

AULA DE EXERCÍCIOS - RADIAÇÃO

Considere uma placa horizontal opaca que se encontra isolada na sua superfície inferior. A irradiação sobre a placa é de 2500 W/m^2 , da qual 500 W/m^2 são refletidos. A placa está a 227°C e possui um poder emissivo de 1200 W/m^2 . Ar, a 127°C , escoia sobre a placa com um coeficiente de transferência de calor de $15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Determine a emissividade, a absortividade e a radiosidade da placa. Qual é a taxa de transferência de calor líquida por unidade de área?

$$T_\infty = 127^\circ\text{C}$$

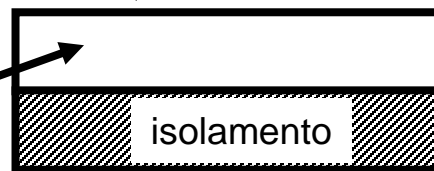
$$h_\infty = 15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$



$$G_{total} = 2500 \text{ W}/\text{m}^2$$

$$G_{refletido} = 500 \text{ W}/\text{m}^2$$

$$T_{placa} = 227^\circ\text{C}$$

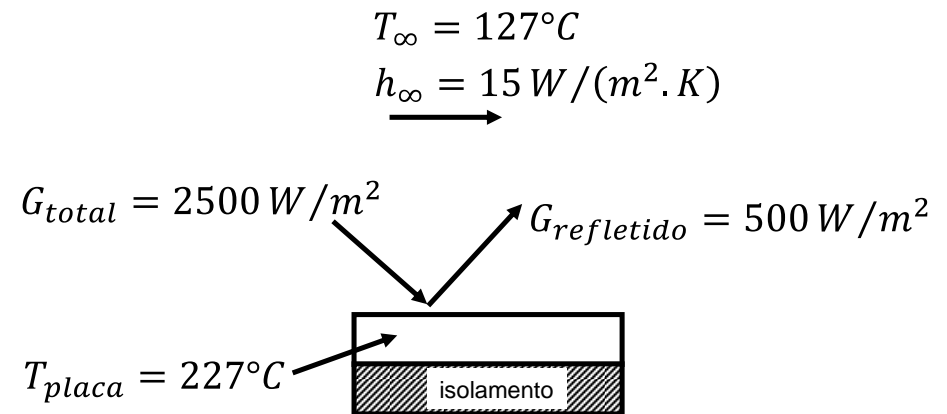


AULA DE EXERCÍCIOS - RADIAÇÃO

Exercício 01

Sendo: $\alpha + \rho + \tau = 1$

$$\text{e } \alpha = \frac{G_{\text{absorvido}}}{G_{\text{total}}} \quad \rho = \frac{G_{\text{refletido}}}{G_{\text{total}}} \quad \tau = \frac{G_{\text{transmitido}}}{G_{\text{total}}}$$



Como a placa é um meio opaco: $G_{\text{transmitido}} = 0$

$$\text{Logo: } \frac{G_{\text{absorvido}}}{G_{\text{total}}} + \frac{G_{\text{refletido}}}{G_{\text{total}}} + \frac{G_{\text{transmitido}}}{G_{\text{total}}} = 1 \Rightarrow G_{\text{total}} = G_{\text{absorvido}} + G_{\text{refletido}}$$

$$G_{\text{absorvido}} = G_{\text{total}} - G_{\text{refletido}} = 2500 - 500 = 2000 \text{ W}/\text{m}^2$$

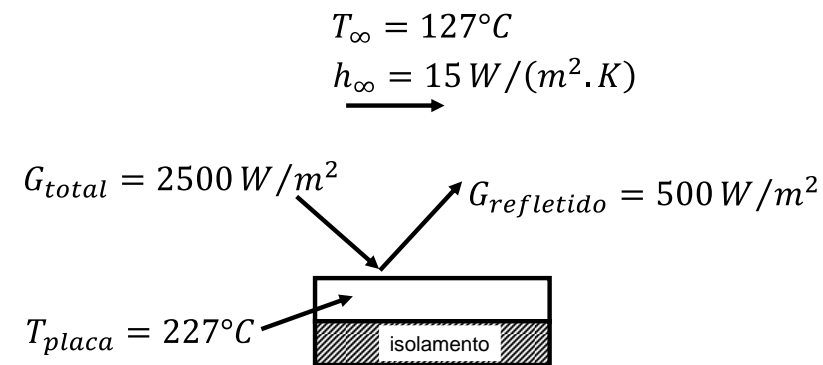
$$\alpha = \frac{G_{\text{absorvido}}}{G_{\text{total}}} = \frac{2000}{2500} = 0,8$$

$$\rho = \frac{G_{\text{refletido}}}{G_{\text{total}}} = \frac{500}{2500} = 0,2$$

AULA DE EXERCÍCIOS - RADIAÇÃO

Exercício 01

Sendo:



$$\text{Emissividade} = \varepsilon = \frac{E(T_{placa})}{E_{\text{corpo negro}}} = \frac{1200}{\sigma T_{placa}^4} = \frac{1200}{5,67 \times 10^{-8} \times (227 + 273)^4} = 0,34$$

$$\text{Radiosidade} = J = E(T_{placa}) + G_{refletido} = 1200 + 500 = 1700 \text{ W}/\text{m}^2$$

O fluxo líquido na placa é dada por:

$$q''_{placa} = q''_{\text{radiação}} + q''_{\text{convecção}} = G_{\text{absorvido}} - E(T_{placa}) + h_{\infty}(T_{\infty} - T_{placa})$$

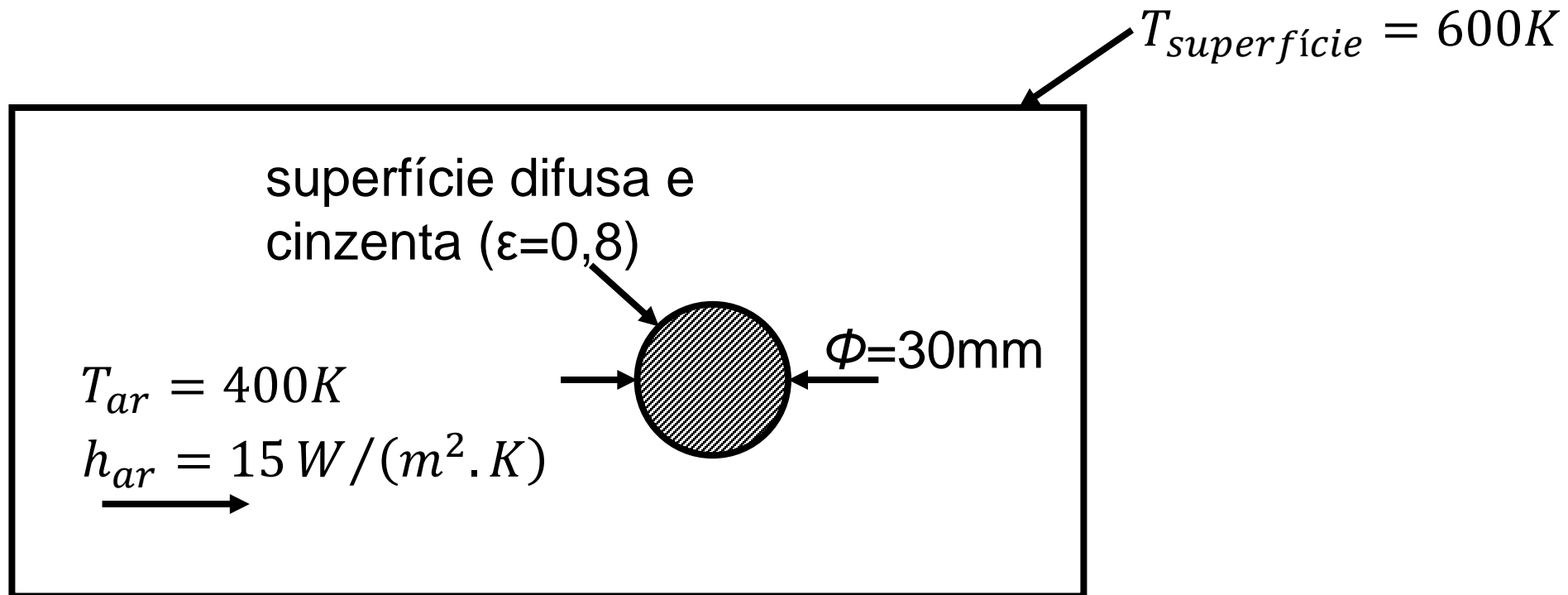
$$q''_{placa} = \alpha G_{total} - E(T_{placa}) + h_{\infty}(T_{\infty} - T_{placa}) = 2000 - 1200 + 15 \times (127 - 227)$$

$$q''_{placa} = -700 \text{ W}/\text{m}^2$$

AULA DE EXERCÍCIOS - RADIAÇÃO

Uma esfera de 30 mm de diâmetro cuja superfície é difusa e cinza com uma emissividade de 0,8 é posta em um forno de grandes dimensões em que as paredes se encontram à temperatura uniforme de 600 K. A temperatura do ar no forno é de 400 K, e o coeficiente de transferência de calor por convecção entre a esfera e o ar no forno é de $15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

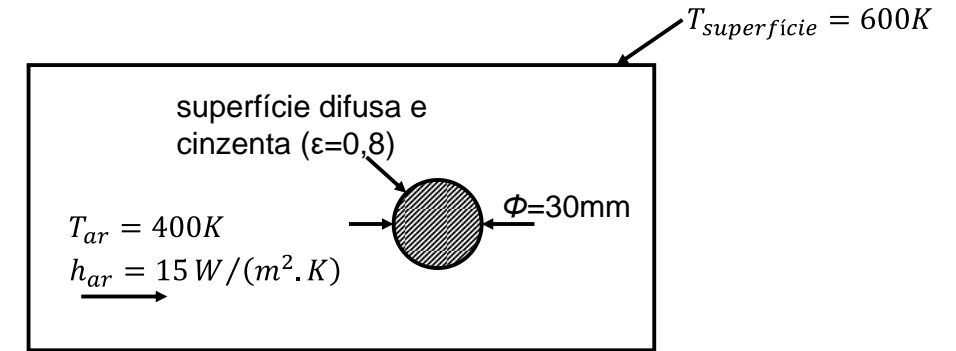
- Determine a transferência de calor líquida para a esfera quando sua temperatura é de 300 K;
- Qual será a temperatura em regime permanente da esfera?



AULA DE EXERCÍCIOS - RADIAÇÃO

Exercício 02 – item a

Para superfície difusa e cinzenta: $\alpha = \varepsilon = 0,8$



$$q_{\text{placa}} = A_{\text{esfera}}(q_{\text{radiação}} + q_{\text{convecção}})$$

$$q_{\text{placa}} = 4\pi R^2 \left[-\sigma\varepsilon(T_{\text{superfície}}^4 - T_{\text{esfera}}^4) + h_{\text{ar}}(T_{\text{ar}} - T_{\text{esfera}}) \right]$$

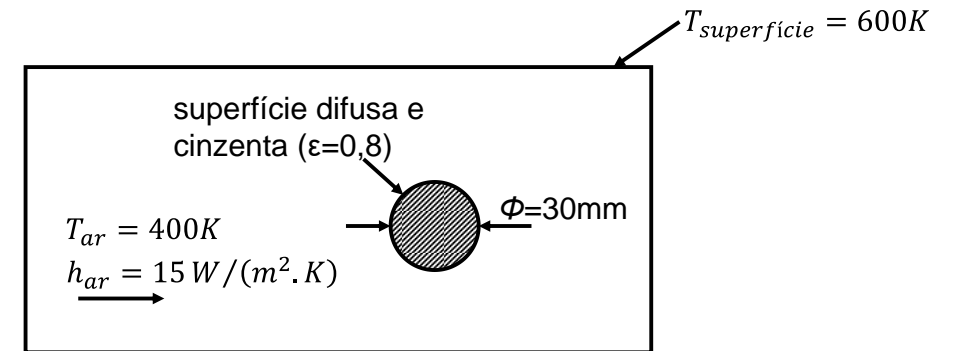
$$q_{\text{placa}} = 4\pi(15 \times 10^{-3})^2 \left[-5,67 \times 10^{-8} \times 0,8((300)^4 - (600)^4) + 15 \times (400 - 300) \right]$$

$$q_{\text{placa}} = 19,8\text{W}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - RADIAÇÃO

Exercício 02 – item b

Para regime permanente: $q_{placa} = 0$



$$q_{placa} = A_{esfera}(q_{radiação} + q_{convecção}) = 0$$

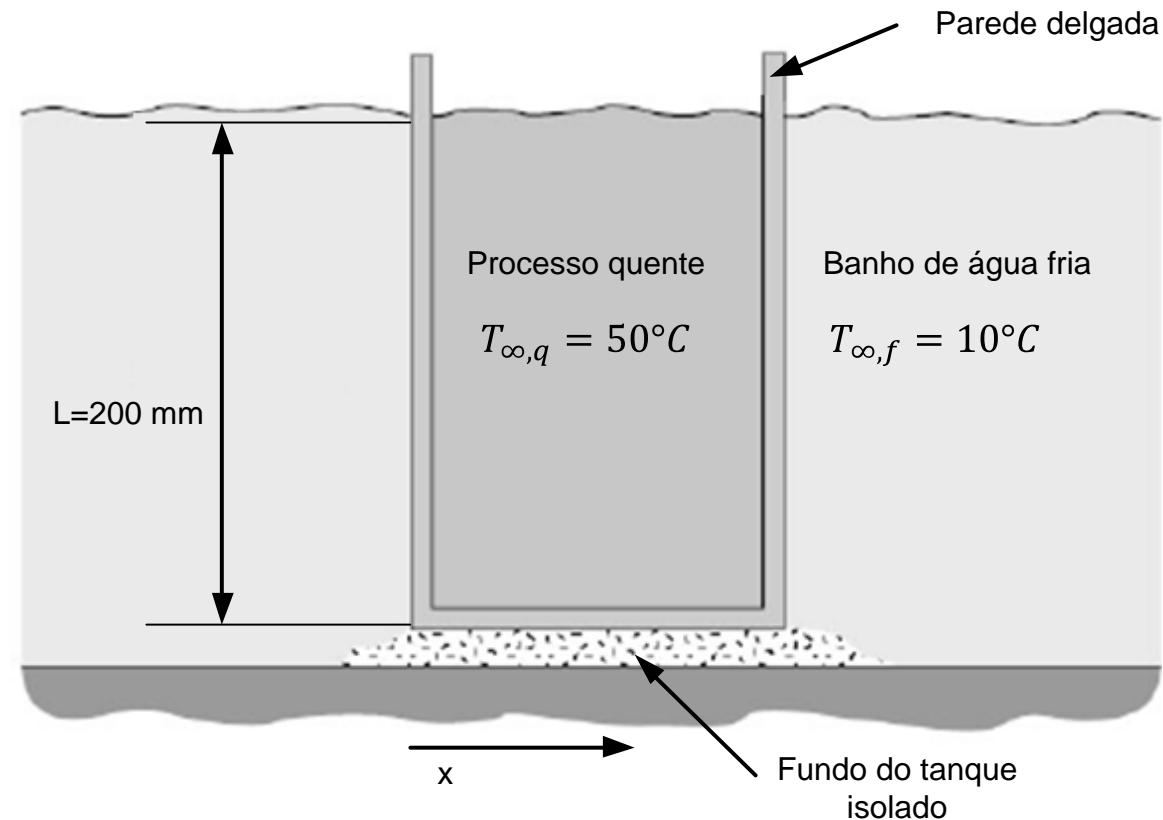
$$4\pi R^2[-\sigma\epsilon(T_{superfície}^4 - T_{esfera}^4) + h_{ar}(T_{ar} - T_{esfera})] = 0$$

$$4\pi(15 \times 10^{-3})^2 \left[-5,67 \times 10^{-8} \times 0,8 \left((T_{esfera})^4 - (600)^4 \right) + 15 \times (400 - T_{esfera}) \right] = 0$$

$$T_{esfera} = 538\text{ K}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

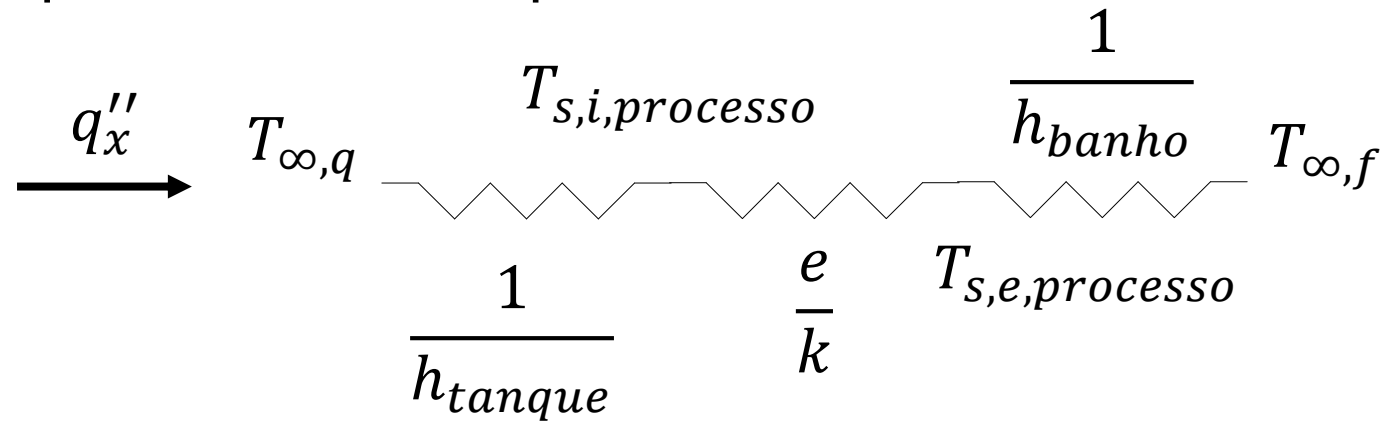
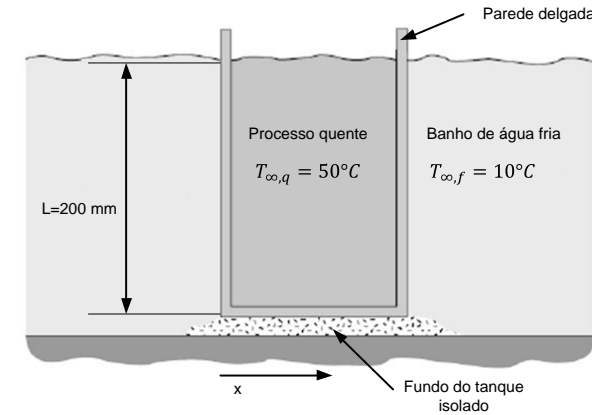
Um recipiente com paredes delgadas e contendo um fluido de processo quente a 50°C é colocado em um banho de água fria quiescente a 10°C . A transferência de calor nas superfícies interna e externa do recipiente pode ser aproximada como convecção natural em uma placa vertical. Determine o coeficiente global de transferência de calor entre o fluido de processo quente e o banho de água fria. Admita que as propriedades do fluido de processo quente sejam iguais às da água nas mesmas condições.



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

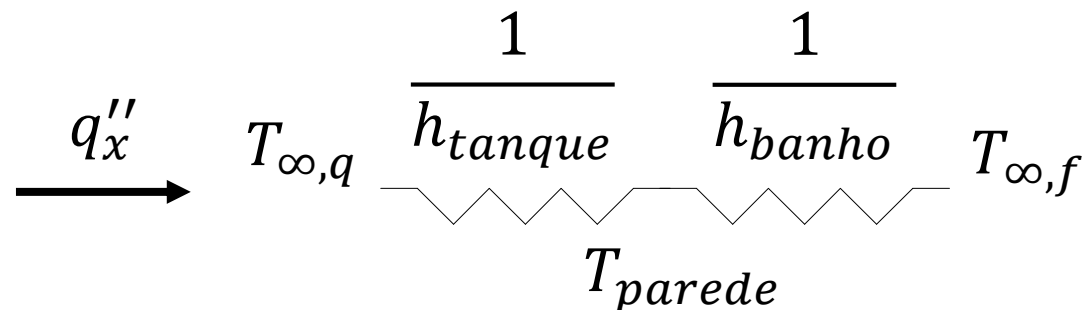
Exercício 03

Utilizando a analogia elétrica e desprezando a transferência de calor para o fundo tanque:



Como é uma parede delgada de material metálico: $e/k \rightarrow 0$

Logo:



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

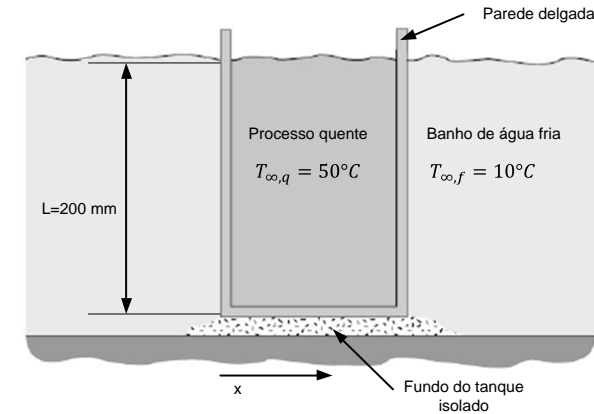
Exercício 03

Dessa forma, o coeficiente global de troca de calor (U) que é o inverso da resistência térmica equivalente é dado por:

$$U = \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{tanque}} + \frac{1}{h_{\acute{a}gua}}}$$

Logo:

$$q''_x = U(T_{\infty,q} - T_{\infty,f}) = \frac{1}{R_{eq}}(T_{\infty,q} - T_{\infty,f}) = \frac{1}{\frac{1}{h_{tanque}} + \frac{1}{h_{\acute{a}gua}}}(T_{\infty,q} - T_{\infty,f})$$



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 03

Para o cálculo de U temos que calcular os valores dos coeficientes de película no tanque e na água.

Primeiramente deve-se calcular o número de Rayleigh para cada coeficiente, logo para placas verticais:

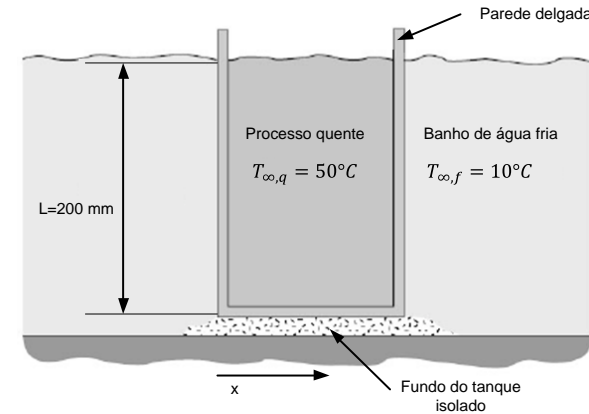
$$\overline{Nu}_L = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 \quad \text{Equação 1}$$

$$\bar{h}_L = \frac{k_f}{L} \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 \quad \text{Equação 2}$$

$$Ra_L = Gr_L Pr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \quad \text{Equação 3}$$

(propriedades calculadas na temperatura de filme)

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad \text{Equação 4}$$



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

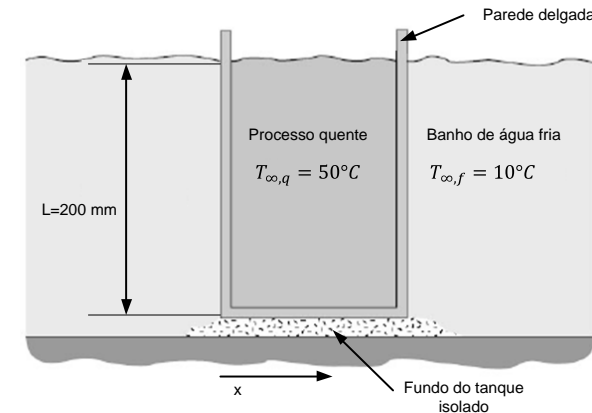
Exercício 03

Para o cálculo dos números de Ra e Gr é necessário avaliar as propriedades do fluido na temperatura de filme. Para o cálculo da temperatura de filme, deve-se estimar a temperatura da parede do tanque impondo um processo iterativo com as equações 1, 2 e 3. Logo para checar o processo iterativo, lança-se mão do equilíbrio térmico da parede com o tanque e água fria, a saber:

$$q''_x = h_{tanque}(T_{\infty,q} - T_{parede}) = h_{\acute{a}gua}(T_{parede} - T_{\infty,f})$$

$$T_{parede} = \frac{h_{tanque} * T_{\infty,q} + h_{\acute{a}gua} * T_{\infty,f}}{h_{tanque} + h_{\acute{a}gua}}$$

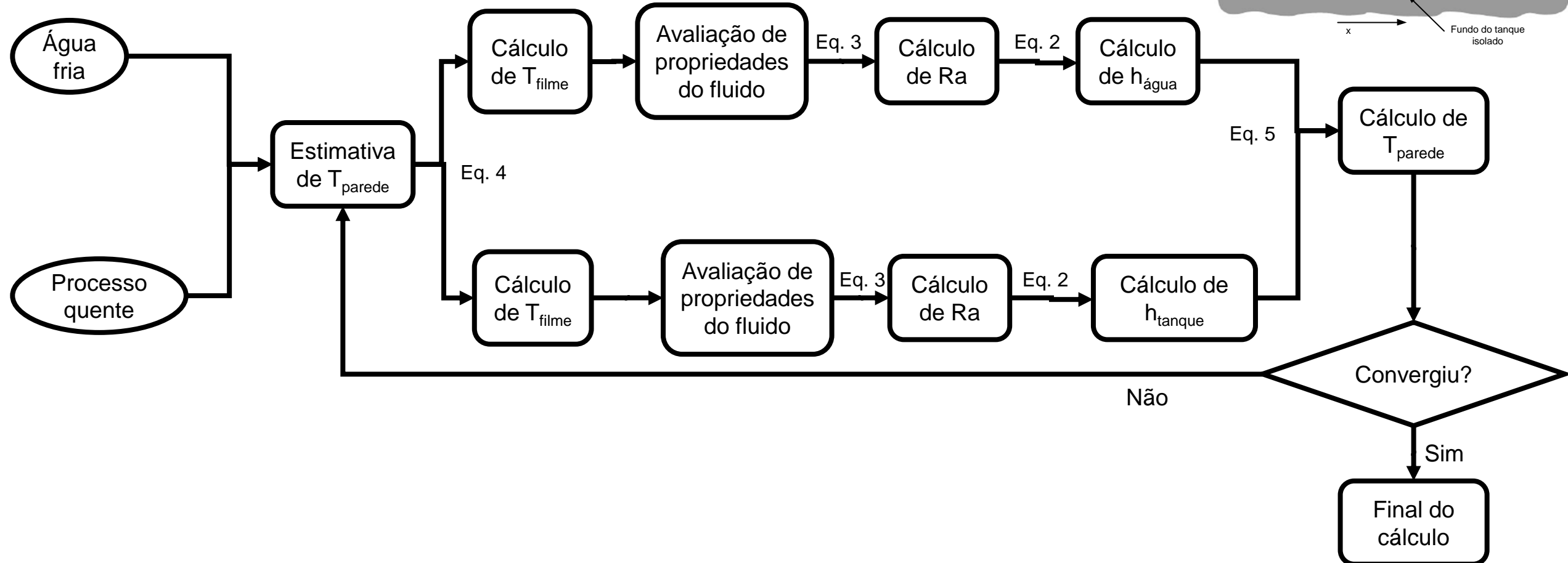
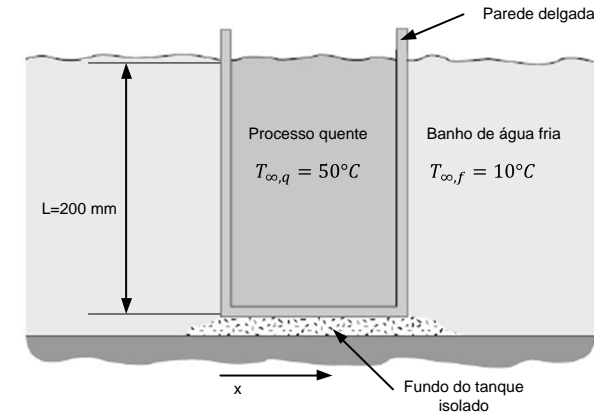
Equação 5



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 03

Portanto o processo iterativo pode ser descrito como:



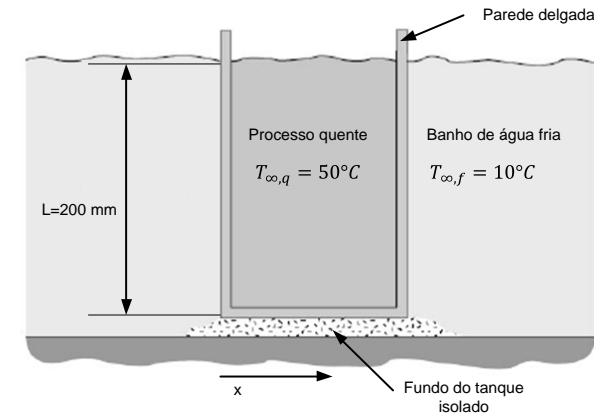
AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 03

Estimativa inicial: $T_{parede} = \frac{T_{\infty,q} + T_{\infty,f}}{2} = \frac{50 + 10}{2} = 30^{\circ}C = 303 K$

Tparede	303K	Tparede	303K
Tágua	283K	Tprocesso	323K
Tfilme	293K	Tfilme	313K
g	9,8m2/s	g	9,8m2/s
β	0,00030 K-1	β	4,55E-04 K-1
L	0,2m	L	0,2m
μ	8,00E-04 Pa.s	μ	8,00E-04 Pa.s
ρ	998 kg/m3	ρ	992 kg/m3
v	1,00E-03 m3/kg	v	1,01E-03 m3/kg
k	0,5982 W/(m.K)	k	0,6304 W/(m.K)
Cp	4,18 kJ/(kg.K)	Cp	4,18 kJ/(kg.K)
α	1,43193E-07 m2/s	α	1,52E-07 m2/s
ν	8,01309E-07 m2/s	ν	8,06E-07 m2/s
Pr	5,60	Pr	5,30
Ra	4,13E+09	Ra	5,82E+09
Nu	234,60	Nu	260,60
hlágua	701,68	hlprocesso	821,45
Tparede	304,6		

Processo convergido



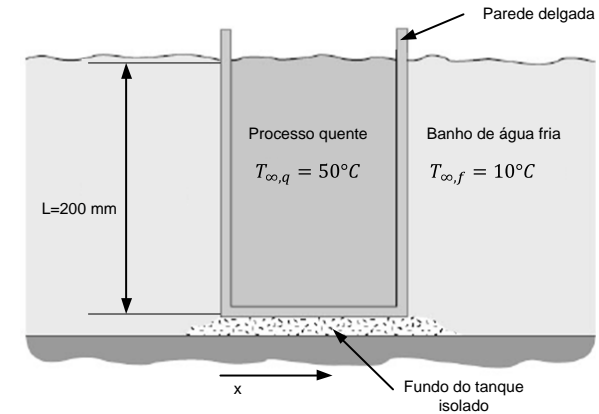
AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 03

Logo:

$$U = \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{tanque}} + \frac{1}{h_{\acute{a}gua}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{701,68} + \frac{1}{821,45}} = 378,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

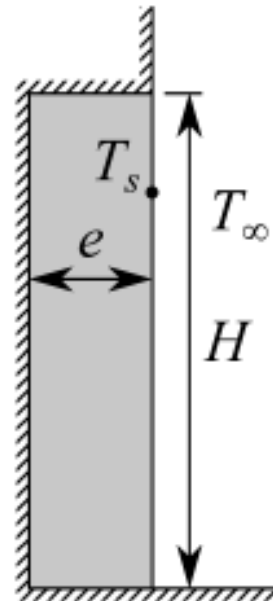


AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 04

Uma sala é aquecida por um equipamento que pode ser modelado como uma placa plana de $e = 50$ mm de espessura e $H = 1,5$ m de altura, com geração interna uniforme e condutividade térmica igual a 10 W/(m·K), isolada em um dos lados, como ilustra a figura. Em condições de regime permanente, o ar estacionário na sala está a $T_{\infty} = 20$ °C e a superfície exposta do equipamento está a $T_s = 34$ °C. Nessas condições, determine:

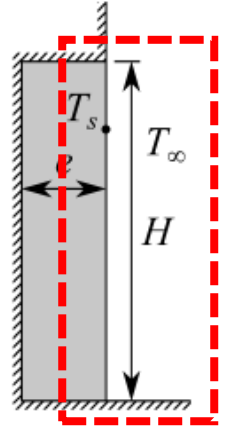
- A taxa de geração volumétrica uniforme na placa.
- O local e o valor da temperatura máxima no equipamento.



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 04 – item a

Aplicando a equação de conservação de energia mostrado na figura ao lado:



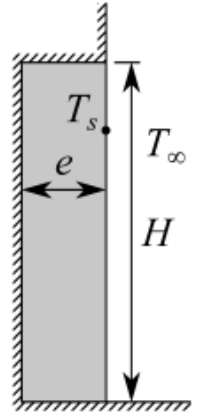
$$q'''_{placa} * e * H * L = q_{convecção} = \bar{h} * H * L(T_s - T_{\infty})$$

$$q'''_{placa} * e = \bar{h}(T_s - T_{\infty}) \Rightarrow q'''_{placa} = \frac{\bar{h}}{e}(T_s - T_{\infty})$$

Para calcular o coeficiente de película médio tem-se:

$$T_{filme} = \frac{T_s + T_{\infty}}{2} = \frac{34 + 20}{2} = 27^{\circ}C = 300 K$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL



Exercício 04 – item a

Propriedades do ar a 300K:

$$\rho = 1,177 \text{ kg/m}^3 \quad C_p = 1007 \text{ J/(kg.K)} \quad \nu = 1,578 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

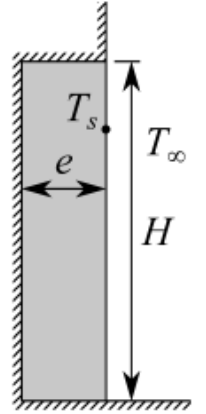
$$k_f = 0,02623 \text{ W/(m.K)} \quad Pr = 0,713 \quad \beta = 0,0033 \text{ K}^{-1} \quad \alpha = 2,213 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\overline{Nu}_L = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

$$\bar{h}_L = \frac{k_f}{L} \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Ra_L = Gr_L Pr = \frac{g \beta (T_s - T_\infty) L^3}{\nu \alpha}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL



Exercício 04 – item a

$$Ra_L = \frac{9,8 \times 0,0033 \times (34 - 20)1,5^3}{1,578 \times 10^{-5} \times 2,213 \times 10^{-5}} = 4,43 \times 10^9$$

$$\bar{h}_L = \frac{0,02623}{1,5} \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \times 4,43 \times 10^{9^{1/6}}}{[1 + (0,492/0,713)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 = 3,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Logo:

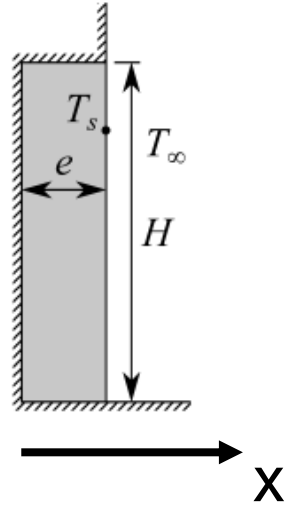
$$q'''_{placa} = \frac{3,41}{50 \times 10^{-3}} (34 - 20) = 956,12 \text{ W}/\text{m}^3$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 04 – item b

O perfil de temperatura de um sólido com geração de calor é dado por:

$$T(x) = -\frac{q'''}{2k}x^2 + C_1x + C_2$$



Para o processo aqui analisado, as seguintes condições de contorno se aplicam:

$$\text{Para } x = 0 \Rightarrow \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=0} = 0 (\text{isolado}) \quad \text{Para } x = 0,05 \Rightarrow T(0,05) = 34^\circ\text{C}$$

$$\text{Logo: } \frac{dT}{dx} = -\frac{q'''}{k}x + C_1 \Rightarrow \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=0} = -\frac{q'''}{k}(0) + C_1 = 0 \Rightarrow C_1 = 0$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO NATURAL

Exercício 04 – item b

$$\text{Portanto: } T(x) = -\frac{q'''}{2k}x^2 + C_2$$

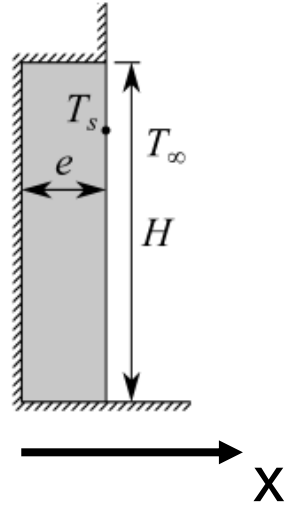
$$\text{Para } x = 0,05 \Rightarrow T(0,05) = 34^\circ\text{C}$$

$$T(0,05) = -\frac{956,12}{2 \times 0,02623} \times (0,05)^2 + C_2 = 34 \Rightarrow C_2 = 79,6$$

Logo:

$$T(x) = -1,82 \times 10^4 x^2 + 79,6$$

$$T_{\text{máx}} = T(0) = -1,82 \times 10^4 \times (0)^2 + 79,6 = 79,6^\circ\text{C}$$

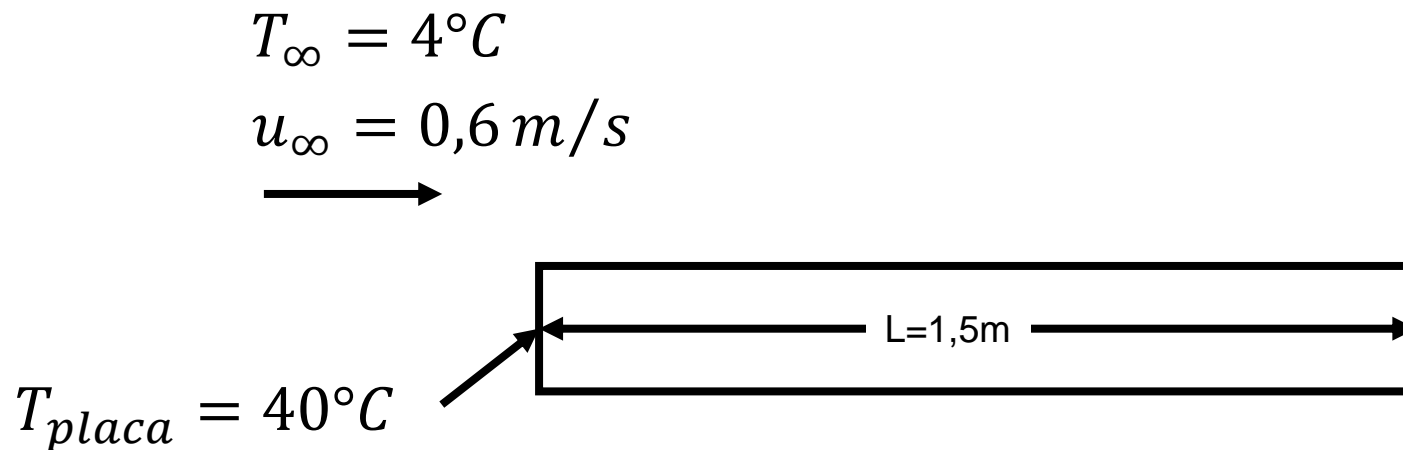


AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 05

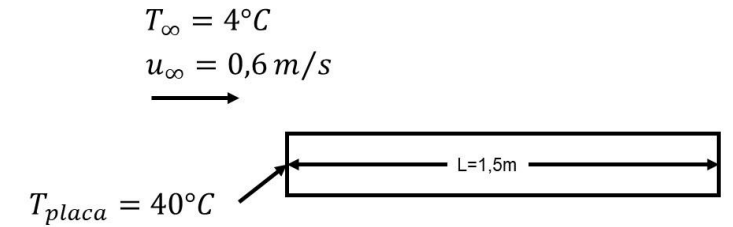
A superfície de uma placa plana com 1,5 m de comprimento é mantida a 40 °C. Água a uma temperatura de 4 °C e a uma velocidade de 0,6 m/s, escoam sobre esta superfície.

- Calcule a taxa de transferência de calor por unidade de largura da placa, q' (W/m).
- Se um fio fosse colocado próximo à aresta frontal da placa para induzir turbulência ao longo de todo o seu comprimento, qual seria a taxa de transferência de calor?



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 05 – item a



Para o cálculo das propriedades será utilizada a temperatura de filme:

$$T_{filme} = \frac{T_\infty + T_{placa}}{2} = \frac{4 + 40}{2} = 22^\circ\text{C} = 299\text{ K}$$

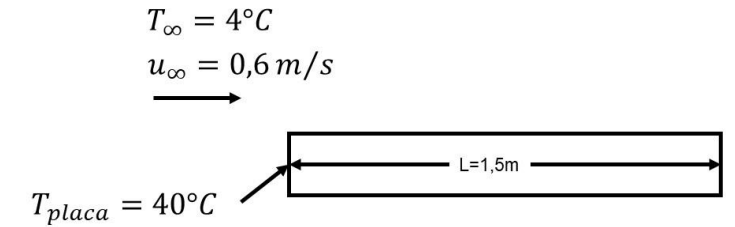
$$\nu = 8,76 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \quad \rho = 997 \text{ kg}/\text{m}^3 \quad k_f = 0,6086 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \quad Pr = 6,00$$

$$Re_L = \frac{VL}{\nu} = \frac{0,6 \times 1,5}{8,76 \times 10^{-7}} = 1,03 \times 10^6 \Rightarrow \text{regime de transição}$$

$$Nu_L = \frac{\bar{h}L}{k_f} = \left(0,037 Re_L^{4/5} - 871 \right) Pr^{1/3}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 05 – item a



Logo:

$$\bar{h} = \frac{k_f}{L} \left(0,037 Re_L^{4/5} - 871 \right) Pr^{1/3}$$

$$\bar{h} = \frac{0,6086}{1,5} \left(0,037 \times (1,03 \times 10^6)^{4/5} - 871 \right) \times (6,00)^{1/3} = 1116,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

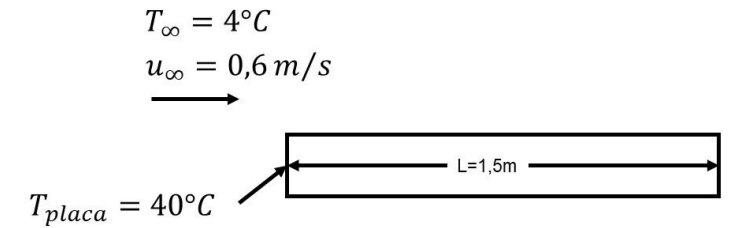
Portanto:

$$q = \bar{h} * b * L(T_s - T_{\infty}) \Rightarrow q' = \frac{q}{b} = \bar{h} * L * (T_s - T_{\infty})$$

$$q' = 1116,8 * 1,5 * (40 - 4) = 60,3 \text{ kW}/\text{m}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 05 – item b



Para regime turbulento:
$$Nu_L = \frac{\bar{h}L}{k_f} = \left(0,037Re_L^{4/5}\right) Pr^{1/3}$$

$$\bar{h} = \frac{k_f}{L} \left(0,037Re_L^{4/5}\right) Pr^{1/3}$$

$$\bar{h} = \frac{0,6086}{1,5} \left(0,037 \times (1,03 \times 10^6)^{4/5}\right) \times (6,00)^{1/3} = 1758,96\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Portanto:

$$q = \bar{h} * b * L(T_s - T_\infty) \Rightarrow q' = \frac{q}{b} = \bar{h} * L * (T_s - T_\infty)$$

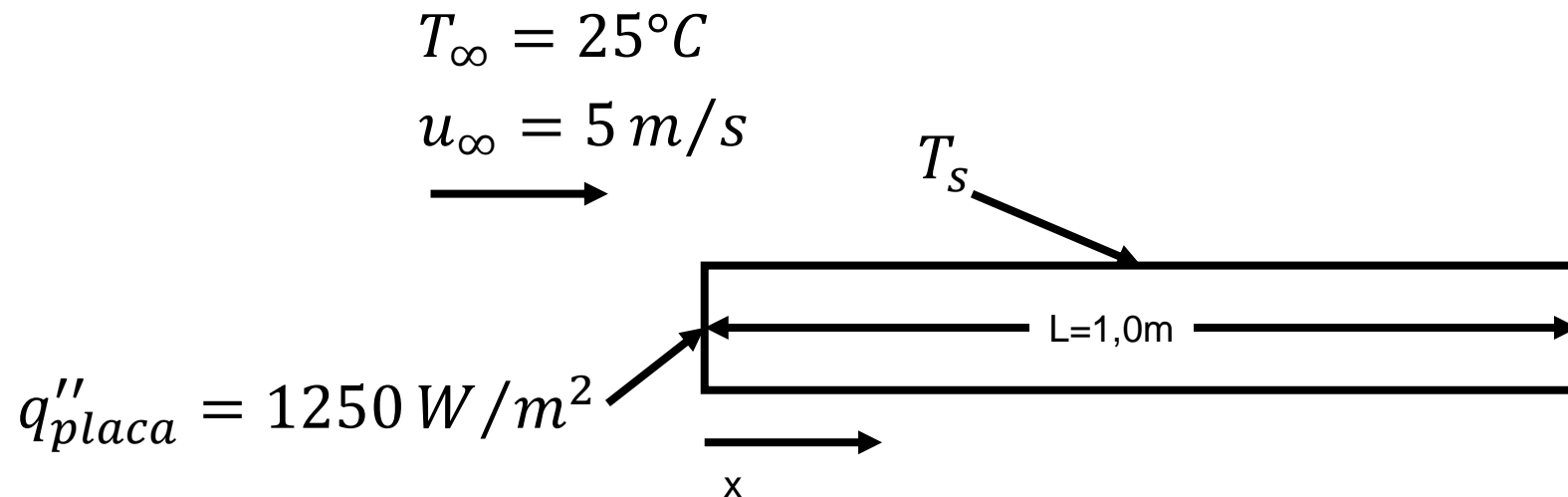
$$q' = 1758,96 * 1,5 * (40 - 4) = 95,0\text{ kW}/\text{m}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06

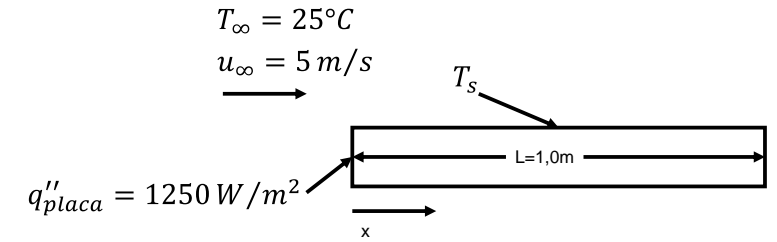
Ar a pressão atmosférica e a uma temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ escoa paralelamente, com velocidade de 5 m/s , sobre uma placa plana com 1 m de comprimento que é aquecida com fluxo térmico uniforme de 1250 W/m^2 . Suponha que o escoamento seja turbulento ao longo de todo o comprimento da placa

- Calcule a temperatura da superfície da placa, $T_s(L)$, e o coeficiente convectivo local, $h_x(L)$, na aresta traseira, $x = L$.
- Calcule a temperatura média da superfície da placa, \bar{T}_s .



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06 – item a: $T_s(L)$ e $h_x(L)$



Para o cálculo de T_s , aplica-se a conservação de energia em $x=L$:

$$q''_{placa,x} = h_x(T_{s,x} - T_\infty) \quad (\text{Eq. 01}) \quad \text{e} \quad T_{filme,x} = \frac{T_{s,x} + T_\infty}{2} \Rightarrow T_{s,x} = 2T_{filme,x} - T_\infty$$

$$T_{filme,x} = T_\infty + \frac{q''_{placa,x}}{2h_x} \quad (\text{Eq. 02})$$

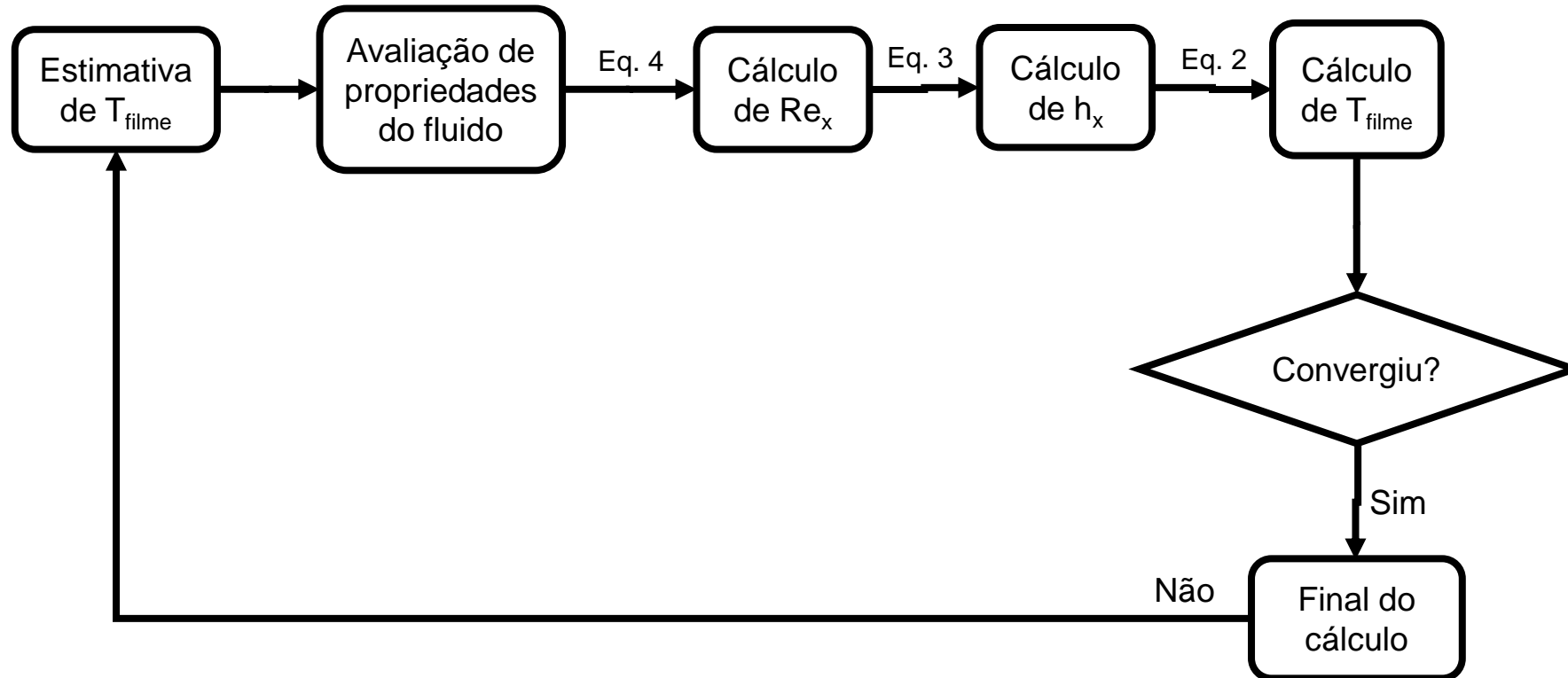
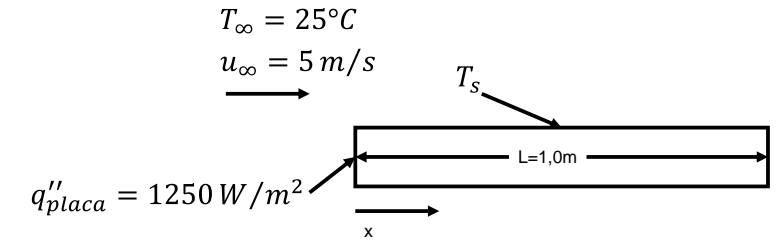
Com a temperatura de filme, avalia-se as propriedades do ar e pode-se calcular h_x :

$$Nu_x = \frac{h_x L}{k_f} = 0,0308 Re_x^{4/5} Pr^{1/3} \quad (\text{Eq. 03})$$

$$Re_x = \frac{Vx}{\nu} \quad (\text{Eq. 04})$$

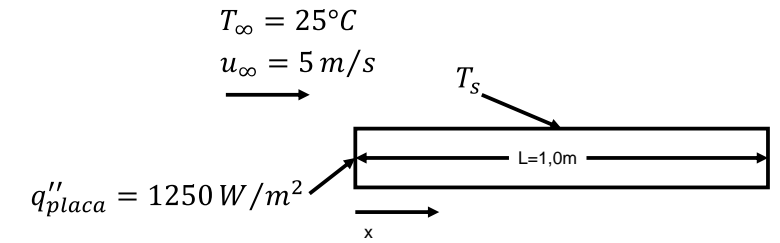
AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06 – item a: $T_s(L)$ e $h_x(L)$



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06 – item a: $T_s(L)$ e $h_x(L)$



Iteração	Tfilme,i	ν	Re	Pr	Nu	kf	hx	Tfilme,i+1
0	350	2,07E-05	2,41E+05	0,707	554,95	0,02984	16,6	335,7
1	335,7	1,91E-05	2,62E+05	0,707	593,14	0,02859	17,0	334,9
2	334,9	1,90E-05	2,63E+05	0,708	595,28	0,02854	17,0	334,8
3	334,8	1,90E-05	2,63E+05	0,708	595,43	0,02853	17,0	334,8

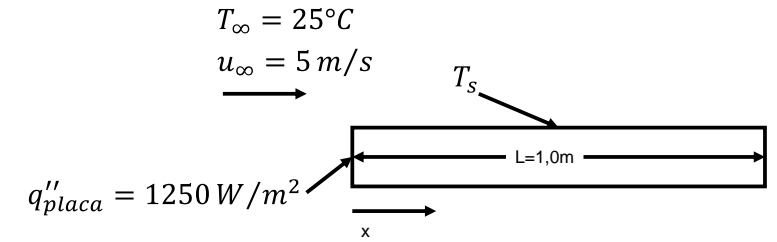
Logo:

$$T_{s,L} = 2T_{filme,L} - T_\infty = 2 \times 334,8 - 298 = 371,6\text{ K} = 98,6^\circ\text{C}$$

$$h_L = 17,0\text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06 – item b: \bar{T}_s



Sendo:

$$\bar{T}_s = \frac{1}{L} \int_0^L T_{s,x} dx \quad q''_{placa} = h_x (T_{s,x} - T_\infty) \Rightarrow T_{s,x} = T_\infty + \frac{q''_{placa}}{h_x}$$

Logo:

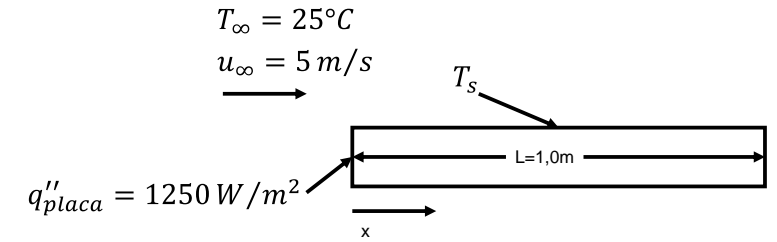
$$\bar{T}_s = \frac{1}{L} \int_0^L T_{s,x} dx = \frac{1}{L} \int_0^L \left(T_\infty + \frac{q''_{placa}}{h_x} \right) dx \quad (Eq. 5)$$

$$Nu_x = \frac{h_x x}{k_f} = 0,0308 Re_x^{4/5} Pr^{1/3} \Rightarrow h_x = \frac{k_f}{x} 0,0308 \left(\frac{Vx}{\nu} \right)^{4/5} Pr^{1/3}$$

$$h_x = \frac{k_f}{x} 0,0308 \left(\frac{Vx}{\nu} \right)^{4/5} Pr^{1/3} = \frac{0,0308 k_f Pr^{1/3} V^{4/5}}{\nu^{4/5} x^{1/5}} \quad (Eq. 6)$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06 – item b: \bar{T}_s



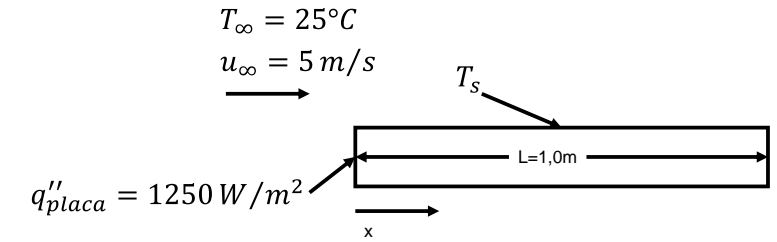
Substituindo Eq. 6 na equação 5:

$$\bar{T}_s = \frac{1}{L} \int_0^L \left(T_\infty + \frac{q''_{placa} v^{4/5} x^{1/5}}{0,0308 k_f Pr^{1/3} V^{4/5}} \right) dx = \frac{1}{L} \int_0^L (T_\infty) dx + \frac{1}{L} \frac{q''_{placa} v^{4/5}}{0,0308 k_f Pr^{1/3} V^{4/5}} \int_0^L x^{1/5} dx$$

$$\bar{T}_s = T_\infty + \frac{1}{L} \frac{q''_{placa} v^{4/5}}{0,0308 k_f Pr^{1/3} V^{4/5}} \int_0^L x^{1/5} dx = T_\infty + \frac{1}{L} \frac{q''_{placa} v^{4/5}}{0,0308 k_f Pr^{1/3} V^{4/5}} \frac{5}{6} x^{6/5} \Big|_0^L$$

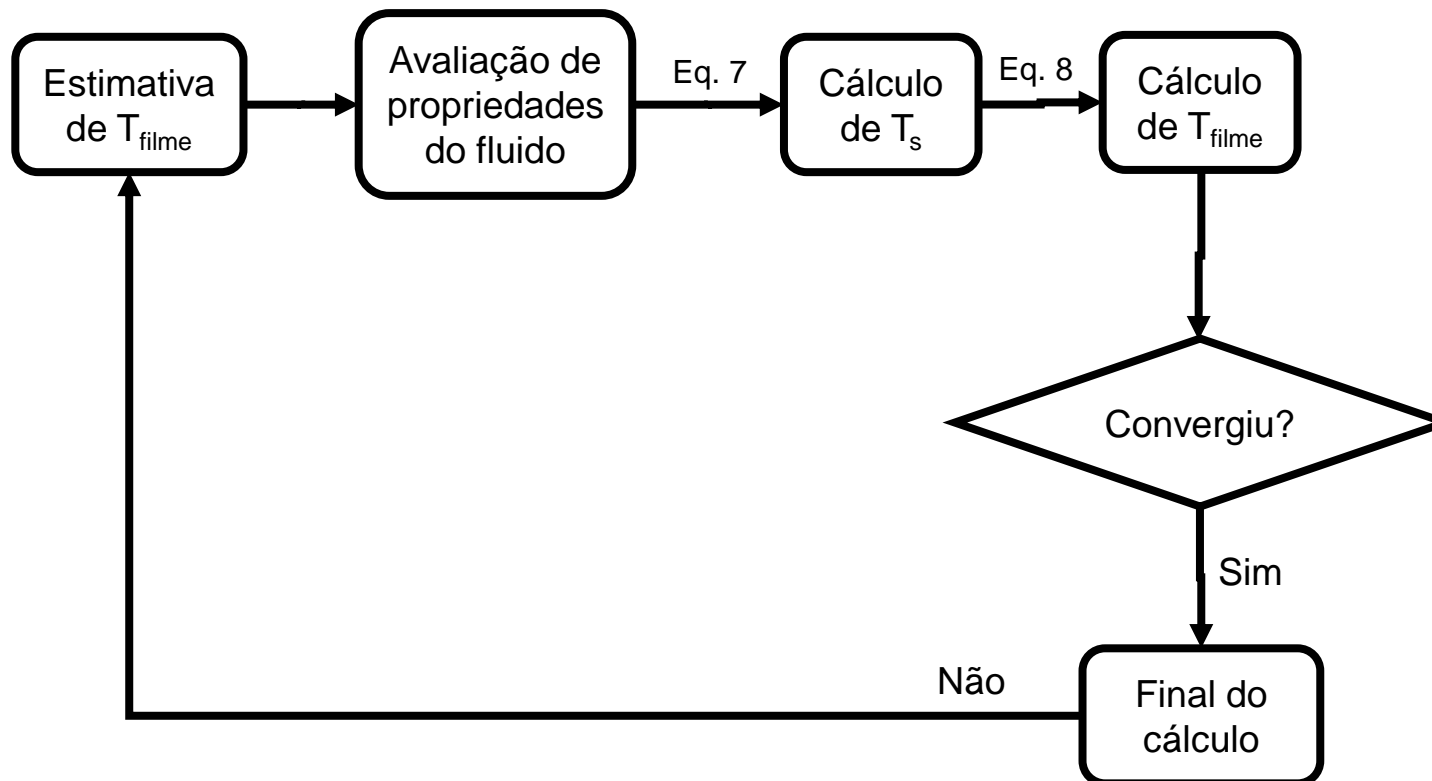
AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06 – item b: \bar{T}_s



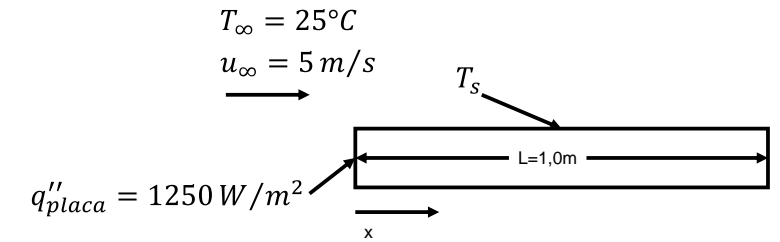
$$\bar{T}_s = T_\infty + \frac{1}{L} \frac{q''_{placa} v^{4/5}}{0,0308 k_f Pr^{1/3} V^{4/5}} \frac{5}{6} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$T_{filme} = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (\text{Eq. 8})$$



AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06 – item b: \bar{T}_s



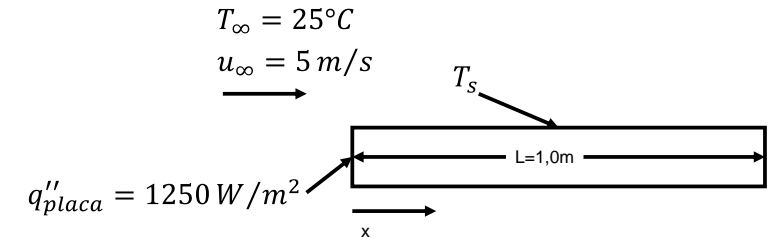
Iteração	$T_{filme,i}$	ν	Pr	k_f	T_s	$T_{filme,i+1}$
0	350,0	2,07E-05	0,707	0,02984	360,9	329,5
1	329,5	1,80E-05	0,708	0,02786	358,2	328,1
2	328,1	1,80E-05	0,708	0,02786	358,2	328,1

Como:

$$T_{filme} = \frac{\bar{T}_s + T_\infty}{2} \Rightarrow \bar{T}_s = 2T_{filme} - T_\infty = 2 \times 328,1 - 298 = 358,2\text{ K} = 85,2^\circ\text{C}$$

AULA DE EXERCÍCIOS - CONVECÇÃO FORÇADA

Exercício 06



$$T_{s,x} = T_\infty + \frac{q''_{placa}}{h_x}$$
$$h_x = \frac{0,0308k_f Pr^{1/3} V^{4/5}}{v^{4/5} x^{1/5}}$$
$$T_{s,x} = T_\infty + \phi(x^{1/5})$$

