

PQI – 3303 – Fenômenos de Transporte III

Lista 9 – Ex. 1

José Luís de Paiva

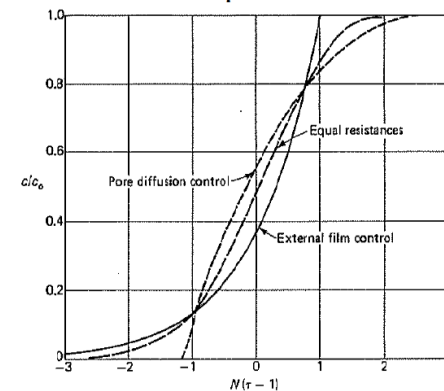
Departamento de Engenharia Química da EPUSP

- 1) (Exemplo 25.2 MSH – 5ª ed.) A adsorção de n-butanol de ar foi estudada em um pequeno leito fixo (10,16 cm de diâmetro) com 300 e 600 g de carbono, correspondendo a leitos de 8 e 16 cm de profundidade. a) A partir dos dados de concentração do efluente, estime a capacidade de saturação do leito e a fração de leito usada para $C/C_0 = 0,05$. b) Estime o tempo de “break-point”, para um leito de 32 cm de profundidade. Dados do n-butanol para o Carbono Columbia JXC 4/6: $u_0 = 58$ cm/s, $C_0 = 365$ ppm, $T = 25^\circ\text{C}$, $P = 737$ mm Hg, $D_p = 0,37$ cm, $S = 1194$ m²/g, $\rho_b = 0,461$ g/cm³, $\varepsilon = 0,457$.

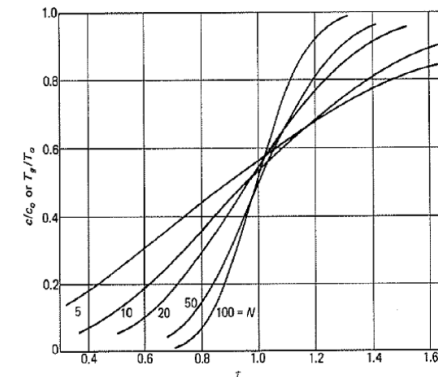
300 g	t (h)	1,0	1,5	2,0	2,4	2,8	3,3	4,0	5,0
	C/C ₀	0,005	0,01	0,027	0,050	0,10	0,20	0,29	0,56
600 g	t (h)	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
	C/C ₀	0,0019	0,003	0,0079	0,018	0,039	0,077	0,15	0,24

- 2) (25.1 MSH– 5ª ed - adaptado) Considere a adsorção em leito de carvão ativo (6 a 10 mesh, 1,651 a 3,327 mm) de metil etil cetona (MEC) diluída em ar a 25 °C e 1 atm. A vazão de ar é de 11 000 ft³/min, com 0,43 lb MEC/ 1000 ft³ de ar. A velocidade superficial é de 0,5 ft/s. Estime as dimensões do leito para um ciclo de operação de 8 horas. Considere isoterma de adsorção linear. Dados: densidade do leito = 30 lb/ft³, $\varepsilon = 0,4$, $D_{\text{MEC/ar}} = 0,087$ cm²/s, $\nu = 0,147$ cm²/s, saturação de 0,20 g/g de carvão (25 °C) e 0,16 g/g de carvão (40 °C). *Resposta: 22 ft e 2 ft.*
- 3) (12.2.1 – Cussler – 2ª ed – adaptado) Uma solução colorida deve ser clarificada pela adsorção de 99 % do corante em carvão ativo. A massa de solução é 1000 kg e a fração mássica inicial de corante na solução é 0,0096. Sabe-se que a relação de equilíbrio é expressa por: $q = 2,75 \cdot y^{0,60}$, sendo q expresso em kg de corante/kg de sólido e y expresso em kg de corante/100kg de solvente. Determine a quantidade de carvão necessária para a operação de remoção em duas situações: a) operação batelada, b) operação em leito fixo considerando-se curva de ruptura (avanço) na forma de degrau. *Respostas: 56 kg e 3,5 kg.*
- 4) (25.2 MSH- 5ª ed - adaptado) Emprega-se um leito de carvão (10 a 20 mesh, 0,833 a 1,651 mm) para adsorção de fenol presente em água a 20 °C. A velocidade superficial é de 0,5 cm/s. Estime o número de unidades de transferência para um leito de 12 ft de profundidade. Considere adsorção irreversível e difusividade efetiva na partícula igual a 0,2 vezes a difusividade no líquido. Dados: esfericidade das partículas = 0,85, $\varepsilon = 0,4$, $D_{\text{fenol/água}} = 8,52 \cdot 10^{-6}$ cm²/s, $\mu = 1$ cP. *Resposta: 3,5*

Anexo: Curvas de Ruptura



Isoterma de adsorção irreversível



Isoterma de adsorção linear

- 1) (Exemplo 25.2 MSH – 5ª ed.) A adsorção de n-butanol de ar foi estudada em um pequeno leito fixo (10,16 cm de diâmetro) com 300 e 600 g de carbono, correspondendo a leitos de 8 e 16 cm de profundidade. a) A partir dos dados de concentração do efluente, estime a capacidade de saturação do leito e a fração de leito usada para $C/C_0 = 0,05$. b) Estime o tempo de “break-point”, para um leito de 32 cm de profundidade. Dados do n-butanol para o Carbono Columbia JXC 4/6: $u_0 = 58$ cm/s, $C_0 = 365$ ppm, $T = 25^\circ\text{C}$, $P = 737$ mm Hg, $D_p = 0,37$ cm, $S = 1194$ m²/g, $\rho_b = 0,461$ g/cm³, $\varepsilon = 0,457$.

300 g	t (h)	1,0	1,5	2,0	2,4	2,8	3,3	4,0	5,0
	C/C₀	0,005	0,01	0,027	0,050	0,10	0,20	0,29	0,56
600 g	t (h)	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
	C/C₀	0,0019	0,003	0,0079	0,018	0,039	0,077	0,15	0,24

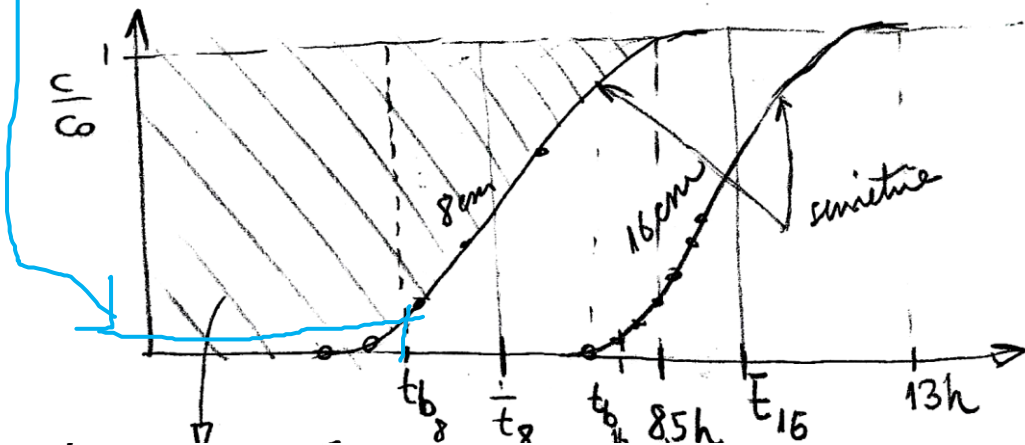
Atorrido até "break-point", $t_b = 2,4 \text{ h}$, onde $c/a = 0,05$

$$\bar{t}_{b_8} = \frac{\int_0^{2,4} (1 - c/a) dt}{1 - 0} = 2,37 \text{ h}$$

$$W_b = \frac{F_A \bar{t}_{b_8}}{\rho_{\text{leito}} L} = \frac{6,24 \times 10^5 \times 3600 \times 2,37}{8 \times 0,461} = 0,149 \frac{\text{g soluto}}{\text{g C}}$$

$$\frac{W_b}{W_{\text{SAT}}} = \frac{0,149}{0,29} = 0,495 \Rightarrow 50\% \text{ do leito não empregado}$$

$[L_{UB} = 4 \text{ cm}]$ de leito não empregado



leito de 16cm → curva c/mesmo perfil

$$\bar{t}_{16} = \int_0^{13} \left(1 - \frac{c}{a}\right) dt = 9,59 \text{ h}$$

$$u = \frac{L}{\bar{t}_{16}} = \frac{16}{9,59} = 1,67 \frac{\text{cm}}{\text{h}}$$

$$W_{\text{TOT}} = \frac{F_A \bar{t}_{16}}{L \times \rho_{\text{leito}}} = \frac{6,27 \times 10^{-5} \times 3600 \times 9,59}{16 \times 0,461} = 0,29 \frac{\text{g soluto}}{\text{g C}}$$

conferir com o leito de 8 cm.

Até o "break-point", $t_{b,16} = 7,1 \text{ h}$, onde $c/c_0 = 0,05$.

$$\bar{t}_{b,16} = \int_0^{7,1} \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) dt = 7,07 \text{ h}$$

$$W_b = \frac{F_A t_{b,16}}{L \times \rho_{\text{leito}}} = 0,215 \frac{\text{g soluto}}{\text{g C}}$$

$$\frac{W_b}{W_{\text{TOT}}} = \frac{0,215}{0,291} = 0,739 \Rightarrow \underline{26\% \text{ do leito não empregado}}$$

$$\boxed{L_{\text{UB}} = 16 \times 0,26 = 4,2 \text{ cm}} \quad \text{OK}$$

⑥ leito de 32 cm

$$L_{VB} = \frac{4,2 + 4,0}{2} = \underline{4,1 \text{ cm}}$$

$$L_S = L - L_{VB} = 32 - 4,1 = 27,9 \text{ cm}$$

$$\frac{w_b}{w_{\text{sat}}} = \frac{27,9}{32} = 0,872 \quad \underline{\underline{13\% \text{ de leito no emprego}}}$$

$$w_b = 0,872 \times 0,29 = 0,253 \quad \underline{\underline{\text{g soluto}}}$$

g C

$$\text{Para } u' = 1,67 \frac{\text{cm}}{\text{h}} \Rightarrow t^* = \frac{L}{u'} = \frac{32}{1,67} = 19,2 \text{ h}$$

$$t_b = t^* \left(1 - \frac{L_{VB}}{L}\right) = 19,2 \left(1 - \frac{4,1}{32}\right) = 16,7 \text{ h}$$

$$\text{ou } w_b = \frac{F_A t_b}{L \times \rho_{\text{leito}}} = 0,253 \Rightarrow t_b = 16,7 \text{ h}$$

L	8	16	32
t_b	2,4	7,1	16,7
w_b/w_{sat}	0,5	0,74	0,87