

# Dilatação térmica de sólidos

Aulas 3 e 4 / Pg. 499 / Tetra 1

- SL 02 – Mapa conceitual
- SL 04 – Dilatação linear
- SL 07 – Dilatação superficial e volumétrica
- SL 08 – Corpo oco ou com furo
- SL 14 – Corpo qualquer
- SL 15 – Choque térmico
- SL 16 – Exercícios
- SL 40 – Extras

Apresentação e demais documentos: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

Fontes de calor



*Transferência de calor*

- *Condução*
- *Convecção*
- *Irradiação*

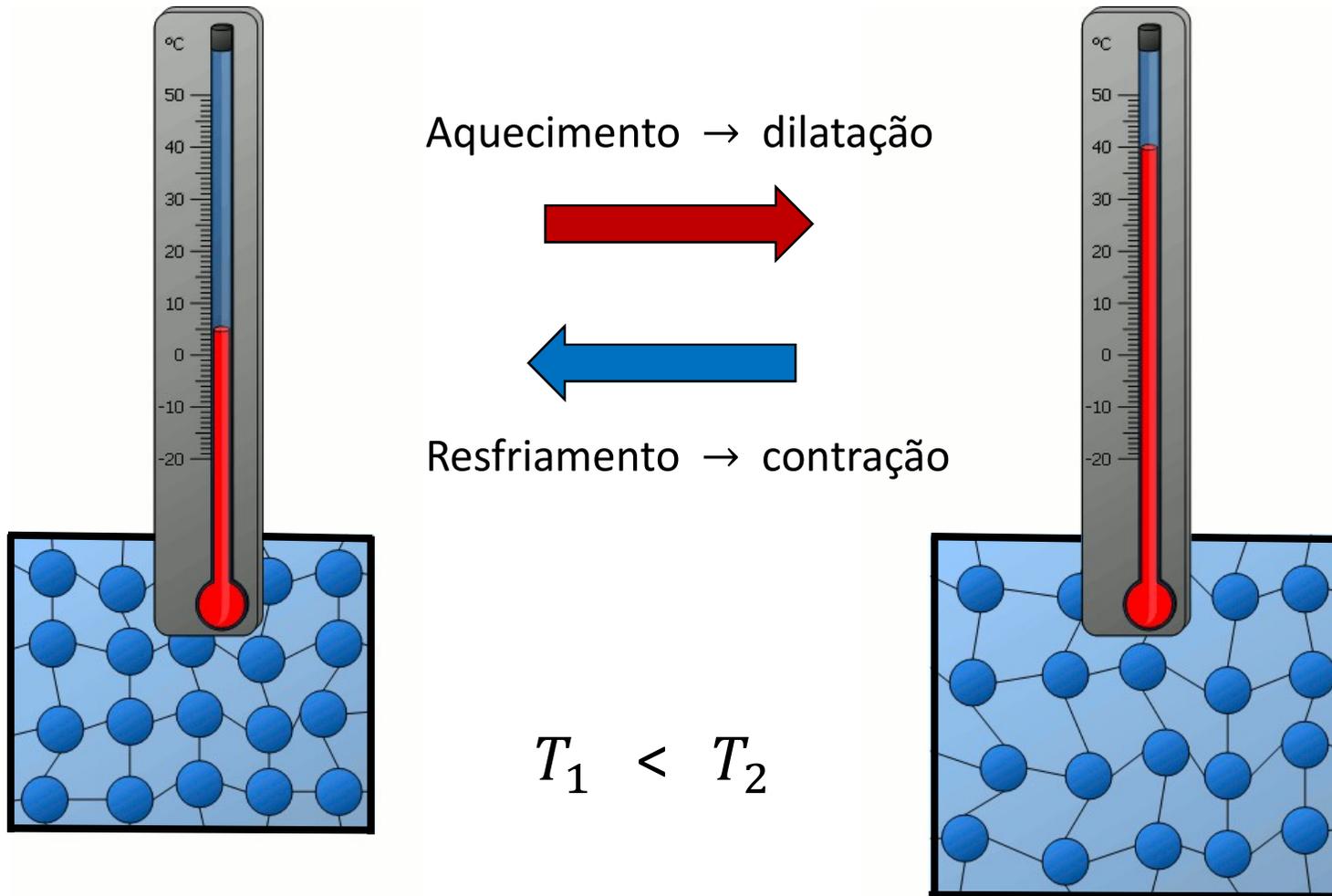
corpo

Variação de temperatura

Dilatação térmica

Mudança de estado

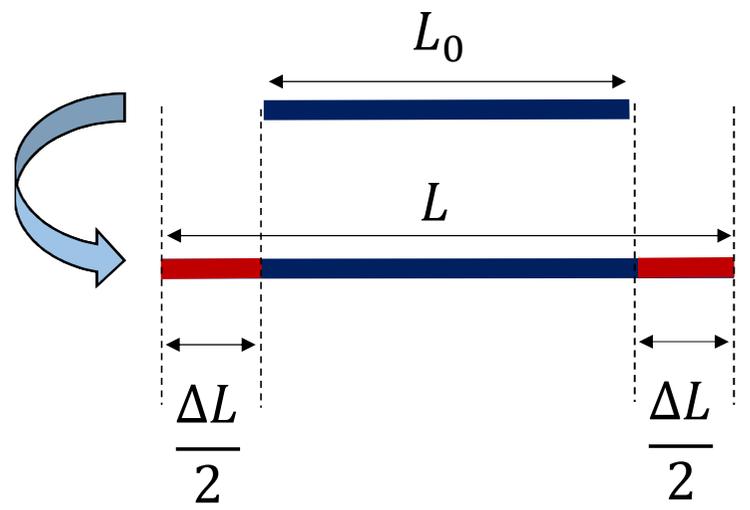
# Dilatação térmica dos sólidos



# Dilatação linear (1D)

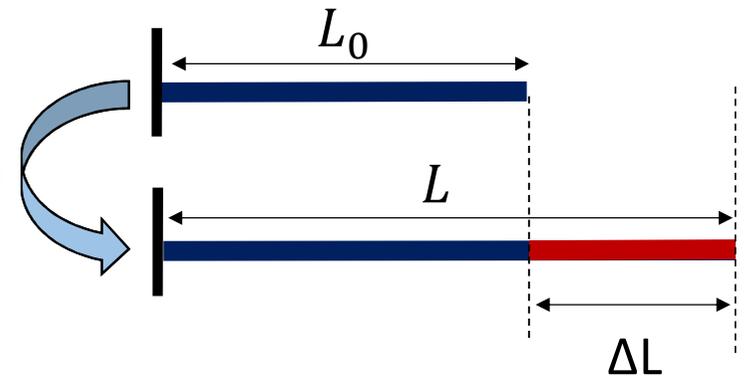
Barra livre

Aquecimento → dilatação



Barra apoiada

Aquecimento → dilatação



$$\Delta L = L - L_0$$

Dilatação ( $\Delta L$ )

Comprimento inicial ( $L_0$ )

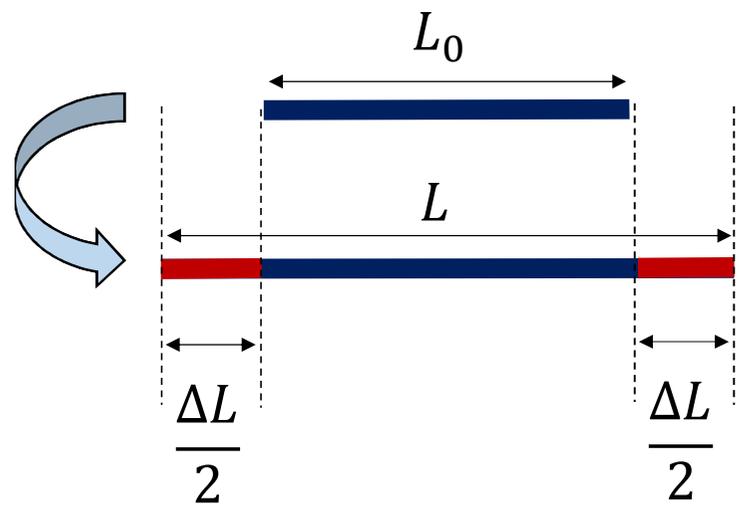
Material ( $\alpha$ )

Variação da temperatura ( $\Delta T$ )

# Dilatação linear (1D)

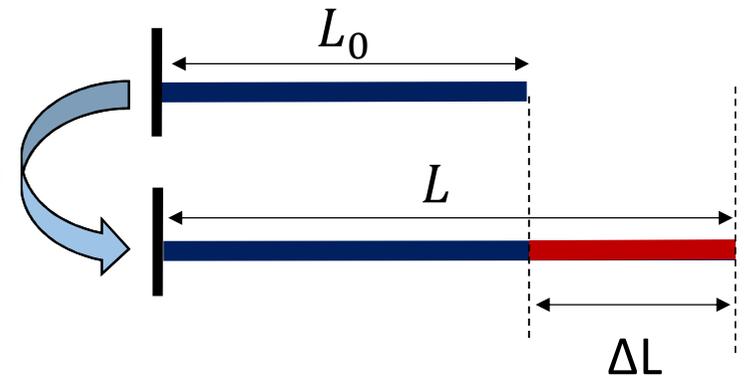
Barra livre

Aquecimento → dilatação

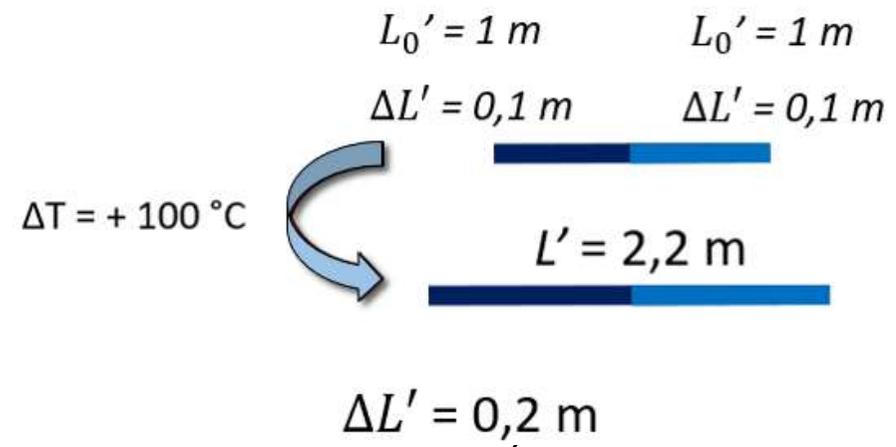
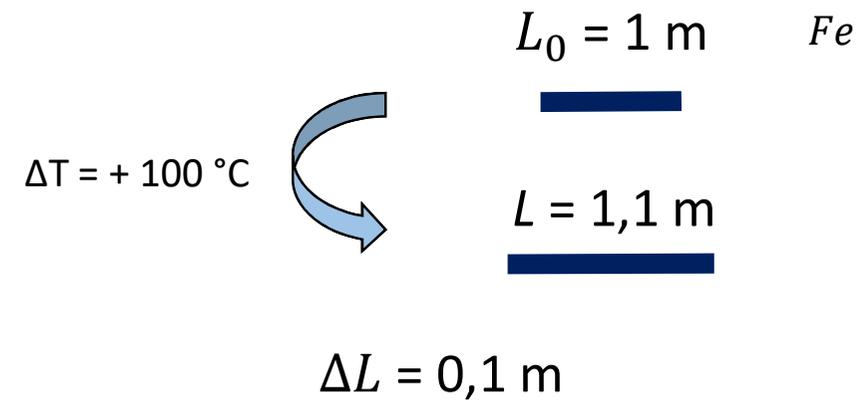


Barra apoiada

Aquecimento → dilatação



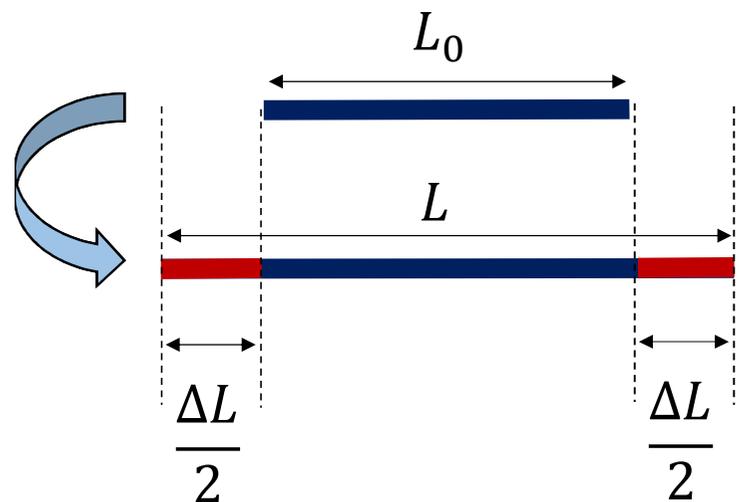
## Comprimento inicial ( $L_0$ )



# Dilatação linear (1D)

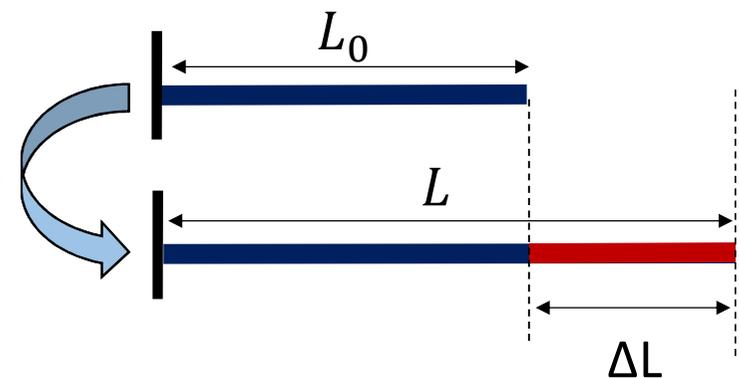
Barra livre

Aquecimento → dilatação



Barra apoiada

Aquecimento → dilatação



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

$$\text{SI: } \frac{\text{m}}{1} = \frac{\text{m}}{1} \cdot \underbrace{\text{K}^{-1} \cdot \text{K}^{+1}}_1$$

$$\text{SU: } \frac{\text{cm}}{1} = \frac{\text{cm}}{1} \cdot \underbrace{\text{°C}^{-1} \cdot \text{°C}^{+1}}_1$$

# Dilatação térmica dos sólidos : equações

(1D)

**Aresta – dilatação linear**

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

$$\text{SI: } m = m \cdot K^{-1} \cdot K^{+1}$$

$$\text{SU: } cm = cm \cdot ^\circ C^{-1} \cdot ^\circ C^{+1}$$

(2D)

**Face – dilatação superficial**

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$\text{SI: } m^2 = m^2 \cdot K^{-1} \cdot K^{+1}$$

$$1 = 1 \cdot 1$$

(3D)

**Volume – dilatação volumétrica**

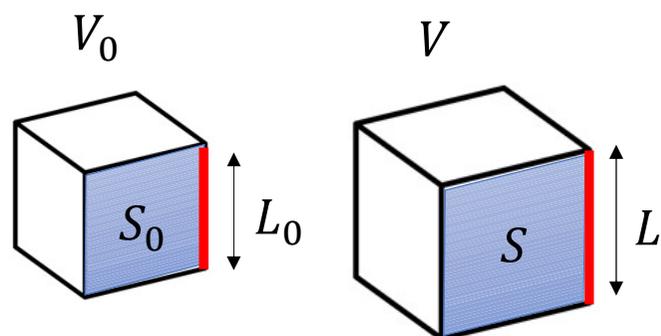
$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$\text{SI: } m^3 = m^3 \cdot K^{-1} \cdot K^{+1}$$

**Relação entre os coeficientes**

$$\frac{\alpha}{1} \cong \frac{\beta}{2} \cong \frac{\gamma}{3}$$

$$\beta = 2\alpha \quad \gamma = 3\alpha$$

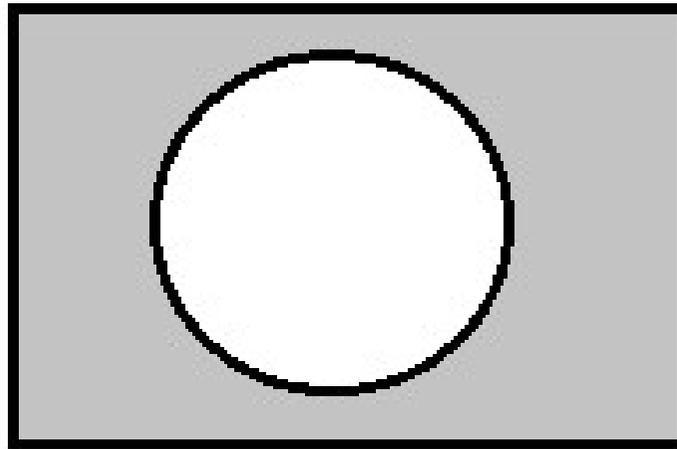


$$T_0 < T$$



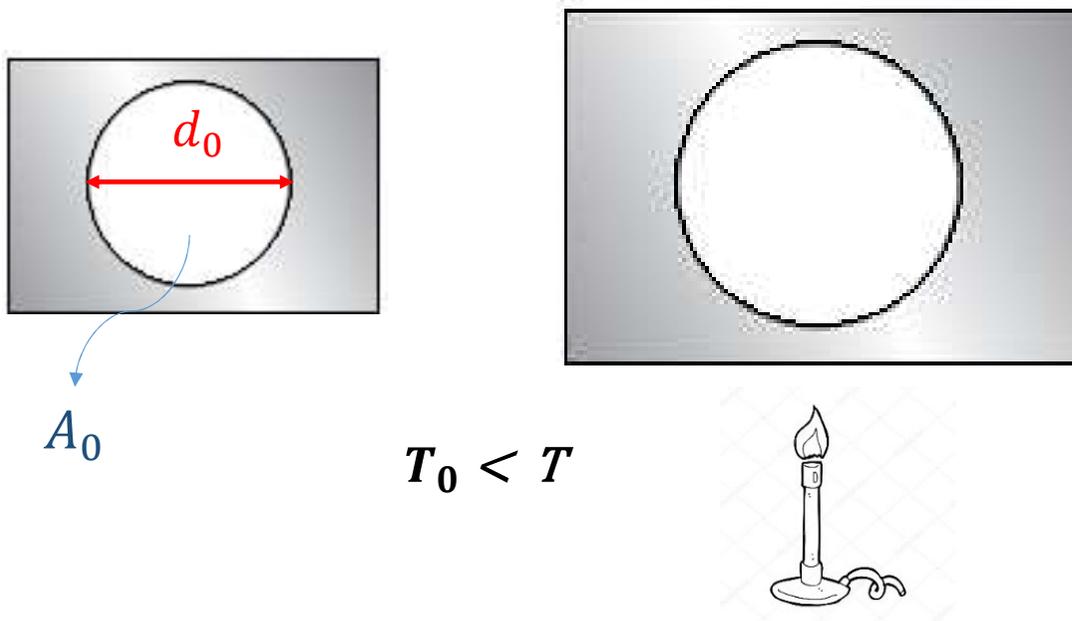
## Corpo oco ou com furo

Chapa metálica com furo



# Corpo oco ou com furo

Exemplo: chapa metálica com furo



Diâmetro do buraco

$$\Delta d = d_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (\text{Linear})$$

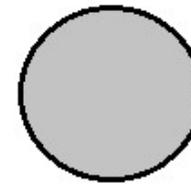
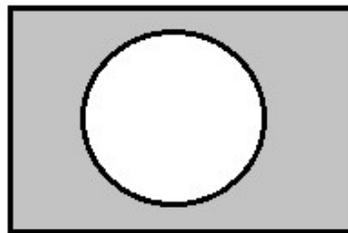
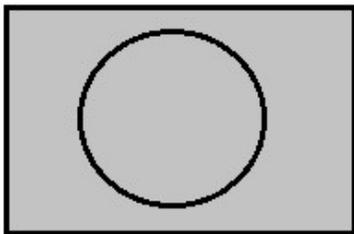
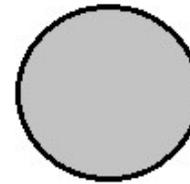
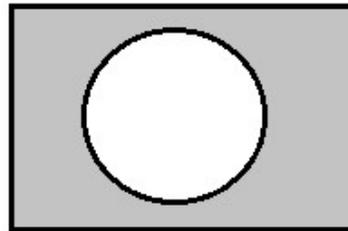
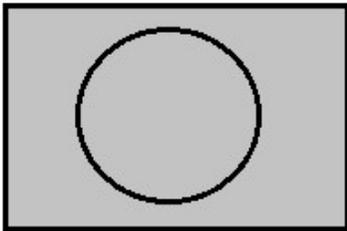
Área do buraco

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \quad (\text{Superficial})$$

## Conclusões

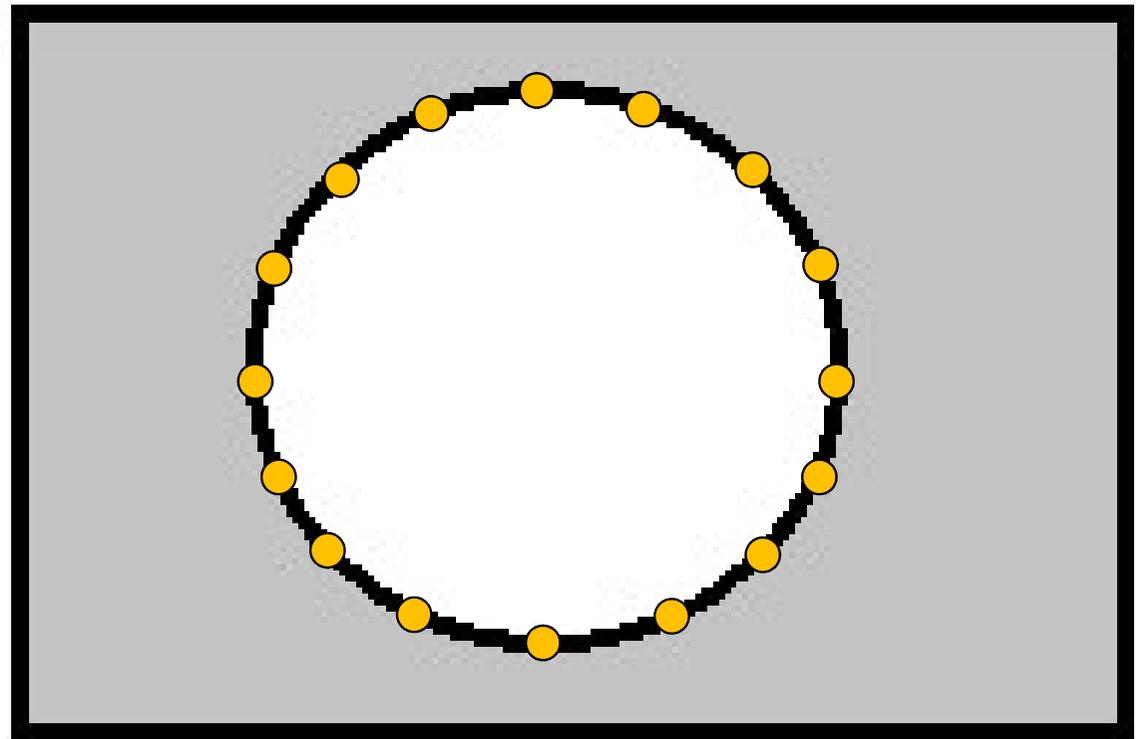
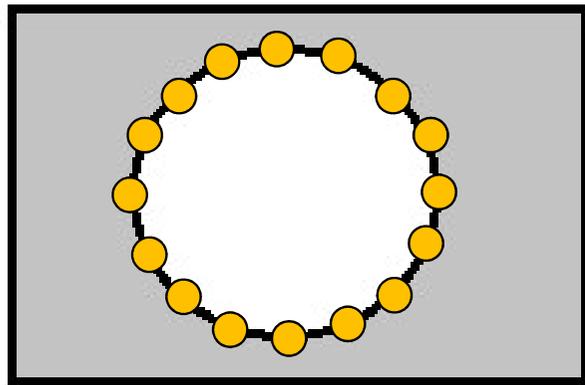
- O furo /parte oca se comporta como se fosse maciça e preenchida pelo mesmo material que compõe a chapa /corpo.
- Aquecimento  $\rightarrow$  buraco aumenta
- Resfriamento  $\rightarrow$  buraco diminui

# Corpo oco ou com furo



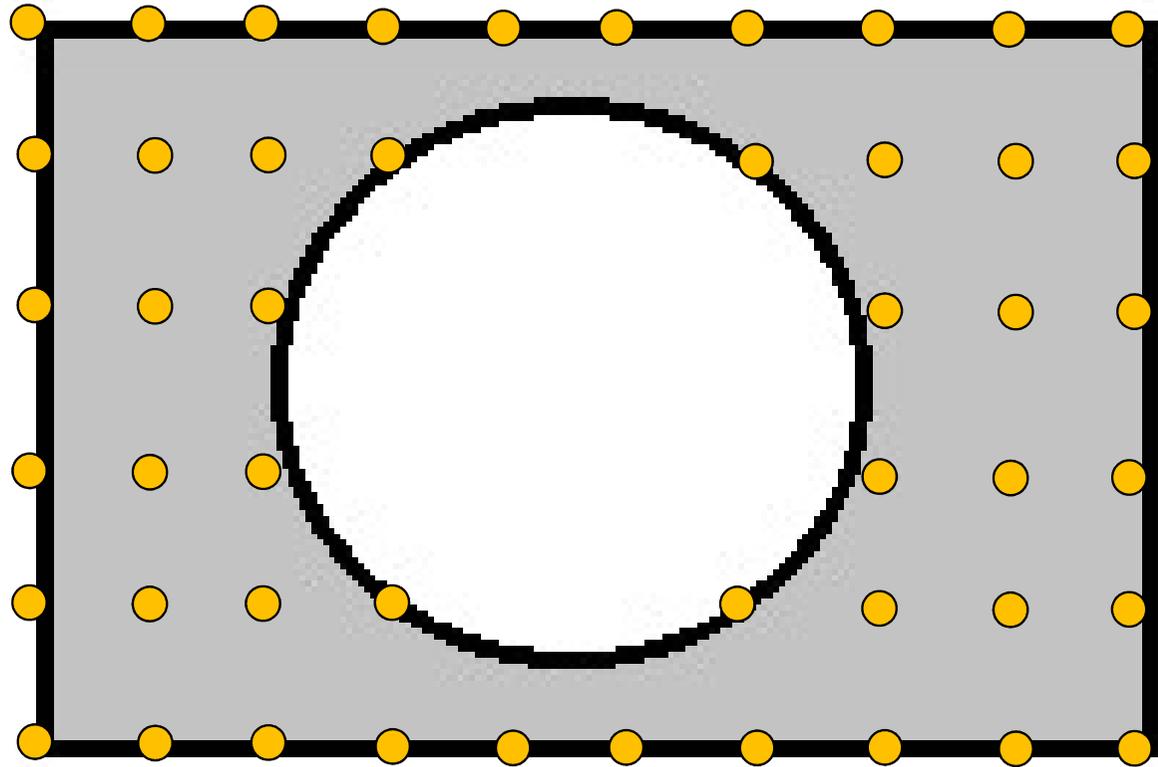
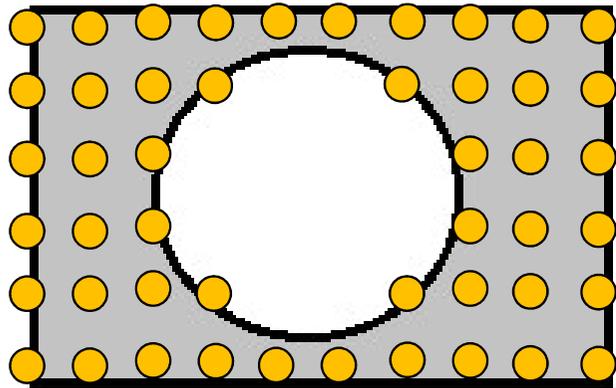
# Corpo oco ou com furo

## Chapa metálica com furo



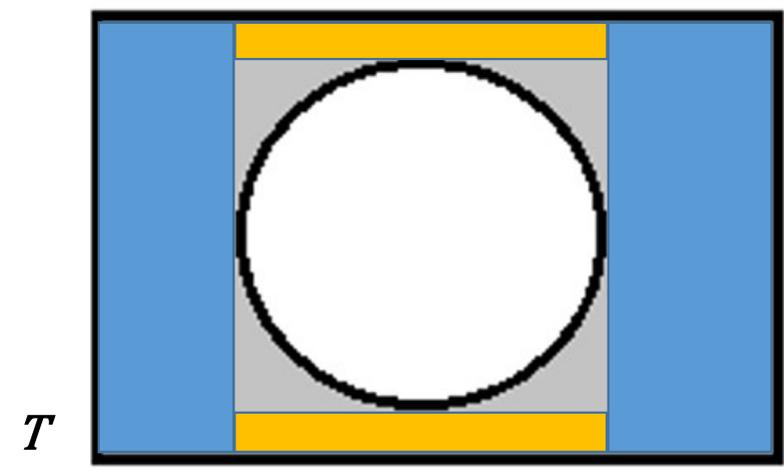
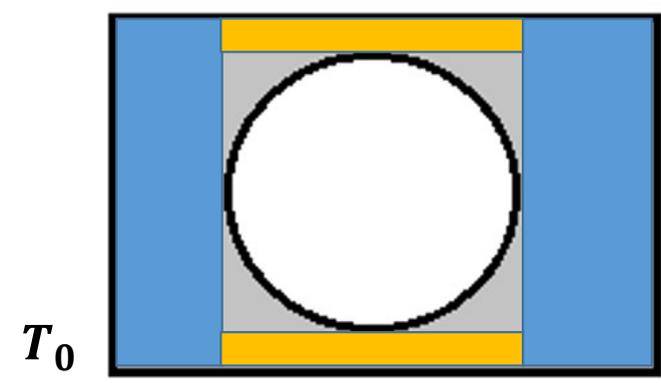
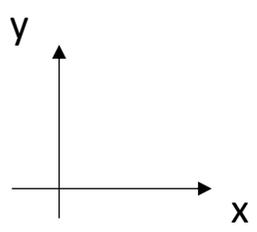
# Corpo oco ou com furo

## Chapa metálica com furo



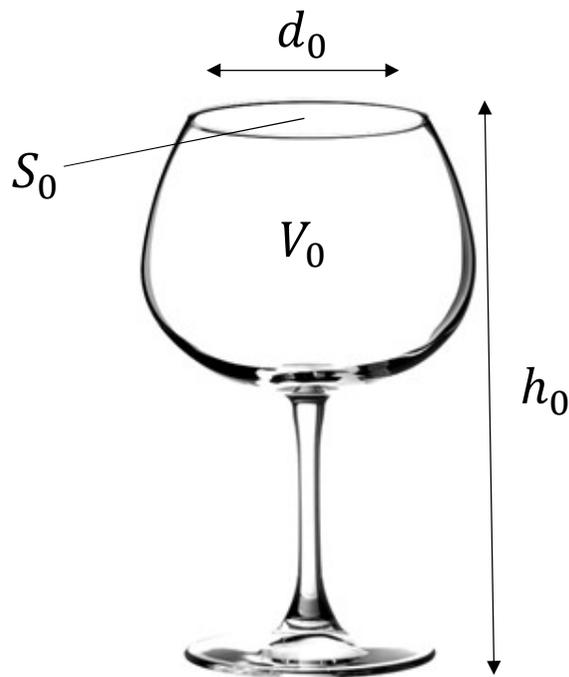
# Corpo oco ou com furo

## Chapa metálica com furo



$$T_0 < T$$

# Dilatação de um corpo qualquer



**Diâmetro da boca (linear)**

$$\Delta d = d_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

**Altura do copo (linear)**

$$\Delta h = h_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

**Perímetro da boca (linear)**

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

**Área da boca (superficial)**

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

**Capacidade do copo ou  
volume da cavidade interna  
(volumétrica)**

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

## Dilatação térmica dos sólidos : choque térmico

Por que um copo de vidro comum se quebra quando despejamos água muito quente em seu interior?



- Neste exemplo, a parte inferior do copo apresenta maior temperatura que a sua parte superior.
- A parte inferior do copo sofre dilatação térmica mais intensa que a parte superior.
- O vidro do **tipo pirex** apresenta menor coeficiente de dilatação do que o vidro comum e sofre menor dilatação em uma situação semelhante. O copo não se quebra.

# *Exercícios*

1. Uma barra metálica de 50 cm de comprimento a  $15^{\circ}\text{C}$  em Porto Alegre (RS) é levada até Caruaru (PE), onde faz  $40^{\circ}\text{C}$ . Sendo o coeficiente de dilatação desse material igual a  $2 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , obtenha:

- a) o aumento percentual do comprimento da barra;
- b) o comprimento final da barra;

1. Uma barra metálica de 50 cm de comprimento a 15°C em Porto Alegre (RS) é levada até Caruaru (PE), onde faz 40°C. Sendo o coeficiente de dilatação desse material igual a  $2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , obtenha:

b) o comprimento final da barra;

$$L_0 = 50 \text{ cm}$$

$$\alpha = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = 40 - 15 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$L = L_0 + \Delta L = ?$$

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

$$\Delta L = 50 \text{ cm} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = 2500 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\Delta L = 0,025 \text{ cm}$$

$$L = L_0 + \Delta L = ?$$

$$L = 50 + 0,025$$

$$L = 50,025 \text{ cm}$$

1. Uma barra metálica de 50 cm de comprimento a 15°C em Porto Alegre (RS) é levada até Caruaru (PE), onde faz 40°C. Sendo o coeficiente de dilatação desse material igual a  $2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , obtenha:

a) o aumento percentual do comprimento da barra;

$$A = \frac{\Delta L}{L_0} = ?$$

$$L_0 = 50 \text{ cm}$$

$$\Delta L = 0,025 \text{ cm}$$

$$A = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$A = \frac{0,025}{50} \quad \times 2$$

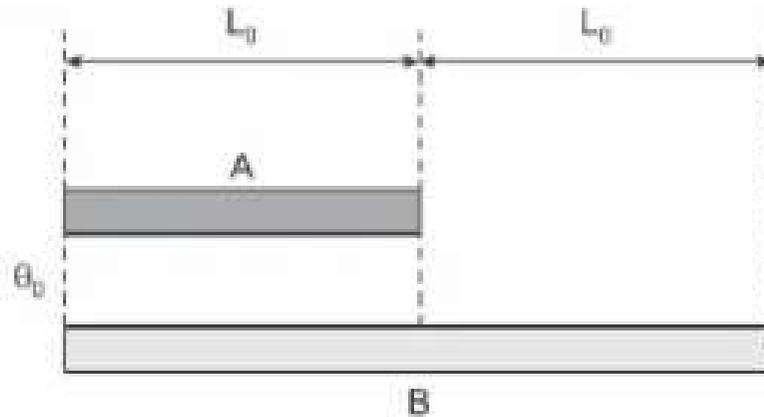
$$A = \frac{0,05}{100}$$

$$A = 0,05 \%$$

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

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

2. A figura representa duas barras metálicas, A e B, de espessura e largura desprezíveis, que apresentam, à temperatura inicial  $\theta_0$ , comprimentos iniciais  $L_0$  e  $2L_0$ , respectivamente.

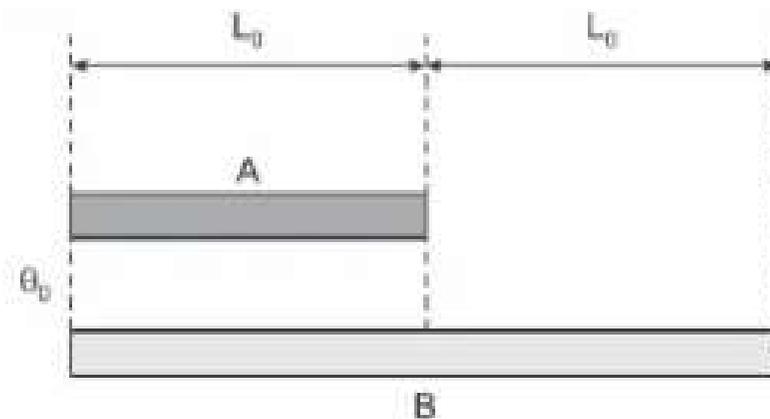


Quando essas barras sofreram uma mesma variação de temperatura  $\Delta\theta$ , devido à dilatação térmica, elas passaram a medir  $L_A$  e  $L_B$ . Sendo  $\alpha_A$  e  $\alpha_B$  os coeficientes de dilatação térmica linear de A e B, se  $\alpha_A = 2\alpha_B$ , então

- a)  $L_B - L_A < 0$
- b)  $L_B - L_A = L_A$
- c)  $L_B - L_A = L_0$
- d)  $L_B - L_A > L_0$
- e)  $L_B - L_A < L_0$

2. A figura representa duas barras metálicas, A e B, de espessura e largura desprezíveis, que apresentam, à temperatura inicial  $\theta_0$ , comprimentos iniciais  $L_0$  e  $2L_0$ , respectivamente.

Quando essas barras sofreram uma mesma variação de temperatura  $\Delta\theta$ , devido à dilatação térmica, elas passaram a medir  $L_A$  e  $L_B$ . Sendo  $\alpha_A$  e  $\alpha_B$  os coeficientes de dilatação térmica linear de A e B, se  $\alpha_A = 2\alpha_B$ , então



$$L_B = L_{0B} + \Delta L_B$$

$$L_A = L_{0A} + \Delta L_A$$

$$L_B = L_{0B} + L_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta T$$

$$L_A = L_{0A} + L_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta T$$

$$L_B = 2L_0 + 2L_0 \cdot \alpha_B \cdot \Delta T$$

$$L_A = L_0 + L_0 \cdot 2\alpha_B \cdot \Delta T$$

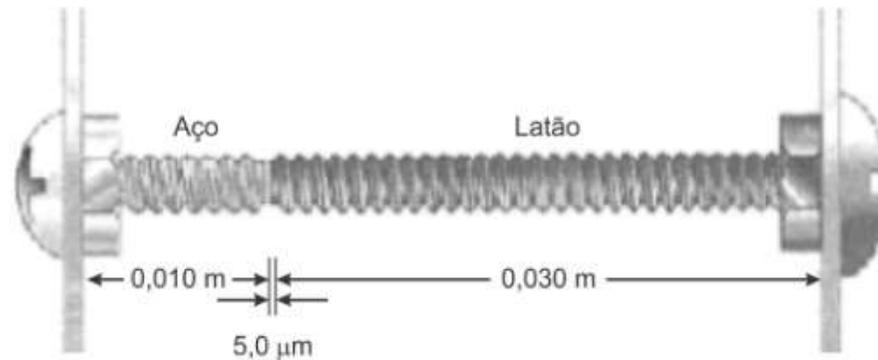
$$L_A = L_0 + 2 \cdot L_0 \cdot \alpha_B \cdot \Delta T$$

$$L_B - L_A = 2L_0 + 2L_0 \cdot \alpha_B \cdot \Delta T - L_0 + 2 \cdot L_0 \cdot \alpha_B \cdot \Delta T$$

$$L_B - L_A = L_0$$

- a)  $L_B - L_A < 0$
- b)  $L_B - L_A = L_A$
- c)  $L_B - L_A = L_0$
- d)  $L_B - L_A > L_0$
- e)  $L_B - L_A < L_0$

3. (IFSul 2018) Um aparelho eletrônico mal desenhado tem dois parafusos presos a partes diferentes que quase se tocam em seu interior, como mostra a figura abaixo. Os parafusos de aço e latão têm potenciais elétricos diferentes e, caso se toquem, haverá um curto-circuito, danificando o aparelho. O intervalo inicial entre as pontas dos parafusos é de  $5 \mu\text{m}$  a  $27^\circ \text{C}$ . Suponha que a distância entre as paredes do aparelho não seja afetada pela mudança na temperatura. Considere, para a resolução, os seguintes dados:  $\alpha_{\text{aço}} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $\alpha_{\text{latão}} = 19 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$



Nessas condições, a temperatura em que os parafusos se tocarão é de

- a)  $34,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- b)  $32,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- c)  $34,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- d)  $7,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

3. (IFSul 2018) Um aparelho eletrônico mal desenhado tem dois parafusos presos a partes diferentes que quase se tocam em seu interior, como mostra a figura abaixo. Os parafusos de aço e latão têm potenciais elétricos diferentes e, caso se toquem, haverá um curto-circuito, danificando o aparelho. O intervalo inicial entre as pontas dos parafusos é de  $5 \mu\text{m}$  a  $27^\circ \text{C}$ . Suponha que a distância entre as paredes do aparelho não seja afetada pela mudança na temperatura. Considere, para a resolução, os seguintes dados:  $\alpha_{\text{aço}} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $\alpha_{\text{latão}} = 19 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$

Nessas condições, a temperatura em que os parafusos se tocarão é de

- a)  $34,0^\circ \text{C}$ .    b)  $32,0^\circ \text{C}$ .    **c)  $34,4^\circ \text{C}$ .**    d)  $7,4^\circ \text{C}$ .

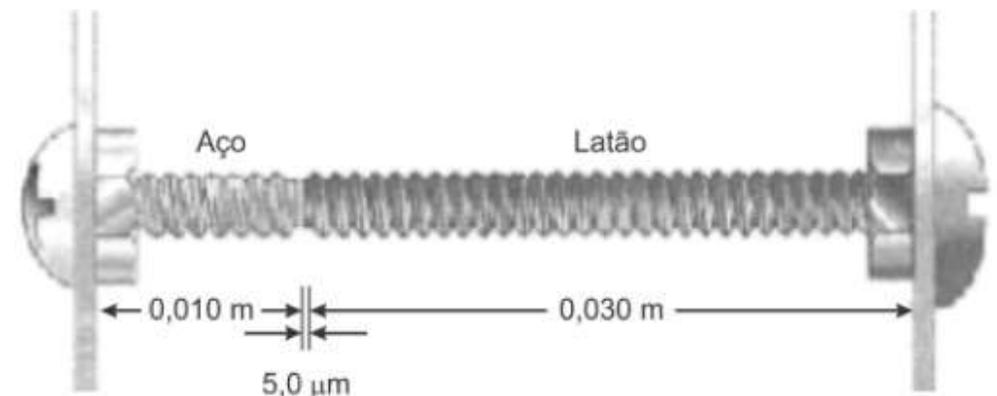
$$\Delta L_{\text{aço}} + \Delta L_{\text{latão}} = 5 \mu\text{m} = 5 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$L_{0 \text{ aço}} \cdot \alpha_{\text{aço}} \cdot \Delta T + L_{0 \text{ latão}} \cdot \alpha_{\text{latão}} \cdot \Delta T = 5 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$0,010 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T + 0,03 \cdot 19 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T = 5 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$10^{-2} \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T + 3 \cdot 10^{-2} \cdot 19 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T = 5 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$11 \cdot 10^{-8} \cdot \Delta T + 57 \cdot 10^{-8} \cdot \Delta T = 5 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

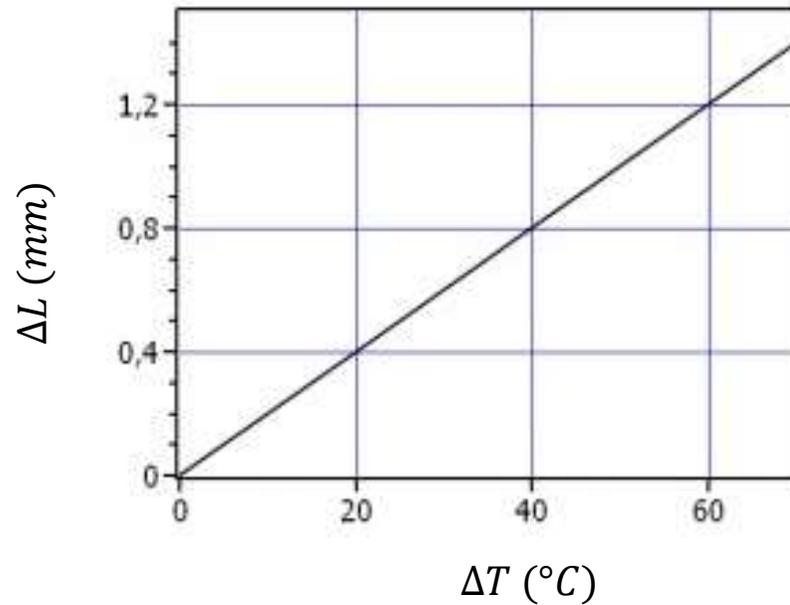


$$68 \cdot 10^{-8} \cdot \Delta T = 5 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$\Delta T = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{68 \cdot 10^{-8}} \cong 0,074 \cdot 10^{+2} = 7,4^\circ \text{C}$$

$$T = 27 + 7,4 = 34,4^\circ \text{C}$$

4. (UFRGS) Uma barra metálica de 1m de comprimento é submetida a um processo de aquecimento e sofre uma variação de temperatura. O gráfico abaixo representa a variação  $\Delta L$ , em mm, no comprimento da barra, em função da variação de temperatura  $\Delta t$ , em  $^{\circ}\text{C}$ .



Qual é o valor do coeficiente de dilatação linear do material de que é feita a barra, em unidades  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

- a) 0,2
- b) 2,0
- c) 5,0
- d) 20
- e) 50

4. (UFRGS) Uma barra metálica de 1m de comprimento é submetida a um processo de aquecimento e sofre uma variação de temperatura. O gráfico abaixo representa a variação  $\Delta L$ , em mm, no comprimento da barra, em função da variação de temperatura  $\Delta t$ , em  $^{\circ}\text{C}$ .

Qual é o valor do coeficiente de dilatação linear do material de que é feita a barra, em unidades  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

- a) 0,2    b) 2,0    c) 5,0    **d) 20**    e) 50

$$\alpha = ? \left( \frac{1}{^{\circ}\text{C}} = ^{\circ}\text{C}^{-1} \right)$$

$$L_0 = 1 \text{ m}$$

$$\Delta L = 1,2 \text{ mm} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

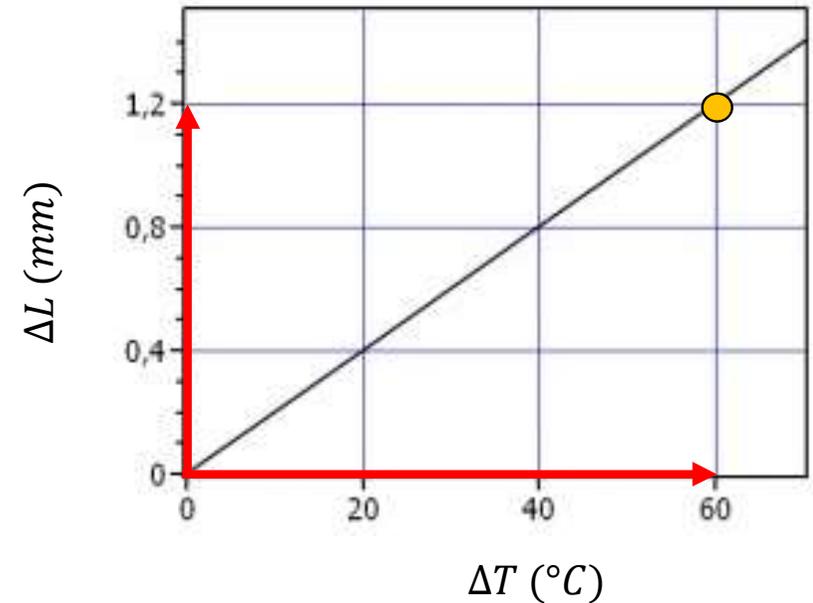
$$\Delta T = 60^{\circ}\text{C}$$

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

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

$$\alpha = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ m} \cdot 60^{\circ}\text{C}}$$

$$\alpha = 0,02 \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$$



5. Numa aula de laboratório do curso de Soldagem da FATEC, um dos exercícios era construir um dispositivo eletromecânico utilizando duas lâminas retilíneas de metais distintos, de mesmo comprimento e soldadas entre si, formando o que é chamado de “lâmina bimetálica”. Para isso, os alunos fixaram de maneira firme uma das extremidades enquanto deixaram a outra livre, conforme a figura.



Considere que ambas as lâminas estão inicialmente sujeitas à mesma temperatura  $T_0$ , e que a relação entre os coeficientes de dilatação linear seja  $\alpha_A > \alpha_B$ . Ao aumentar a temperatura da lâmina bimetálica, é correto afirmar que

- a) a lâmina A e a lâmina B continuam se dilatando de forma retilínea conjuntamente.
- b) a lâmina A se curva para baixo, enquanto a lâmina B se curva para cima.
- c) a lâmina A se curva para cima, enquanto a lâmina B se curva para baixo.
- d) tanto a lâmina A como a lâmina B se curvam para baixo.
- e) tanto a lâmina A como a lâmina B se curvam para cima.

5. Numa aula de laboratório do curso de Soldagem da FATEC, um dos exercícios era construir um dispositivo eletromecânico utilizando duas lâminas retilíneas de metais distintos, de mesmo comprimento e soldadas entre si, formando o que é chamado de “lâmina bimetálica”. Para isso, os alunos fixaram de maneira firme uma das extremidades enquanto deixaram a outra livre, conforme a figura.

Considere que ambas as lâminas estão inicialmente sujeitas à mesma temperatura  $T_0$ , e que a relação entre os coeficientes de dilatação linear seja  $\alpha_A > \alpha_B$ . **Ao aumentar a temperatura** da lâmina bimetálica, é correto afirmar que



$$L_{0A} = L_{0B}$$

$$\Delta T_A = \Delta T_B$$

$$\alpha_A > \alpha_B$$

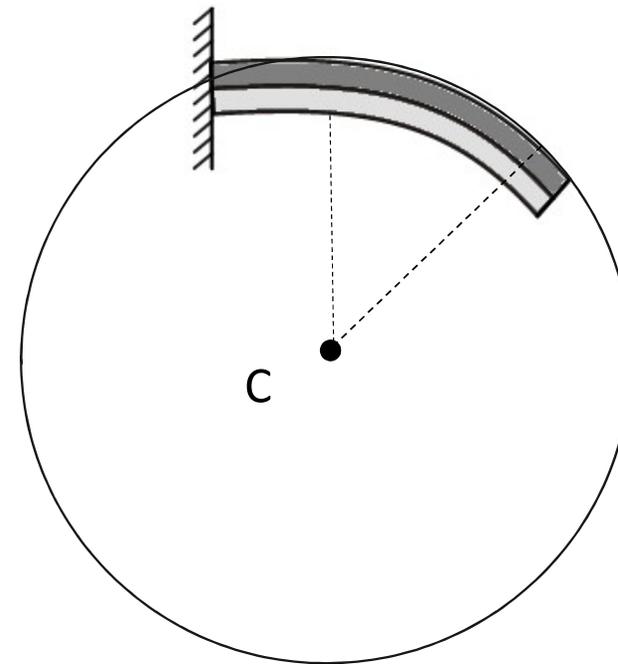
$$\uparrow \Delta L = L_0 \cdot \uparrow \alpha \cdot \Delta T$$

cte                      cte

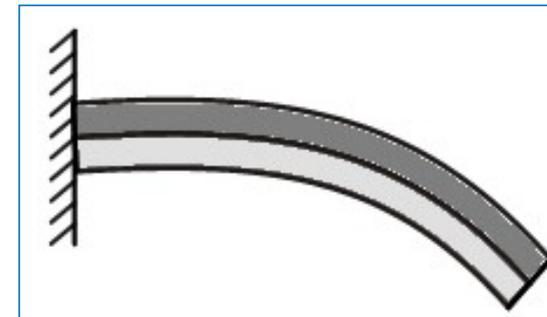
$$\Delta L_A > \Delta L_B$$

$$L_A > L_B$$

Aquecimento



5. Numa aula de laboratório do curso de Soldagem da FATEC, um dos exercícios era construir um dispositivo eletromecânico utilizando duas lâminas retilíneas de metais distintos, de mesmo comprimento e soldadas entre si, formando o que é chamado de “lâmina bimetálica”. Para isso, os alunos fixaram de maneira firme uma das extremidades enquanto deixaram a outra livre, conforme a figura.



Considere que ambas as lâminas estão inicialmente sujeitas à mesma temperatura  $T_0$ , e que a relação entre os coeficientes de dilatação linear seja  $\alpha_A > \alpha_B$ . Ao aumentar a temperatura da lâmina bimetálica, é correto afirmar que

- a) a lâmina A e a lâmina B continuam se dilatando de forma retilínea conjuntamente.
- b) a lâmina A se curva para baixo, enquanto a lâmina B se curva para cima.
- c) a lâmina A se curva para cima, enquanto a lâmina B se curva para baixo.
- d) tanto a lâmina A como a lâmina B se curvam para baixo.
- e) tanto a lâmina A como a lâmina B se curvam para cima. ←

5. Numa aula de laboratório do curso de Soldagem da FATEC, um dos exercícios era construir um dispositivo eletromecânico utilizando duas lâminas retilíneas de metais distintos, de mesmo comprimento e soldadas entre si, formando o que é chamado de “lâmina bimetálica”. Para isso, os alunos fixaram de maneira firme uma das extremidades enquanto deixaram a outra livre, conforme a figura.

Considere que ambas as lâminas estão inicialmente sujeitas à mesma temperatura  $T_0$ , e que a relação entre os coeficientes de dilatação linear seja  $\alpha_A > \alpha_B$ . Ao aumentar a temperatura da lâmina bimetálica, é correto afirmar que



$$L_0 = L_0$$

A      B

$$\Delta T_A = \Delta T_B$$

$$\alpha_A > \alpha_B$$

$$\uparrow |\Delta L| = L_0 \cdot \uparrow \alpha \cdot |\Delta T|$$

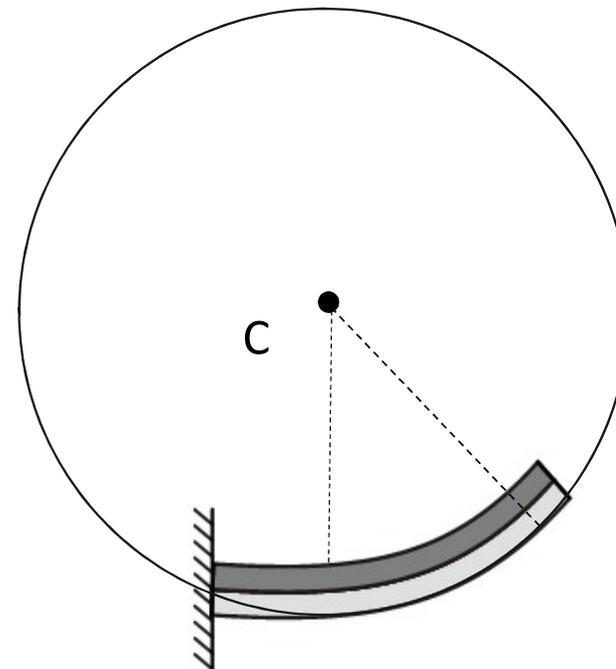
cte                      cte

$$|\Delta L_A| > |\Delta L_B|$$

$$\text{contração}_A > \text{contração}_B$$

$$L_A < L_B$$

Extra: resfriamento



6. (Mackenzie 2019) Desertos são locais com temperaturas elevadas, extremamente áridos e de baixa umidade relativa do ar. O deserto do Saara, por exemplo, apresenta uma elevada amplitude térmica. Suas temperaturas podem ir de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  até  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ao longo de um único dia



Uma chapa de ferro, cujo coeficiente de dilatação linear é igual a  $1,2 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , é aquecida sendo submetida a uma variação de temperatura, que representa a amplitude térmica do deserto do Saara, no exemplo dado anteriormente.

Considerando sua área inicial igual a  $5\text{ m}^2$ , o aumento de sua área, em  $\text{m}^2$ , é de

- a)  $2,0 \cdot 10^{-6}$
- b)  $4,0 \cdot 10^{-3}$
- c)  $3,6 \cdot 10^{-3}$
- d)  $7,2 \cdot 10^{-3}$
- e)  $3,6 \cdot 10^{-6}$

6. (Mackenzie 2019) Desertos são locais com temperaturas elevadas, extremamente áridos e de baixa umidade relativa do ar. O deserto do Saara, por exemplo, apresenta uma elevada amplitude térmica. Suas temperaturas podem ir de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  até  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ao longo de um único dia

Uma chapa de ferro, cujo coeficiente de dilatação linear é igual a  $1,2 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , é aquecida sendo submetida a uma variação de temperatura, que representa a amplitude térmica do deserto do Saara, no exemplo dado anteriormente.

Considerando sua área inicial igual a  $5\text{ m}^2$ , o aumento de sua área, em  $\text{m}^2$ , é de

- a)  $2,0 \cdot 10^{-6}$
- b)  $4,0 \cdot 10^{-3}$
- c)  $3,6 \cdot 10^{-3}$
- d)  $7,2 \cdot 10^{-3}$  ←
- e)  $3,6 \cdot 10^{-6}$

$$S_0 = 5\text{ m}^2$$

$$\beta = 2\alpha = 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\beta = 2\alpha = 2,4 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = 50 - (-10) = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta S = ?$$

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$\Delta S = 5\text{ m}^2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L = 720 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2$$

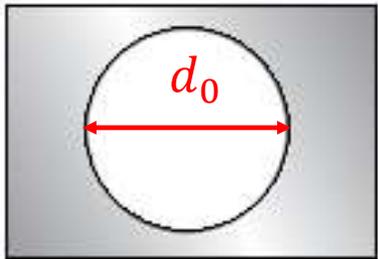
$$\Delta L = 7,2 \cdot 10^{-3}\text{ m}^2$$

7. (G1 - ifsul 2017) Uma chapa retangular, de lados 20 cm e 10 cm, feita de um material cujo coeficiente de dilatação linear é igual a  $22 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  tem um furo circular no seu centro, cujo diâmetro   5 cm,   25 C. É Se a chapa for aquecida até 125 C,   afirma-se que a área do furo

- a) diminui e que o diâmetro passa a ser 4,985 cm.
- b) não se altera e que o diâmetro continua sendo 5,000 cm.
- c) aumenta e que o diâmetro passa a ser 5,011cm.
- d) diminui e que o diâmetro passa a ser 4,890 cm

7. (G1 - ifsul 2017) Uma chapa retangular, de lados 20 cm e 10 cm, feita de um material cujo coeficiente de dilatação linear é igual a  $22 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  tem um furo circular no seu centro, cujo diâmetro   5 cm,   25 C. É Se a chapa for aquecida até 125 C,   afirma-se que a área do furo

- a) diminui e que o diâmetro passa a ser 4,985 cm.
- b) não se altera e que o diâmetro continua sendo 5,000 cm.
- c) aumenta e que o diâmetro passa a ser 5,011cm. ←
- d) diminui e que o diâmetro passa a ser 4,890 cm



$$d_0 = 5 \text{ cm}$$

$$\alpha = 22 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = 125 - 25 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$d = d_0 + \Delta d = ?$$

$$\Delta d = d_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 5 \text{ cm} \cdot 22 \cdot 10^{-5} \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = 1100 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\Delta L = 0,011 \text{ cm}$$

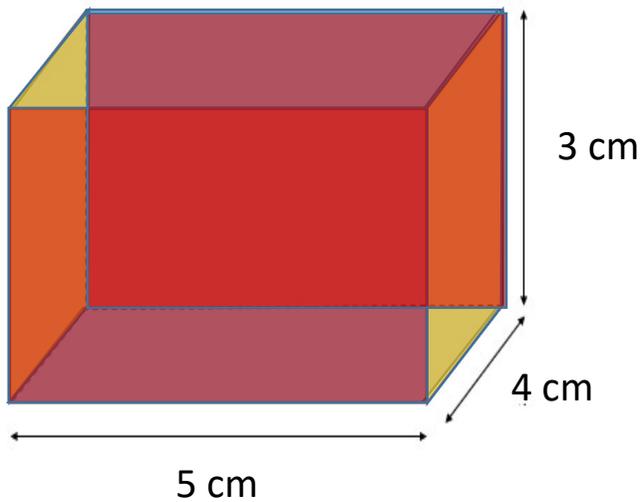
$$L = L_0 + \Delta L = ?$$

$$L = 5 + 0,011$$

$$L = 5,011 \text{ cm}$$

8. Um paralelepípedo de dimensões 3 cm x 4 cm x 5 cm a 72°F é feito de um material cujo coeficiente de dilatação superficial vale  $4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Se o objeto é resfriado até 36°F, qual foi a variação da superfície do objeto, em  $\text{mm}^2$ .

8. Um paralelepípedo de dimensões 3 cm x 4 cm x 5 cm a 72°F é feito de um material cujo coeficiente de dilatação superficial vale  $4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Se o objeto é resfriado até 36°F, qual foi a variação da superfície do objeto, em  $\text{mm}^2$ .



$$= 2 \times (5 \times 4) = 40 \text{ cm}^2$$

$$= 2 \times (4 \times 3) = 24 \text{ cm}^2$$

$$= 2 \times (5 \times 3) = 30 \text{ cm}^2$$

$$A_0 = 94 \text{ cm}^2$$

$$\Delta T_F = 36 - 72 = -36^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_C = \frac{\Delta T_F}{1,8} = \frac{-36}{1,8} = -20^\circ\text{C}$$

$$\beta = 4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta \beta = ?$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$$

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

$$\Delta A = 94 \text{ cm}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot -20^\circ\text{C}$$

$$\Delta A = 94 \text{ cm}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot -20^\circ\text{C}$$

$$\Delta A = -7520 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\Delta A = -75200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (\times 10^{-6})$$

$$\Delta A = -75200 \text{ mm}^2$$

9. (Mackenzie) Uma chapa metálica de área  $1\text{m}^2$ , ao sofrer certo aquecimento, dilata  $0,36\text{ mm}^2$ . Com a mesma variação de temperatura, um cubo de mesmo material, com volume inicial de  $1\text{ dm}^3$ , dilatará

- a)  $0,72\text{ mm}^3$
- b)  $0,54\text{ mm}^3$
- c)  $0,36\text{ mm}^3$
- d)  $0,27\text{ mm}^3$
- e)  $0,18\text{ mm}^3$

9. (Mackenzie) Uma chapa metálica de área  $1\text{ m}^2$ , ao sofrer certo aquecimento, dilata  $0,36\text{ mm}^2$ . Com a mesma variação de temperatura, um cubo de mesmo material, com volume inicial de  $1\text{ dm}^3$ , dilatará

- a)  $0,72\text{ mm}^3$     **b)  $0,54\text{ mm}^3$**     c)  $0,36\text{ mm}^3$     d)  $0,27\text{ mm}^3$     e)  $0,18\text{ mm}^3$

### Chapa

$$S_0 = 1\text{ m}^2$$

$\beta$

$\Delta T$

$$\Delta S = 0,36\text{ mm}^2$$

$$\Delta S = 0,36 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2$$

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$\beta = \frac{\Delta S}{S_0 \cdot \Delta T}$$

$$\beta = \frac{0,36 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2}{1\text{ m}^2 \cdot \Delta T}$$

$$\beta = \frac{0,36 \cdot 10^{-6}}{\Delta T}$$

$$1\text{ m}^2 = 10^6\text{ mm}^2$$

### Cubo

$$V_0 = 1\text{ dm}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$$

$$\gamma = \frac{3}{2} \cdot \beta$$

$$\gamma = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,36 \cdot 10^{-6}}{\Delta T}$$

$$\gamma = 0,54 \cdot \frac{10^{-6}}{\Delta T}$$

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

$$\Delta V = 10^{-3}\text{ m}^3 \cdot 0,54 \cdot \frac{10^{-6}}{\Delta T} \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = 0,54 \cdot 10^{-9}\text{ m}^3 \quad (\times 10^9)$$

$$\Delta V = 0,54\text{ mm}^3$$

$$1\text{ m}^3 = 10^3\text{ dm}^3$$

$$\frac{\alpha}{1} \cong \frac{\beta}{2} \cong \frac{\gamma}{3}$$

$$1\text{ m}^3 = 10^3\text{ mm}^3$$

10. O alumínio é um metal cuja massa específica é igual a  $\mu_{AL} = 2,7 \text{ g/cm}^3$  à temperatura de  $0^\circ\text{C}$ . Esse mesmo material possui coeficiente de dilatação volumétrica  $\gamma_{Al} = 26 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , na faixa entre  $100^\circ\text{C}$  e  $390^\circ\text{C}$ . Com base nessas informações, determine a densidade desse material à temperatura de  $200^\circ\text{C}$ .

10. O alumínio é um metal cuja massa específica é igual a  $\mu_{AL} = 2,7 \text{ g/cm}^3$  à temperatura de  $0^\circ\text{C}$ . Esse mesmo material possui coeficiente de dilatação volumétrica  $\gamma_{AL} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , na faixa entre  $100^\circ\text{C}$  e  $390^\circ\text{C}$ . Com base nessas informações, determine a densidade desse material à temperatura de  $200^\circ\text{C}$ .

**Início**

$$V_0$$

$$\mu_0 = \frac{m}{V_0} = 2,7 \text{ g/cm}^3$$

**Após o aquecimento**

$$\Delta T = 200 - 0 = 290^\circ\text{C}$$

$$\gamma = 25 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

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

$$\Delta V = V_0 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot 200$$

$$\Delta V = V_0 \cdot 5000 \cdot 10^{-6}$$

$$V = V_0 + V_0 \cdot 5000 \cdot 10^{-6}$$

$$V = V_0 (1 + 5000 \cdot 10^{-6}) = V_0 (1 + 0,0005)$$

$$V = V_0 (1,0005)$$

$$\mu = \frac{m}{V}$$

$$\mu = \frac{m}{V_0 (1,0005)} = \frac{m}{V_0} \frac{1}{(1,0005)}$$

$$\mu = 2,7 \frac{1}{(1,0005)} \cong 2,68 \text{ g/cm}^3$$

# *Exercícios extras*

Extra 1. (UERJ 2016) **Fenda na Ponte Rio-Niterói é uma junta de dilatação, diz CCR.** *De acordo com a CCR, no trecho sobre a Baía de Guanabara, as fendas existem a cada 400 metros, com cerca de 13 cm de abertura.*

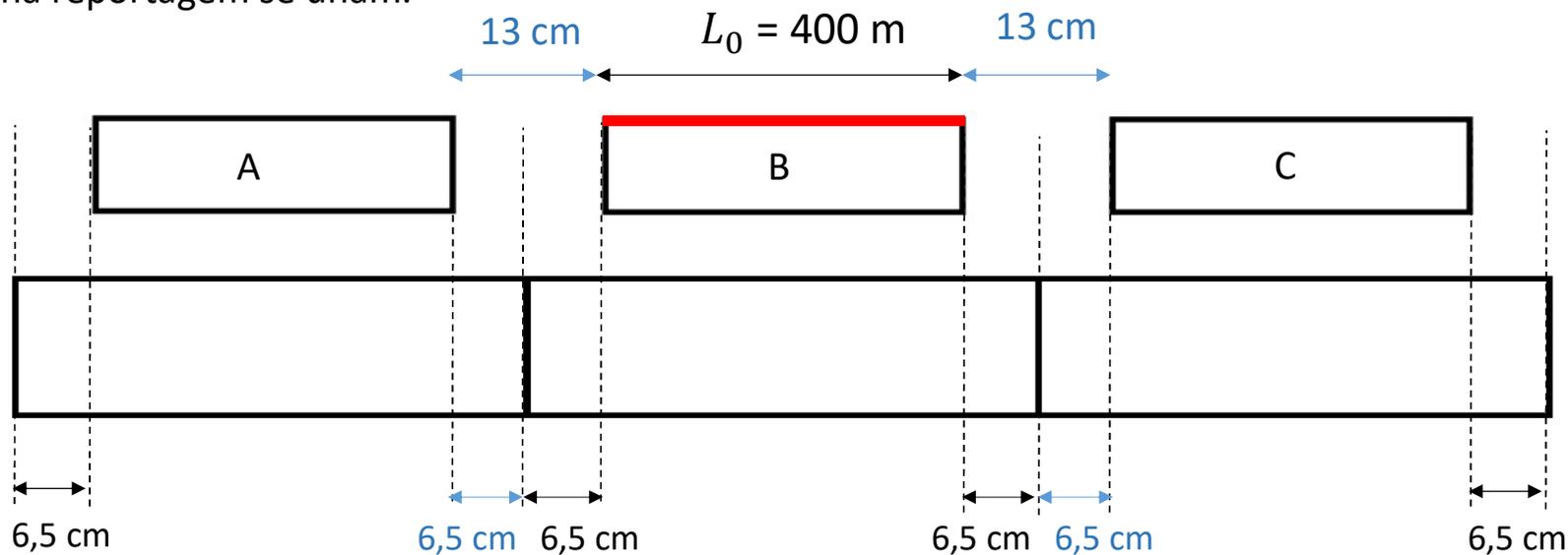
Disponível em: <oglobo.com>. Acesso em: 10 abr. 2014.

Admita que o material dos blocos que constituem a Ponte Rio-Niterói seja o concreto, cujo coeficiente de dilatação linear é igual a  $1.10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Determine a variação necessária de temperatura para que as duas bordas de uma das fendas citadas na reportagem se unam.

Extra 1. (UERJ 2016) **Fenda na Ponte Rio-Niterói é uma junta de dilatação, diz CCR.** De acordo com a CCR, no trecho sobre a Baía de Guanabara, as fendas existem a cada 400 metros, com cerca de 13 cm de abertura.

Disponível em: <oglobo.com>. Acesso em: 10 abr. 2014.

Admita que o material dos blocos que constituem a Ponte Rio-Niterói seja o concreto, cujo coeficiente de dilatação linear é igual a  $1.10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Determine a variação necessária de temperatura para que as duas bordas de uma das fendas citadas na reportagem se unam.



Bloco B

$$L_0 = 400 \text{ m}$$

$$\alpha = 1.10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta L = 13 \text{ cm} = 0,13 \text{ m}$$

$$\Delta T = ?$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \alpha} = \frac{0,13 \text{ m}}{400 \text{ m} \cdot 1.10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}} = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$





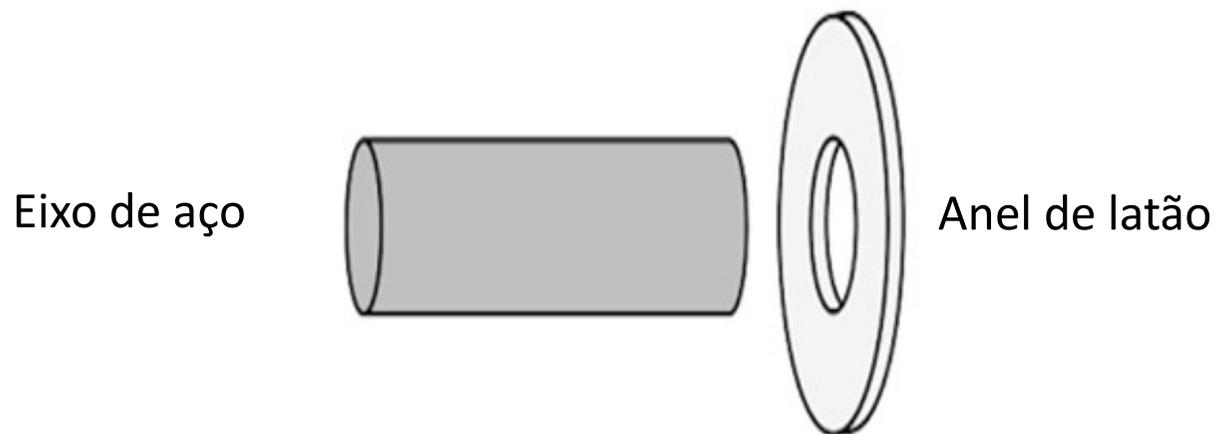


Extra 2. (UFMG) João, chefe de uma oficina mecânica, precisa encaixar um eixo de aço em um anel de latão, como mostrado na figura. À temperatura ambiente, o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel. Sabe-se que o coeficiente de dilatação térmica do latão é maior que o do aço.

Diante disso, são sugeridos a João alguns procedimentos, descritos nas alternativas a seguir, para encaixar o eixo no anel.

Assinale a alternativa que apresenta um procedimento que não permite esse encaixe.

- a) Resfriar apenas o eixo.
- b) Aquecer apenas o anel.
- c) Resfriar o eixo e o anel.
- d) Aquecer o eixo e o anel.

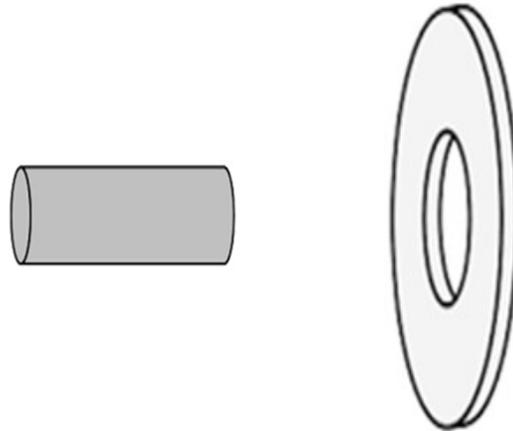


- a) Resfriar apenas o eixo. ✓
- b) Aquecer apenas o anel.
- c) Resfriar o eixo e o anel.
- d) Aquecer o eixo e o anel.

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{\text{eixo de aço}} < \alpha_{\text{anel de latão}}$$

Eixo de aço



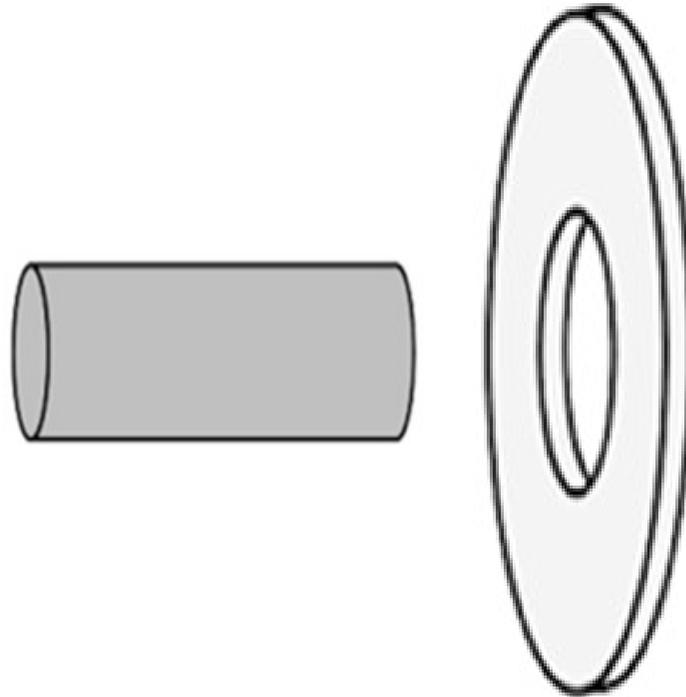
Anel de latão

- a) Resfriar apenas o eixo. ✓
- b) Aquecer apenas o anel. ✓
- c) Resfriar o eixo e o anel.
- d) Aquecer o eixo e o anel.

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{eixo\ de\ aço} < \alpha_{anel\ de\ latão}$$

Eixo de aço



Anel de latão

- a) Resfriar apenas o eixo. ✓
- b) Aquecer apenas o anel. ✓
- c) Resfriar o eixo e o anel.
- d) Aquecer o eixo e o anel. ✓

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{eixo\ de\ aço} < \alpha_{anel\ de\ latão}$$

Maior  $\alpha \rightarrow$  maior dilatação (aquecimento)  
 Maior  $\alpha \rightarrow$  maior contração (resfriamento)

“Para as mesmas condições, quem dilata mais no aquecimento, contrai mais no resfriamento”

aquecimento:  $\Delta d \rightarrow$  dilatação

Eixo de aço



Anel de latão  
(buraco)

$$d_{eixo\ 0} = d_{anel\ buraco\ 0}$$

$$\Delta T_{eixo} = \Delta T_{anel}$$

$$\alpha_{eixo} < \alpha_{anel}$$

$$\uparrow \Delta L = d_0 \cdot \alpha \uparrow \cdot \Delta T \rightarrow$$

$$d_{eixo} < d_{anel\ Buraco}$$

- a) Resfriar apenas o eixo. ✓
- b) Aquecer apenas o anel. ✓
- c) Resfriar o eixo e o anel. ✗
- d) Aquecer o eixo e o anel. ✓

o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel

$$\alpha_{eixo\ de\ aço} < \alpha_{anel\ de\ latão}$$

Maior  $\alpha \rightarrow$  maior dilatação (aquecimento)  
 Maior  $\alpha \rightarrow$  maior contração (resfriamento)

“Para as mesmas condições, quem dilata mais no aquecimento, contrai mais no resfriamento”

Resfriamento:  $\Delta d \rightarrow$  contração

Eixo de aço



Anel de latão

$$d_{eixo\ 0} = d_{anel\ buraco\ 0}$$

$$\Delta T_{eixo} = \Delta T_{anel}$$

$$\alpha_{eixo} < \alpha_{anel}$$

Contração

$$\uparrow |\Delta L| = d_0 \cdot \uparrow \alpha \cdot |\Delta T|$$

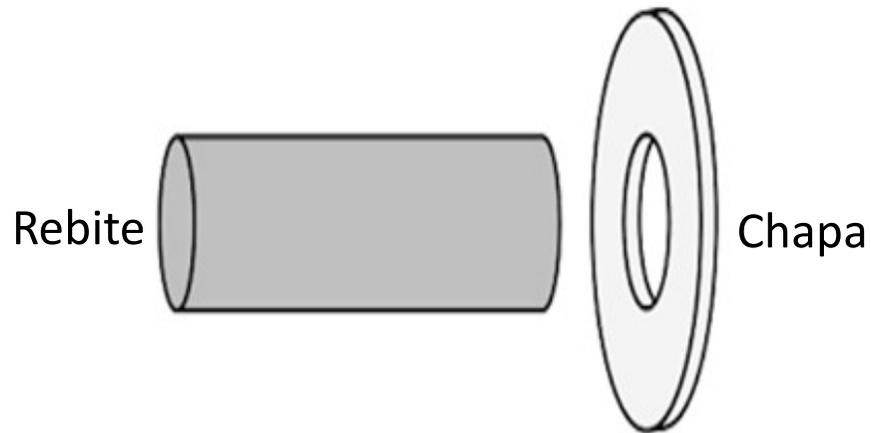
$$d_{eixo} > d_{anel\ buraco}$$

$$\text{Contração}_{eixo} < \text{Contração}_{anel\ (buraco)}$$

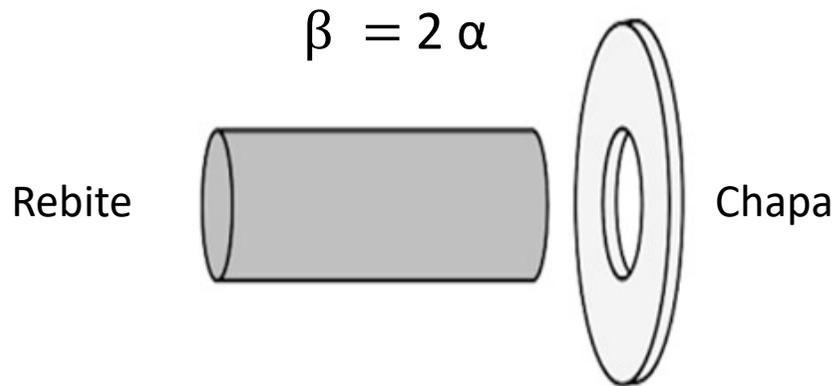


Extra 3. (Ufpb) Os materiais utilizados na construção civil são escolhidos por sua resistência a tensões, durabilidade e propriedades térmicas como a dilatação, entre outras. Rebites de metal (pinos de formato cilíndrico), de coeficiente de dilatação linear  $9,8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , devem ser colocados em furos circulares de uma chapa de outro metal, de coeficiente de dilatação linear  $2,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Considere que, à temperatura ambiente ( $27 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), a área transversal de cada rebite é  $1,00 \text{ cm}^2$  e a de cada furo,  $0,99 \text{ cm}^2$ . A colocação dos rebites, na chapa metálica, somente será possível se ambos forem aquecidos até, no mínimo, a temperatura comum de:

- a)  $327 \text{ } ^\circ\text{C}$
- b)  $427 \text{ } ^\circ\text{C}$
- c)  $527 \text{ } ^\circ\text{C}$
- d)  $627 \text{ } ^\circ\text{C}$
- e)  $727 \text{ } ^\circ\text{C}$



Extra 3. (Ufpb) Os materiais utilizados na construção civil são escolhidos por sua resistência a tensões, durabilidade e propriedades térmicas como a dilatação, entre outras. **Rebites de metal (pinos de formato cilíndrico), de coeficiente de dilatação linear  $9,8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$** , devem ser colocados em furos circulares **de uma chapa de outro metal, de coeficiente de dilatação linear  $2,0 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$** . Considere que, à temperatura ambiente ( $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ), a área transversal de cada **rebite é  $1,00 \text{ cm}^2$**  e a de **cada furo,  $0,99 \text{ cm}^2$** . A colocação dos rebites, na chapa metálica, somente será possível se ambos forem aquecidos até, no mínimo, a temperatura comum de:



$$A_f = A_0 + \Delta A$$

$$A_{f \text{ Rebite}} = A_{f \text{ Buraco}}$$

$$A_{0 \text{ Rebite}} + \Delta A_{\text{Rebite}} = A_{0 \text{ Buraco}} + \Delta A_{\text{Buraco}}$$

$$A_{0 \text{ Rebite}} + A_{0 \text{ Rebite}} \cdot \alpha_{\text{Rebite}} \cdot \Delta T = A_{0 \text{ Buraco}} + A_{0 \text{ Buraco}} \cdot \alpha_{\text{Buraco}} \cdot \Delta T$$

$$1 + 1 \cdot (2 \cdot 0,98 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T = 0,99 + 0,99 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T$$

$$1 - 0,99 = 0,99 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T - 1 \cdot (2 \cdot 0,98 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T$$

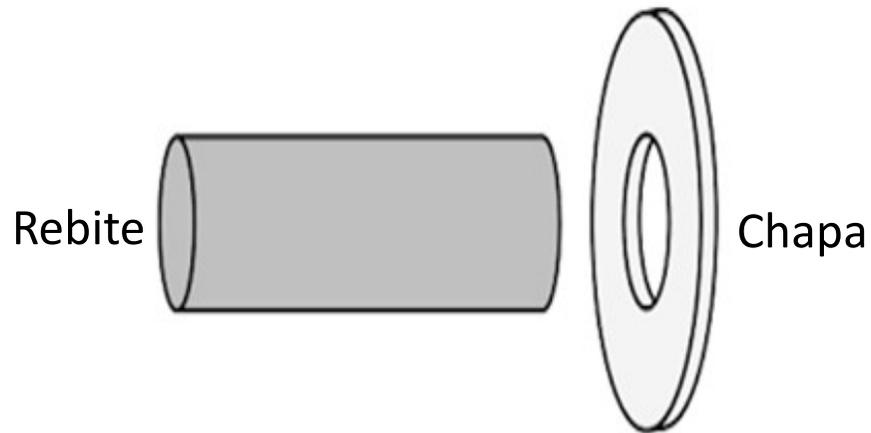
$$0,01 = 3,96 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T - 1,96 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T$$

$$0,01 = 2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad \frac{0,01}{2 \cdot 10^{-5}} = \Delta T$$

$$0,005 \cdot 10^5 = \Delta T \quad \Rightarrow \quad \Delta T = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

Extra 3. (Ufpb) Os materiais utilizados na construção civil são escolhidos por sua resistência a tensões, durabilidade e propriedades térmicas como a dilatação, entre outras. Rebites de metal (pinos de formato cilíndrico), de coeficiente de dilatação linear  $9,8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , devem ser colocados em furos circulares de uma chapa de outro metal, de coeficiente de dilatação linear  $2,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Considere que, à temperatura ambiente ( $27 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), a área transversal de cada rebite é  $1,00 \text{ cm}^2$  e a de cada furo,  $0,99 \text{ cm}^2$ . A colocação dos rebites, na chapa metálica, somente será possível se ambos forem aquecidos até, no mínimo, a temperatura comum de:

- a)  $327 \text{ } ^\circ\text{C}$
- b)  $427 \text{ } ^\circ\text{C}$
- c)  $527 \text{ } ^\circ\text{C}$
- d)  $627 \text{ } ^\circ\text{C}$
- e)  $727 \text{ } ^\circ\text{C}$



$$\Delta T = 500 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 27 + 500$$

$$T = 527 \text{ } ^\circ\text{C}$$