

Dilatação térmica de sólidos

Capítulo 3 / Livro 4 / Pg. 131

- 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

Apresentação e demais documentos: fisicasp.com.br

Fontes de calor



Transferência de calor

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

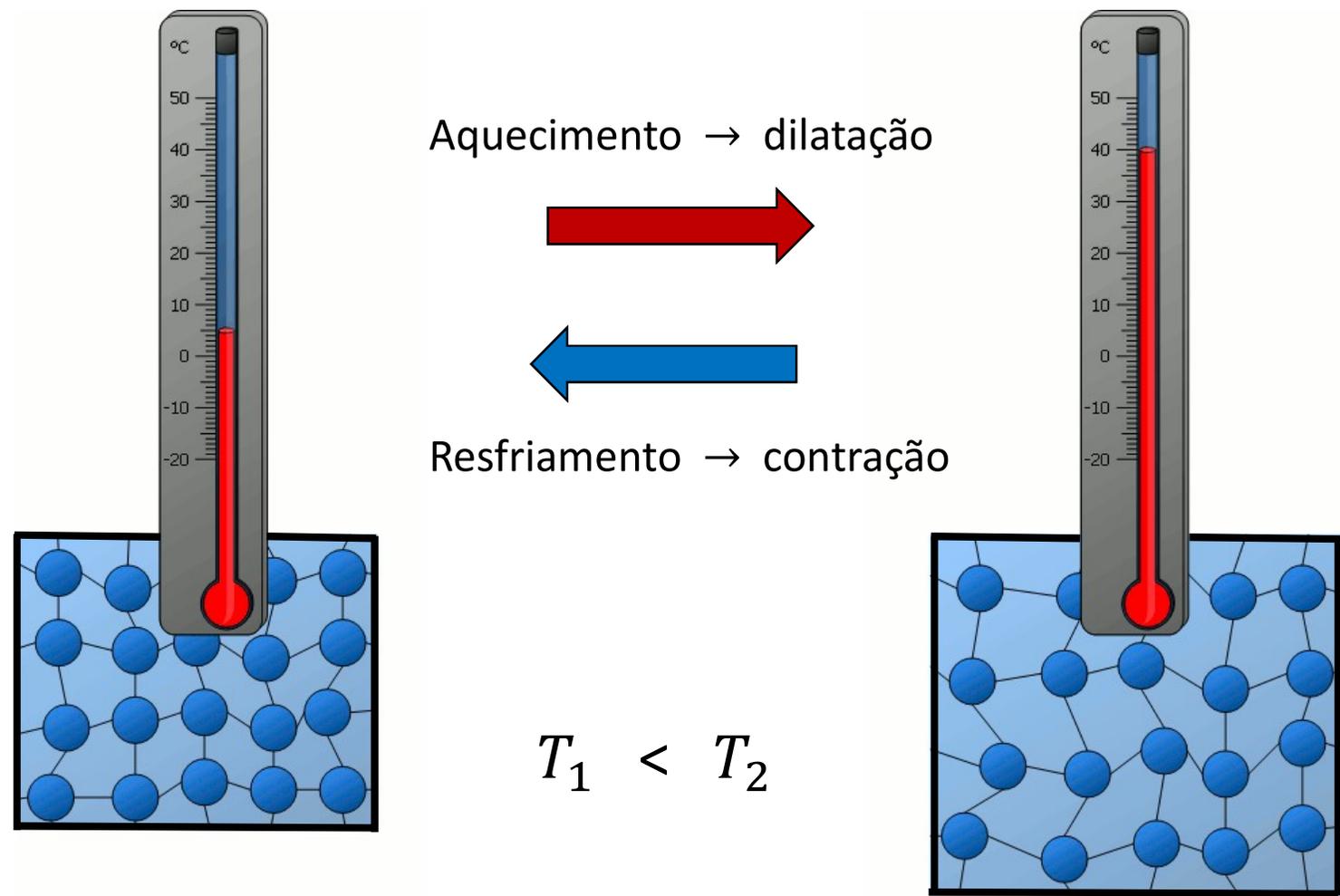
corpo

Variação de temperatura

Dilatação térmica

Mudança de estado

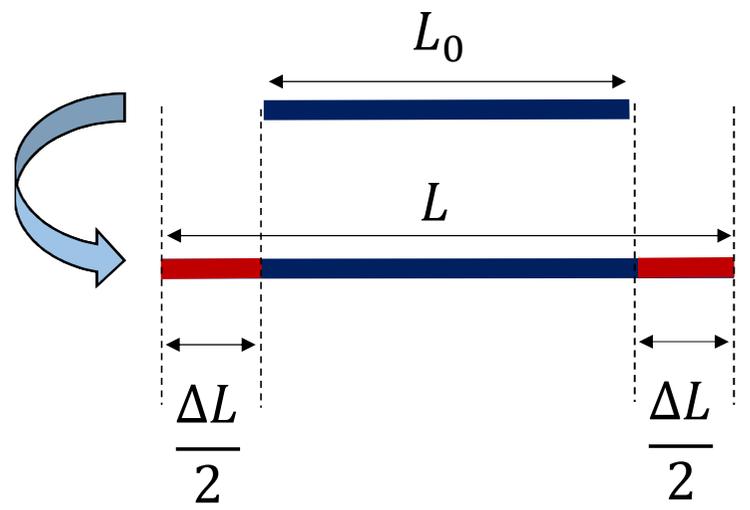
Dilatação térmica dos sólidos



Dilatação linear (1D)

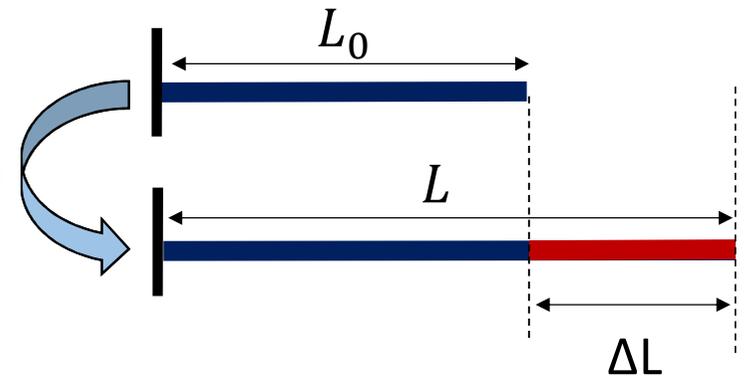
Barra livre

Aquecimento → dilatação



Barra apoiada

Aquecimento → dilatação



$$\Delta L = L - L_0$$

Dilatação (ΔL)

Comprimento inicial (L_0)

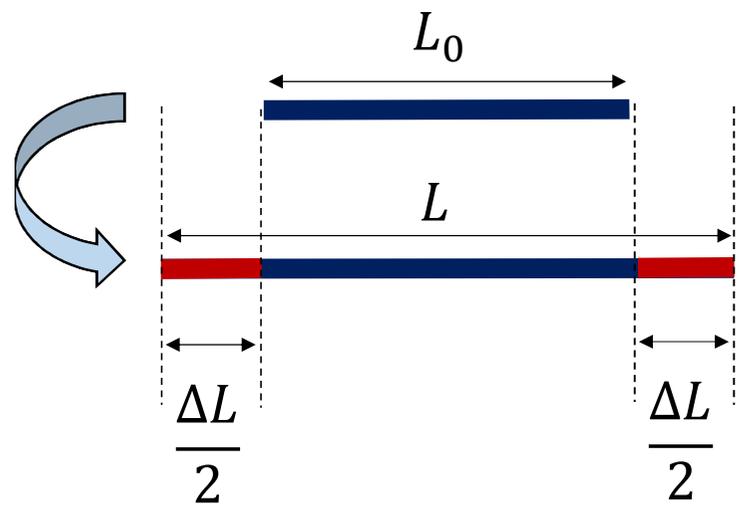
Material (α)

Variação da temperatura (ΔT)

Dilatação linear (1D)

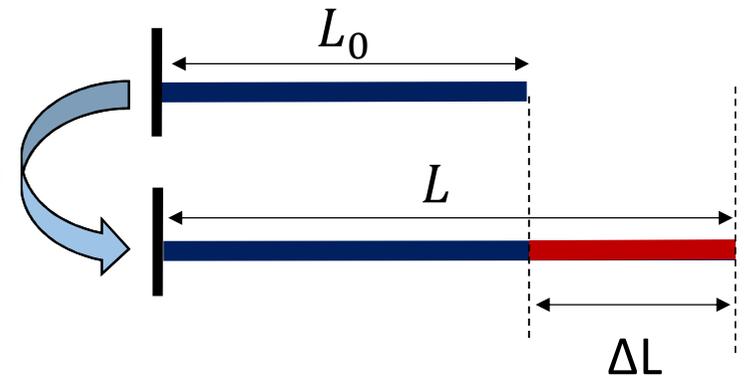
Barra livre

Aquecimento → dilatação

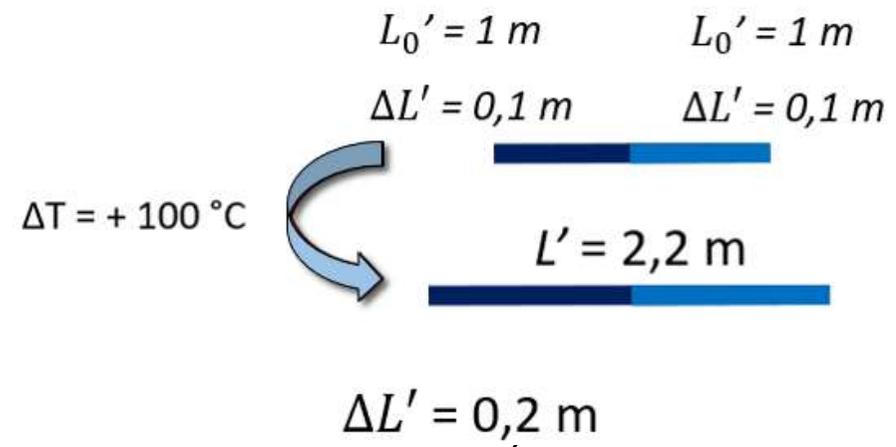
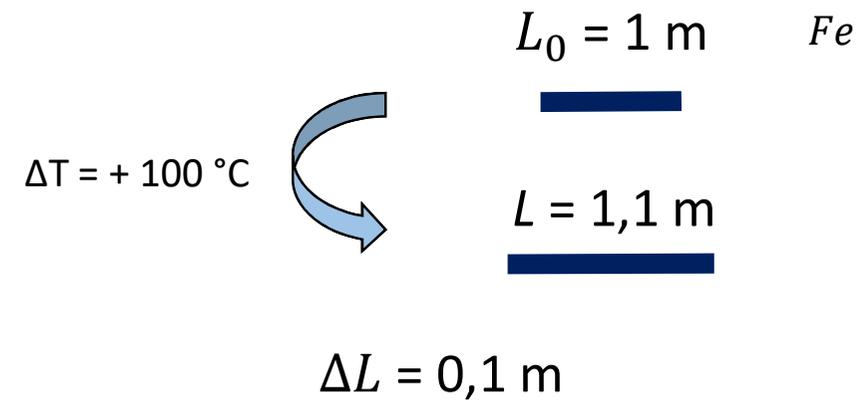


Barra apoiada

Aquecimento → dilatação



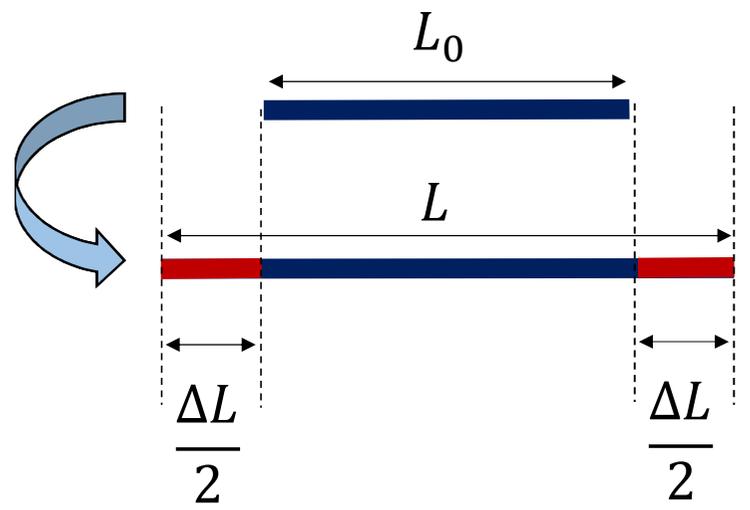
Comprimento inicial (L_0)



Dilatação linear (1D)

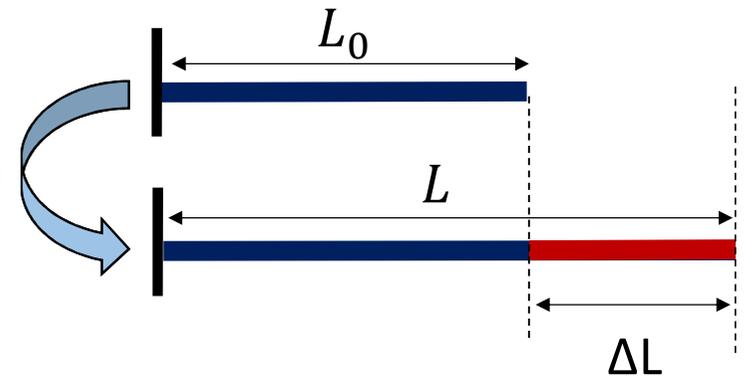
Barra livre

Aquecimento → dilatação



Barra apoiada

Aquecimento → dilatação



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

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

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

Dilatação térmica dos sólidos : equações

(1D)

Aresta – dilatação linear

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

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

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

(2D)

Face – dilatação superficial

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

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

1 = 1 . 1

(3D)

Volume – dilatação volumétrica

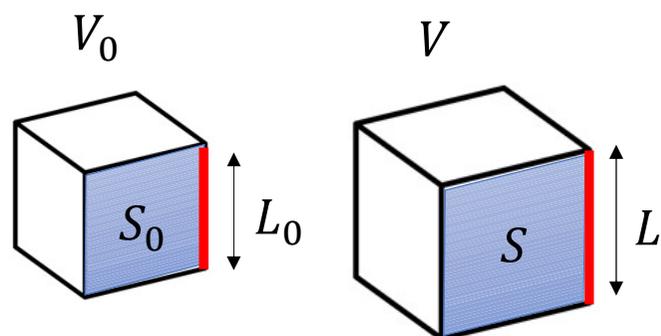
$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

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

Relação entre os coeficientes

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

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

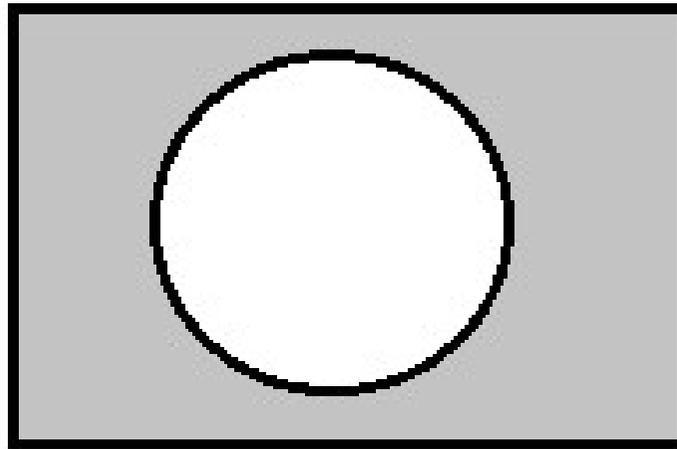


$T_0 < T$



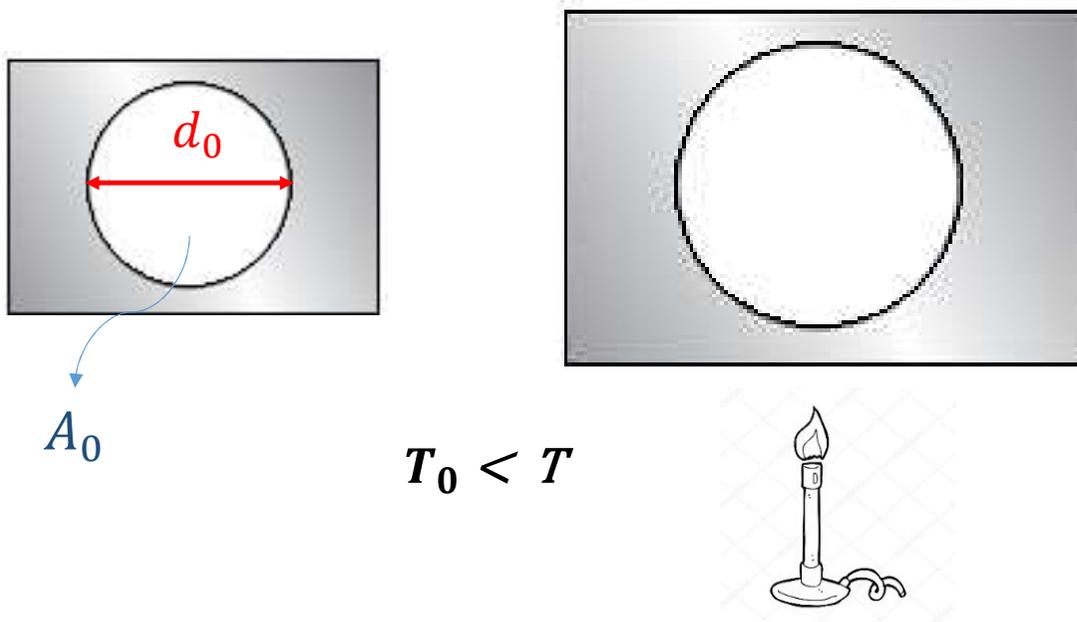
Corpo oco ou com furo

Chapa metálica com furo



Corpo oco ou com furo

Exemplo: chapa metálica com furo



Diâmetro do buraco

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

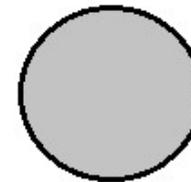
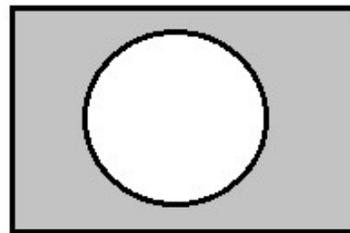
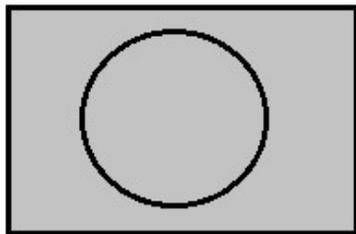
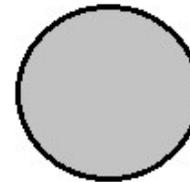
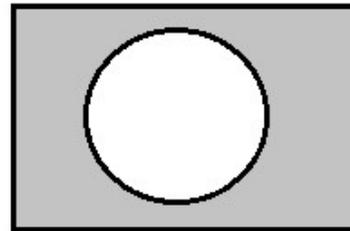
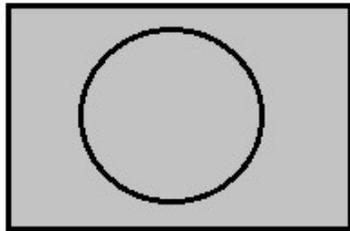
Área do buraco

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

Conclusões

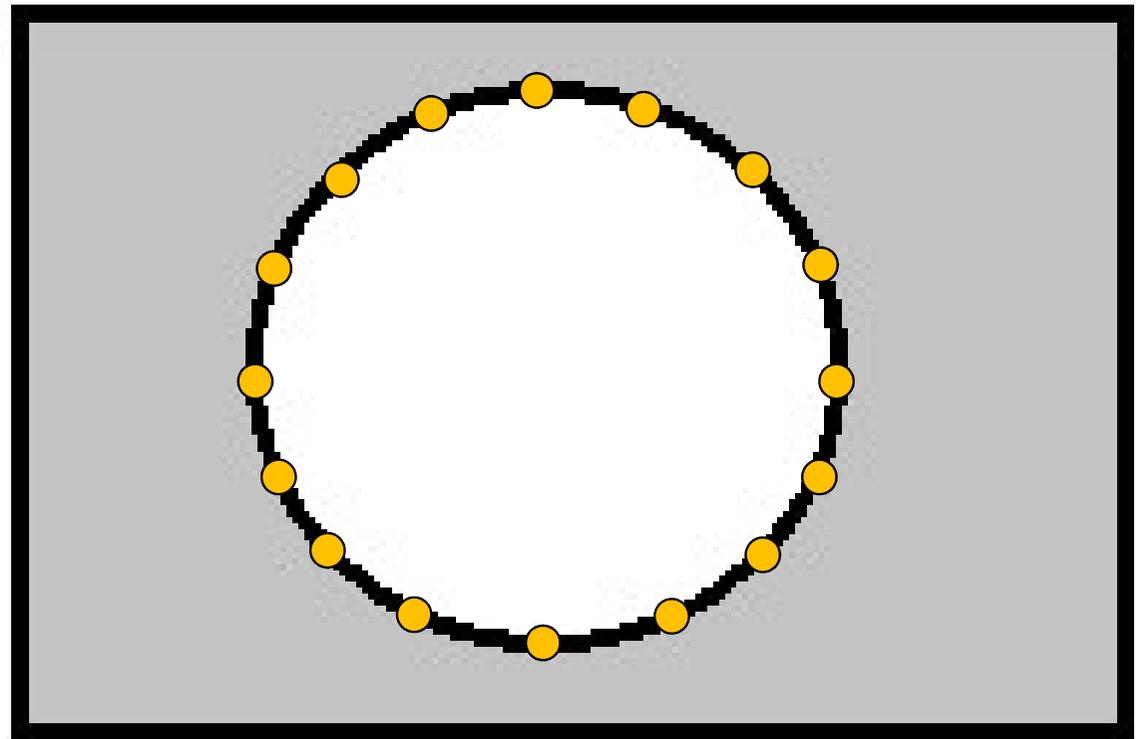
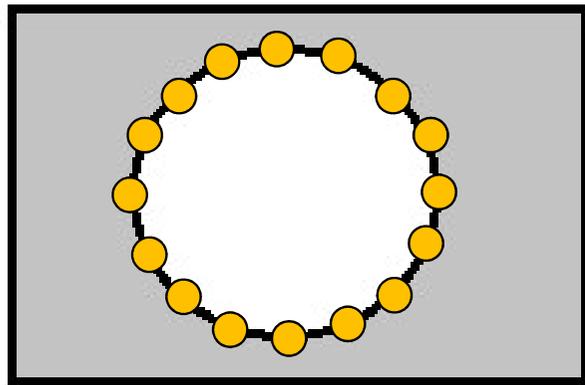
- O furo /parte oca se comporta como se fosse maciça e preenchida pelo mesmo material que compõe a chapa /corpo.
- Aquecimento \rightarrow buraco aumenta
- Resfriamento \rightarrow buraco diminui

Corpo oco ou com furo



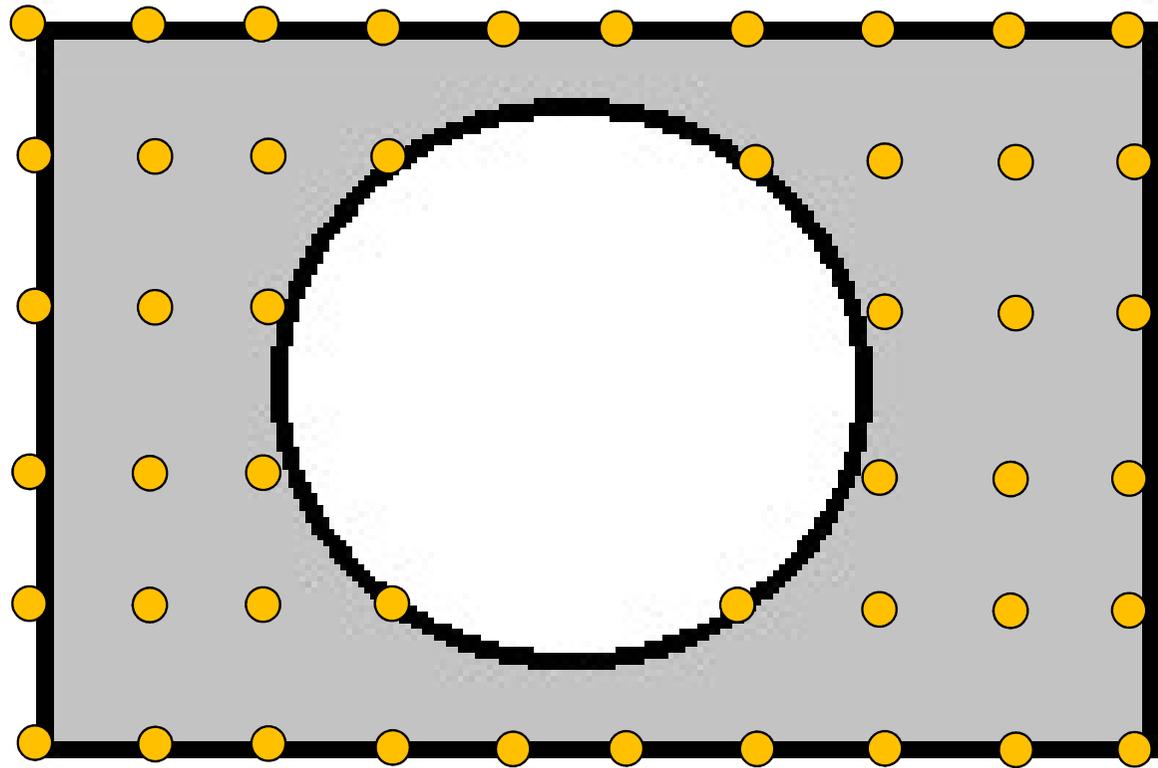
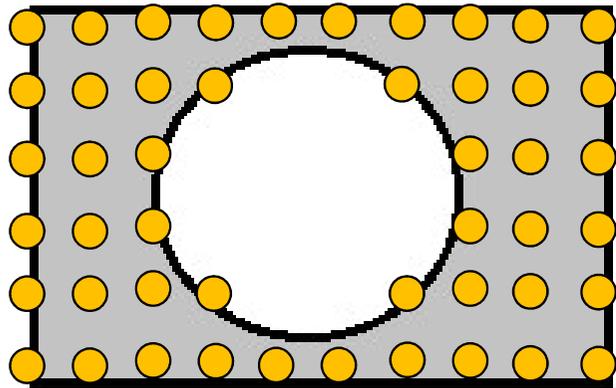
Corpo oco ou com furo

Chapa metálica com furo



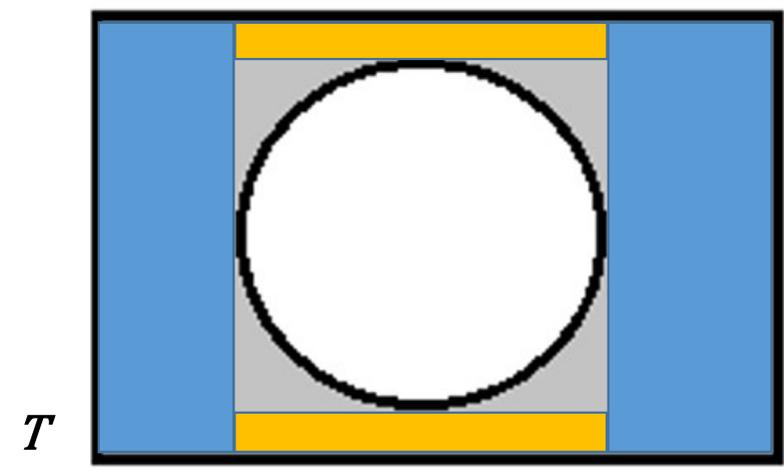
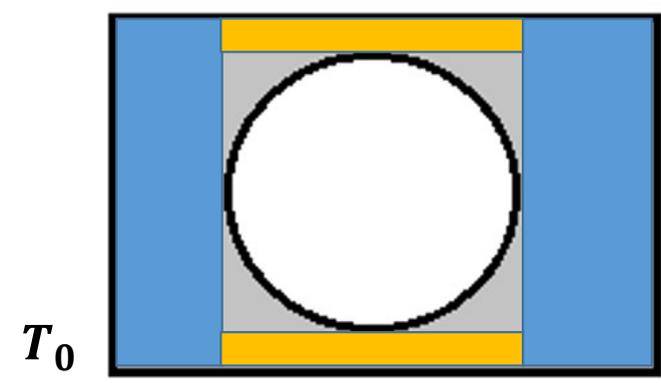
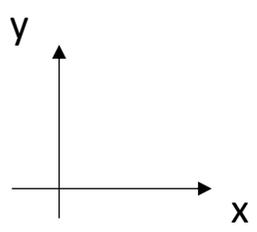
Corpo oco ou com furo

Chapa metálica com furo



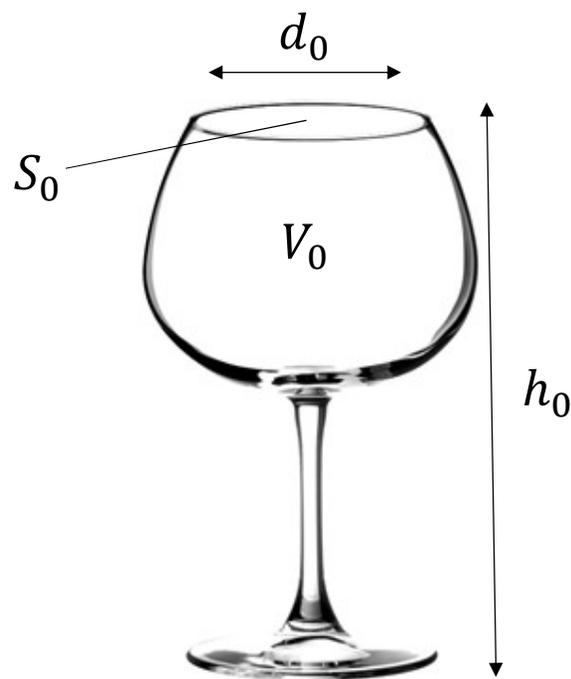
Corpo oco ou com furo

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 de ferro tem a 0°C um comprimento de 100 cm. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do ferro é $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, calcule, quando a barra for aquecida até 100°C :

- a) A variação de comprimento sofrida pela barra.
- b) O comprimento final da barra.

1. Uma barra de ferro tem a 0°C um comprimento de 100 cm. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do ferro é $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, calcule, quando a barra for aquecida até 100°C :

- a) A variação de comprimento sofrida pela barra.
- b) O comprimento final da barra.

$$L_0 = 100 \text{ cm}$$

$$\Delta T = T_f - T_i = 100 - 0 = 100^\circ\text{C}$$

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

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

$$\Delta L = 100 \text{ cm} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100^\circ\text{C}$$

$$\Delta L = 1,2 \cdot 10^4 \cdot 10^{-5}$$

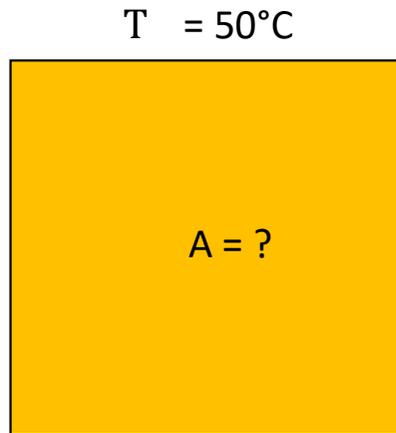
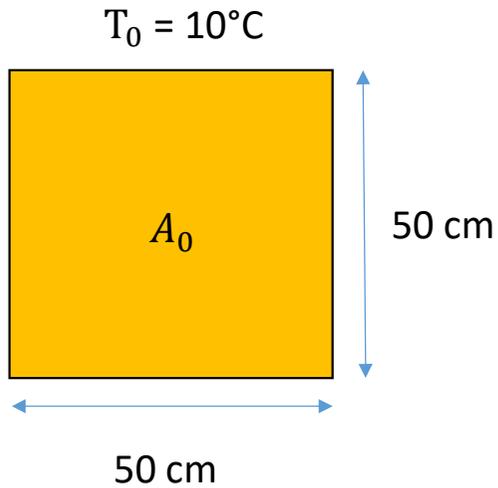
$$\Delta L = 1,2 \cdot 10^{-1} = 0,12 \text{ cm}$$

b) $L = L_0 + \Delta L$

$$L = 1000 + 0,12$$

$$L = 100,12 \text{ cm}$$

2. Uma chapa metálica quadrada tem lado 50 cm a 10°C. Qual a área da superfície da chapa a 50°C? O coeficiente de dilatação linear do material que constitui a chapa é $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.



$$A_0 = 50 \times 50 = 2500 \text{ cm}^2$$

$$\alpha = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\beta = 2\alpha = 2 \cdot (1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}) = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = T - T_0 = 50 - 10 = 40^\circ\text{C}$$

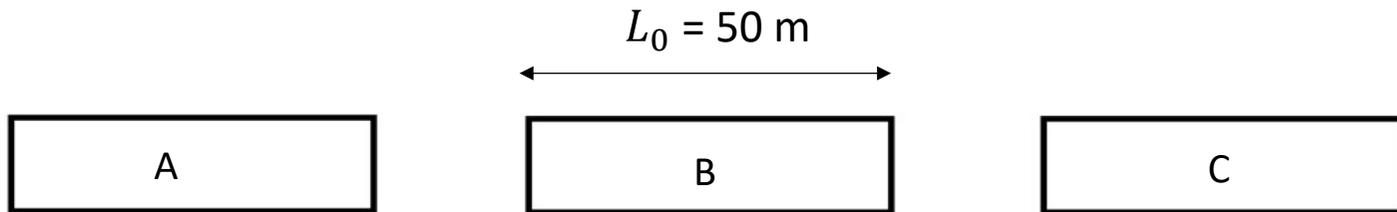
$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$\Delta A = 2500 \text{ cm}^2 \cdot 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 40^\circ\text{C}$$

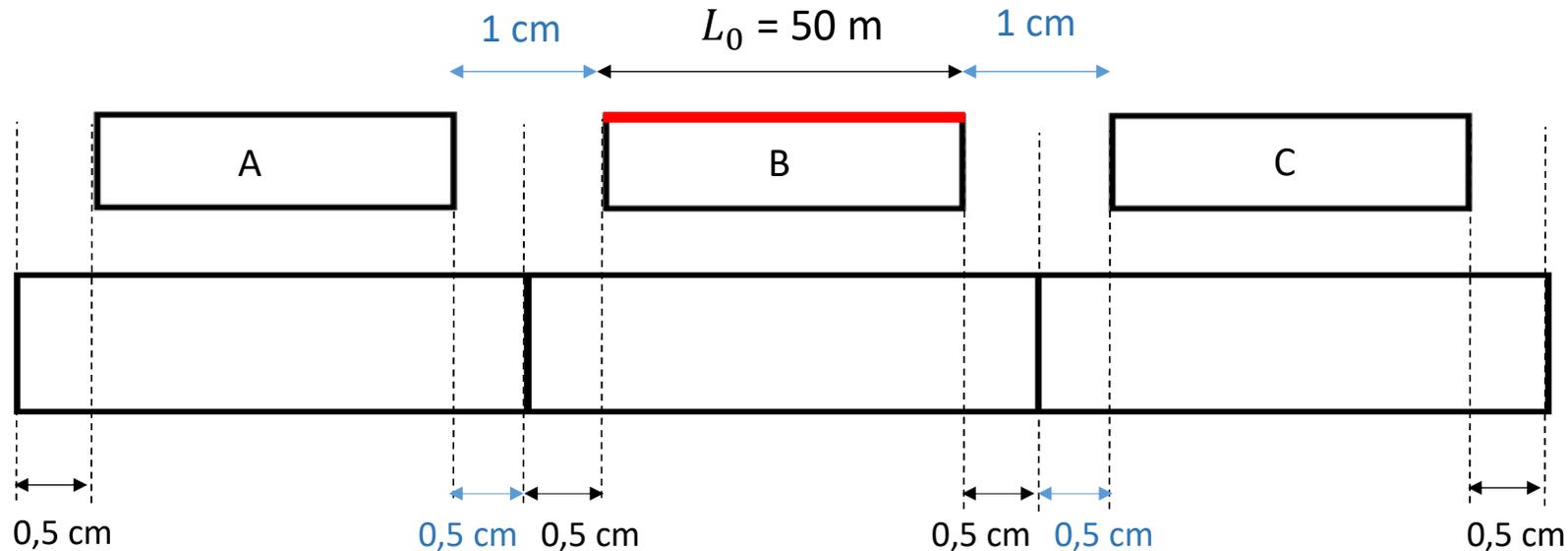
$$\Delta A = 360\,000 \cdot 10^{-5} = 3,6 \text{ cm}^2$$

$$A = A_0 + \Delta A = 2500 + 3,6 = 2503,6 \text{ cm}^2$$

3. Considere que blocos de comprimento $L_0 = 50$ m sejam separadas por um distância $d = 1$ cm. Calcule a variação de temperatura necessária para que elas se unam. Considere $\alpha = 1.10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e que as barras sofram dilatação de forma homogênea.



3. Considere que blocos de comprimento $L_0 = 50 \text{ m}$ sejam separadas por um distância $d = 1 \text{ cm}$. Calcule a variação de temperatura necessária para que elas se unam. Considere $\alpha = 1.10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e que as barras sofram dilatação de forma homogênea.



Bloco B

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

$$\Delta L = 1 \text{ cm} = 1.10^{-2} \text{ m}$$

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

$$\Delta T = ?$$

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

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

$$\Delta T = \frac{1.10^{-2} \text{ m}}{50 \text{ m} \cdot 1.10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}$$

$$\Delta T = 0,02 \cdot 10^{-2} \cdot 10^5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot 10^5$$

$$\Delta T = 2 \cdot 10^1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$







4. (Fuvest) Uma lâmina bimetálica de bronze e ferro, na temperatura ambiente, é fixada por uma de suas extremidades, como visto na figura abaixo.



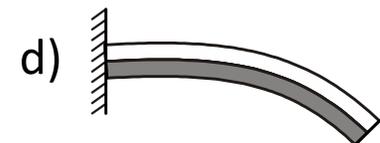
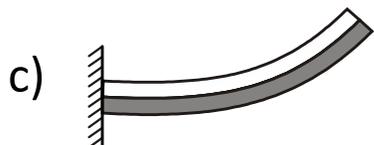
Nessa situação, a lâmina está plana e horizontal. A seguir, ela é aquecida por uma chama de gás. Após algum tempo de aquecimento, a forma assumida pela lâmina será mais adequadamente representada pela figura:

Note e adote:

O coeficiente de dilatação térmica linear do ferro é $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

O coeficiente de dilatação térmica linear do bronze é $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Após o aquecimento, a temperatura da lâmina é uniforme.



4. (Fuvest) Uma lâmina bimetálica de bronze e ferro, na temperatura ambiente, é fixada por uma de suas extremidades, como visto na figura abaixo.



Note e adote:

O coeficiente de dilatação térmica linear do ferro é $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

O coeficiente de dilatação térmica linear do bronze é $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Após o aquecimento, a temperatura da lâmina é uniforme.

$$L_0 = L_0 \quad \left. \begin{array}{l} B \\ F \end{array} \right\}$$

$$\Delta T_B = \Delta T_F \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$$

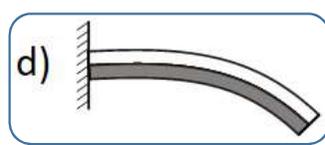
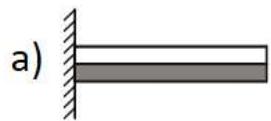
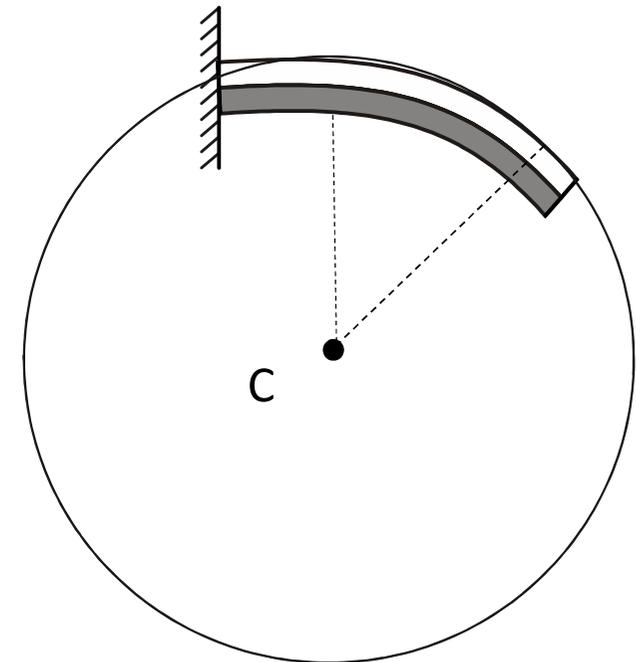
$$\alpha_B > \alpha_F \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$$

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

cte cte

$$\Delta L_B > \Delta L_F$$

$$L_B > L_F$$



Interbits®

4. (Fuvest) Uma lâmina bimetálica de bronze e ferro, na temperatura ambiente, é fixada por uma de suas extremidades, como visto na figura abaixo.



Note e adote:

O coeficiente de dilatação térmica linear do ferro é $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

O coeficiente de dilatação térmica linear do bronze é $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Após o aquecimento, a temperatura da lâmina é uniforme.

$$L_0 = L_0$$

$\left. \begin{array}{l} B \\ F \end{array} \right\}$

$$\Delta T_B = \Delta T_F$$

$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$

$$\alpha_B > \alpha_F$$

$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$

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

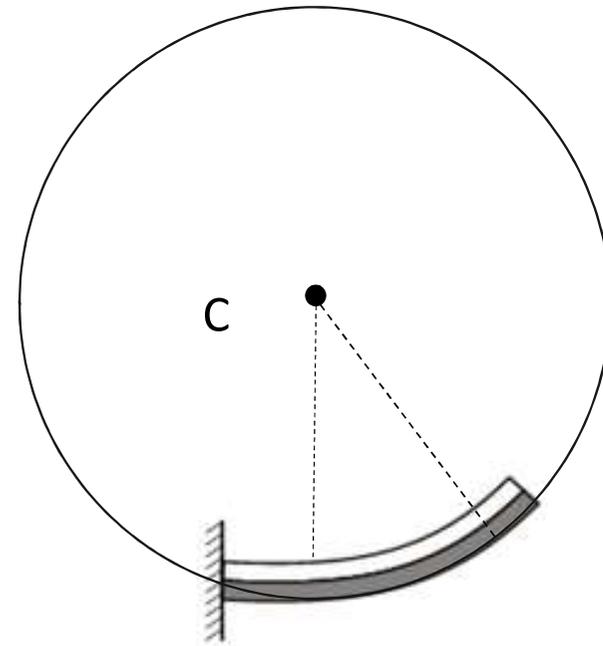
$\text{cte} \qquad \text{cte}$

$$|\Delta L_B| > |\Delta L_F|$$

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

$$L_B < L_F$$

Extra: resfriamento?



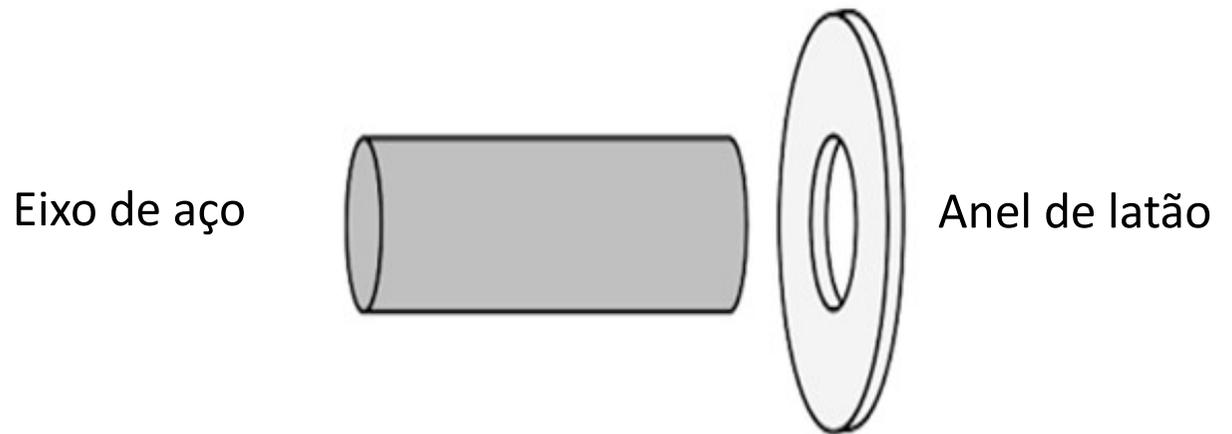


5. (UFMG) João, chefe de uma oficina mecânica, precisa encaixar um eixo de aço em um anel de latão, como mostrado na figura. À temperatura ambiente, o diâmetro do eixo é ligeiramente maior que o do orifício do anel. Sabe-se que o coeficiente de dilatação térmica do latão é maior que o do aço.

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.

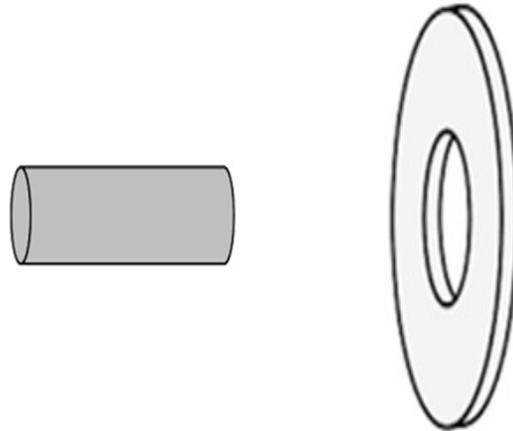


- a) Resfriar apenas o eixo. ✓
- b) Aquecer apenas o anel.
- c) Resfriar o eixo e o anel.
- d) Aquecer o eixo e o anel.

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



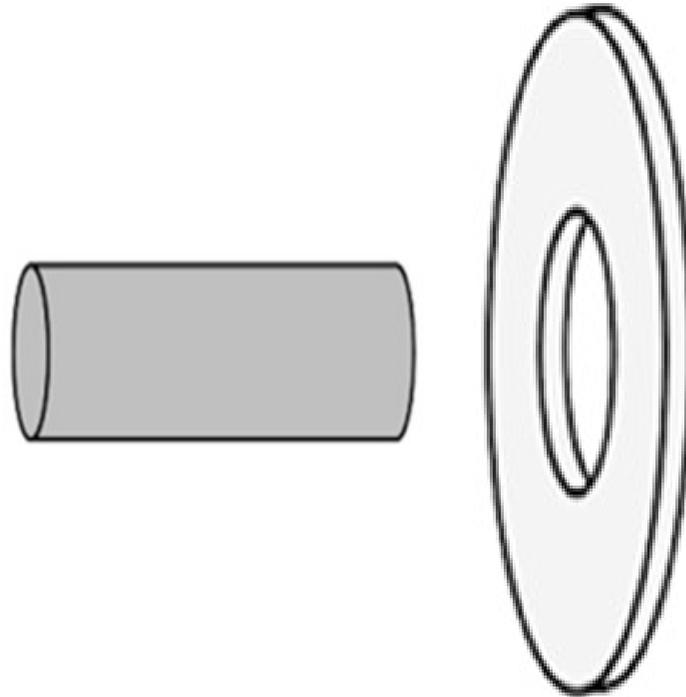
Anel de latão

- 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

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

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

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

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

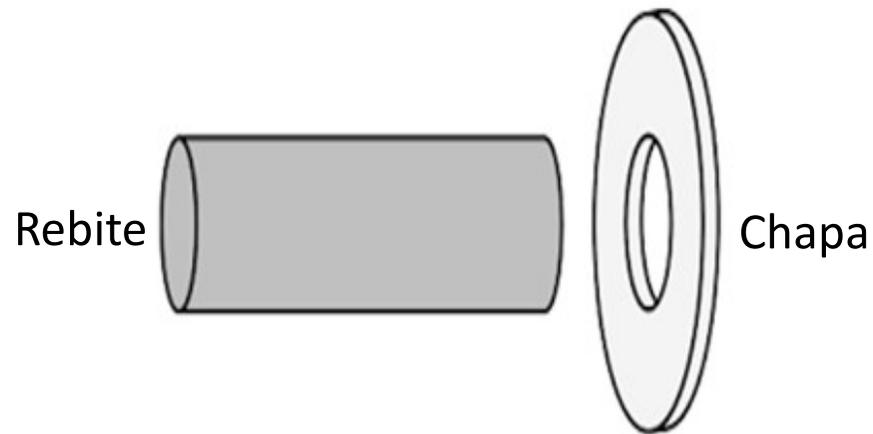
$$\uparrow |\Delta L| = d_0 \cdot \uparrow \alpha \cdot |\Delta T|$$

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

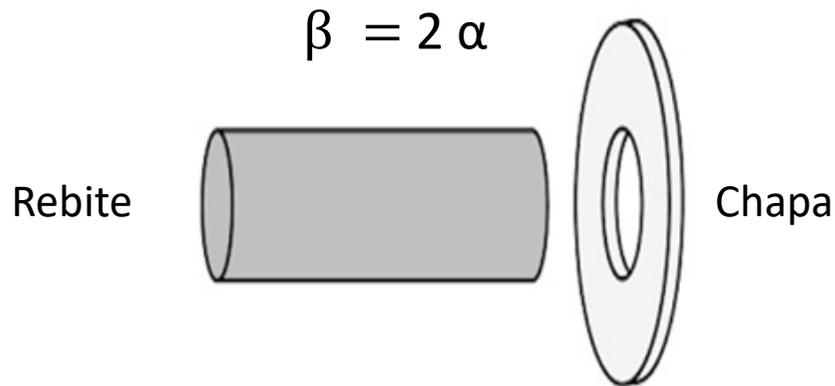
$$\text{Contração}_{eixo} < \text{Contração}_{anel\ (buraco)}$$

6. (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) $727 \text{ } ^\circ\text{C}$



6. (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:



$$A_f = A_0 + \Delta A$$

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

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

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

$$1 + 1 \cdot (2 \cdot 9,8 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T = 0,99 + 0,99 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T$$

$$1 - 0,99 = 0,99 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T - 1 \cdot (2 \cdot 9,8 \cdot 10^{-5}) \cdot \Delta T$$

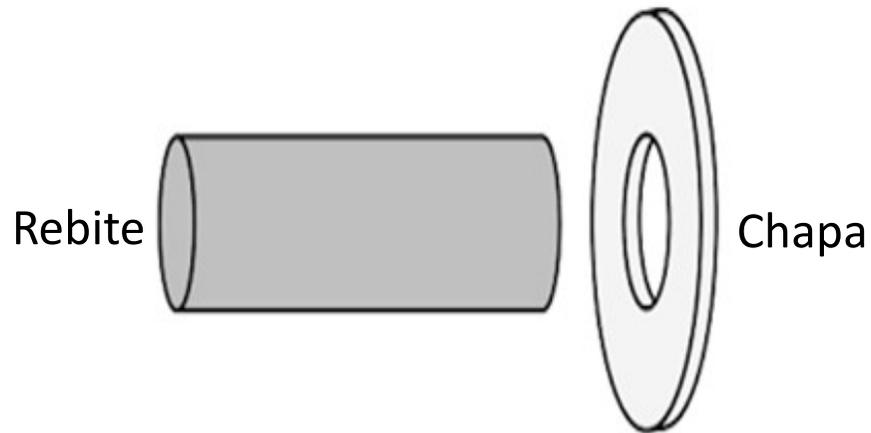
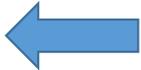
$$0,01 = 3,96 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T - 1,96 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta T$$

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

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

6. (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) $727 \text{ } ^\circ\text{C}$



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

$$T = 27 + 500$$

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