

Aula2 – Calor

Equação de estado para o gás ideal

$$PV = MRT \quad R = R_0/R \quad \begin{array}{l} R = \text{Peso molecular do gás} \\ R_0 = \text{Constante } 8,31434 \text{ J/mol.K} \end{array}$$
$$P = \frac{RT}{v} = \rho RT$$

Somente se $T/T_{cr} > 2$ ou se $P/P_{cr} < 0,1$ fase vapor

Compressão a pressão constante, β

$$\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_P$$

Compressão a Temperatura constante, κ

$$\kappa = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial P} \right)_T = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial P} \right)_T$$

Aula2 – Calor

Energia Interna: $u = \frac{U}{M}$

Entalpia do sistema: $H = U + PV$ $h = u + Pv$

Calor específico a Volume constante: $c_v \equiv \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v$

Calor específico a Pressão constante: $c_p \equiv \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_P$

Aula2 – Calor

Definição de Calor: Energia em transição, pela fronteira do sistema, devido a diferença em temperatura.

Depende do caminho das mudanças de estado do sistema.

Calor que sai do Sistema, ou Volume de Controle = negativo

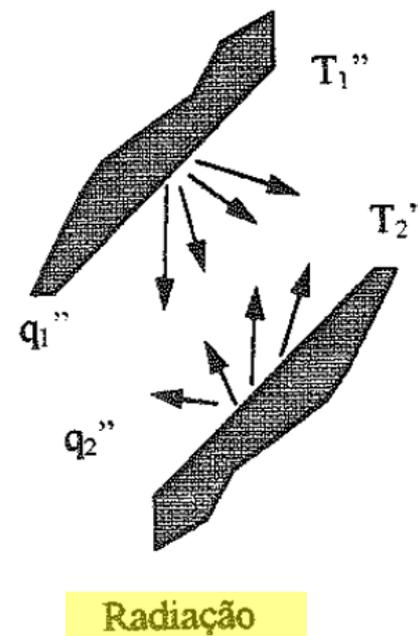
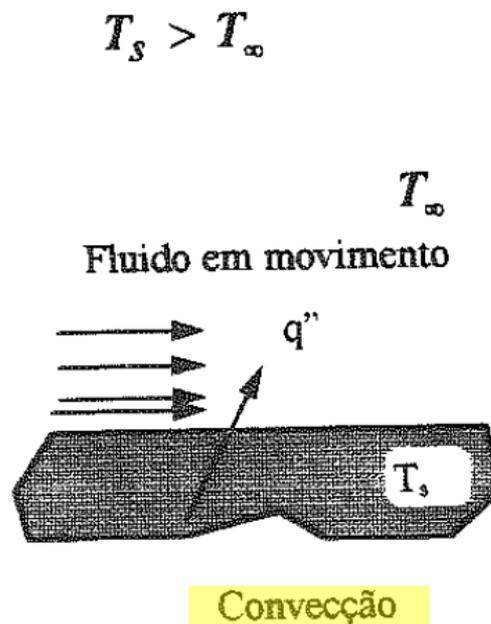
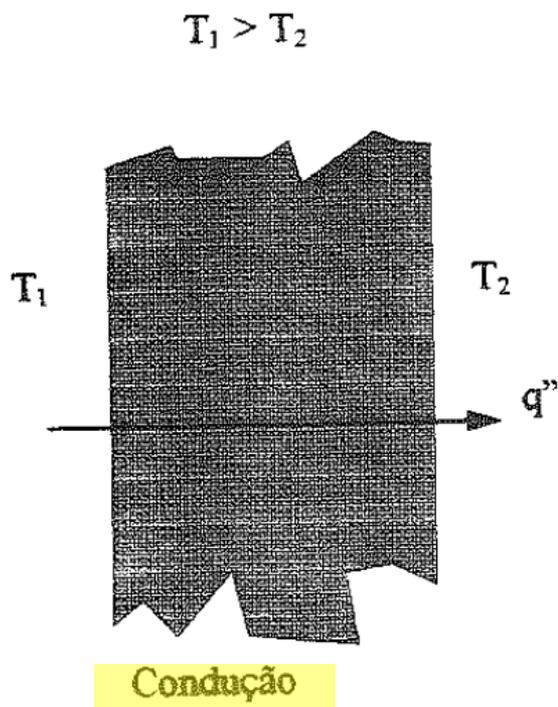
Processo Adiabático = Nenhum calor é transferido

$${}_1Q_2 = 0$$

$$\bar{Q} = \frac{\delta Q}{dt} \quad \text{Taxa de calor transferido} \quad \left[\frac{J}{s} \right] = \text{Watts}$$

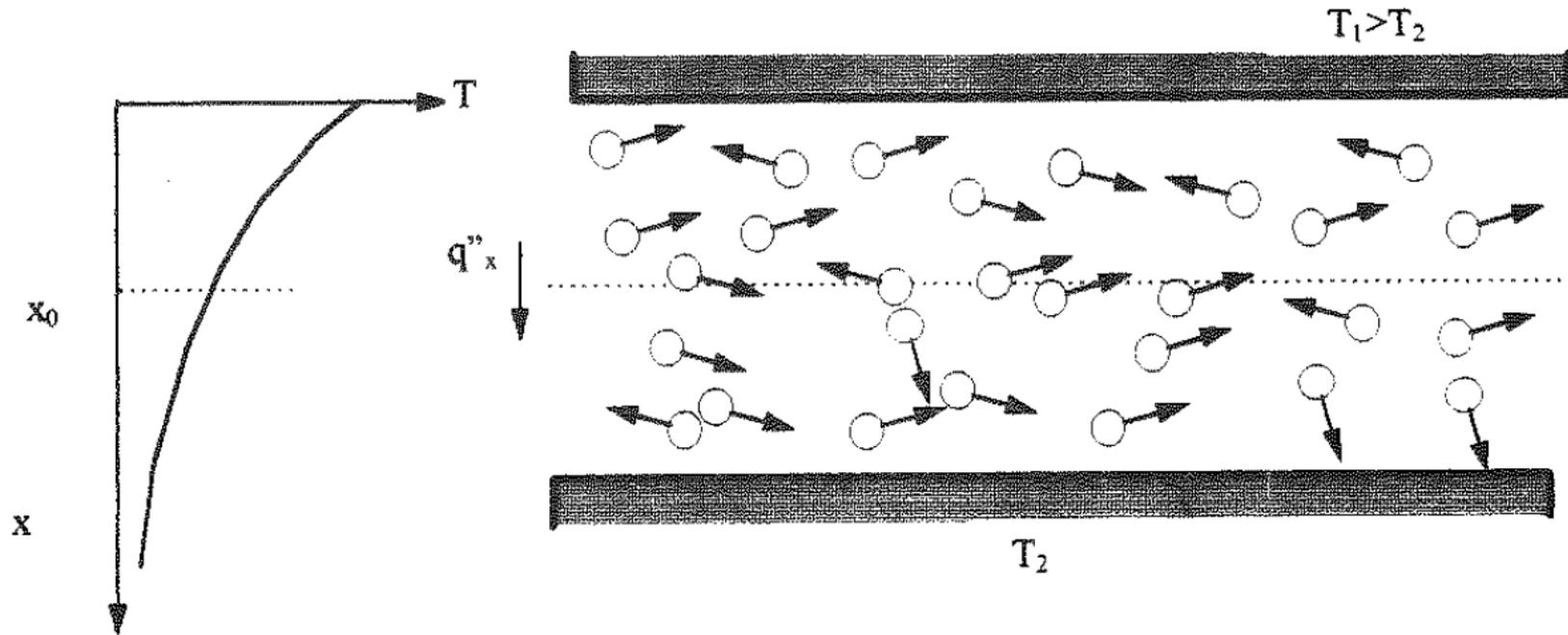
Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Formas gerais de Transmissão



Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Condução

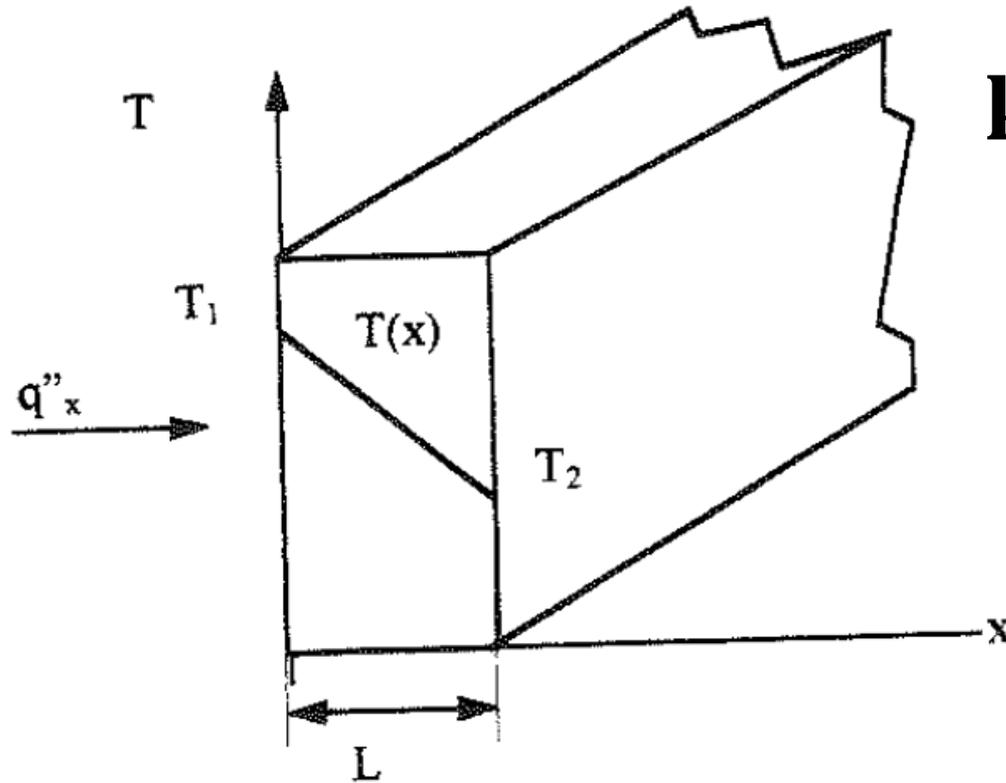


Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Condução

$$q''_x = -k \frac{dT}{dx} \quad \text{Equação de Fourier}$$

$$q''_x = \left[\frac{W}{m^2} \right]$$



$k =$ *Condutividade*

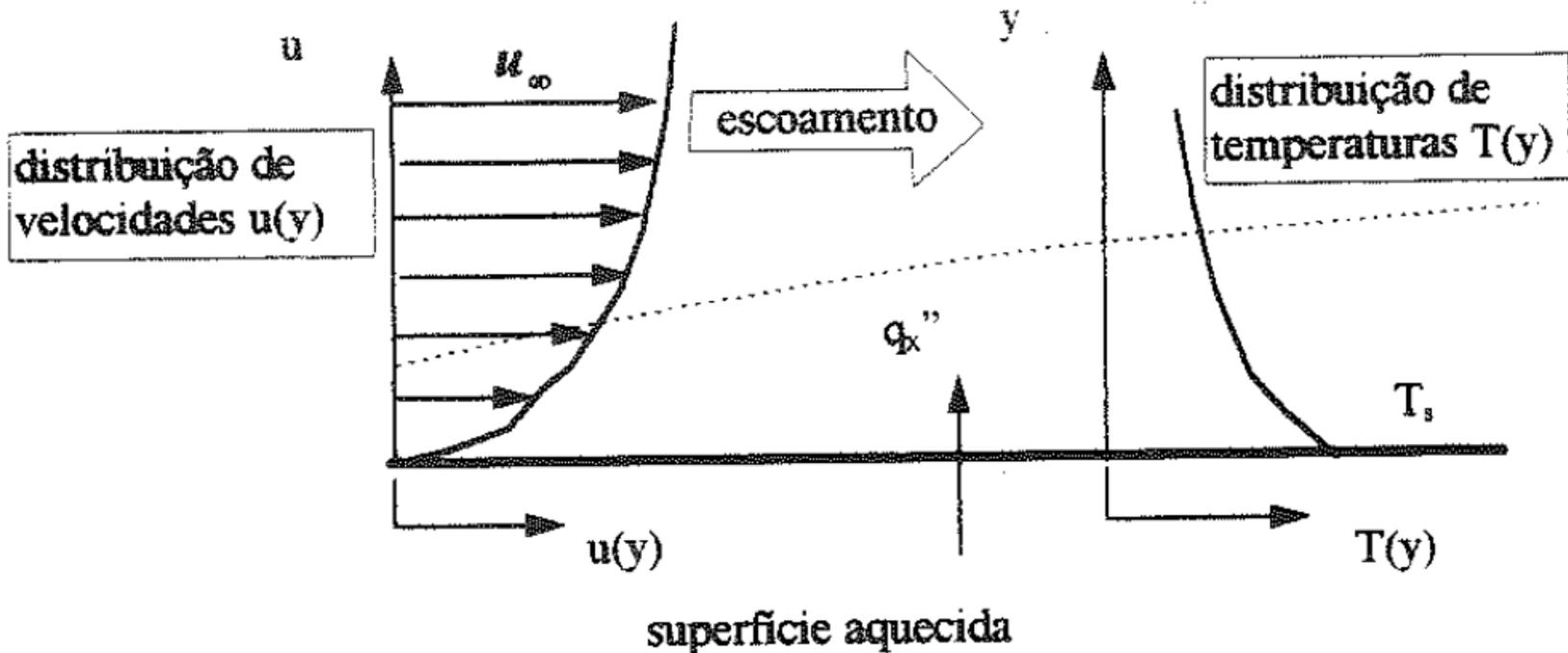
Térmica $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

Estado permanente e
distribuição linear

$$q''_x = k \frac{\Delta T}{L}$$

Aula2 – Calor

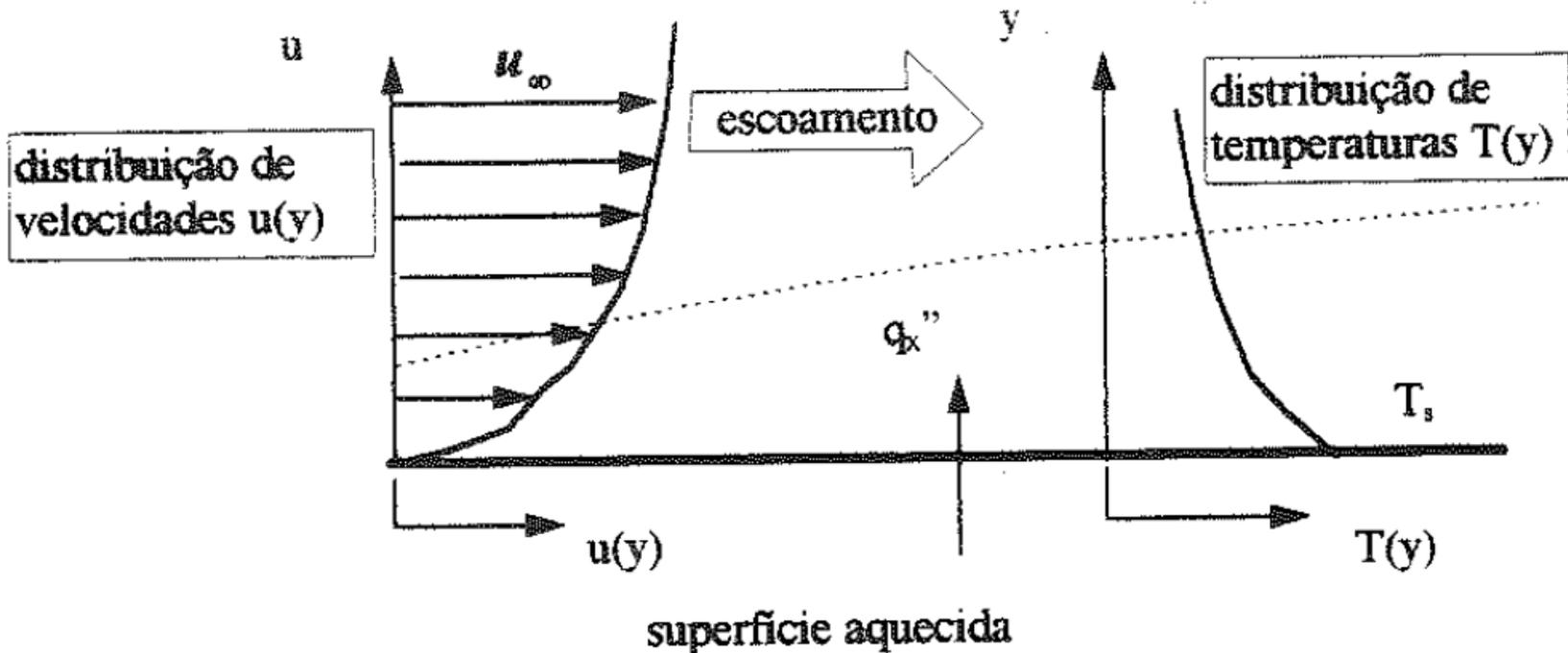
Transferência de Calor: Convecção



Além da transferência por condução há movimento de massa no Sistema ou no Volume de Controle

Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Convecção

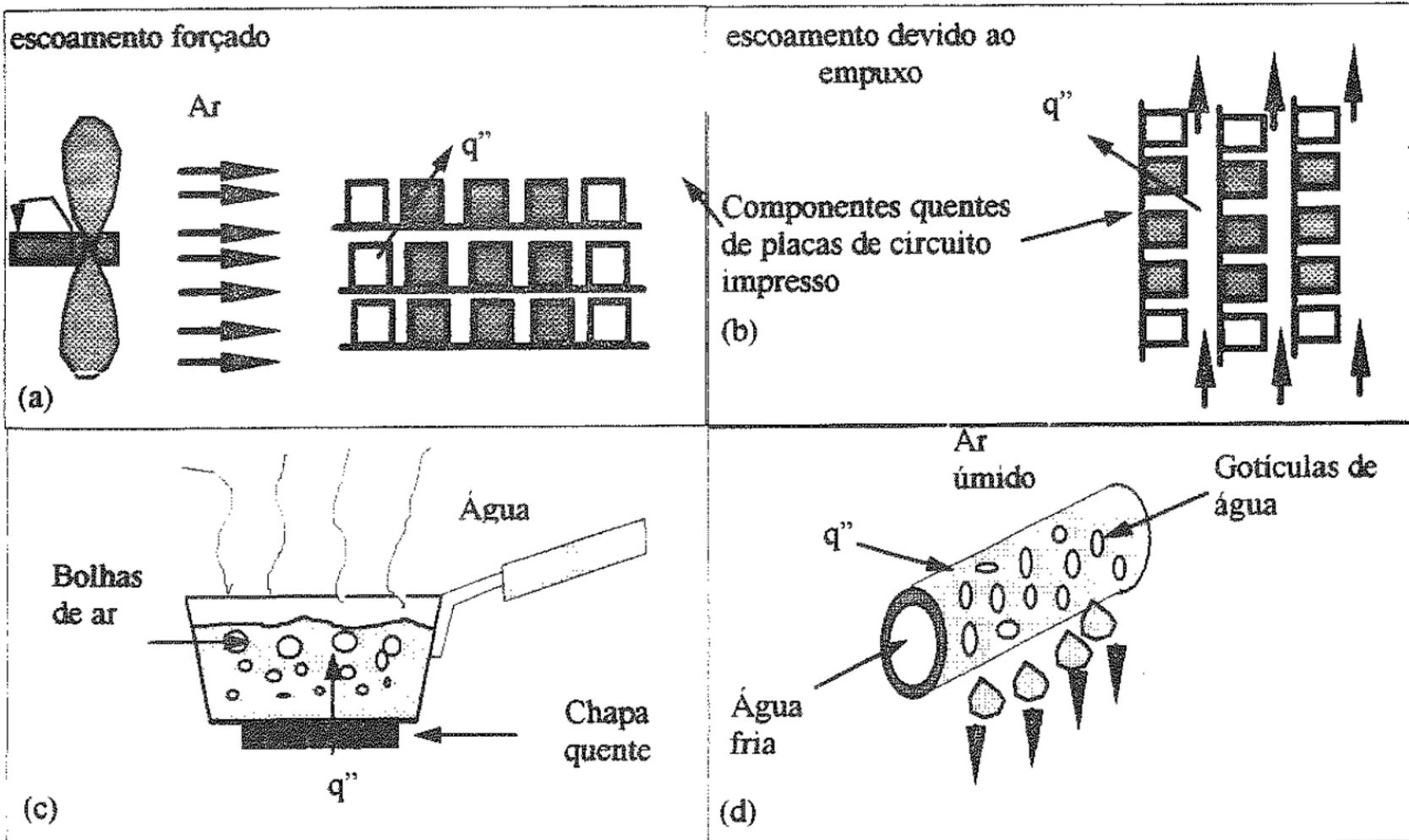


Camada limite: região com gradiente de velocidade

Camada térmica: região com gradiente de temperatura

Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Convecção com mudanças de fase



Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Convecção

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

h = Coeficiente de Transferência Convectiva

$$q'' = \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Convecção

PROCESSO	h (W/m ² .K)
Convecção livre	
Gases	2-25
Líquidos	50-1000
Convecção forçada	
Gases	25-250
Líquidos	50-20000
Convecção com mudança de fase	
Ebulição ou condensação	2500-100000

Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Radiação

- Transmissão principalmente por superfícies de sólidos.
- Transportada por ondas eletromagnéticas.
- Não exige um meio material para sua transmissão. Vácuo

$$q'' = \sigma T_s^4 \quad \text{Lei de Stefan-Boltzmann}$$

σ = Constante de Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

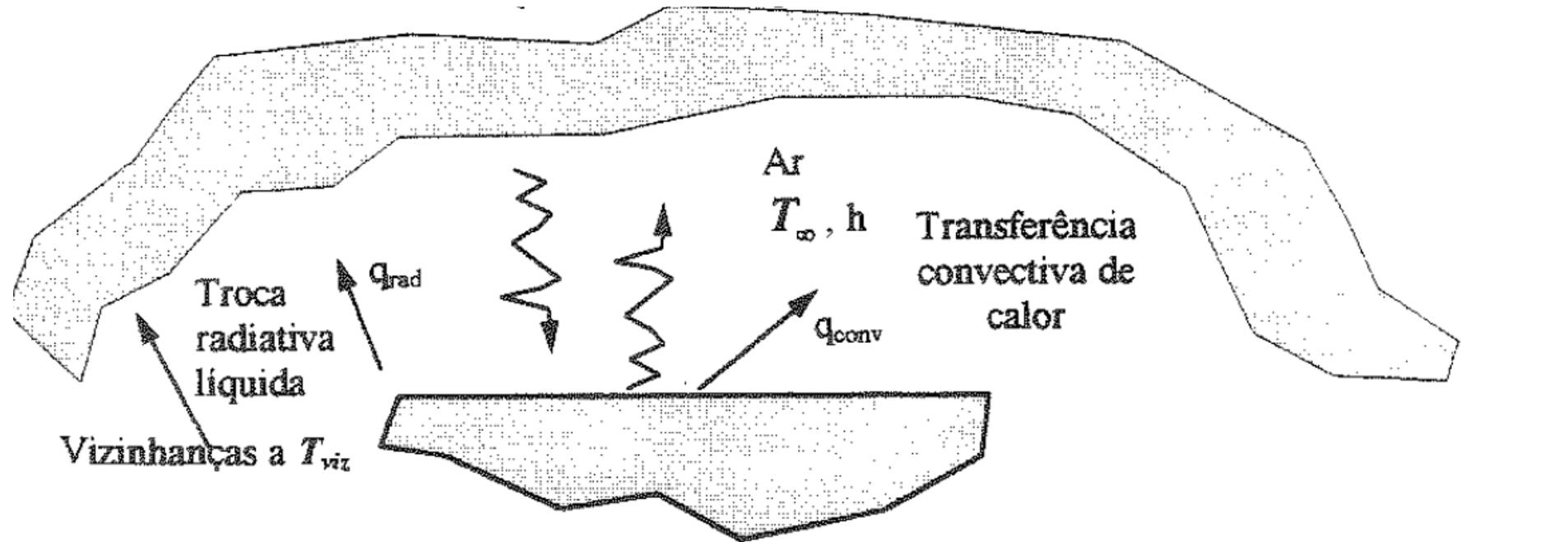
$$q'' = \varepsilon \sigma T_s^4 \quad \text{Superfície real}$$

ε = emissividade ($0 < \varepsilon < 1$)

Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Radiação

Validade das equações



superfície de emissividade ϵ e
área A na temperatura T_s

$$q'' = \frac{q}{A} = \epsilon \sigma (T_S^4 - T_{VIZ}^4)$$

$$q_{Rad} = h_r A (T_S - T_{VIZ})$$

Onde

$$h_r \equiv \epsilon \sigma (T_S + T_{VIZ})(T_S^2 + T_{VIZ}^2)$$

Aula2 – Calor

Transferência de Calor: Radiação

Quando há transmissão simultânea de Radiação e Convecção

$$q = q_{CONV} + q_{RAD}$$

$$q = hA(T_S - T_\infty) + \varepsilon\sigma A(T_S^4 - T_{VIZ}^4)$$