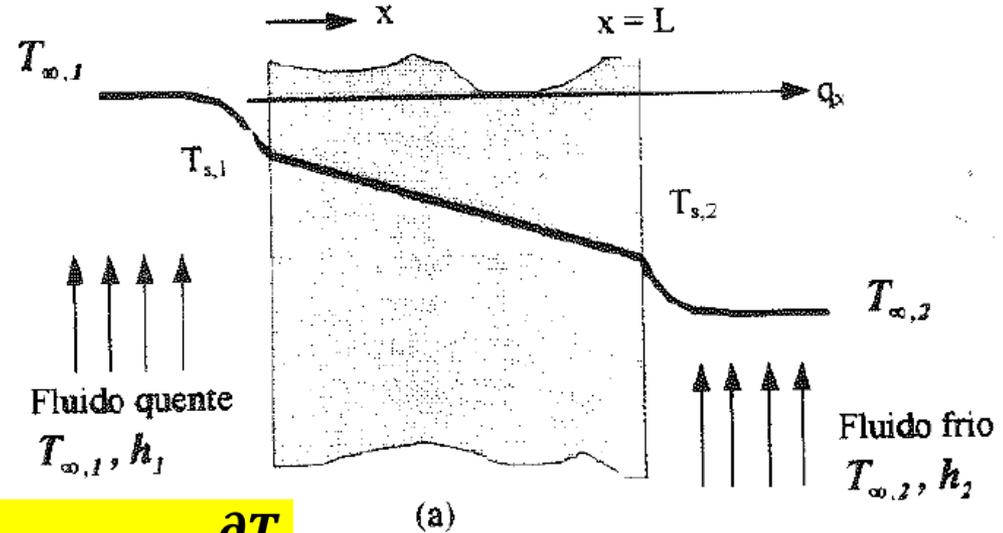


CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Plana:



$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Dentro da parede: Condução unidimensional, sem geração de calor no VC e regime permanente, k é constante

$$\frac{d}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) = 0 \quad \Rightarrow \quad k \frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

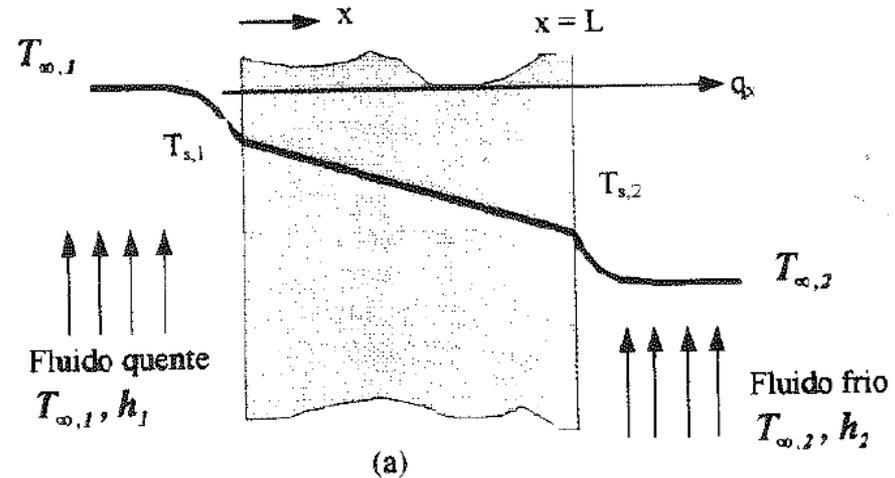
Parede Plana:

$$k \frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

$$T(x) = C_1 x + C_2$$

C_1 e C_2 dependem das condições iniciais

$$T(0) = T_{s,1} \quad e \quad T(L) = T_{s,2}$$



Aplicando-se a condição em $x = 0$, na solução geral, segue-se que

$$T_{s,1} = C_2$$

Analogamente, em $x = L$

$$T_{s,2} = C_1 L + C_2 = C_1 L + T_{s,1}$$

e neste caso

$$\frac{T_{s,2} - T_{s,1}}{L} = C_1$$

CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

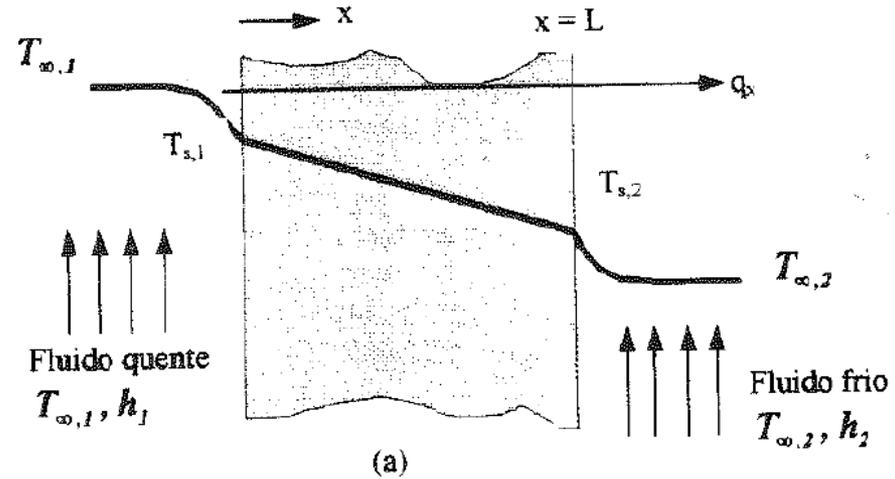
Parede Plana: $k \frac{d^2 T}{dx^2} = 0$

A solução fica:

$$T(x) = (T_{s,2} - T_{s,1}) \frac{x}{L} + T_{s,1}$$

Pela Lei de Fourier:

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} = \frac{kA}{L} (T_{s,1} - T_{s,2})$$



$$q_x'' = \frac{q_x}{A} = \frac{k}{L} (T_{s,1} - T_{s,2})$$

CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

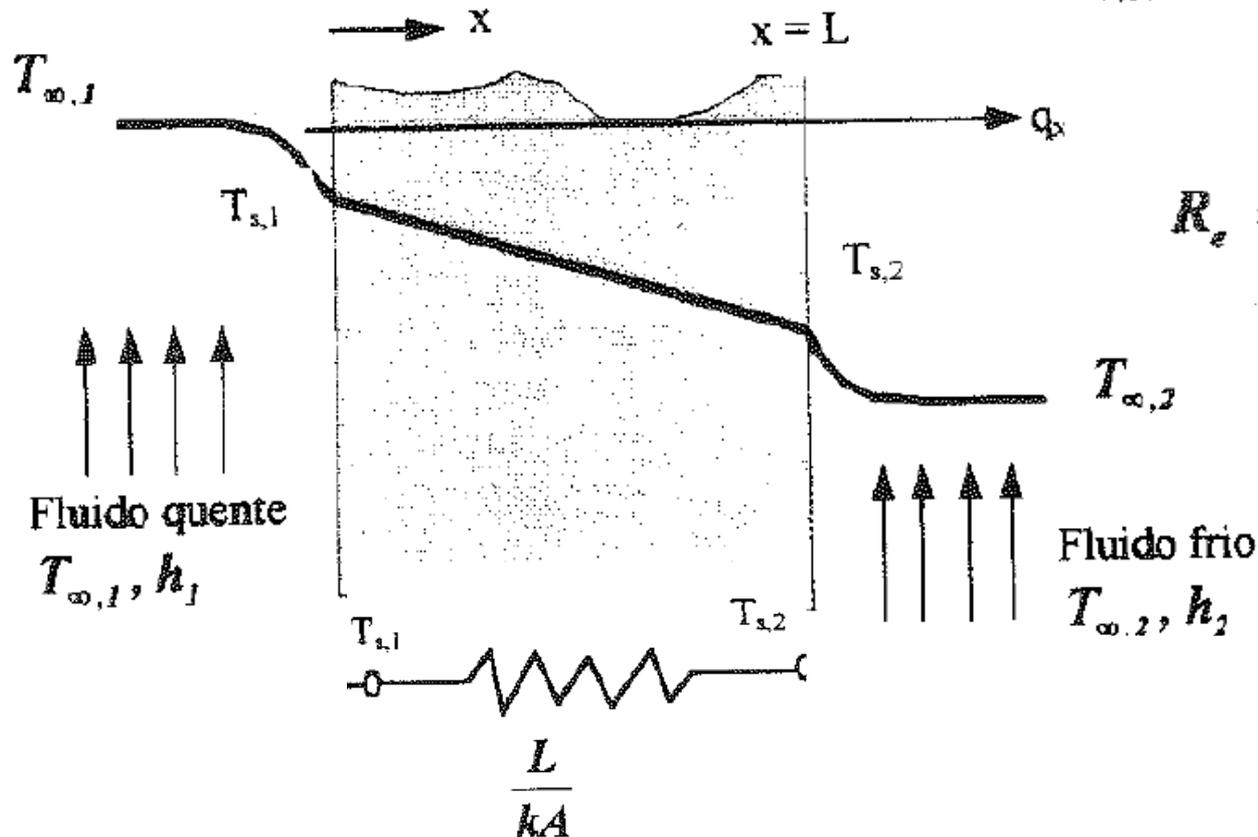
Parede Plana:

$$q_x'' = \frac{q_x}{A} = \frac{k}{L} (T_{s,1} - T_{s,2})$$

Manipulado:

$$R_{1,cond} \equiv \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{q_x} = \frac{L}{kA}$$

$$R_e = \frac{E_{s,1} - E_{s,2}}{I} = \frac{L}{\sigma A}$$



CONDUÇÃO DE CALOR

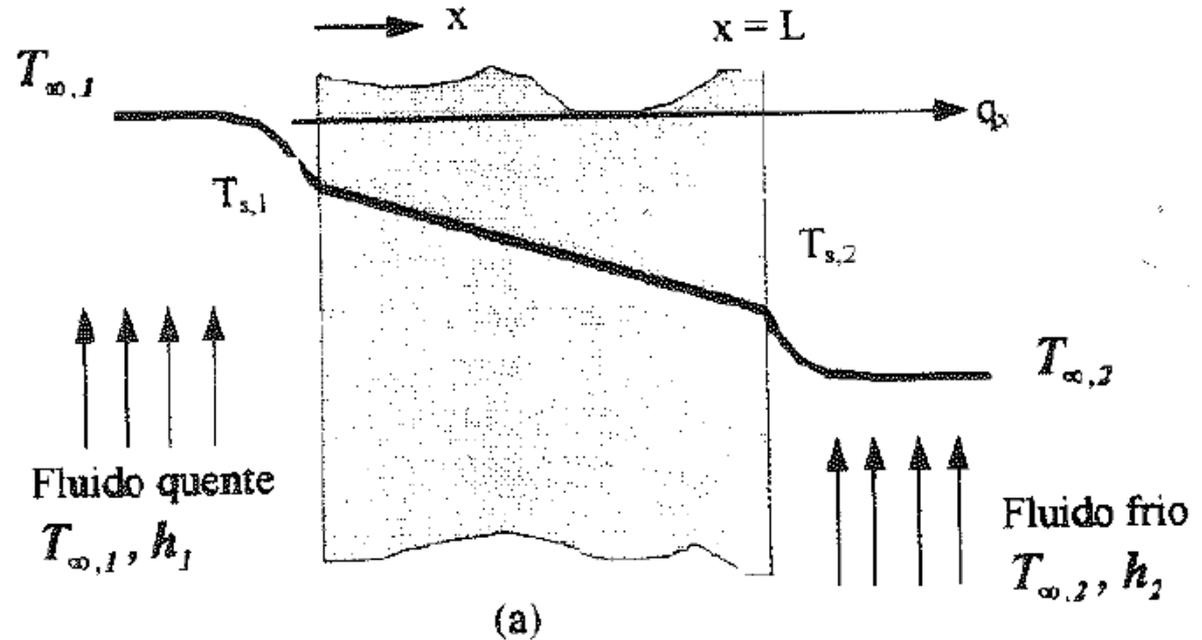
CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Plana:

Para convecção:

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

$$R_{1, conv} = \frac{T_s - T_\infty}{q} = \frac{1}{hA}$$



CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Plana:

Para o circuito todo:

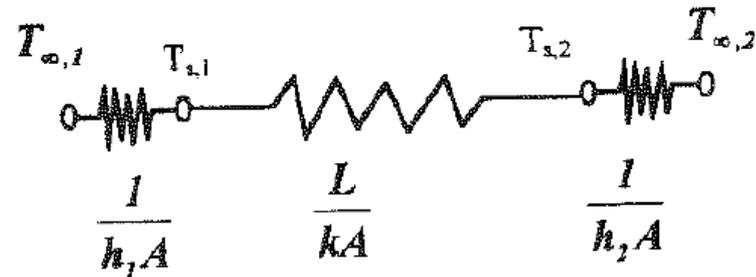
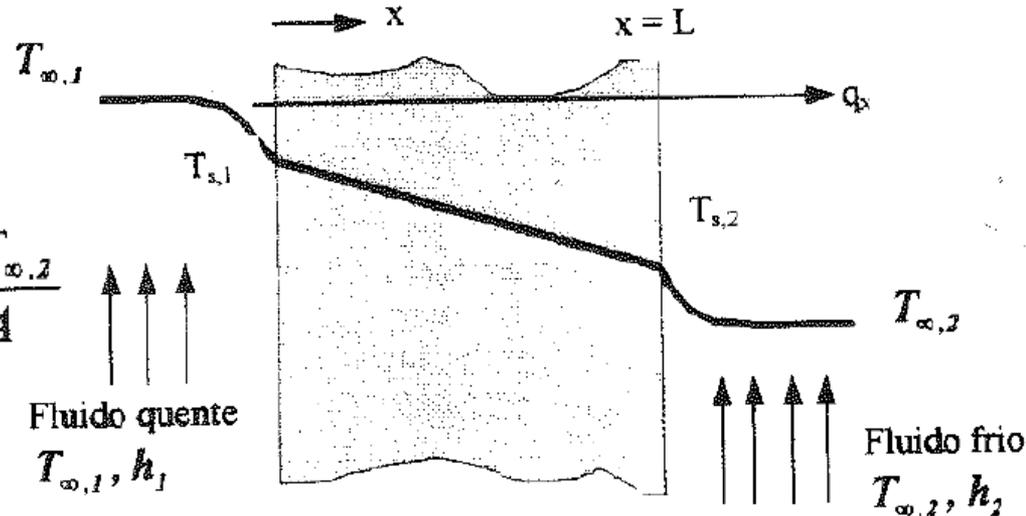
$$q'_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{s,1}}{1/h_1 A} = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{L/kA} = \frac{T_{s,1} - T_{\infty,2}}{1/h_2 A}$$

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{tot}}$$

$$R_{tot} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_2 A}$$

No caso de Radiação

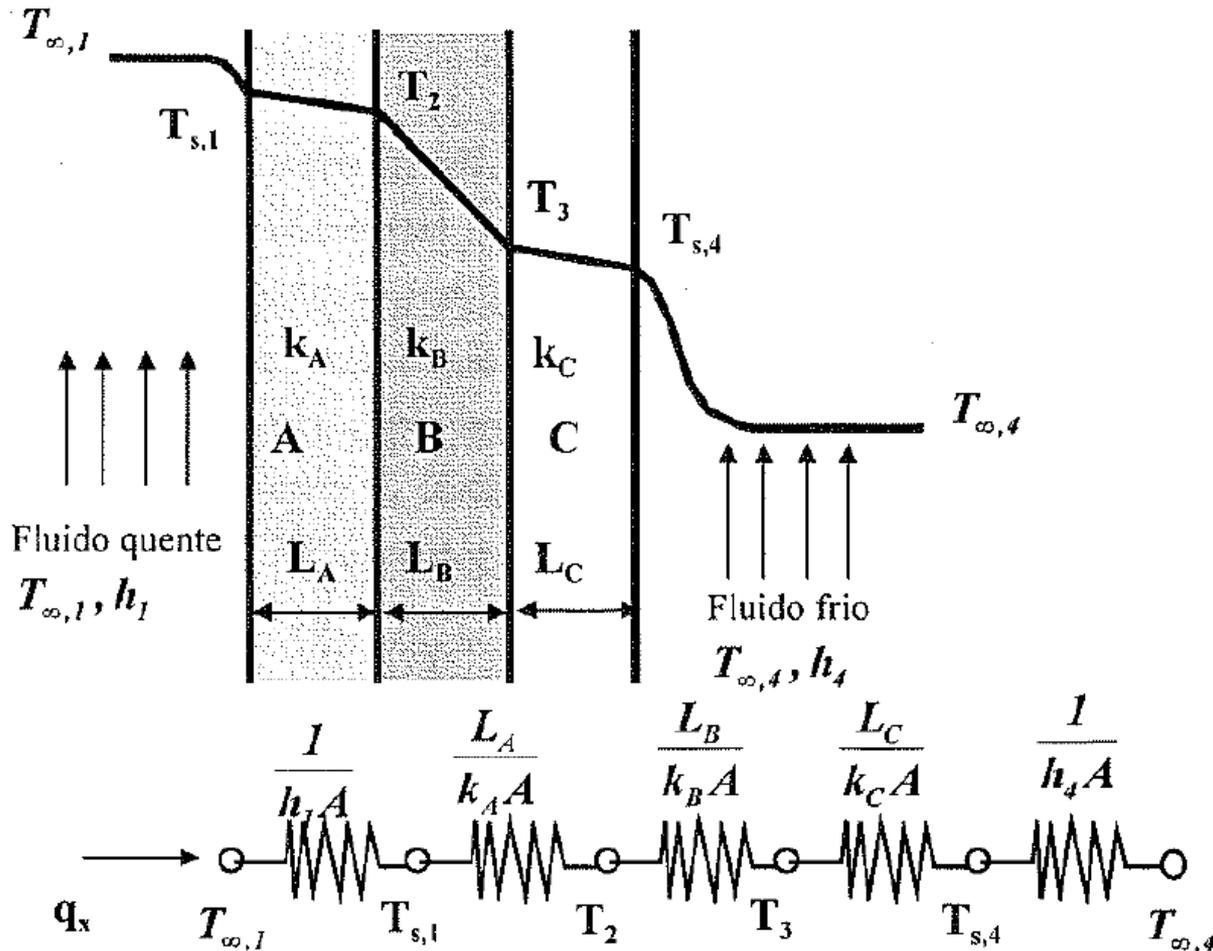
$$R_{t,rad} \equiv \frac{T_s - T_{viz}}{q_{rad}} = \frac{1}{h_r A}$$



CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Composta:

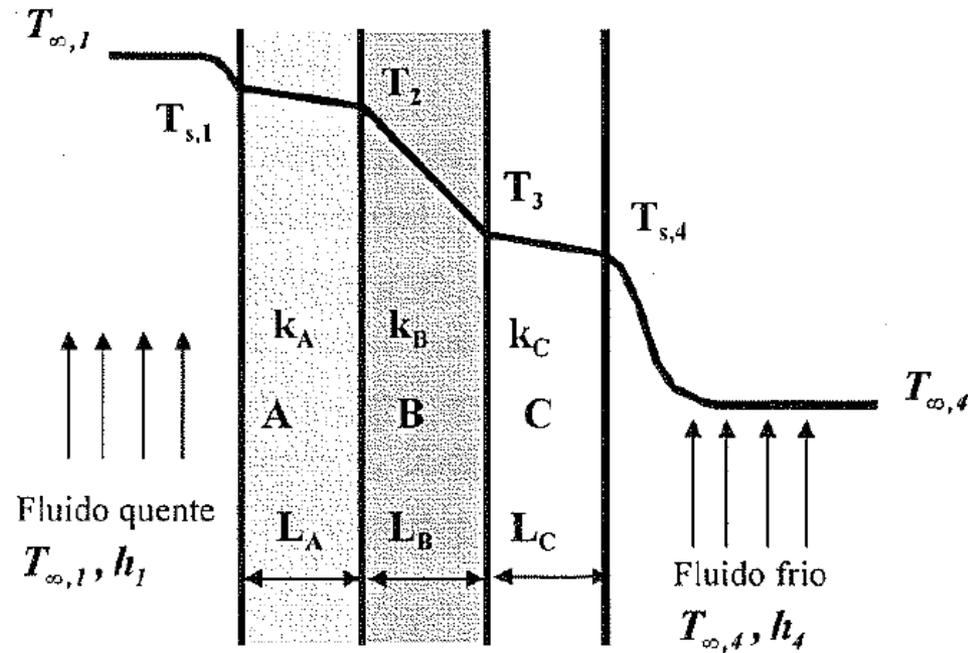


CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Composta:

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\sum R_i}$$



$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\left[\left(\frac{1}{h_1 A} \right) + \left(\frac{L_A}{k_A A} \right) + \left(\frac{L_B}{k_B A} \right) + \left(\frac{L_C}{k_C A} \right) + \left(\frac{1}{h_4 A} \right) \right]}$$

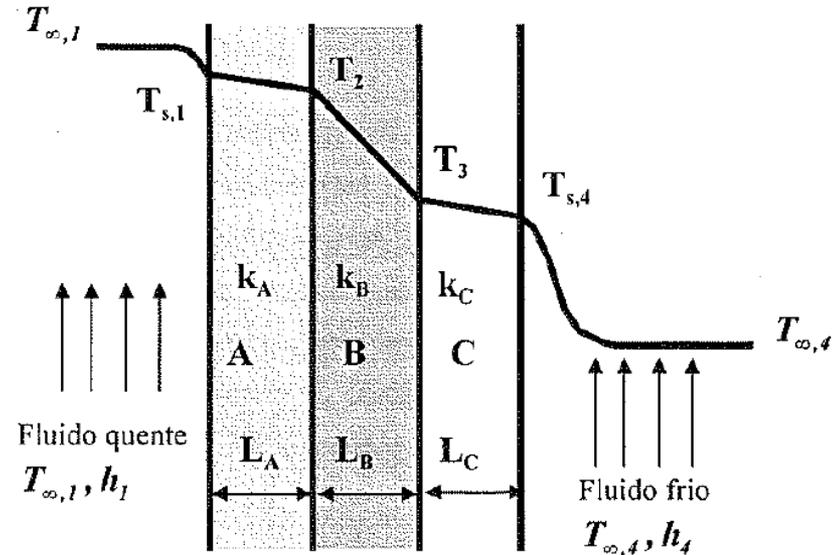
CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Composta:

Coefficiente global de transferência de Calor

$$q_x \equiv UA\Delta T$$



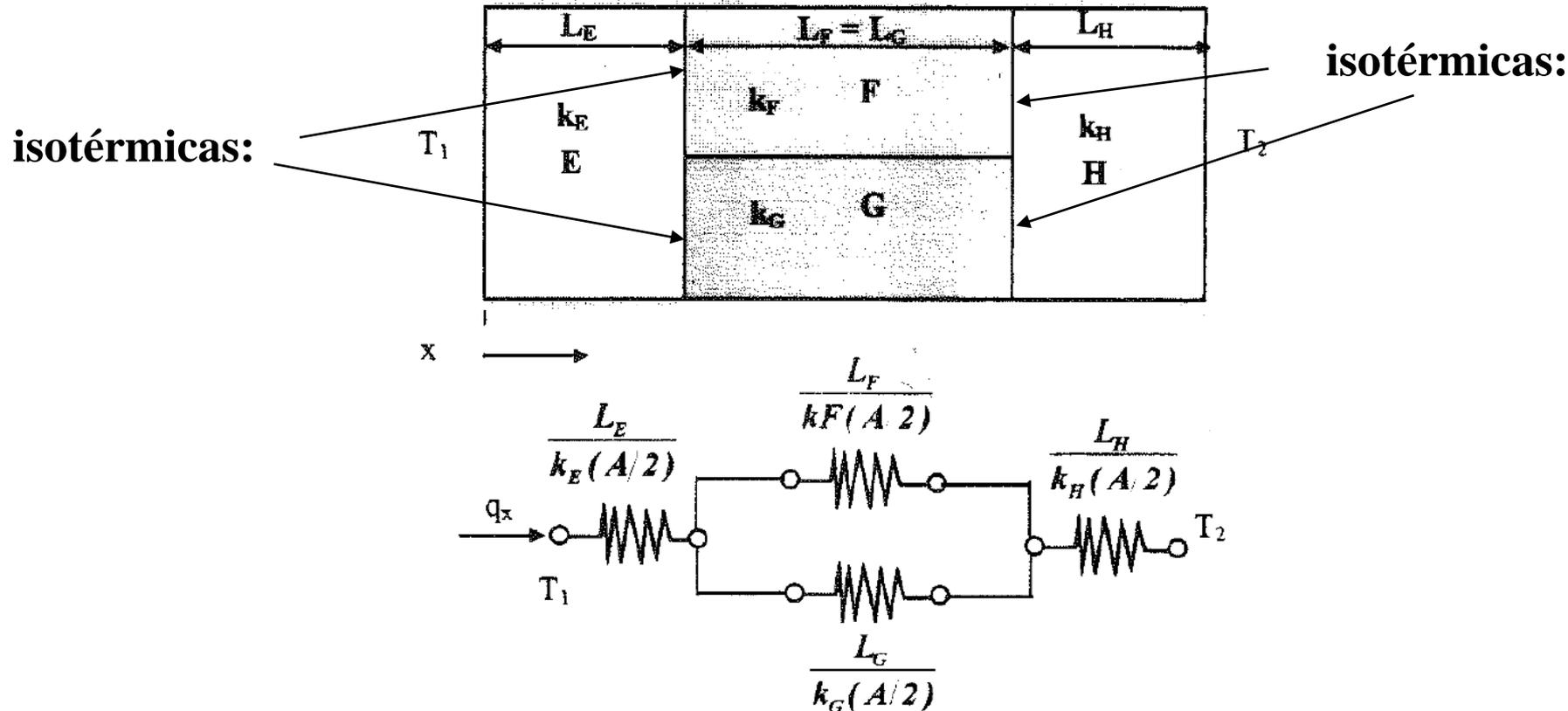
$$U = \frac{1}{R_{tot}A} = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{h_1} \right) + \left(\frac{L_A}{k_A} \right) + \left(\frac{L_B}{k_B} \right) + \left(\frac{L_C}{k_C} \right) + \left(\frac{1}{h_4} \right) \right]}$$

$$R_{tot} = \sum R_i = \frac{\Delta T}{q} = \frac{1}{UA}$$

CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Composta:



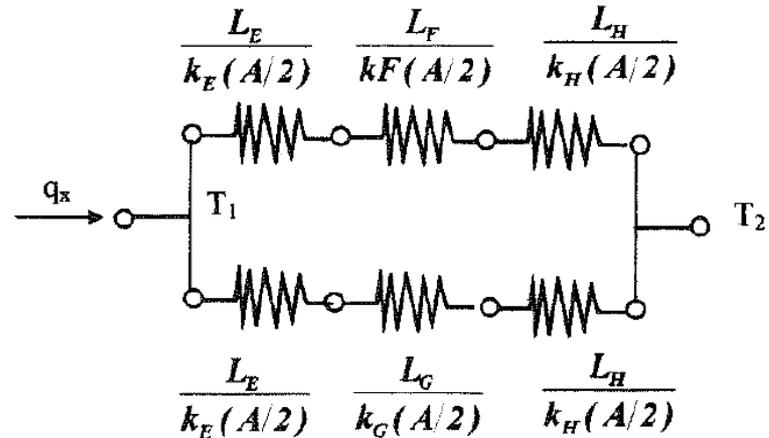
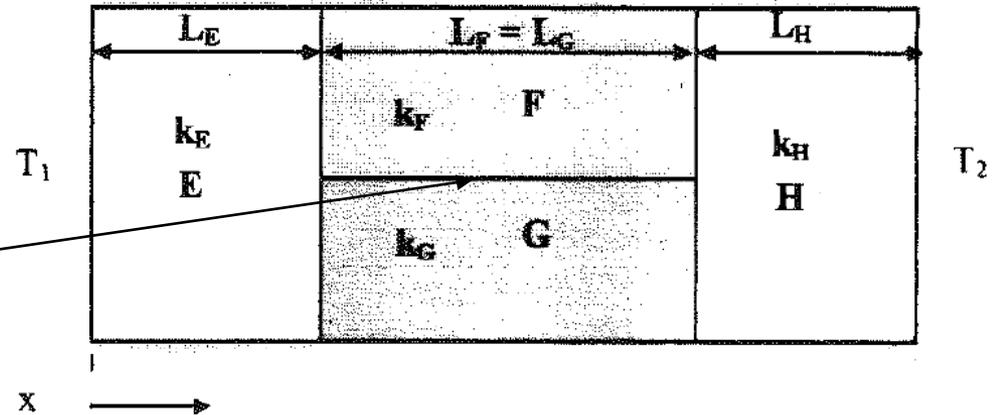
As superfícies normais à direção x sejam isotérmicas:

CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Parede Composta:

adiabáticas:



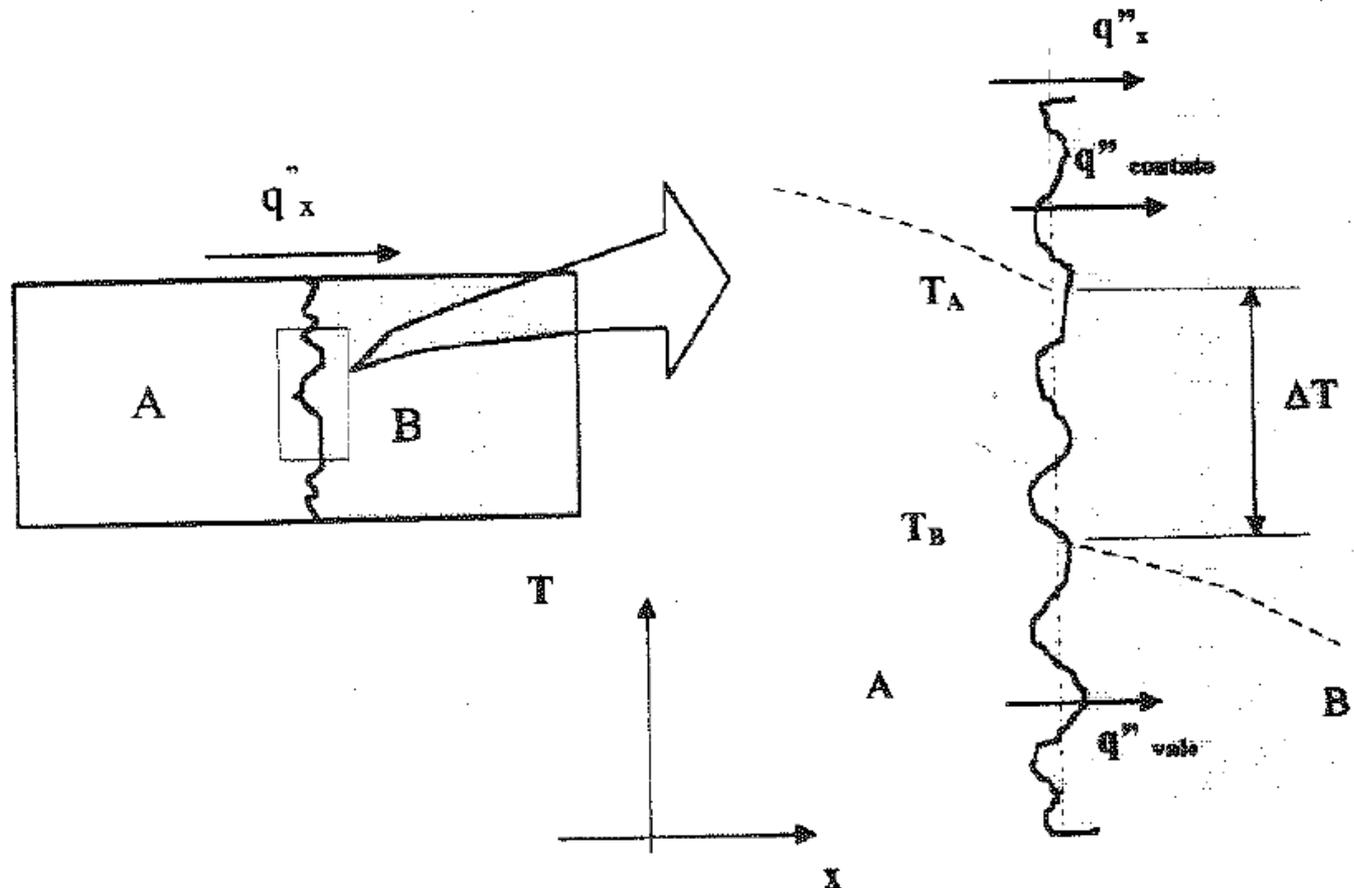
As superfícies paralelas à direção x sejam adiabáticas:

CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Resistência de contato:

$$R''_{t,c} = \frac{T_A - T_B}{q''_x}$$



CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

Resistência de contato:

RESISTÊNCIA TÉRMICA $R_{tc} \times 10^4$ ($m^2 \cdot K/W$)

(a) Interface à vácuo

Pressão de contato	100 kN/m ²	10.00 kN/m ²
Aço Inoxidável	6-25	0,7-4,0
Cobre	1-10	0,1-0,5
Magnésio	1,5-3,5	0,2-0,4
Alumínio	1,5-5,0	0,2-0,4

(b) Fluido Interfacial

Ar	2,75
Hélio	1,05
Hidrogênio	0,720
Óleo de silicone	0,525
Glicerina	0,265

CONDUÇÃO DE CALOR

CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE

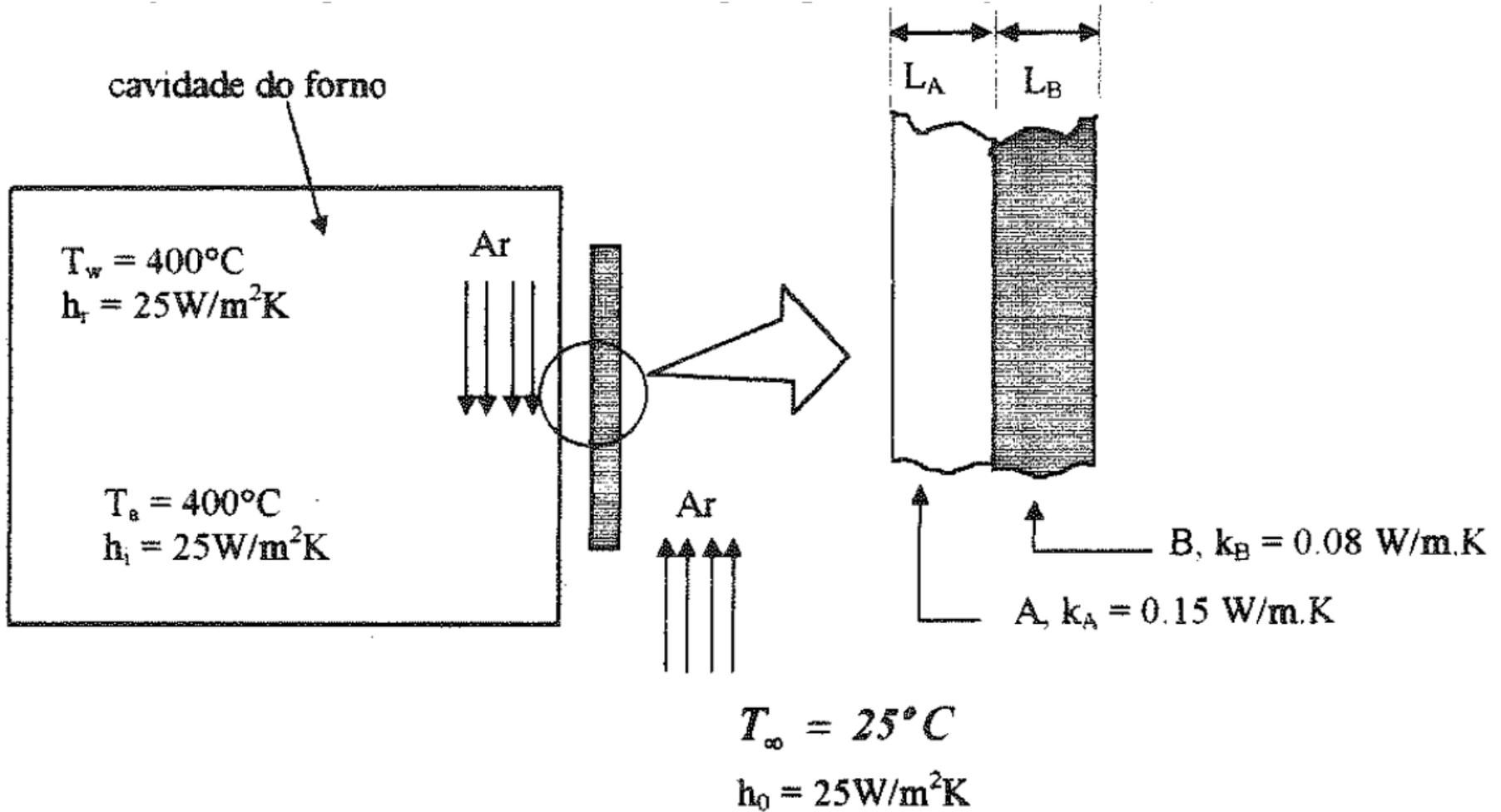
Resistência de contato:

INTERFACE	$R_{t,c} \times 10^4 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$	Fonte
Chip de silício-alumínio esperilhado ao ar (27-500 kN/m ²)	0.3-0.6	[2]
Alumínio-alumínio com enchimento de película de Índio (~100 kN/m ²)	~0.07	[1,3]
Aço Inoxidável-aço inoxidável com enchimento de película de Índio (~3500kN/m ²)	~0.04	[1,3]
Alumínio-alumínio com revestimento metálico (Pb)	0.01-0.1	[4]
Alumínio-alumínio com graxa da Dow Corning (~100 kN/m ²)	~0.07	[1,3]
Aço inoxidável-aço inoxidável com graxa 340 da Dow Corning (3500 kN/m ²)	~0.04	[1,3]
Chip de silício - alumínio com 0.02 mm de epoxi	0.2-0.9	[5]
Latão-latão com 15 µm de solda de estanho	0.025-0.14	[6]

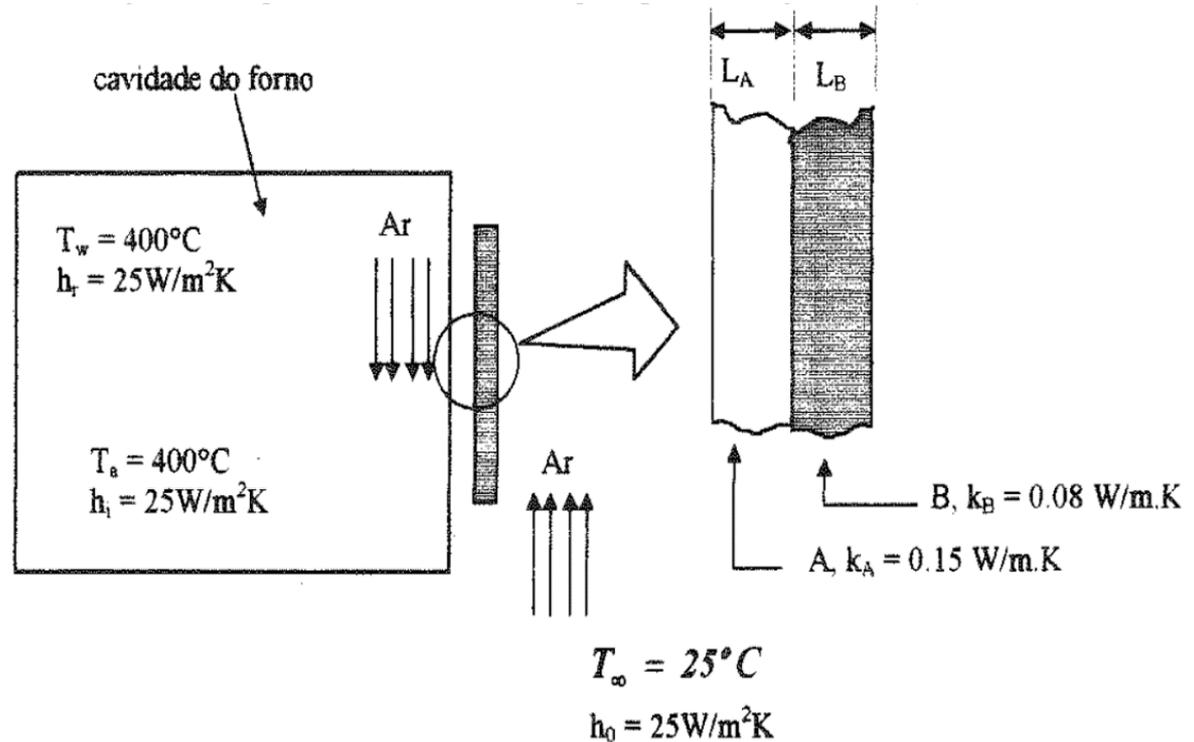
CONDUÇÃO DE CALOR

Um fabricante de vanguarda de utilidades domésticas está propondo um modelo de forno de autolimpeza e que envolve uma janela composta entre a cavidade do forno e o ar ambiente. A janela composta é constituída por dois plásticos (A e B), resistentes a alta temperatura, com as espessuras $L_A = 2L_B$ e condutividades térmicas $k_A = 0.15 \text{ W/m.K}$ e $k_B = 0.08 \text{ W/m.K}$. Durante o processo de autolimpeza, as temperaturas da parede do forno e do ar no forno, T_w e T_e , são iguais a 400°C , enquanto a temperatura do ar ambiente, T_∞ , é 25°C . Os coeficientes de transferência convectiva e radiativa de calor no interior do forno, h_i e h_r , e também o coeficiente de transferência convectiva, h_o , são cada qual, aproximadamente iguais a $25 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Qual é a espessura mínima da janela, $L = L_A + L_B$, necessária para garantir que a temperatura na superfície externa da janela seja 50°C , ou menos? Esta temperatura, em virtude de razões de segurança, não deve ser excedida.

CONDUÇÃO DE CALOR



CONDUÇÃO DE CALOR



Hipóteses:

- 1 - O regime de operação é permanente
- 2 - A condução através da janela é unidimensional
- 3 - A resistência de contato é desprezível
- 4 - A absorção de radiação no interior do material da janela é desprezível; então não há geração interna de calor (há troca radiativa entre a janela e as paredes do forno na superfície interna da janela).
- 5 - A troca radiativa entre a superfície interna da janela e as vizinhanças é desprezível.
- 6 - Cada plástico é homogêneo e tem as propriedades constantes.

CONDUÇÃO DE CALOR

