

Ex 2 ($P = 2 \text{ atm}$): Um gás de chaminé a $T_g = 1000 \text{ K}$ e $P_t = 2 \text{ atm}$, com 10% de vapor H_2O e 20% de CO_2 por volume, flui sobre um banco de tubos disposto segundo um arranjo triangular equilateral, tendo os tubos $D = 7,6 \text{ cm}$ e espaçamento $S = 2D$. Os tubos são mantidos a uma $T_w = 500 \text{ K}$ uniforme e são considerados negros. Calcule o intercâmbio líquido de calor radiante entre a mistura gasosa e os tubos, por m^2 da superfície da parede dos tubos.

$$T_g = 1000 \text{ K}$$

Hipóteses:

$$T_w = 500 \text{ K}$$

* Regime estacionário

$$P_t = 2 \text{ atm}$$

* Propriedades constantes

$$x_w = 0,10$$

* Troca térmica somente radiativa

$$x_c = 0,20$$

* Sem geração de energia

$$D = 7,6 \text{ cm}; S = 2D$$

* Calculamos o comprimento equivalente segundo a tabela 13.1 apresentada nos materiais da disciplina: $L = 3,0(S - D) = 3,0(2D - D) = 3,0 \cdot D = 3,0 \cdot 7,6 \text{ cm}$
 $L = 0,228 \text{ m}$

* Calculamos agora as pressões parciais do vapor de H_2O e do CO_2 :

$$P_w = x_w \cdot P_t = 0,10 \cdot 2 = 0,2 \text{ atm}$$

$$P_c = x_c \cdot P_t = 0,20 \cdot 2 = 0,4 \text{ atm}$$

* Podemos obter o produto de cada pressão parcial com o comprimento equivalente

$$P_w \cdot L = 0,2 \cdot 0,228 = 0,0456 \text{ m} \cdot \text{atm}$$

$$P_c \cdot L = 0,4 \cdot 0,228 = 0,0912 \text{ m} \cdot \text{atm}$$

* Utilizando as tabelas 13.4a e 13.5a, obtemos a emissividade e a absorbtividade para valores próximos a $P_w \cdot L$ e $P_c \cdot L$. Assim, obtemos os valores desejados da emissividade e da absorbtividade da H_2O e do CO_2 :

$$\epsilon_w(1000 \text{ K}) \approx 0,08 \quad \text{e} \quad \alpha_w(500 \text{ K}) \approx 0,14$$

$$\varepsilon_c(1000K) \approx 0,11 \quad e \quad \alpha_c(500K) \approx 0,096$$

* Como as tabelas utilizadas são válidas para $P = 1 \text{ atm}$, precisamos corrigir os valores: $\frac{P_w + P_t}{2} = 1,1 \rightarrow$ através do gráfico 13.5b obtemos valores para $C_w \approx 1,63987$ \hookrightarrow interpolação

$$C_c \rightarrow \text{gráfico 13.4b} \rightarrow C_c \approx 1,1$$

$$\therefore \varepsilon_w' = 0,1312; \alpha_w' = 0,2296; \varepsilon_c' = 0,1210; \alpha_c' = 0,1056$$

* Agora, precisamos determinar a emissividade e a absortividade com os dois componentes: $\Delta \varepsilon$ e $\Delta \alpha$.

$$\Delta \varepsilon \rightarrow \text{através do gráfico 13.6} \rightarrow \frac{P_w}{P_c + P_w} = 0,333 \quad e \quad \frac{P_c L + P_w L}{P_c L + P_w L} = 0,1368 \text{ m.atm}$$

$$P_c L + P_w L \approx 0,4428 \text{ ft.atm}$$

* Obtemos $\Delta \varepsilon(T = 538^\circ\text{C}) = 0,005$ e $\Delta \varepsilon(T = 327^\circ\text{C}) = 0,012$. Interpolando, obtemos $\Delta \varepsilon(T_g = 327^\circ\text{C}) = 0,084$

* Através do gráfico 13.6, obtemos $\Delta \alpha(T = 127^\circ\text{C}) = 0$ e $\Delta \alpha(T = 538^\circ\text{C}) = 0,005$. Interpolando, obtemos $\Delta \alpha(T_w = 227^\circ\text{C}) = 0,0012$

* Agora podemos obter $\varepsilon_g(1000K)$ e $\alpha_g(500K)$:

$$\begin{aligned} \varepsilon_g(1000K) &= \varepsilon_w'(1000K) + \varepsilon_c'(1000K) - \Delta \varepsilon(1000K) \\ &= 0,1312 + 0,1210 - 0,084 = 0,2438 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_g(500K) &= \alpha_w'(500K) + \alpha_c'(500K) - \Delta \alpha(500K) \\ &= 0,2296 + 0,1056 - 0,0012 = 0,3340 \end{aligned}$$

* Por fim, calculamos o intercâmbio de calor radiante: $q = \sigma(\varepsilon_g \cdot T_g^4 - \alpha_g \cdot T_w^4)$

$$q = 12638,6539 \text{ W/m}^2$$

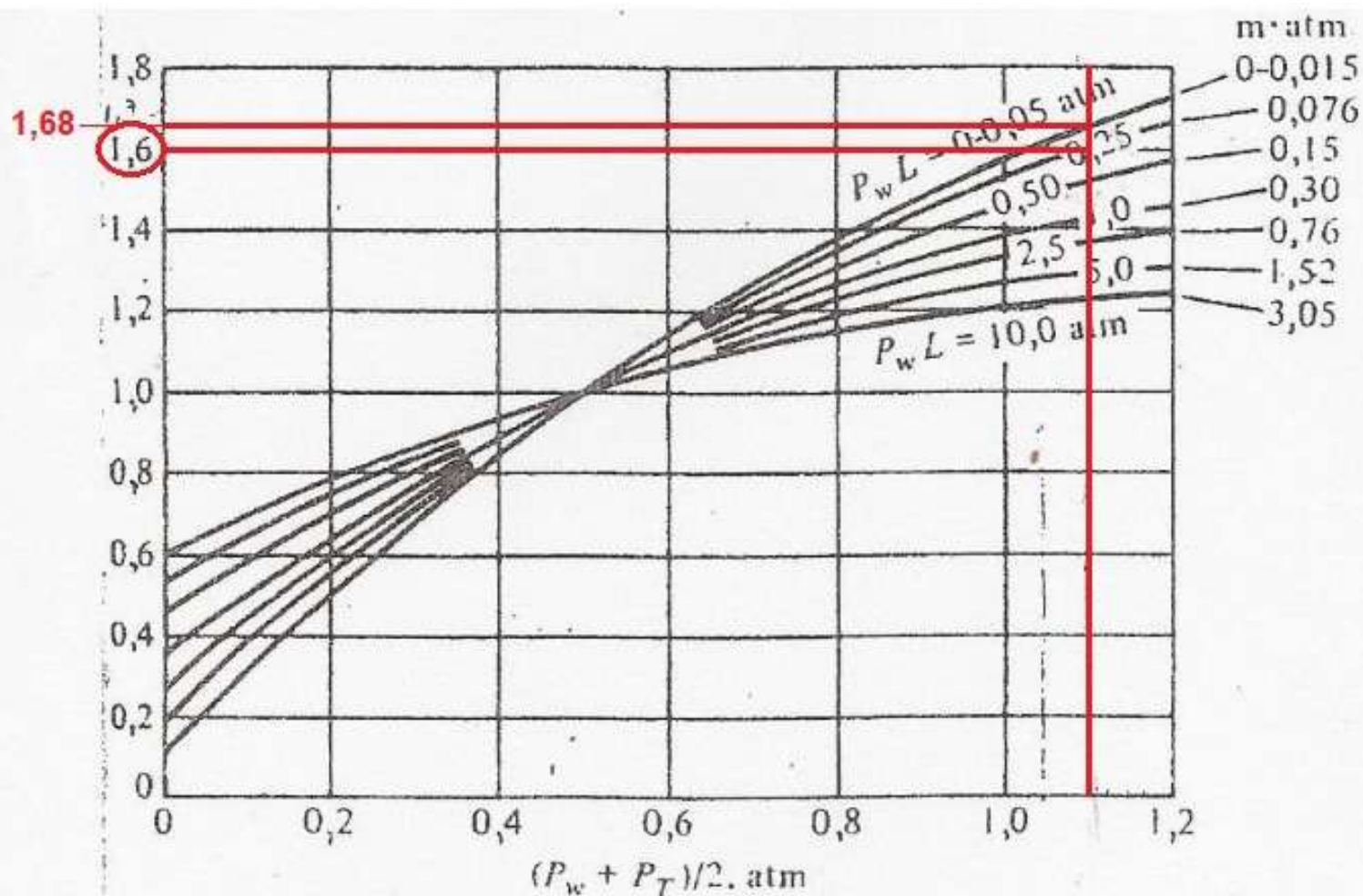
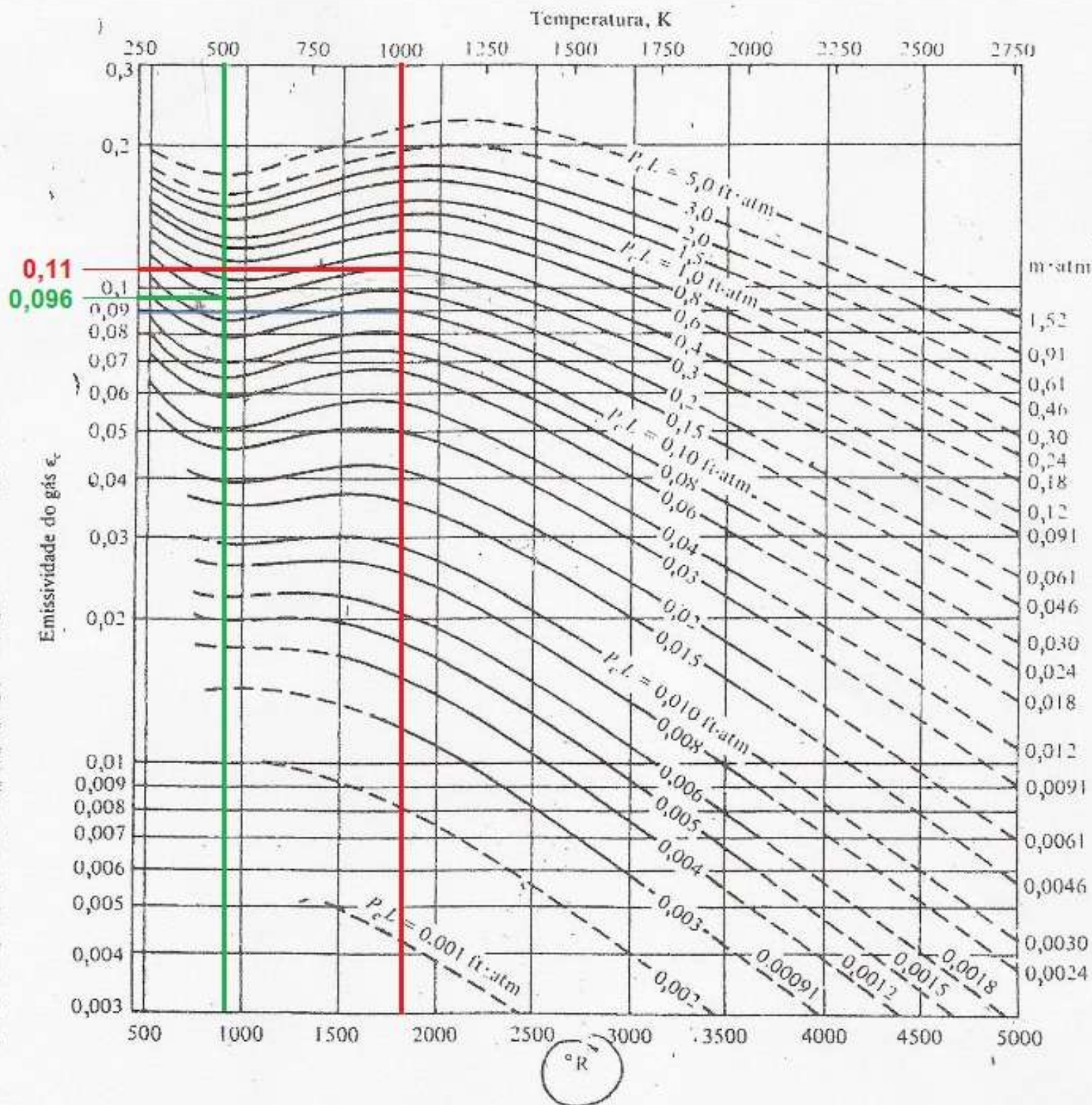


Fig. 13.5 (b) Fator de correção C_w para converter a emissividade da H_2O a valores de P_w e de P_T diferentes de 0 e de 1 atm, respectivamente. (De Hottel [14])



13.4 (a) Emissividade ϵ_g do dióxido de carbono sob pressão total $P_T = 1$ atm. (De Hottel [14].)

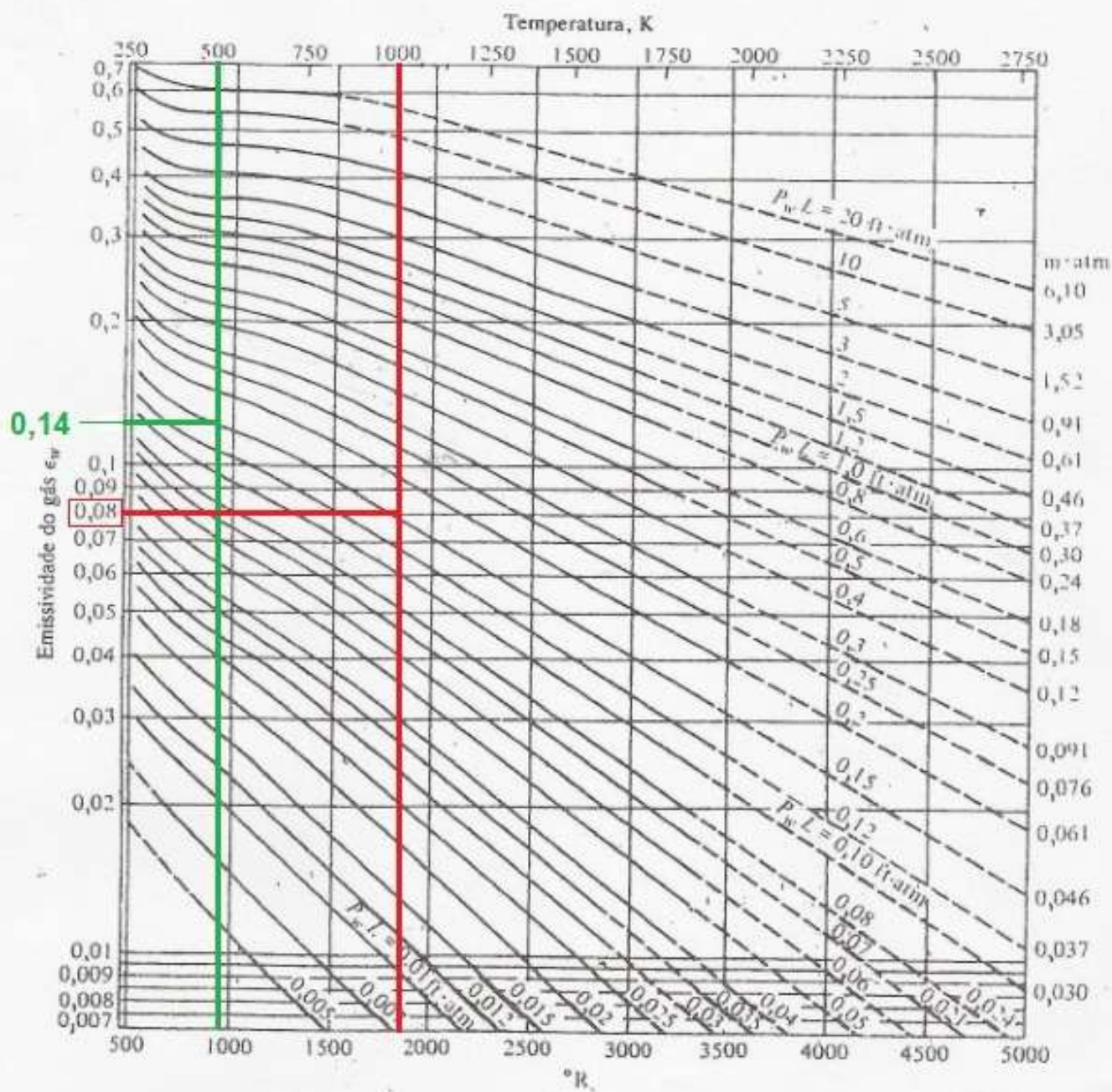
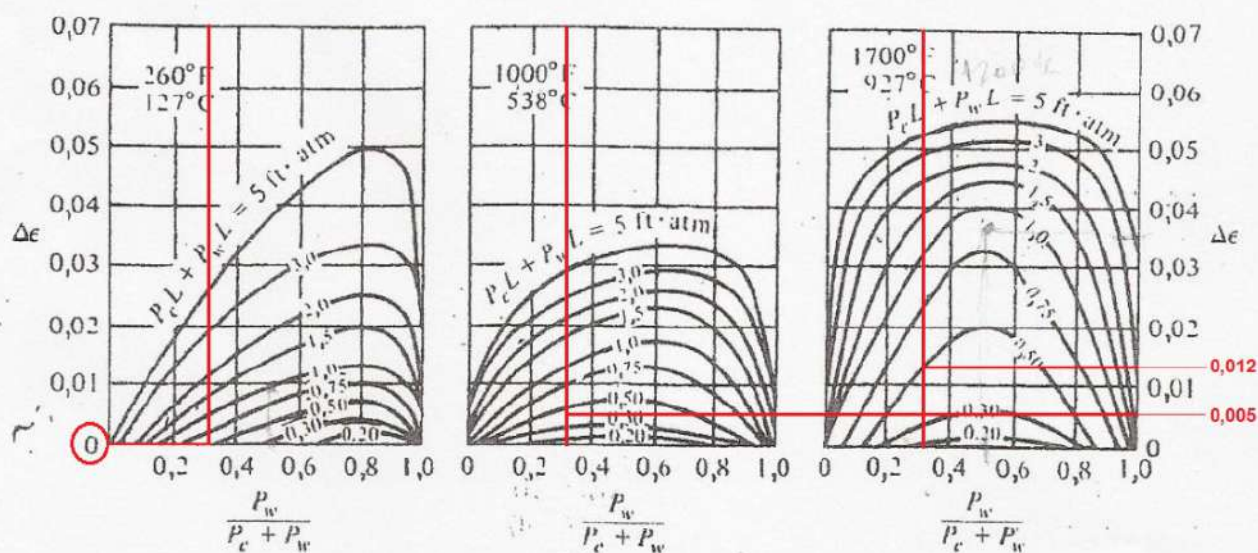


Fig. 13.5 (a) Emissividade ϵ_w do vapor de água a uma pressão total $P_T = 1 \text{ atm}$ e correspondente ao caso idealizado $P_w \rightarrow 0$. (De Hottel e Egbert [15].)

$$\epsilon_m = \epsilon_c + \epsilon_w - \Delta\epsilon$$



13.6 Correção da emissividade $\Delta\epsilon$, da absorção mútua, quando o vapor de água e o dióxido de carbono estiverem presentes no gás. (De Hottel [14].)