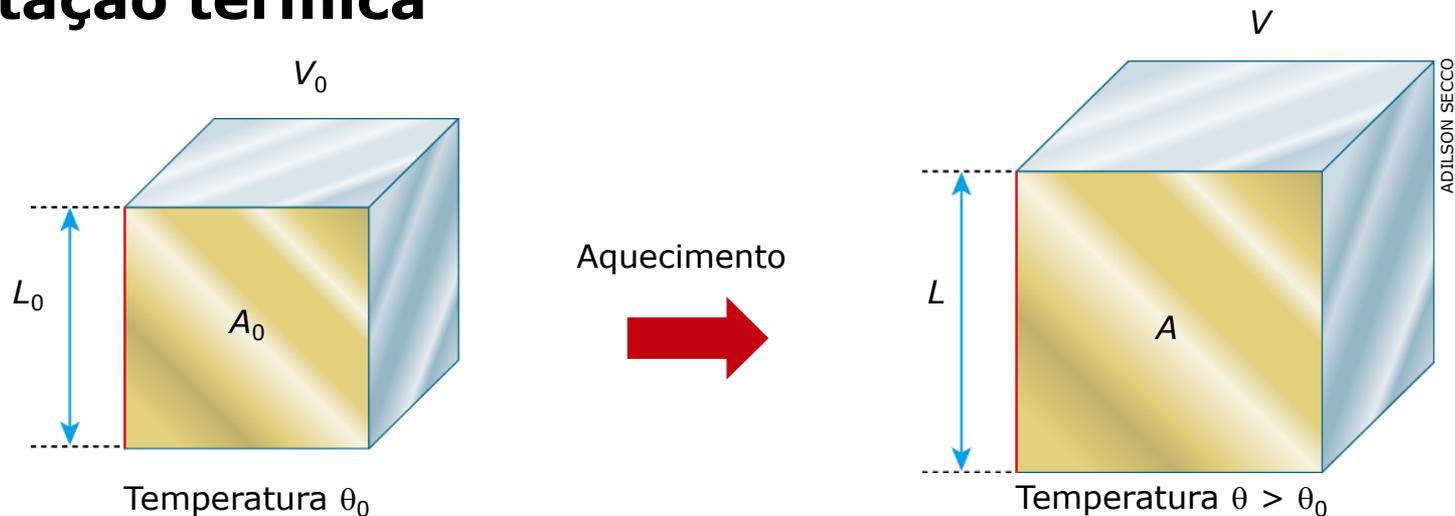
## Agitação térmica

Vamos considerar a situação mostrada a seguir.



# Dilatação dos sólidos e dos líquidos

## Agitação térmica



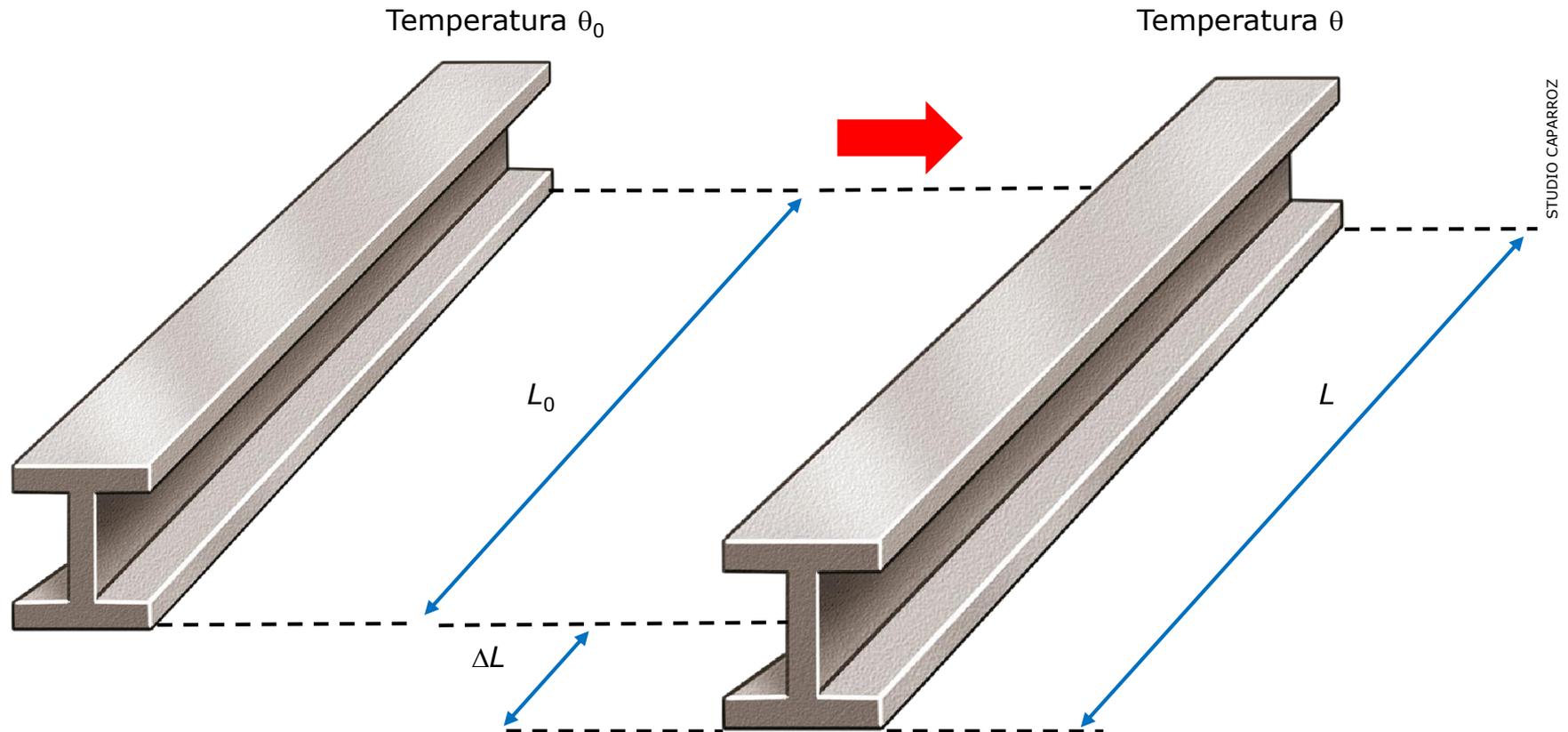
Dilatação térmica linear:  $\Delta L = L - L_0$

Dilatação térmica superficial:  $\Delta A = A - A_0$

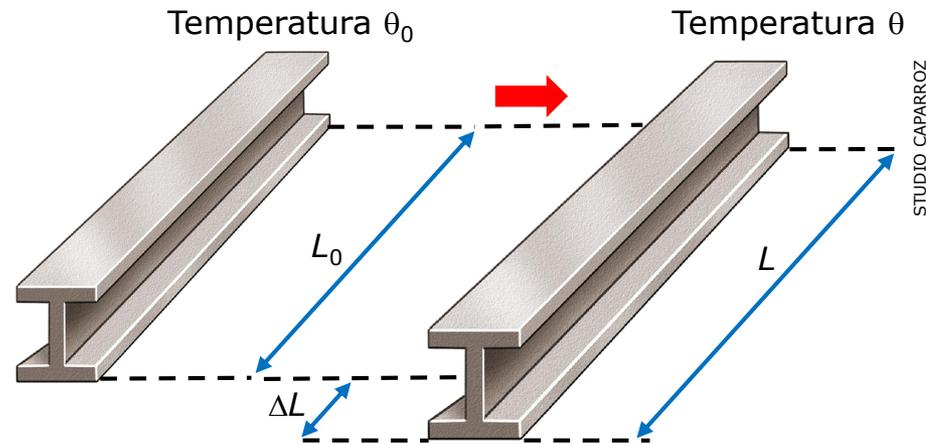
Dilatação térmica volumétrica:  $\Delta V = V - V_0$

Essas três formas de dilatação **sempre ocorrem simultaneamente**.

# Dilatação térmica linear dos sólidos



# Dilatação térmica linear dos sólidos



A variação  $\Delta L$  no comprimento inicial  $L_0$  depende:

- da variação de temperatura  $\Delta\theta \rightarrow \Delta L \propto \Delta\theta$ ;
- do comprimento inicial  $L_0 \rightarrow \Delta L \propto L_0$ ;
- do material de que o corpo é feito.

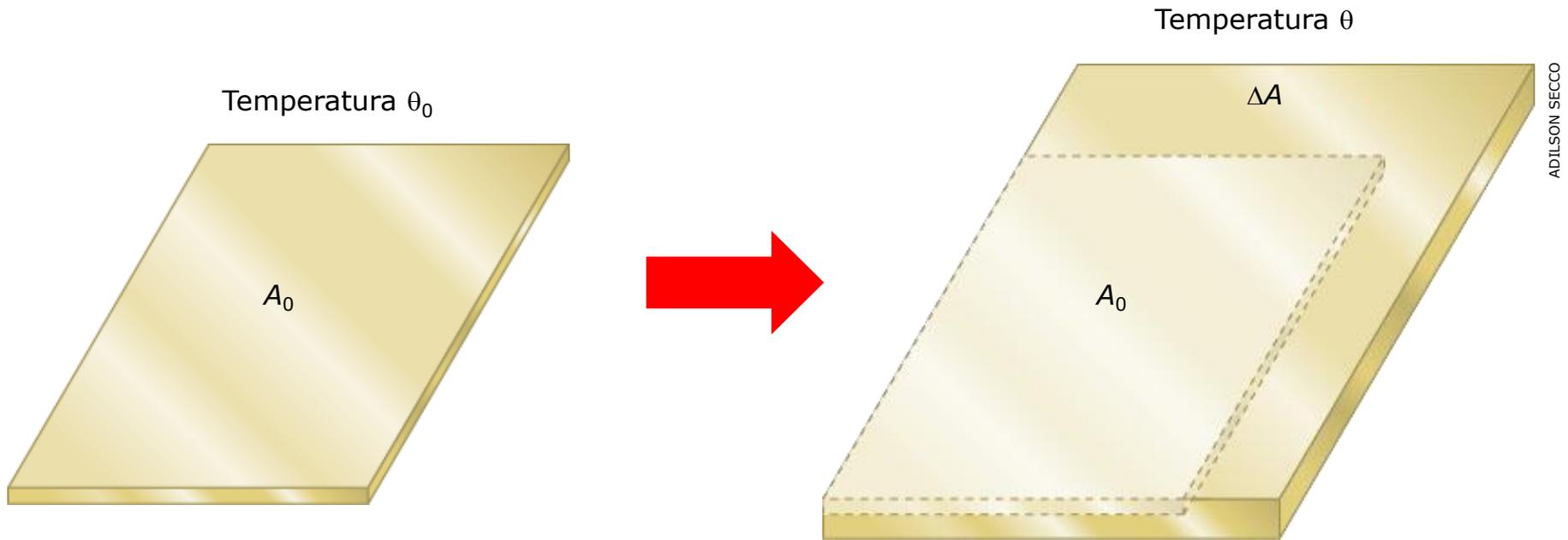
Matematicamente:  $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$

# Dilatação térmica linear dos sólidos

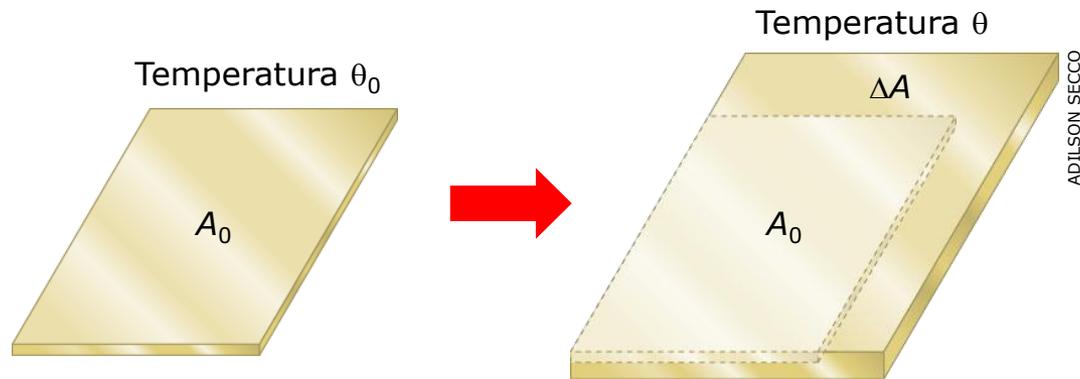
$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

A grandeza  $\alpha$  é o **coeficiente de dilatação linear** do material (em  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

# Dilatação térmica superficial dos sólidos



# Dilatação térmica superficial dos sólidos



A variação  $\Delta A$  na área de superfície inicial  $A_0$  depende:

- da variação de temperatura  $\Delta\theta \rightarrow \Delta A \propto \Delta\theta$ ;
- da área de superfície inicial  $A_0 \rightarrow \Delta A \propto A_0$ ;
- do material de que o corpo é feito.

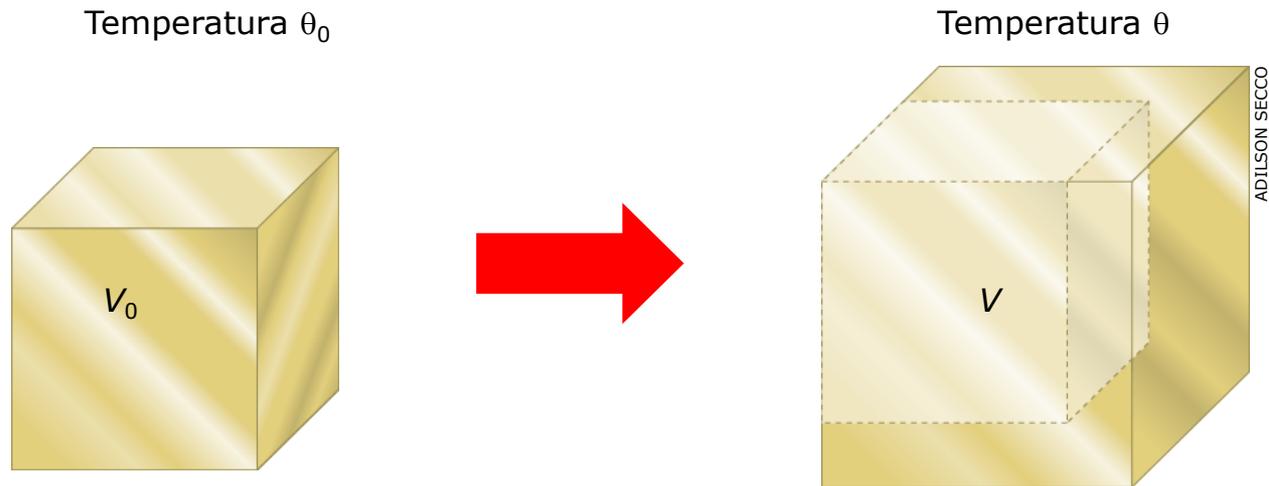
Matematicamente:  $\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$  e  $\beta = 2 \cdot \alpha$

# Dilatação térmica superficial dos sólidos

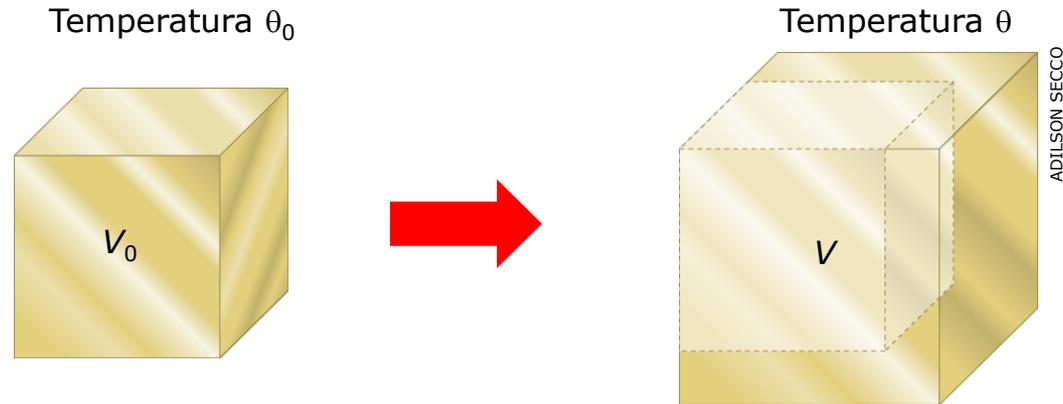
$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$$

A grandeza  $\beta$  é o **coeficiente de dilatação superficial** do material (em  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

# Dilatação térmica volumétrica dos sólidos



# Dilatação térmica volumétrica dos sólidos



A variação  $\Delta V$  no volume inicial  $V_0$  depende:

- da variação de temperatura  $\Delta\theta \rightarrow \Delta V \propto \Delta\theta$ ;
- do volume inicial  $V_0 \rightarrow \Delta V \propto V_0$ ;
- do material de que o corpo é feito.

Matematicamente:  $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$  e  $\gamma = 3 \cdot \alpha$

# Dilatação térmica volumétrica dos sólidos

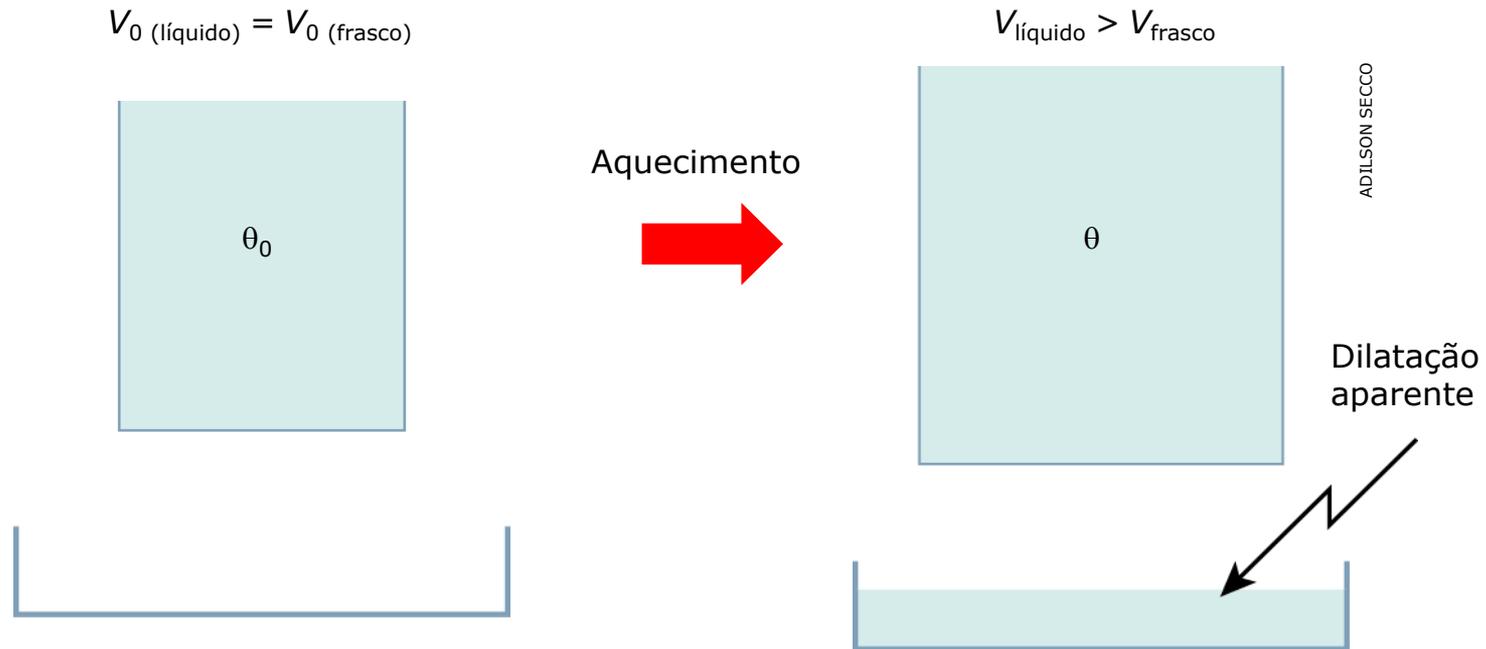
$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$$

A grandeza  $\gamma$  é o **coeficiente de dilatação volumétrica** do material (em  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

# Dilatação térmica dos líquidos

Consideramos, neste caso, apenas a dilatação volumétrica. Em geral, os líquidos dilatam-se muito mais que os sólidos. Assim, se um recipiente totalmente cheio de líquido for aquecido, parte do líquido transbordará.

# Dilatação térmica dos líquidos



$$V_{\text{transbordado}} = V_{\text{líquido}} - V_{\text{frasco}}$$

# Dilatação térmica dos líquidos

A lei que descreve a dilatação volumétrica dos líquidos é a mesma que a dos sólidos:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta$$

A grandeza  $\gamma$  é o **coeficiente de dilatação volumétrica (real)** do líquido (em  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

# Dilatação térmica dos líquidos

Retomando a situação anterior:

$$V_{\text{transbordado}} = V_{\text{líquido}} - V_{\text{frasco}}$$

Ou, de modo equivalente:

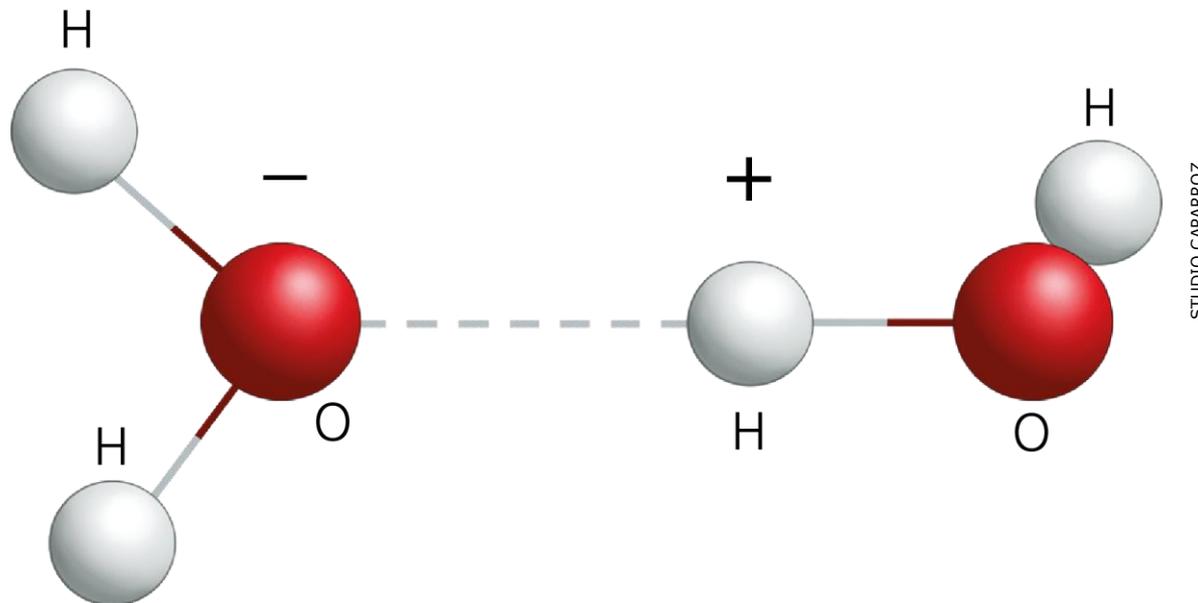
$$\Delta V_{\text{aparente}} = \Delta V_{\text{líquido}} - \Delta V_{\text{frasco}}$$

$$V_0 \cdot \gamma_{\text{aparente}} \cdot \Delta\theta = V_0 \cdot \gamma_{\text{líquido}} \cdot \Delta\theta - V_0 \cdot \gamma_{\text{frasco}} \cdot \Delta\theta$$

$$\gamma_{\text{aparente}} = \gamma_{\text{líquido}} - \gamma_{\text{frasco}}$$

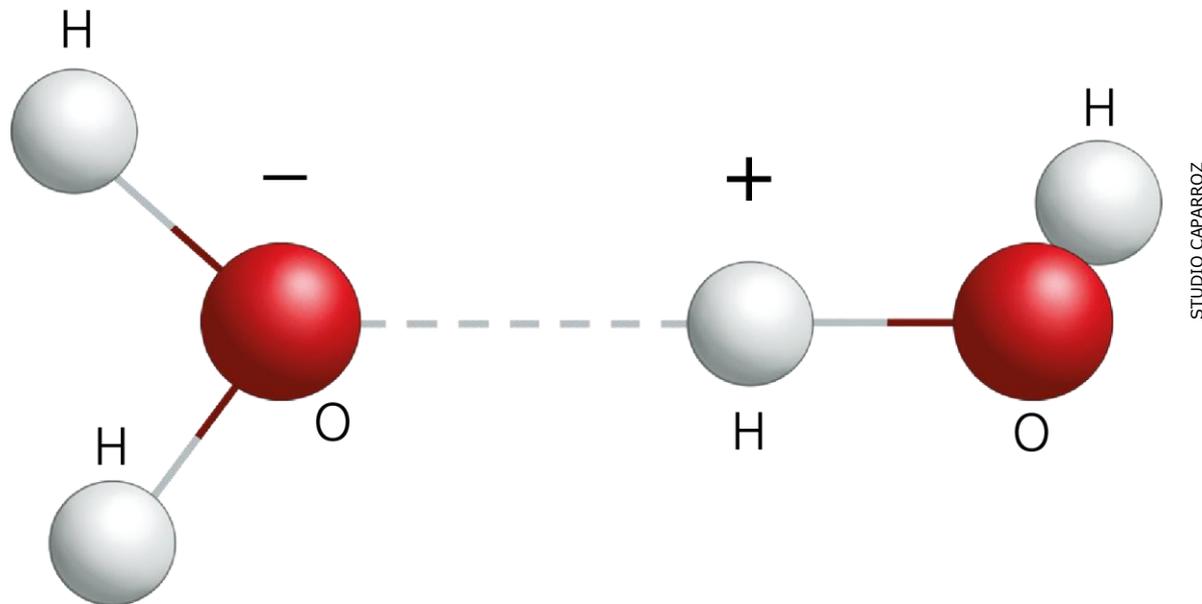
# A dilatação anômala da água

A água, o líquido mais abundante em nosso planeta, é constituída por moléculas com dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio:  $H_2O$ .



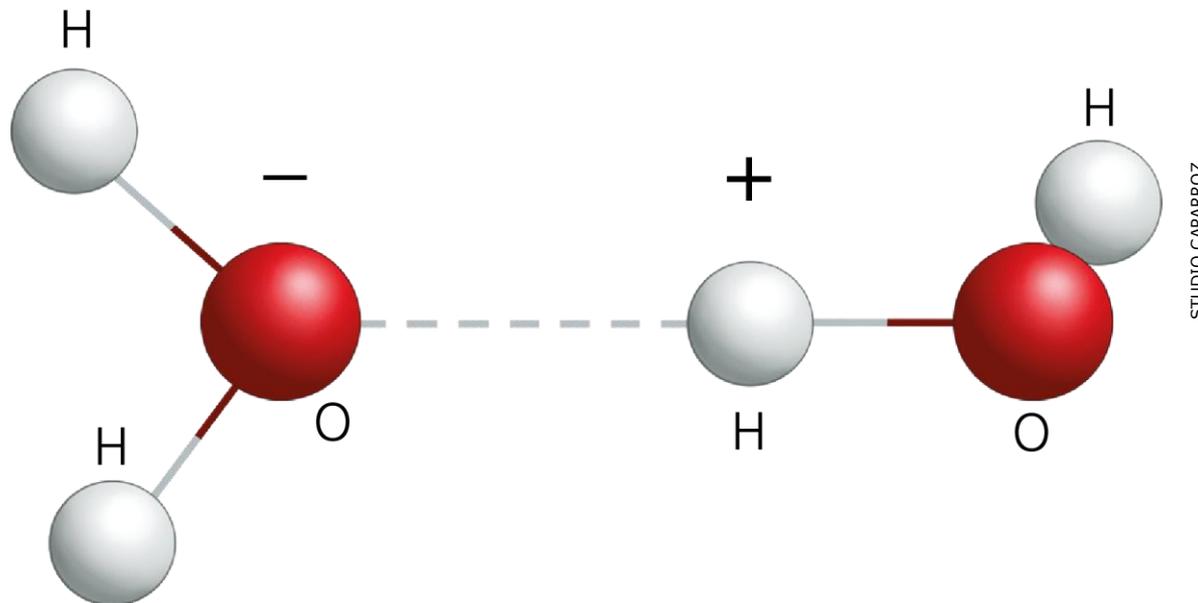
# A dilatação anômala da água

A água líquida tem uma estrutura parcialmente ordenada, na qual pontes de hidrogênio estão constantemente sendo formadas e rompidas.



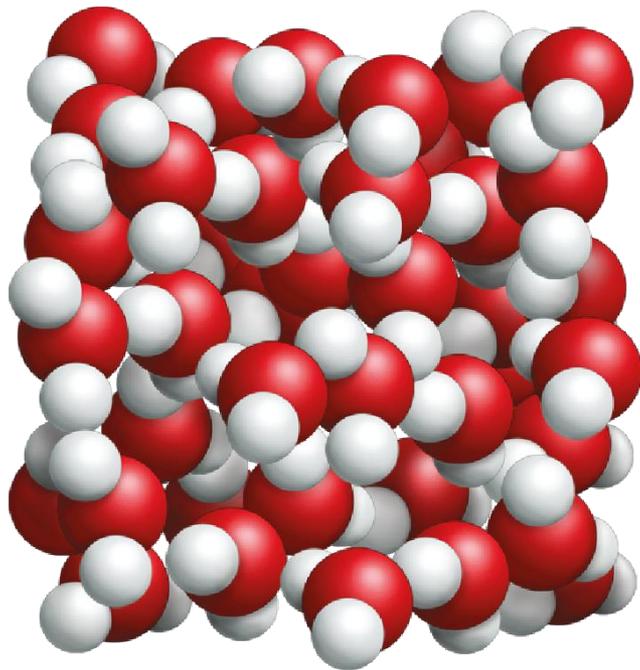
# A dilatação anômala da água

Entretanto, quando a água está no estado sólido (gelo), todas as suas moléculas se estruturam de modo a formar pontes de hidrogênio.

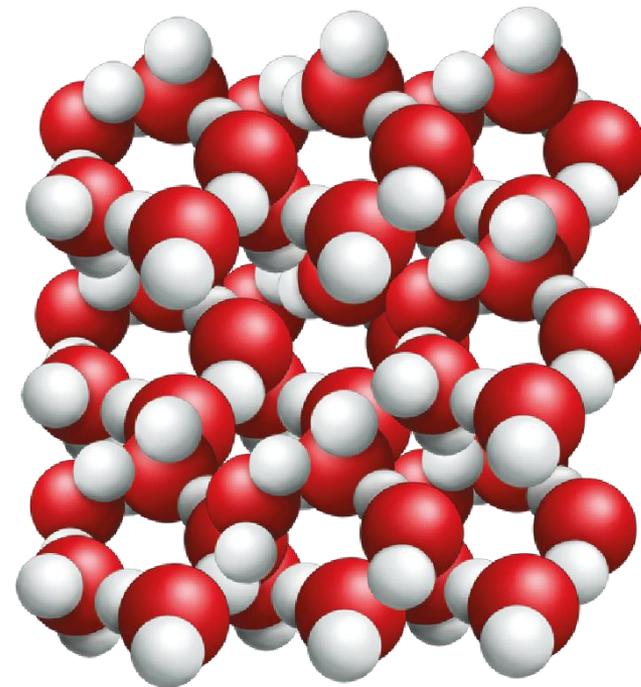


# A dilatação anômala da água

O efeito dessas pontes é aumentar o espaçamento entre as moléculas, o que torna o gelo menos denso que a água. Por isso o gelo flutua na água.



Água no estado líquido

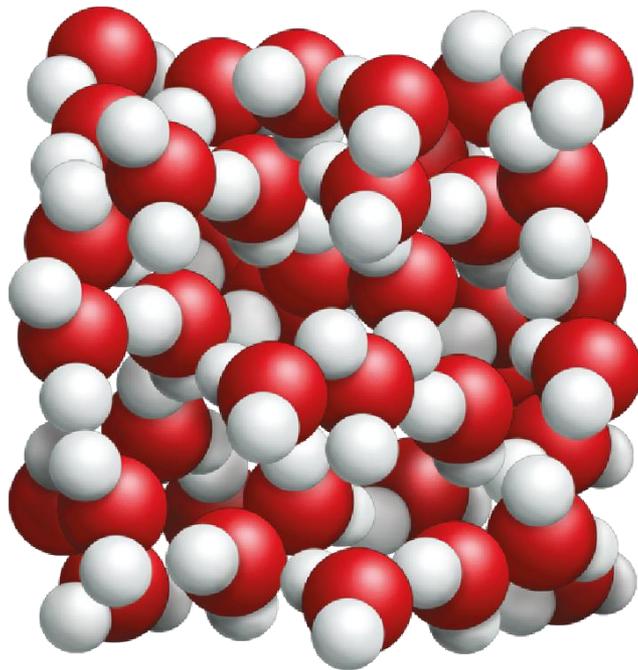


STUDIO CAPARROZ

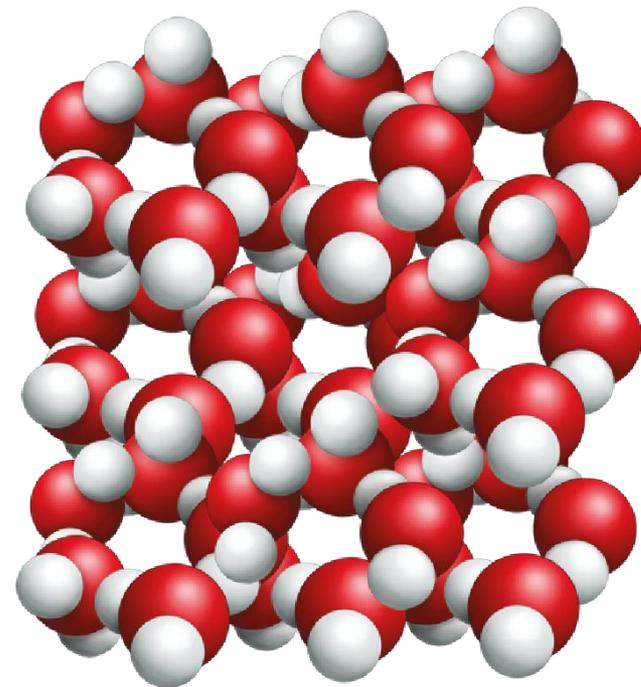
Água no estado sólido (gelo)

# A dilatação anômala da água

Por esse motivo uma dada massa de gelo tem um volume maior que a mesma massa de água.



Água no estado líquido

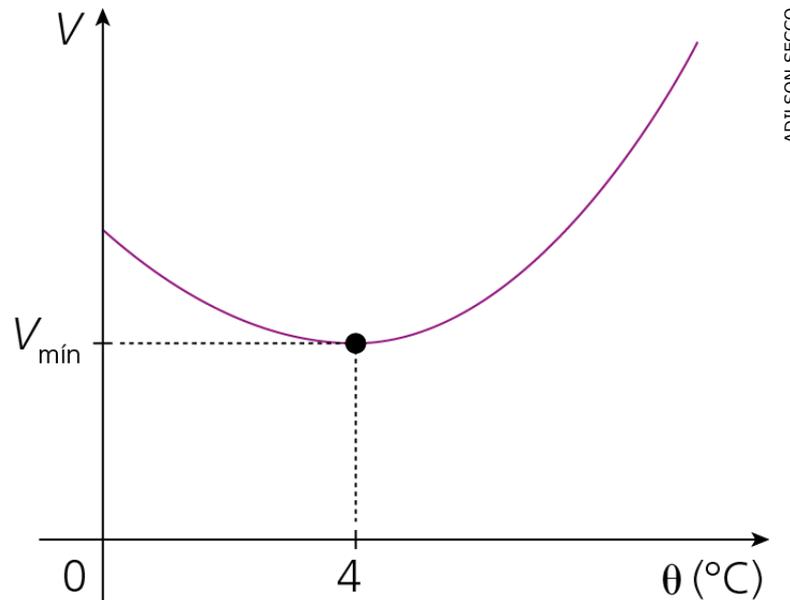


Água no estado sólido (gelo)

STUDIO CAPARROZ

# A dilatação anômala da água

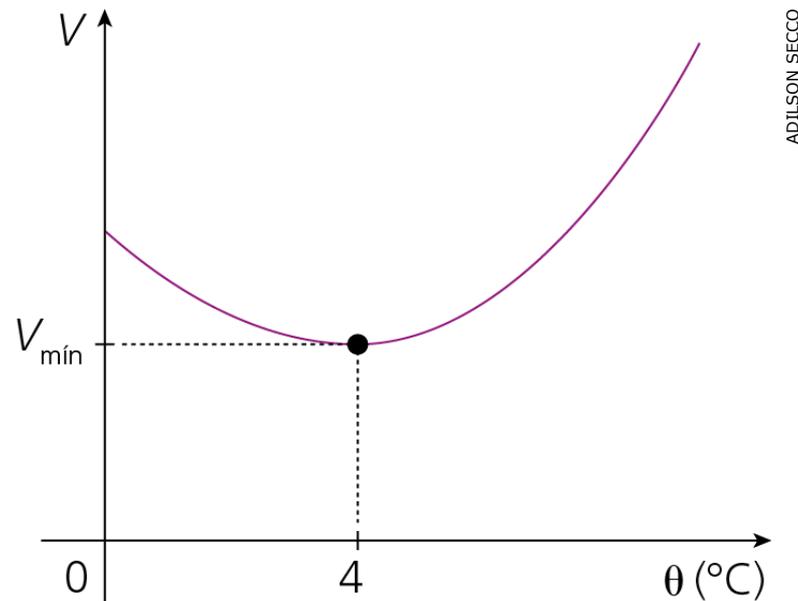
E o que acontece com o volume quando o gelo derrete?  
À temperatura de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ao passar do estado sólido para o estado líquido, a água diminui de volume devido ao rompimento das pontes de hidrogênio.



# A dilatação anômala da água

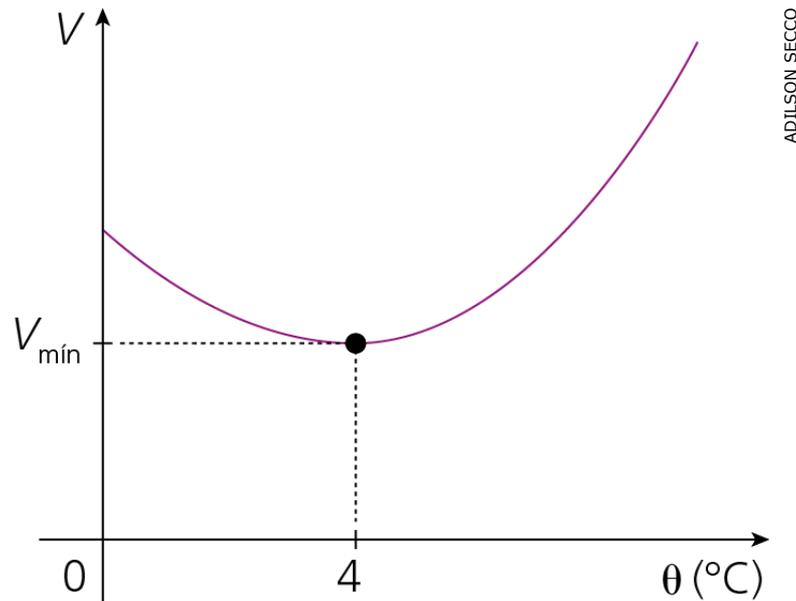
No entanto, no aquecimento de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o rompimento das pontes de hidrogênio ainda prevalece sobre o afastamento das moléculas devido ao aumento da temperatura.

Nessa faixa de temperatura, o aquecimento da água ainda provoca uma diminuição em seu volume.



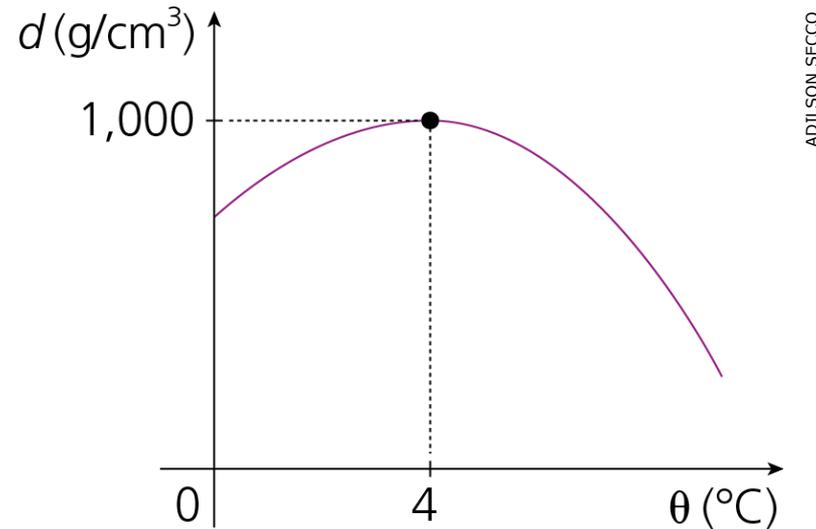
# A dilatação anômala da água

O volume da água só aumenta a partir de  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , quando ocorre a predominância do afastamento das moléculas pelo aumento da temperatura.



# A dilatação anômala da água

Como consequência da variação de volume da água, verifica-se que sua densidade atinge um valor máximo quando sua temperatura se encontra em 4 °C.



## ANOTAÇÕES EM AULA

**Coordenação editorial:** Juliane Matsubara Barroso

**Elaboração de originais:** Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Cesar M. Penteado

**Edição de texto:** Eugênio Dalle Olle, Fabio Ferreira Rodrigues, Fernando Savoia Gonzalez, João Batista Silva dos Santos, Livia Santa Clara de Azevedo Ferreira, Lucas Maduar Carvalho Mota, Luiz Alberto de Paula e Silvana Sausmikat Fortes

**Preparação de texto:** Silvana Cobucci Leite

**Coordenação de produção:** Maria José Tanbellini

**Iconografia:** Daniela Baraúna, Érika Freitas, Fabio Yoshihito Matsuura, Flávia Aline de Moraes e Monica de Souza

**Diagramação:** Mamute Mídia

## EDITORA MODERNA

**Diretoria de Tecnologia Educacional**

**Editora executiva:** Kelly Mayumi Ishida

**Coordenadora editorial:** Ivonete Lucirio

**Editores:** Andre Jun e Natália Coltri Fernandes

**Assistentes editoriais:** Ciça Japiassu Reis e Renata Michelin

**Editor de arte:** Fabio Ventura

**Editor assistente de arte:** Eduardo Bertolini

**Assistentes de arte:** Ana Maria Totaro, Camila Castro e Valdeí Prazeres

**Revisores:** Antonio Carlos Marques, Diego Rezende e Ramiro Moraes Torres

© Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.  
Todos os direitos reservados.

## EDITORA MODERNA

Rua Padre Adelino, 758 – Belenzinho

São Paulo – SP – Brasil – CEP: 03303-904

Vendas e atendimento: Tel. (0\_\_11) 2602-5510

Fax (0\_\_11) 2790-1501

[www.moderna.com.br](http://www.moderna.com.br)

2012