

CAP 8. SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO

Sedimentação discreta por gravidade

61. Uma partícula com massa igual a 0.35 g e $\rho = 8600 \text{ kg m}^{-3}$ cai em regime laminar, atingindo a velocidade terminal de 2.7 cm s^{-1} , num líquido de massa volúmica 2900 kg m^{-3} . A partícula tem uma forma aproximadamente esférica.

- a) Qual a viscosidade dinâmica do fluido? (R: 2.16 N s m^{-2})
 b) Qual o valor do coeficiente de arrastamento? (R: 150)
 c) Qual a força de arrastamento viscoso? (R: $2.36 \times 10^{-3} \text{ N}$)

62. Determine o regime, o coeficiente de arrastamento e a força de arrastamento viscoso a que a partícula do exercício 96 estaria sujeita nas seguintes situações:

- a) $u_t = 0.97 \text{ m s}^{-1}$, $\mu = 0.08 \text{ Pa.s}$ e $\rho_w = 1900 \text{ kg m}^{-3}$; (R: *transição*; 0.88; 0.0149 N)
 b) $u_t = 3.3 \text{ m s}^{-1}$, $\mu = 0.02 \text{ Pa.s}$ e $\rho_w = 2900 \text{ kg m}^{-3}$; (R: *turbulento*; 0.44; $7 \times 10^{-7} \text{ N}$)

63. Uma esfera de aço com 0.04 cm de diâmetro ($\rho_{\text{aço}} = 7870 \text{ kg m}^{-3}$) desloca-se num óleo com massa volúmica de 820 kg m^{-3} e com viscosidade de $0.01 \text{ N m}^{-2} \text{ s}$. Determine:

- a) O regime em que se desloca a esfera e a sua velocidade terminal; (R: *transição*; 0.052 m s^{-1})
 b) A força de arrastamento viscoso; (R: $2.31 \times 10^{-6} \text{ N}$)
 c) O diâmetro que deveria ter a esfera para que o seu movimento, em condições terminais, fosse turbulento; (R: 0.008 m)
 d) A força de arrastamento viscoso que actua nas condições da alínea anterior; (R: $2.58 \times 10^{-7} \text{ N}$)

64. Considere uma partícula esférica de pirite que cai livremente em água à temperatura de 20°C ($\rho_{\text{pirite}} = 4840 \text{ kg m}^{-3}$).

- a) calcule a velocidade que a partícula atinge, sabendo que o seu diâmetro é de 5.0 mm;
 b) calcule o diâmetro da partícula para o caso em que a sua velocidade terminal é 1 m s^{-1} .
(R: 79 cm s^{-1} ; 0.8 cm)

Dimensionamento

65. Considere uma partícula de forma aproximadamente esférica, com $\phi = 0.43 \text{ mm}$ e $\rho = 8600 \text{ kg m}^{-3}$. Uma população de partículas idênticas é admitida num tanque rectangular de sedimentação gravítica com as seguintes características: $L = 9 \text{ m}$, $W = 3 \text{ m}$, $H = 2.5 \text{ m}$, $Q_e = 2000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$, $\rho_w = 2900 \text{ kg m}^{-3}$ e $\mu = 2.15 \text{ Pa.s}$. Determine:

- a) as duas componentes da velocidade das partículas no tanque; (R: 3.1 mm s^{-1} ; 0.26 mm s^{-1})
 b) a velocidade crítica de sedimentação para as condições descritas (R: 0.85 mm s^{-1})
 c) o que se pode concluir com base nos resultados anteriores?

66. Num tanque de sedimentação rectangular de escoamento horizontal a taxa de vazão é $17 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2}$. Pretende-se remover partículas que apresentam velocidades terminais de 0.1, 0.2 e 1 mm s^{-1} . Qual a percentagem de remoção a esperar para cada partícula, considerando que o tanque se comporta de forma ideal ($\rho_L = 1000 \text{ kg m}^{-3}$)? (R: 50, 100, 100 %)

67. Considere um clarificador rectangular destinado a retirar partículas de limo de suspensão. A área superficial do tanque é de 1052 m^2 . O caudal de alimentação é de $0.693 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a massa volúmica do limo é de 2600 kg m^{-3} . ($\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg m}^{-3}$; $\mu_{\text{água}} = 0.001 \text{ N s m}^{-2}$). Determine o *cut size* do equipamento e o seu limite de separação. Considerando que o diâmetro representativo das partículas de limo é de 0.02 mm, comente os resultados. (R: $19.4 \mu\text{m}$; $27.2 \mu\text{m}$)

68. Dimensione um tanque de sedimentação, de modo a que se obtenha um *cut size* de $15 \mu\text{m}$, nas seguintes condições:

- Caudal de alimentação do tanque: $Q_e = 0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- Massa volúmica do fluido: $\rho_w = 1000 \text{ kg m}^{-3}$
- Massa volúmica das partículas sólidas: $\rho_s = 2600 \text{ kg m}^{-3}$
- Viscosidade do líquido: $\mu = 0.001 \text{ N s m}^{-2}$
- Concentração no caudal de alimentação: $\chi < 0.5\% \text{ volume}$

69. Dimensione um tanque rectangular de sedimentação que remova 100 % de populações de partículas até um ϕ mínimo de 0.02 mm ($Q_e = 5870 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$; $\rho_p = 2650 \text{ kg m}^{-3}$; $\rho_w = 1000 \text{ kg m}^{-3}$; $\mu = 1.002 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

70. Um tanque de sedimentação deve tratar um caudal de entrada de $1000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$.

a) Determine as dimensões do tanque, assumindo valores típicos de projecto;

b) Qual o cut size e o limite de separação do tanque que dimensionou, para as seguintes características: $\rho_p = 8600 \text{ kg m}^{-3}$; $\rho_w = 2900 \text{ kg m}^{-3}$ e $\mu = 2.15 \text{ Pa.s}$ (verifique o regime da partícula)?

c) Verifique a ocorrência de *scouring* para os resultados que obteve em b).

71. a) Dimensione um tanque de sedimentação para receber 2.4 milhões de litros por dia. Assuma três horas de tempo de detenção hidráulica; b) O efluente recebido é o mesmo descrito no exercício 77. Determine os diâmetros de partículas cujas populações são sedimentadas a 100, 50 e 25 %.