

Lista 6: Introdução à Transferência de Calor e Condução

**Exercício 1** (GEANKOPLIS, 2003; P4.2-2)

Uma serpentina de resfriamento de 1 ft de comprimento é constituída por um tubo de aço inoxidável 304 com diâmetro interno de 0,25 in e um diâmetro externo de 0,40 in. Ela é utilizada para remover calor de um banho. A temperatura na superfície interna do tubo é 40°F e a externa é 80°F. A condutividade térmica do aço inoxidável 304 é uma função da temperatura:

$$k = 7,75 + 7,78 \times 10^{-3}T$$

onde  $k$  é dado em  $\text{btu}/(\text{h}\cdot\text{ft}\cdot^\circ\text{F})$  e  $T$  em  $^\circ\text{F}$ . Calcule o calor removido em  $\text{btu}/\text{s}$  e  $\text{W}$ . **Resp.:** 1,225  $\text{btu}/\text{s}$  e 1292  $\text{W}$ .

**Exercício 2** (INCROPERA et al, 2008; P1.16)

Um circuito integrado (*chip*) quadrado de silício ( $k = 150 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) possui lados com  $w = 5 \text{ mm}$  e espessura  $t = 1 \text{ mm}$ . O circuito é montado em um substrato de tal forma que suas superfícies laterais e inferior estão isoladas termicamente, enquanto a superfície superior encontra-se exposta a um refrigerante. Se 4  $\text{W}$  estão sendo dissipados nos circuitos montados na superfície inferior do *chip*, qual é a diferença entre as temperaturas das superfícies inferior e superior no regime permanente? **Resp.:** 1,1  $^\circ\text{C}$ .

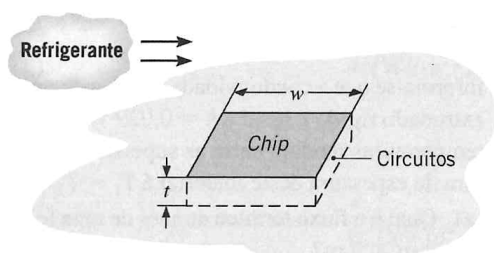


Figura 1: Esquema do *chip* quadrado de silício. Fonte: Incropera et al. (2008).

**Exercício 3** (GEANKOPLIS, 2003; P4.3-2)

Uma parede de um fornalha de 0,244 m de espessura é construída de um material de condutividade térmica de 1,30  $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ . A parede será isolada externamente por um material de  $k$  médio de 0,346  $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$  assim, o calor perdido pela fornalha deverá ser igual ou menor do que 1830  $\text{W}/\text{m}^2$ . A temperatura da superfície interna é 1588 K e a externa é 299 K. Calcule a espessura do isolamento requerido. **Resp.:** 0,179 m.

**Exercício 4** (INCROPERA et al, 2008; P1.26)

Um *chip* quadrado com lado  $w = 5 \text{ mm}$ , opera em condições isotérmicas. O *chip* é posicionado em um substrato de modo que suas superfícies laterais e inferior estão isoladas termicamente, enquanto sua superfície superior encontra-se exposta ao escoamento de um refrigerante a  $T_\infty = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ . A partir de considerações de confiabilidade, a temperatura do *chip* não pode exceder a  $T = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ .

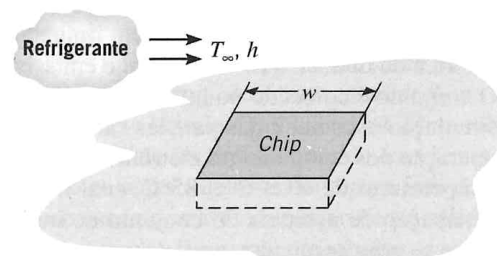


Figura 2: Esquema do *chip* quadrado de silício. Fonte: Incropera et al. (2008).

Sendo a substância refrigerante o ar, com um coeficiente de transferência de calor por convecção correspondente  $h = 200 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , qual é a potência máxima permitida para o *chip*? Sendo o refrigerante um líquido dielétrico para o qual  $h = 3000 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , qual é a potência máxima permitida? **Resp.:** 0,35 e 5,25  $\text{W}$ , respectivamente.

**Exercício 5** (Lista 2014/1)

As superfícies internas de um grande edifício são mantidas a 20  $^\circ\text{C}$ , enquanto que a temperatura na superfície externa é -20  $^\circ\text{C}$ . As paredes medem 25 cm de espessura, e foram construídas com tijolos de condutividade térmica de 0,6  $\text{kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ .

- Calcular a perda de calor para cada metro quadrado de superfície por hora.
- Sabendo-se que a área total do edifício é 1000  $\text{m}^2$  e que o poder calorífico do carvão é de 5500  $\text{kcal}/\text{kg}$ , determinar a quantidade de carvão a ser utilizada em um sistema de aquecimento durante um período de 10 h. Supor o rendimento do sistema de aquecimento igual a 50%.

### Exercício 6 (Lista 2014/1)

Um tubo de aço ( $k = 35 \text{ kcal}/(\text{h.m.}^\circ\text{C})$ ) tem diâmetro externo de 3", espessura de 0,2", 150 m de comprimento e transporta amônia a  $-20^\circ\text{C}$  (convecção desprezível). Para isolamento do tubo existem duas opções: isolamento de borracha ( $k = 0,13 \text{ kcal}/(\text{h.m.}^\circ\text{C})$ ) de 3" de espessura ou isolamento de isopor ( $k = 0,24 \text{ kcal}/(\text{h.m.}^\circ\text{C})$ ) de 2" de espessura. Por razões de ordem técnica a máxima taxa de calor não pode ultrapassar 7000 kcal/h. Sabendo que a temperatura na face externa do isolamento é  $40^\circ\text{C}$ , pede-se:

- As resistências térmicas dos dois isolamentos separadamente.
- Calcule a taxa de calor para cada opção de isolante e diga qual isolamento deve ser usado.
- Para o que não deve ser usado, calcule qual deveria ser a espessura mínima para atender o limite.

### Exercício 7 (INCROPERA et al, 2008; P3.10)

A sensação de *calafrio* (resfriamento pelo vento), que é experimentada em dias frios com vento, está relacionada ao aumento da transferência de calor na pele humana exposta à atmosfera circundante. Considere uma camada de tecido gorduroso que possua 3 mm de espessura e cuja superfície interna seja mantida a uma temperatura de  $36^\circ\text{C}$ . Em um dia calmo, o coeficiente de transferência de calor por convecção na superfície externa é de  $25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ , mas com vento de 30 km/h ele chega a  $65 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ . Em ambos os casos, a temperatura do ar ambiente é de  $-15^\circ\text{C}$ .

- Qual é a razão entre as perdas de calor, por unidade de área de pele, em um dia calmo e em um dia com vento? **Resp.:**  $(q''_{\text{calmo}}/q''_{\text{vento}}) = 0,553$ .
- Qual será a temperatura da superfície externa da pele em um dia calmo? E em um dia com vento? **Resp.:** respectivamente  $22,1$  e  $10,8^\circ\text{C}$ .
- Qual é a temperatura que o ar deveria ter no dia calmo para causar a mesma perda de calor que ocorre com a temperatura do ar a  $-15^\circ\text{C}$  em um dia com vento? **Resp.:**  $-56,3^\circ\text{C}$

### Exercício 8 (INCROPERA et al, 2008; P3.61)

Vapor d'água escoando em um tubo longo, com parede delgada, mantém a sua parede a uma temperatura uniforme de 500 K. O tubo é coberto por uma manta de isolamento composta por 2 materiais diferentes, A e B. Pode-se supor que há, na interface entre os 2 materiais, uma resistência de contato infinita. Toda a superfície externa está exposta ao ar, para o qual  $T_\infty = 300 \text{ K}$  e  $h = 25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

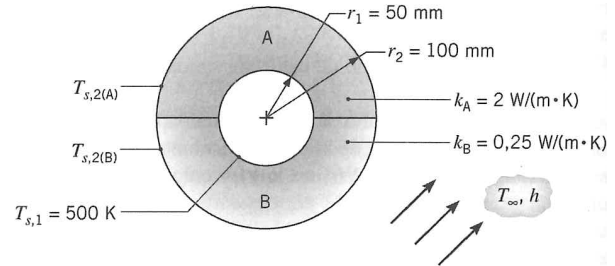


Figura 3: Esquema do tubo longo com parede delgada. Fonte: Incropera et al. (2008).

- Esboce o circuito térmico equivalente do sistema.
- Para as condições especificadas, qual é a perda de calor total para o ambiente? Quais são as temperaturas na superfície externa,  $T_{s,2(A)}$  e  $T_{s,2(B)}$ ? **Resp.:**  $1040 \text{ W/m}$ ;  $407$  e  $325 \text{ K}$ , respectivamente.