METALURGIA EXTRATIVA DOS NÃO FERROSOS

PMT 3409

Flávio Beneduce

CORRELAÇÕES ADMENSIONAIS EMPÍRICAS

Convecção forçada no interior de tubos
(Re>10.000)

$$Nu_f = 0{,}026 . \mathrm{Re}_f^{0,8} . \mathrm{Pr}_f^{1/3} . (\frac{\eta_f}{\eta_s})^{0,14}$$

CORRELAÇÕES ADMENSIONAIS EMPÍRICAS

Convecção natural

$$Nu_m = c.(Gr.\mathrm{Pr})_m^n$$

m: média de temperatura entre o fluido e o sólido
c e **n:** tabelados

$(Gr.Pr)_m$	c	n
$1x10^{-3}$-$5x10^{2}$	1,18	1/8
$5x10^{2}$-$2x10^{7}$	0,54	1/4
$2x10^{7}$-$1x10^{13}$	0,135	1/3

$$\emptyset_{eq} = 2.\sqrt[3]{\frac{3.V_{peça}}{4.\pi}}$$

CORRELAÇÕES ADMENSIONAIS EMPÍRICAS

•Água flui através de uma tubulação de 50 mm de diâmetro e 3 m de comprimento a uma velocidade de 0,8 m/s. Determine o coeficiente de transferência de calor $\bar{h}$ se a temperatura média da água é de 50°C e a temperatura da parede é de 70°C.

$$Re_f = \frac{0,8x0,05x988,1}{0,569x10^{-4}x9,80665} = 7,08x10^4 > 10.000$$

$$\mathrm{Pr}_f = 3,63 \qquad \eta_f = 0,569x10^{-4}$$

$$\eta_s = 0,416x10^{-4}$$

$$Nu_f = 0,026.(7,08x10^4)^{0,8}.3,63^{1/3}.(\frac{0,569}{0,416})^{0,14}$$

CORRELAÇÕES ADMENSIONAIS EMPÍRICAS

$$Nu_f = 0{,}026.(7{,}08x10^4)^{0{,}8}.3{,}63^{1/3}.\left(\frac{0{,}569}{0{,}416}\right)^{0{,}14}$$

$$Nu_f = 316{,}78 = \frac{\bar{h}.0{,}05}{0{,}552}$$

$$\bar{h} = 3497{,}2\ \frac{kcal}{h.m^2.°C} \equiv 4060{,}64\frac{W}{m^2.°C}$$

Severidade de têmpera

O parâmetro *severidade de têmpera* (H) é um parâmetro tecnológico que relaciona as propriedades térmicas do meio e do corpo. Ela é definida pela equação:

$$H = \frac{\bar{h}}{\lambda_s} [L^{-1}]$$

Valores típicos de H (supondo $\lambda_{aço}$=35W/m.K).

Meio de têmpera		**H(m^{-1})**
Óleo	Sem agitação	7,9
	Agitação moderada	13,8
	Boa agitação	19,7
	Agitação vigorosa	27,6
Água	Sem agitação	39,4
	Agitação vigorosa	59,0
Salmoura	Sem agitação	78,7
	Agitação vigorosa	196

CORRELAÇÕES ADMENSIONAIS EMPÍRICAS

•Uma esfera de aço de 10 cm de diâmetro é austenitizada a 800°C e resfriada em 4 meios diferentes: ar, óleo e água a 30°C e agitados a 1 m/s além de ar parado na mesma temperatura. Determinar as severidades de têmpera e as curvas de resfriamento nos 4 casos.
(β_{ar}=1/273 °C^{-1}; $\lambda_{aço}$=39 kcal/h.m.°C)

a) Ar agitado a 1 m/s

$$Re_f = \frac{1{,}0x0{,}10x1{,}1614}{184{,}6x10^{-7}} = 6{,}29x10^3 > 1.000$$

$$\Pr_f = 0{,}707 \qquad \Pr_s = 0{,}727$$

$$\bar{h} = 11{,}4\ \frac{W}{m^2.°C}$$

$$Nu_f = 43{,}2 = \frac{\bar{h}.0{,}1}{26{,}3x10^{-3}}$$

$$H = 0{,}252\ m^{-1}$$

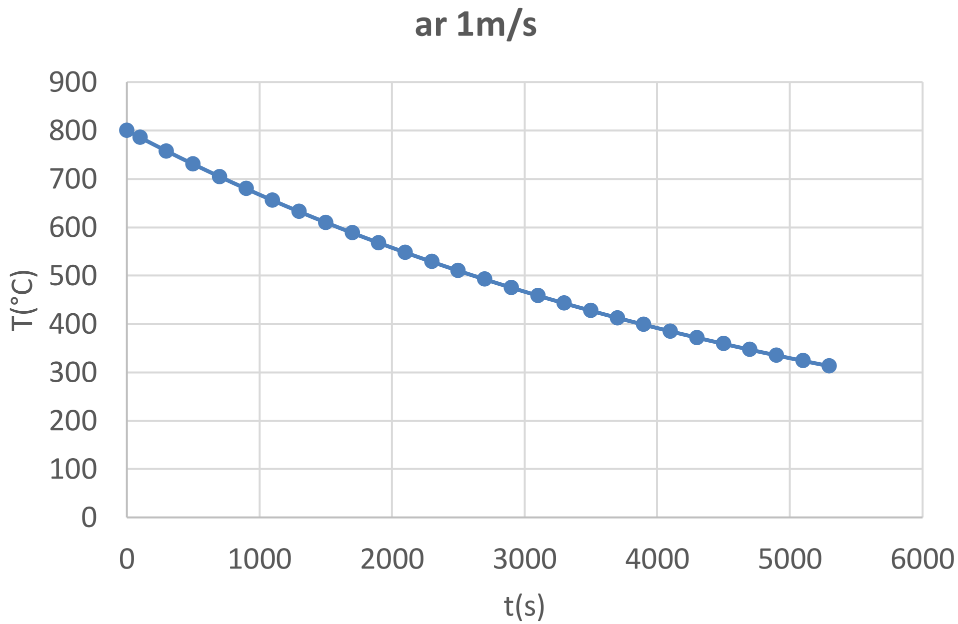
$$Bi = \frac{11{,}4x0{,}05x3600}{39x1000x4{,}18} = 1{,}26x10^{-2} < 0{,}1$$

$$\therefore regime\ newtoniano$$

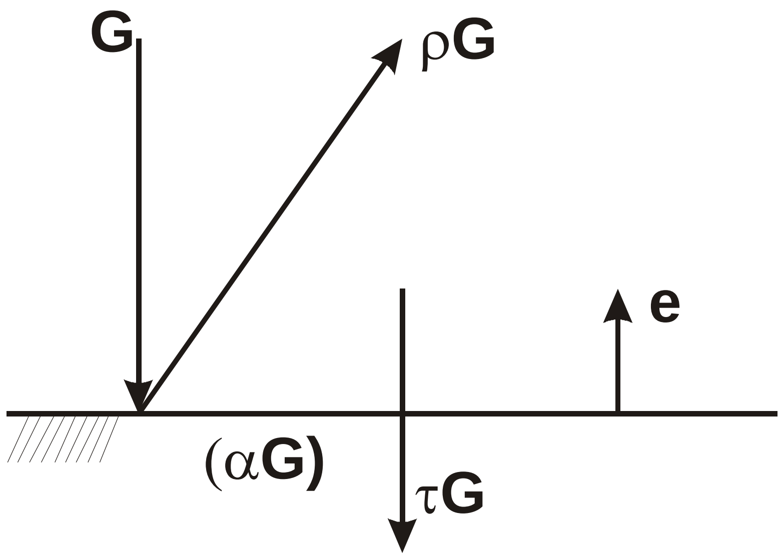
$$\frac{T-30}{800-30} = \exp(-\frac{11{,}4x(4x\pi x0{,}05^2)}{7849x460x\left(\frac{4x\pi x0{,}05^3}{3}\right)}.t)$$

$$\frac{T-30}{770} = \exp(-1{,}89x10^{-4}xt)$$

$$T = 770x\exp(-1{,}89x10^{-4}xt) + 30$$



TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO



$$G = \rho G + \alpha G + \tau G$$

e

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

G=Fluxo total incidente
α = absorvidade
ρ = refletividade
τ = transmitividade
e = emitância ou poder emissor

TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

- **Corpo opaco:** $\tau = 0 \Rightarrow \alpha + \rho = 1$ – condição para muitos sólidos e líquidos com exceção dos vidros e silicatos líquidos
- **Corpo transparente:** $\tau \neq 0$
- **Radiosidade:** fluxo que sai do corpo - $q''_{irr} = e + \rho G$
- **Corpo negro:** absorve toda energia além de emitir o máximo

$$\rho = \tau = 0 \therefore \alpha = 1$$

$$q''_{irr} = e_b$$

poder emissor

- **Corpo real:** tem um poder emissor que é uma fração de um corpo negro. Dessa forma:

$$e = \varepsilon \cdot e_b$$

ε= emissividade

- **Corpo cinza:** absorvidade não depende da temperatura do corpo

TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

Para um corpo negro:

$$\mathbf{e_b = \sigma \cdot T^4}$$

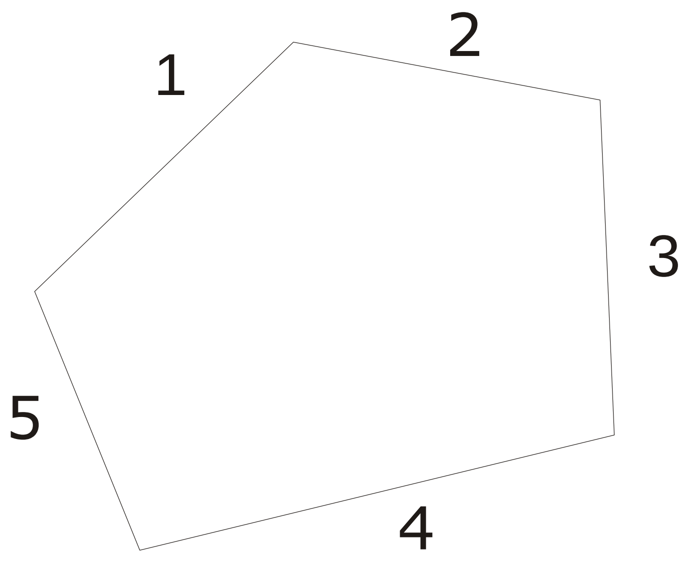
$\boldsymbol{\sigma}$=constante de Stefan-Boltzman
$4{,}93 \times 10^{-8}$ kcal/h.m^2.K^4
$5{,}6697 \times 10^{-8}$ W/m^2.K^4
$0{,}1713 \times 10^{-8}$ BTU/h.ft^2.R^4
T = temperatura absoluta

Para um corpo real:

$$\mathbf{e = \varepsilon . \sigma . T^4}$$

TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

FATOR DE VISTA: representa a fração de radiação de (1) que atinge (2) – F_{12}



$$F_{12}+F_{13}+F_{14}+...=1$$

$$S_1.F_{12}=S_2.F_{21}$$

TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

- A energia emitida pela superfície (1) que atinge a superfície (2) será:

$$E_{12}=e_{b1}.S_1.F_{12}=q'_{1\rightarrow 2}$$

- O caso contrário será:

$$E_{21}=e_{b2}.S_2.F_{21}=q'_{2\rightarrow 1}$$

- A troca líquida de energia de (1) para (2) será:

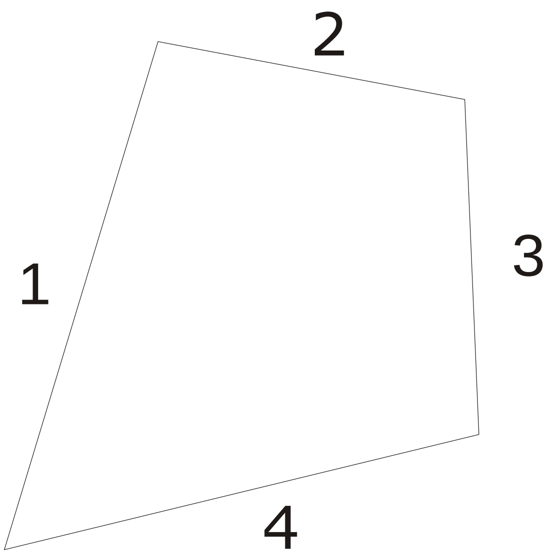
$$q'_{1,l}=q'_{1\rightarrow 2} - q'_{2\rightarrow 1}$$

Portanto:

$$q_{1,l} = S_1.F_{12}.(e_{b1} - e_{b2}) =$$
$$= S_1.F_{12}.\sigma.(T_1^4 - T_2^4)$$

TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

Para superfícies múltiplas:



$$q'_{1,l} = \frac{(e_{b1} - e_{b2})}{\frac{1}{S_1 . F_{12}}} + \frac{(e_{b1} - e_{b3})}{\frac{1}{S_1 . F_{13}}} + \frac{(e_{b1} - e_{b4})}{\frac{1}{S_1 . F_{14}}}$$

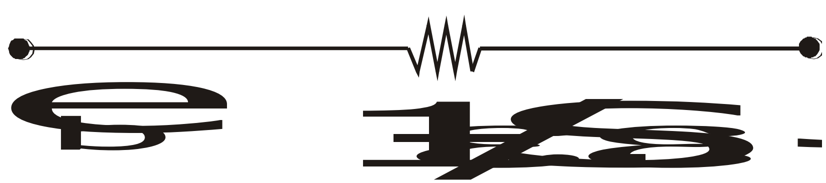
TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

$$q_{1,l} = S_1.F_{12}.(e_{b1} - e_{b2})$$

•**($1/S_1.F_{12}$)** = resistência à radiação entre dois potenciais de <u>mesma natureza</u>

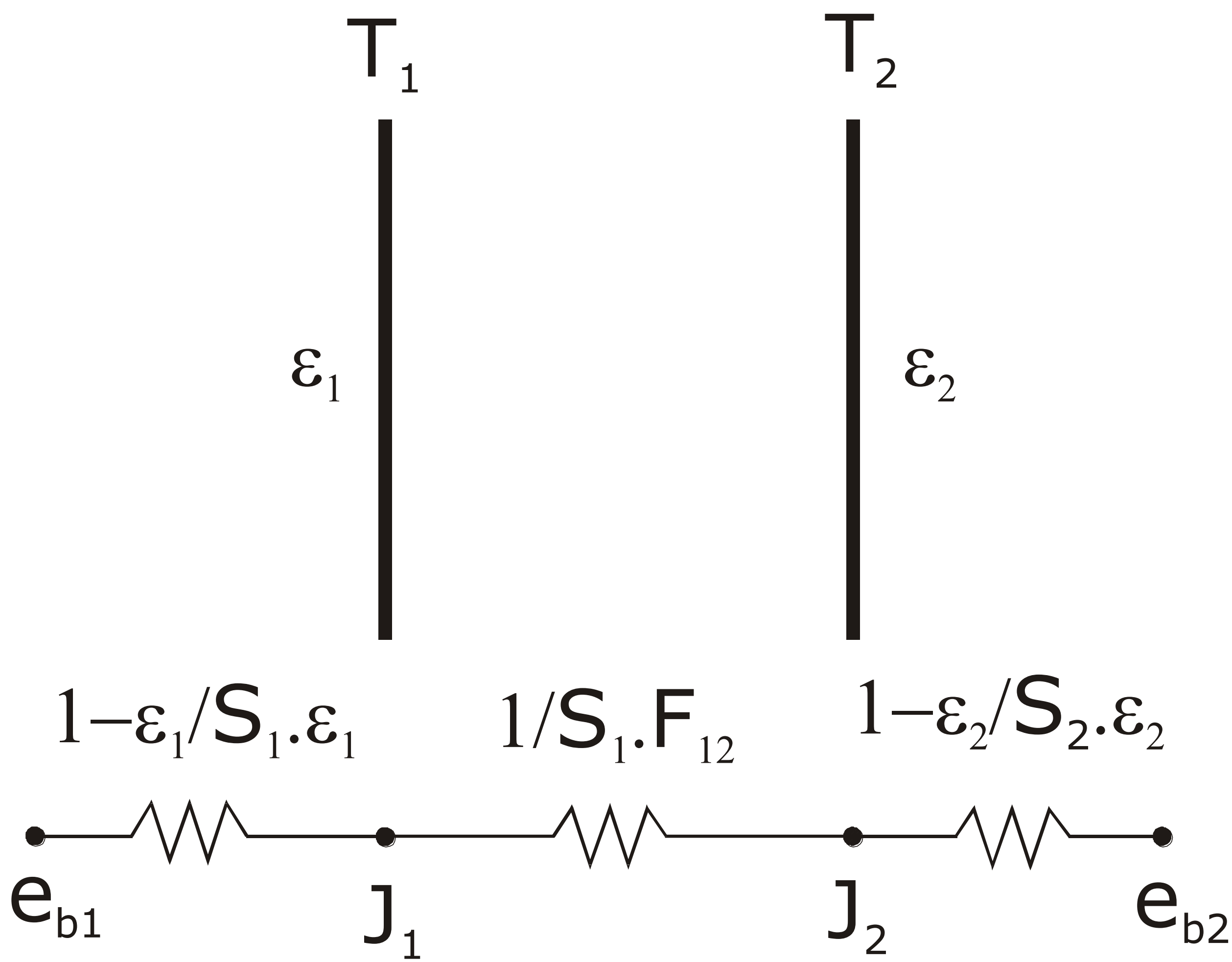
$1/S_{2.}F_{12}$

O potencial de um corpo cinza (J) pode ser transformado em um corpo negro (e_b) pela resistência (1-ε)/(S.ε).



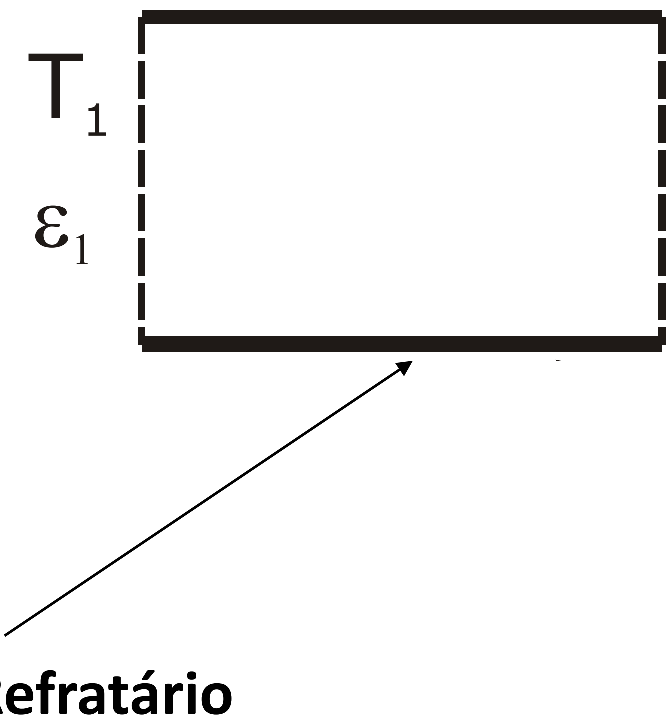
TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

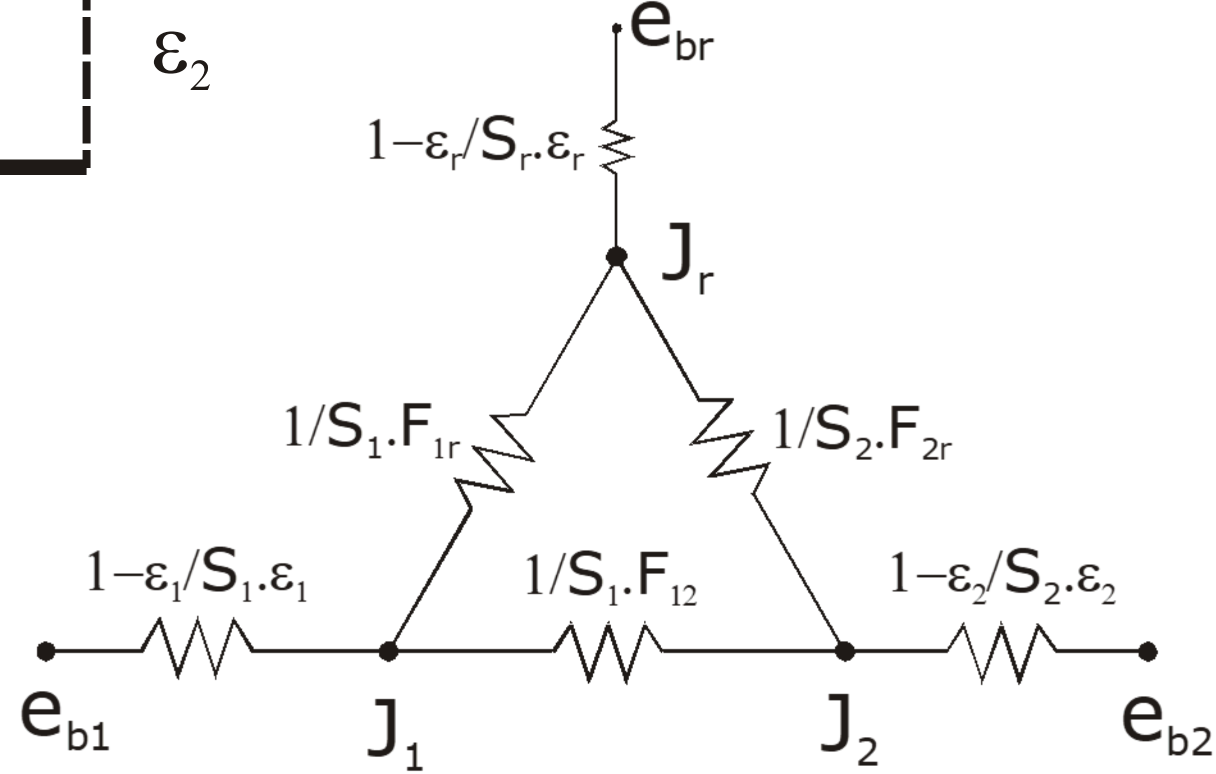
Para duas superfícies paralelas:



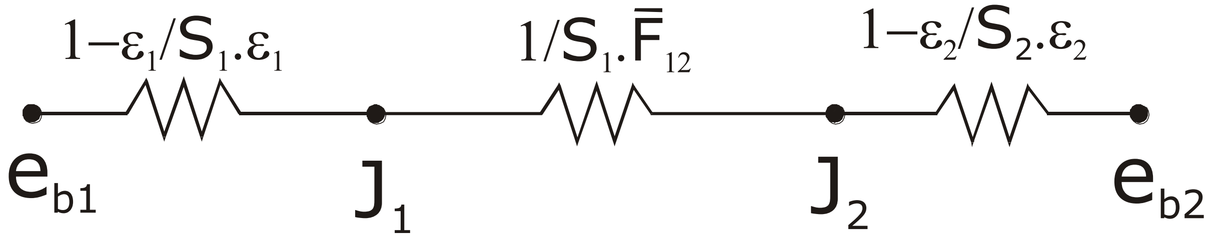
TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

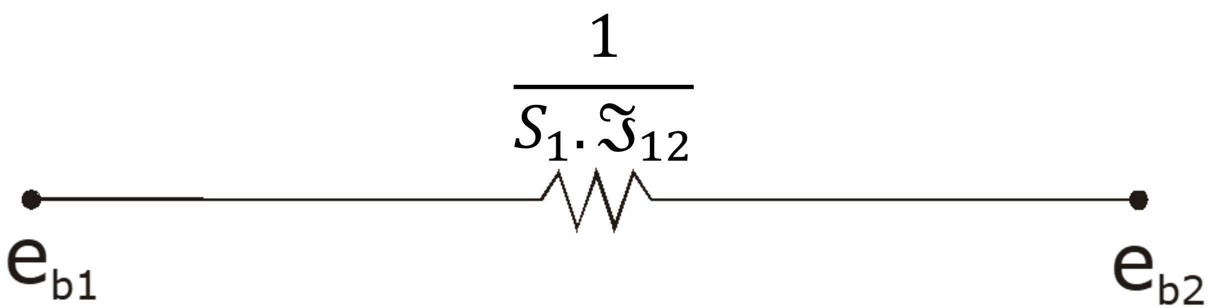
Para sistemas “fechados”:





TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO

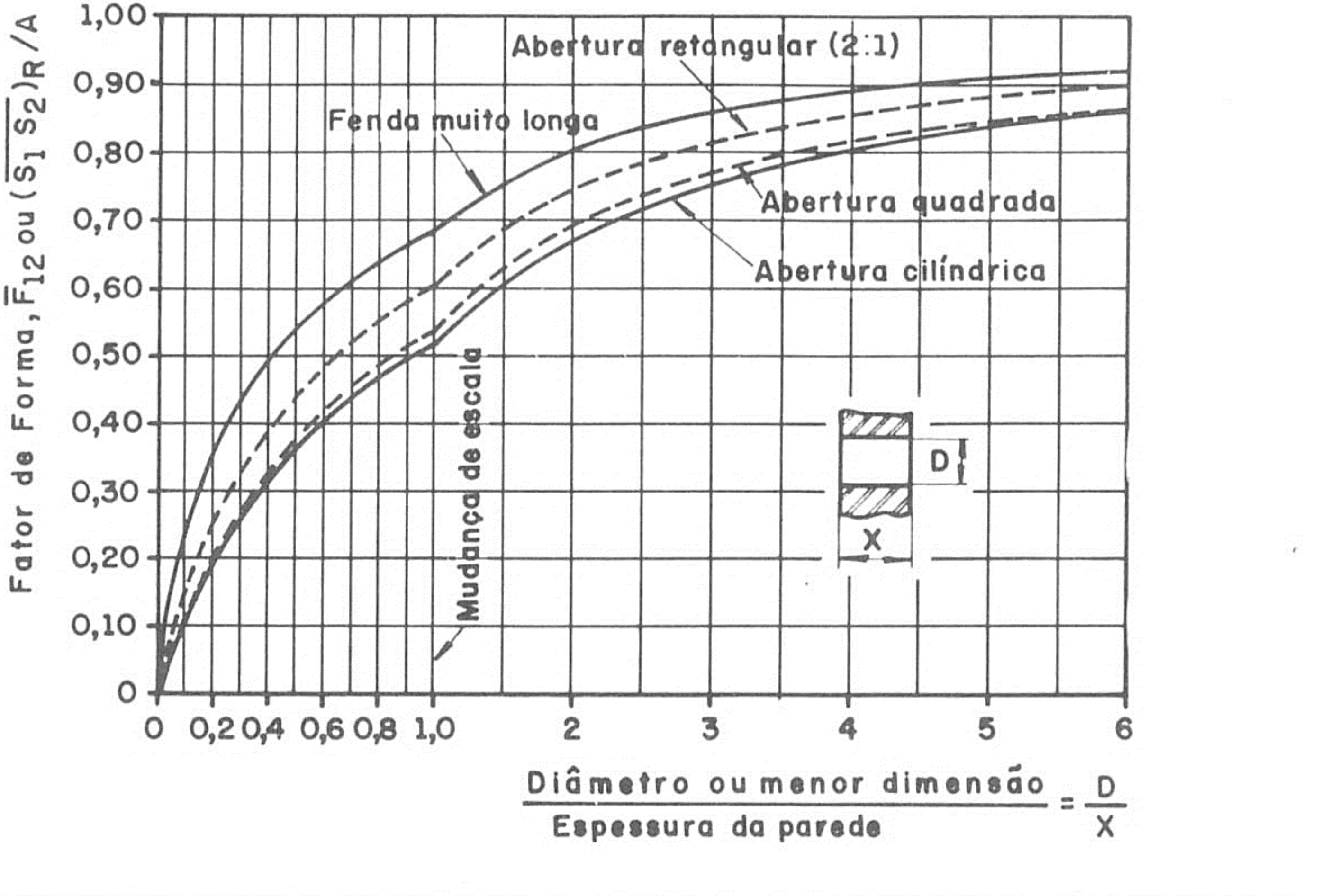




$$\frac{1}{S_1.\mathfrak{I}_{12}} = \frac{1-\varepsilon_1}{S_1.\varepsilon_1} + \frac{1}{S_1.\overline{F_{12}}} + \frac{1-\varepsilon_2}{S_2.\varepsilon_2}$$

$$q'_{1,l} = S_1.\mathfrak{I}_{12}.(e_{b1}-e_{b2}) = S_1.\mathfrak{I}_{12}.\sigma.(T_1^4 - T_2^4)$$

TRANSPORTE DE CALOR POR IRRADIAÇÃO



– Fator de forma global entre duas superfícies paralelas conectadas por paredes refratárias não-condutoras[1]