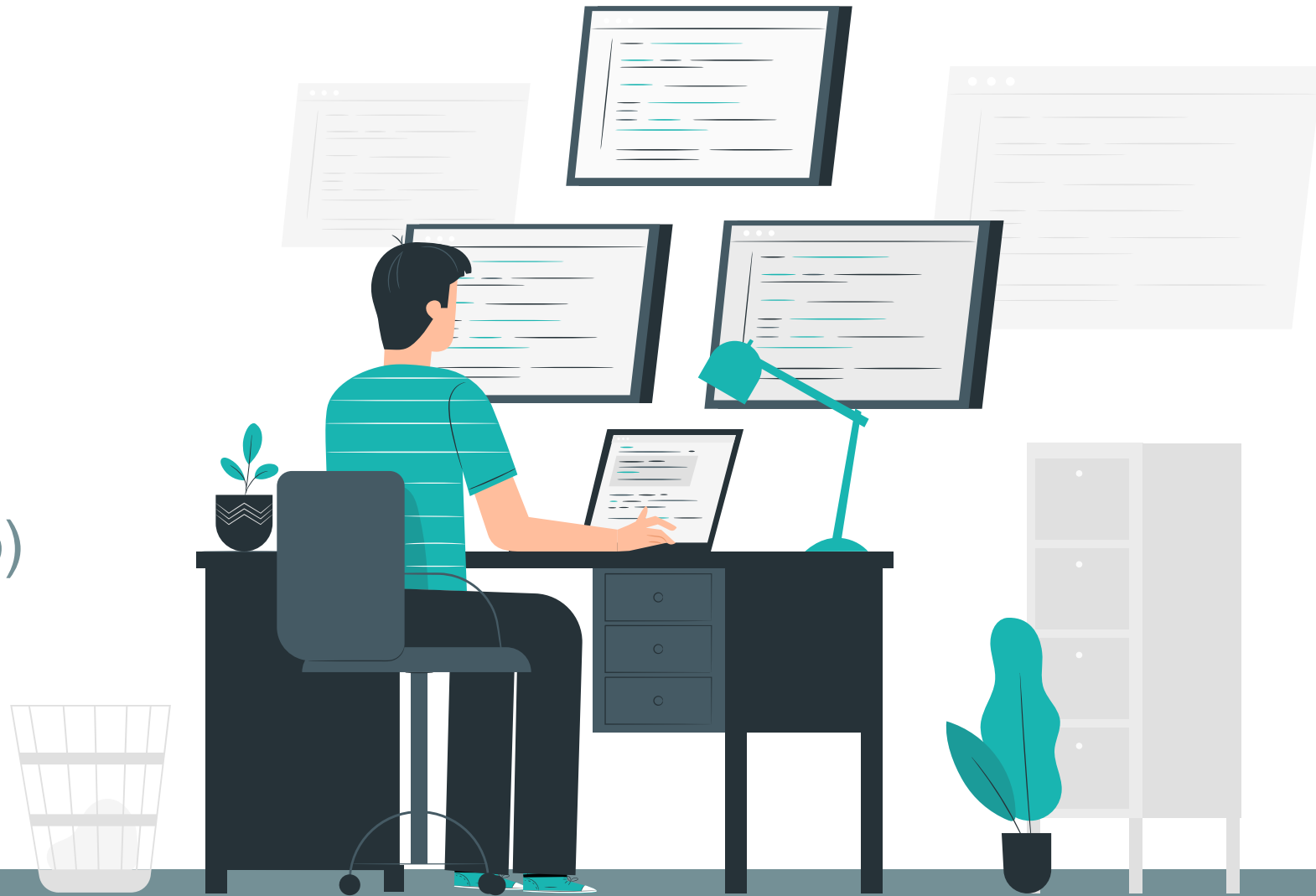




AULA 9

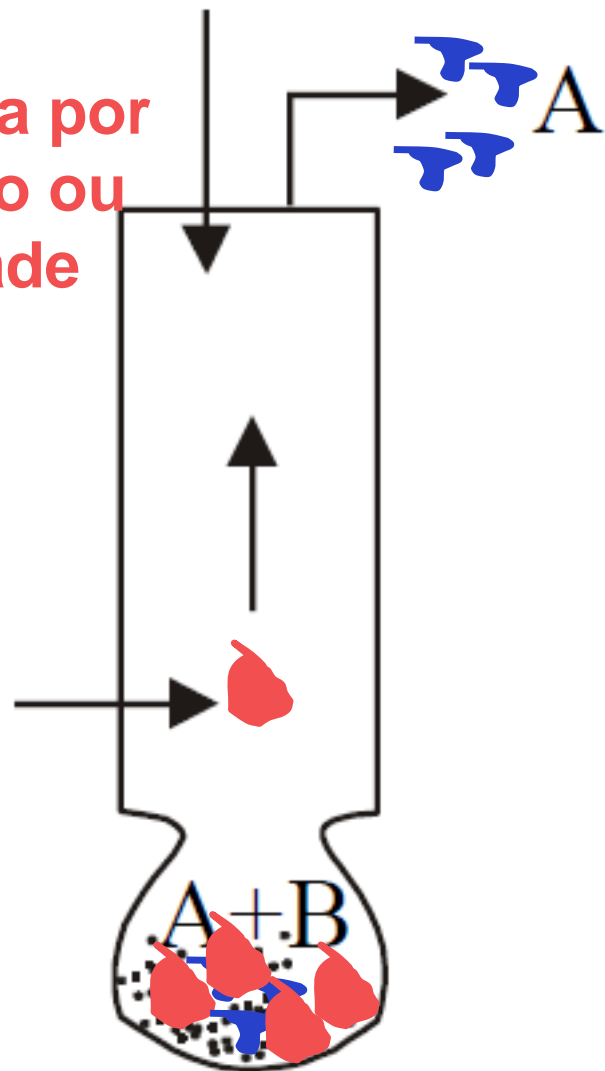
4. Elutriadores (Separação Sólido-sólido)



 $A+B$ 

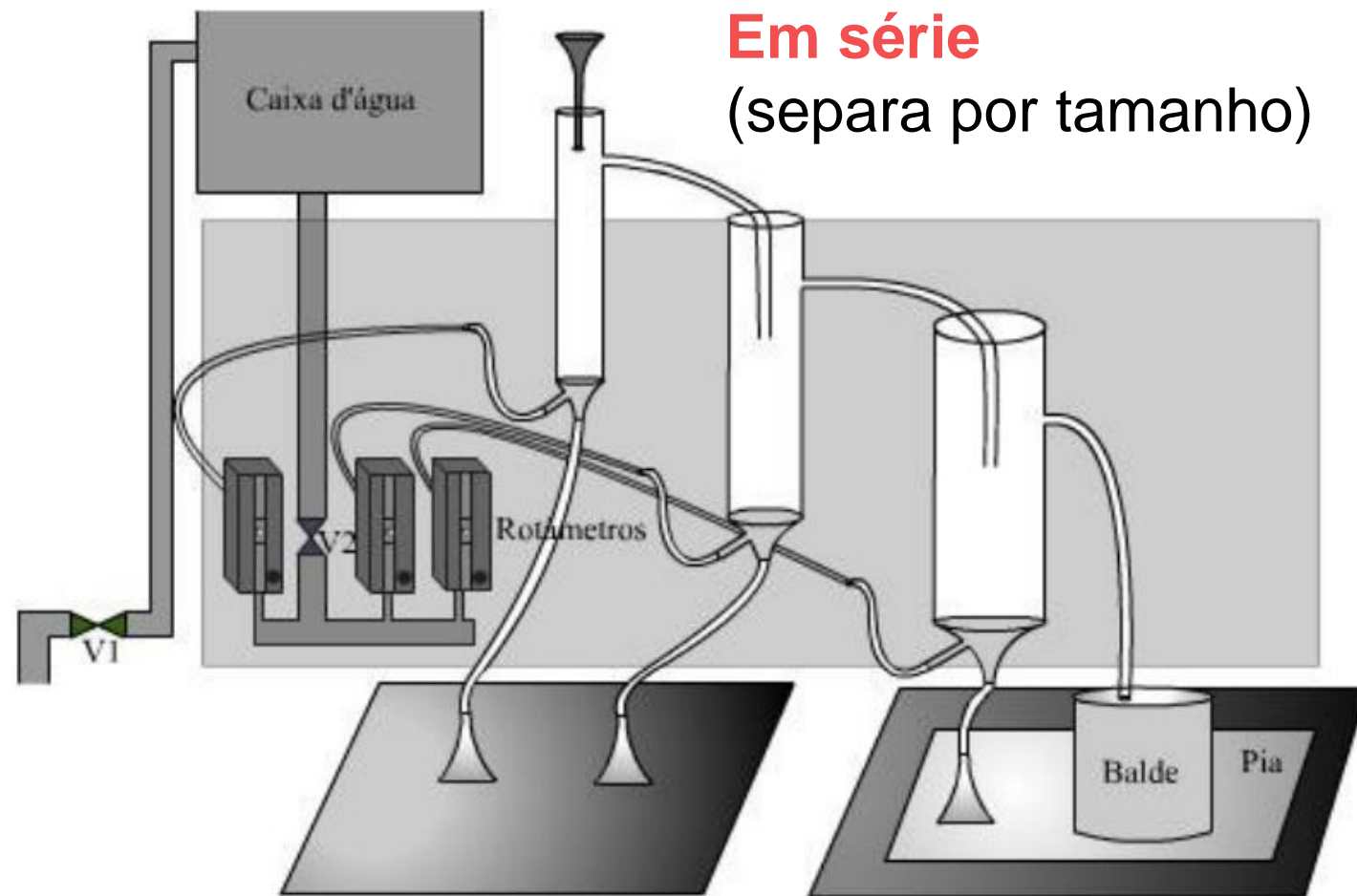
Fraciona por
tamanho ou
densidade

Água



Elutriação

Em série
(separa por tamanho)



Elutriadores: separação sólido-sólido

EX 14: Deseja-se estudar a possibilidade de separar o minério A do minério B através da elutriação com corrente ascendente de água.

$A+B$

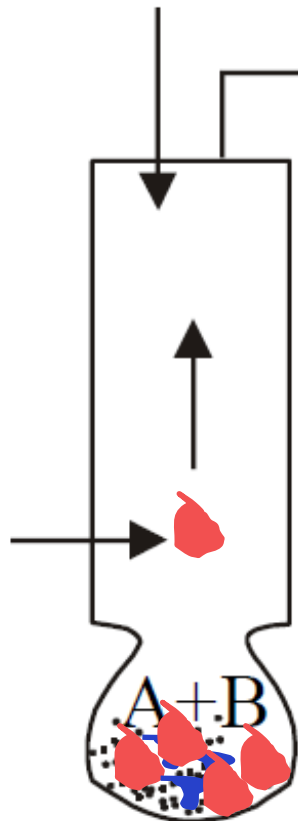
Propriedades do minério A : $\rho_{SA} = 2,2 \text{ g/cm}^3$ e $\phi_A = 0,70$

A

Propriedades do minério B : $\rho_{SB} = 3,2 \text{ g/cm}^3$ e $\phi_B = 0,85$

Faixa granulométrica da mistura $A+B$: $0,149 < D_P < 0,595 \text{ mm}$
correspondendo às peneiras 28/100 # Tyler.

Água



Dados

gravidade 980 cm/s^2

Densidade fluido 1 g/cm^3

viscosidade 0.01 Poise

EX 14:

Dados:

$$0,149 < dp(A+B) = 0,595 \text{ mm};$$

Partículas A:

$$\phi A = 0,70$$

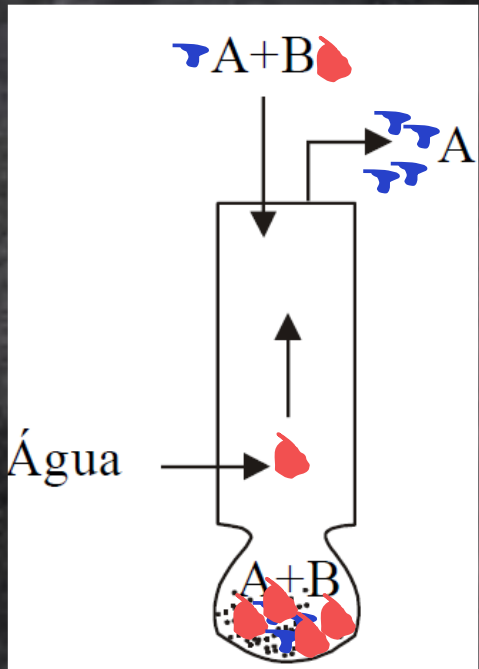
$$\rho s A = 2,2 \text{ g/cm}^3$$

Partículas B:

$$\phi B = 0,85$$

$$\rho s B = 3,2 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Fluido: } \rho = 1 \text{ g/cm}^3; \mu = 1 \text{ cP}$$



1º: Escolher D_p crítico de projeto: $D_{pB} = 0,149 \text{ mm}$

Pra que A saia puro, a menor partícula de B deve ficar no elutriador.

Assim, Velocidade do fluido = v_t da partícula crítica

2º: Cálculo de $v_t = U$

$$C_D \text{Re}^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1 \cdot (3,2 - 1) \cdot 980 \cdot (0,0149)^3}{(0,01)^2} = 95,09$$

No Regime Intermediário (partículas irregulares):

$$K_{1_B} = 0,843 \log \left(\frac{0,85}{0,065} \right) = 0,941$$

$$K_{2_B} = 5,31 - 4,88 \cdot 0,85 = 1,162$$

$$\text{Re} = \left[\left(\frac{0,941 \cdot 95,09}{24} \right)^{-1,2} + \left(\frac{95,09}{1,162} \right)^{-0,6} \right]^{-1/1,2} = 2,913$$

$$\rightarrow U = v_{t\infty B} = 1,96 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Vai existir uma partícula de A de corte (com = velocidade):
 $dp > dp_A^*$ ficarão no equipamento

EX 14:

Dados:

$0,149 < dp(A+B) = 0,595 \text{ mm}$;

Partículas A:

$\phi A = 0,70$

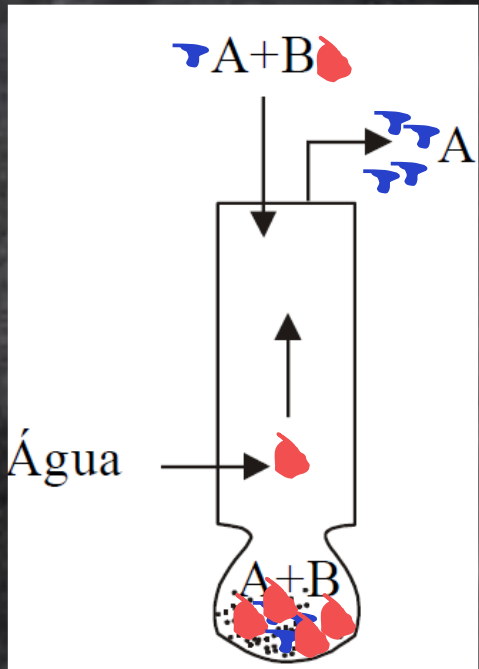
$\rho_{sA} = 2,2 \text{ g/cm}^3$

Partículas B:

$\phi B = 0,85$

$\rho_{sB} = 3,2 \text{ g/cm}^3$

Fluido: $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$; $\mu = 1 \text{ cP}$



3º: Cálculo de dpA^* para $v_t = 1,96 \text{ cm/s}$

$$\frac{C_D}{\text{Re}} = \frac{4}{3} \frac{(\rho_{sA} - \rho) \mu g}{\rho^2 v_t^3} = \frac{4}{3} \frac{(2,2 - 1) \cdot 0,01 \cdot 980}{(1,96)^3} = 2,08$$

$$K_{1_A} = 0,843 \log \left(\frac{0,7}{0,065} \right) = 0,87$$

$$K_{2_A} = 5,31 - 4,88 \cdot 0,7 = 1,894$$

$$\text{Re} = \left[\left(\frac{24}{0,87 \cdot 2,08} \right)^{0,65} + \left(\frac{1,894}{2,08} \right)^{1,3} \right]^{1/1,3} = 4,09$$

$$d_p = \frac{\mu \text{Re}}{U \rho} = \frac{0,01 \cdot 4,09}{1,96 \cdot 1} = 0,02088 \text{ cm} = 208,8 \mu\text{m}$$

Conclusão: A velocidade de elutriação de $1,96 \text{ cm/s}$ leva a:

Produto de topo (A puro): faixa granulométrica : $dp < 208,8 \mu\text{m}$

Produto de fundo: mistura de A ($0,0209 < dpA < 0,0595$) e de B ($0,0149 < dpA < 0,0595$)

EX15: (EX6 Massarani, pg 34) Uma mistura finamente dividida de galena e calcário na proporção 1:4 em massa é sujeita à elutriação com corrente ascendente de água com velocidade de 0,5 cm/s. A distribuição granulométrica dos dois materiais segue o modelo Sigmoide ($D_{50}=44,6$ micras e $p=2,27$). Calcular a percentagem de galena no material arrastado e no produto de fundo.

Dados:

Galena (A):

$$\phi_A = 0,80$$

$$\rho_{sA} = 7,5 \text{ g/cm}^3$$

Calcário (B):

$$\phi_B = 0,7$$

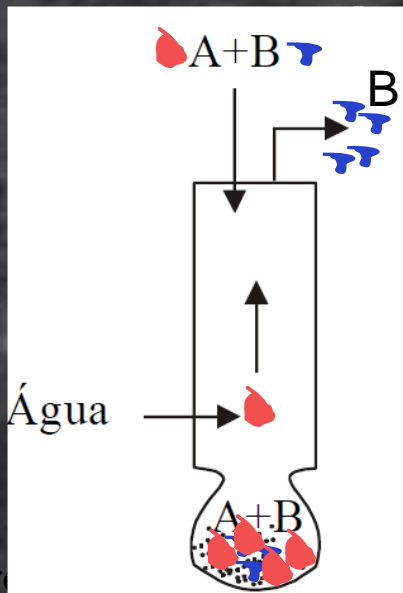
$$\rho_{sB} = 2,7 \text{ g/cm}^3$$

$$MB = 4 \cdot MA$$

Fluido:

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3;$$

$$\mu = 1 \text{ cP}$$



$$X = \frac{1}{1 + \left(\frac{44,6}{D_p} \right)^{2,27}}$$

1º: Cálculo dos diâmetros de corte

Velocidade é fixa (0,5 cm/s). existirá um dpA^* e um dpB^*

Para Galena (A):

$$\frac{C_D}{Re} = \frac{4(7,5 - 1) \cdot 0,01 \cdot 980}{3(0,5)^3} = 679,5$$

$$K_{1_A} = 0,919$$

$$K_{2_A} = 1,406$$

$$Re = \left[\left(\frac{24}{0,919 \cdot 679,5} \right)^{0,65} + \left(\frac{1,406}{679,5} \right)^{1,3} \right]^{1/1,3} = 0,197$$

$$d_{pA} = \frac{\mu Re}{U \rho} = 39,33 \mu m$$

EX15: (EX6 Massarani, pg 34) Uma mistura finamente dividida de galena e calcário na proporção 1:4 em massa é sujeita à elutriação com corrente ascendente de água com velocidade de 0,5 cm/s. A distribuição granulométrica dos dois materiais segue o modelo Sigmoide ($D_{50}=44,6$ micras e $p=2,27$). Calcular a percentagem de galena no material arrastado e no produto de fundo.

Dados:

Galena (A):

$$\phi A = 0,80$$

$$\rho_s A = 7,5 \text{ g/cm}^3$$

Calcário (B):

$$\phi B = 0,7$$

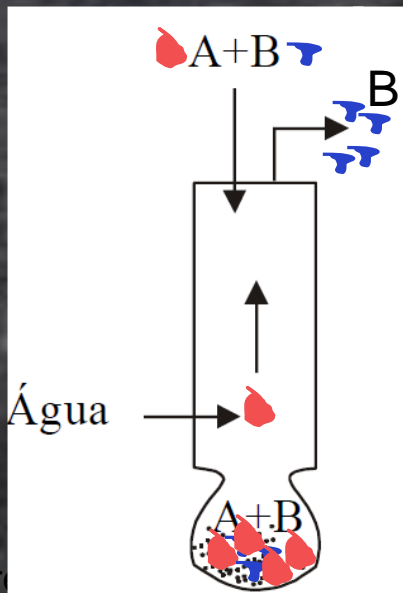
$$\rho_s B = 2,7 \text{ g/cm}^3$$

$$MB = 4 \cdot MA$$

Fluido:

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3;$$

$$\mu = 1 \text{ cP}$$



Para o Calcário (B):

$$\frac{C_D}{Re} = \frac{4}{3} \frac{(2,7 - 1) \cdot 0,01 \cdot 980}{(0,5)^3} = 177,7$$

$$\frac{K_{1_B}}{K_{2_B}} = \frac{0,870}{1,894}$$

$$Re = \left[\left(\frac{24}{0,87 \cdot 177,7} \right)^{0,65} + \left(\frac{1,894}{177,7} \right)^{1,3} \right]^{1/1,3} = 0,397$$

$$d_{pB} = \frac{\mu Re}{U \rho} = 79,35 \mu m$$

Dados:

Galena (A):

$$\phi_A = 0,80$$

$$\rho_{SA} = 7,5 \text{ g/cm}^3$$

Calcário (B):

$$\phi_B = 0,7$$

$$\rho_{SB} = 2,7 \text{ g/cm}^3$$

$$MB = 4 \cdot MA$$

Fluido:

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3;$$

$$\mu = 1 \text{ cP}$$

Usando a Equação:

$$X = \left[1 + \left(\frac{44,6 \mu m}{D} \right)^{2,27} \right]^{-1}$$

Para Galena (A):

$$d_{pA} = 39,33 \mu m$$

$$X_A = 0,429$$

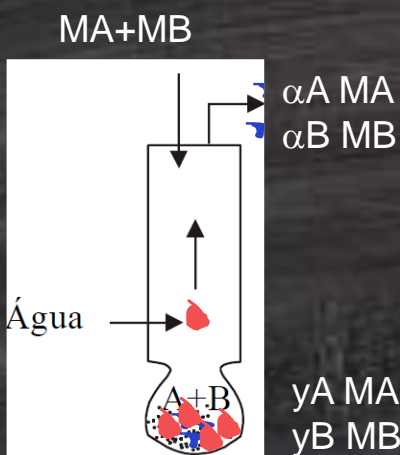
Para o Calcário (B):

$$d_{pB} = 79,35 \mu m$$

$$X_B = 0,787$$

42,9% da galena e 78,7% do calcário foram arrastados, saem no topo

Balanço de massa no elutriador:



No fundo:

$$y_{Gal} = \frac{1 \cdot (1 - 0,429)}{1 \cdot (1 - 0,429) + 4 \cdot (1 - 0,787)} = 0,401$$

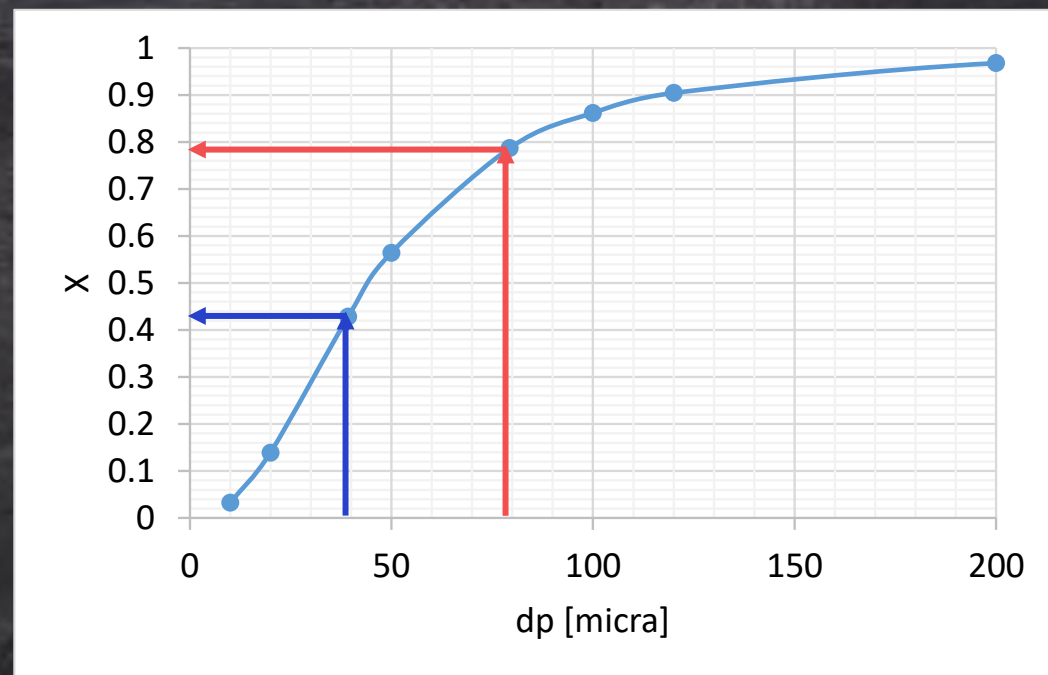
$$y_{calc} = \frac{4 \cdot (1 - 0,787)}{1 \cdot (1 - 0,429) + 4 \cdot (1 - 0,787)} = 0,599$$

No topo:

$$\alpha_{Gal} = \frac{1 \cdot (0,429)}{1 \cdot (0,429) + 4 \cdot (0,787)} = 0,12$$

$$\alpha_{calc} = \frac{4 \cdot (0,787)}{1 \cdot (0,429) + 4 \cdot (0,787)} = 0,88$$

Caso fosse dado só o gráfico:



A operação produz uma corrente concentrada em calcário no topo

EX16: (EX1 Massarani, pg 32) Foram os seguintes os resultados obtidos na elutriação de 25 g de um pó industrial com água a 30°C, numa vazão de 37cm³/min. Determinar a distribuição granulométrica da amostra em termos do diâmetro de Stokes, sabendo-se que a densidade do sólido é 1,8 g/cm³.

Dados: $d_p < 100 \mu\text{m}$

Vazão: $Q=37 \text{ cm}^3/\text{min}$

Massa: 25 g partículas

Partículas:

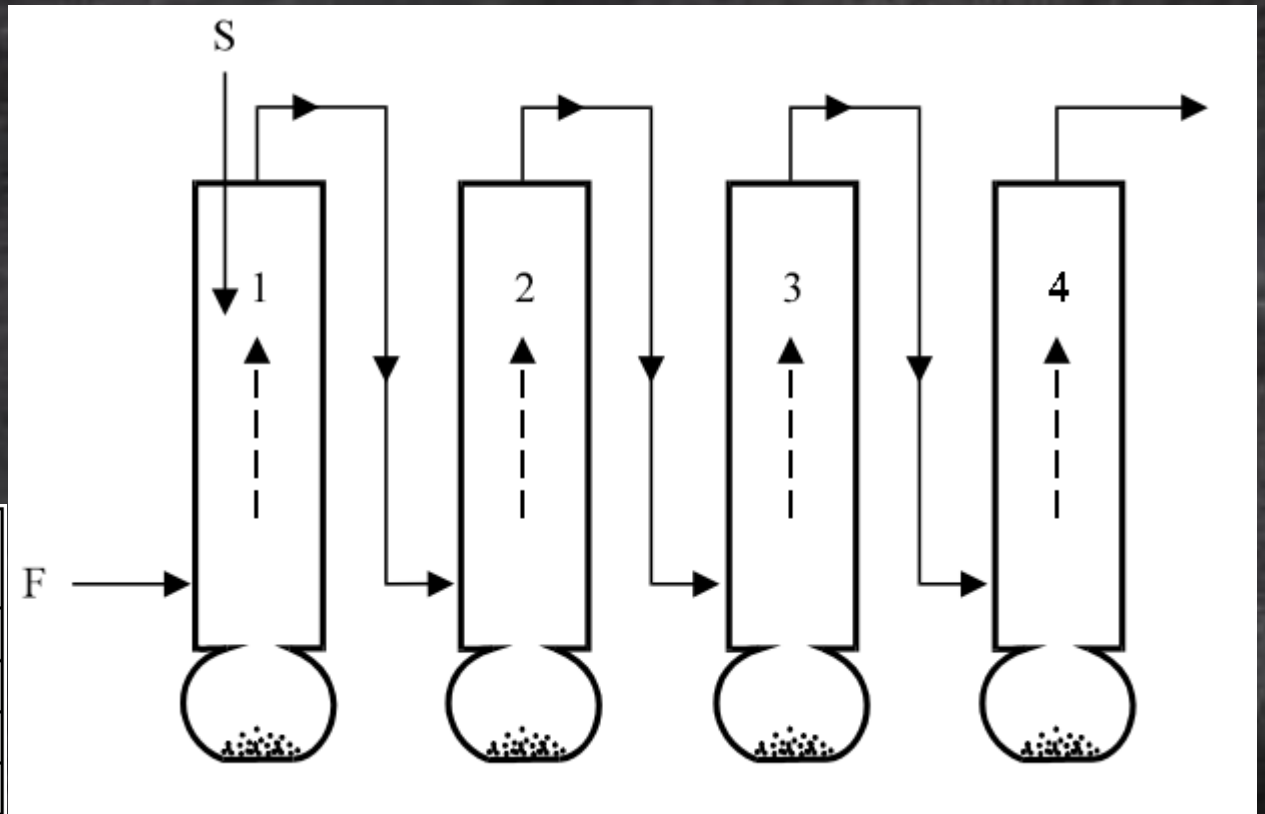
$\rho_s=1,8 \text{ g/cm}^3$

Fluido:

$\rho=1 \text{ g/cm}^3$

$\mu=1 \text{ cP}$

Elutriador	Diâmetro do tubo (cm)	Massa recolhida (g)
1	3,0	4,62
2	4,0	6,75
3	6,0	7,75
4	12,0	4,42



Dados:

$d_p < 100 \mu m$

$Q = 37 \text{ cm}^3/\text{min}$

Massa: 25 g

Partículas:

$\rho_s = 1,8 \text{ g/cm}^3$

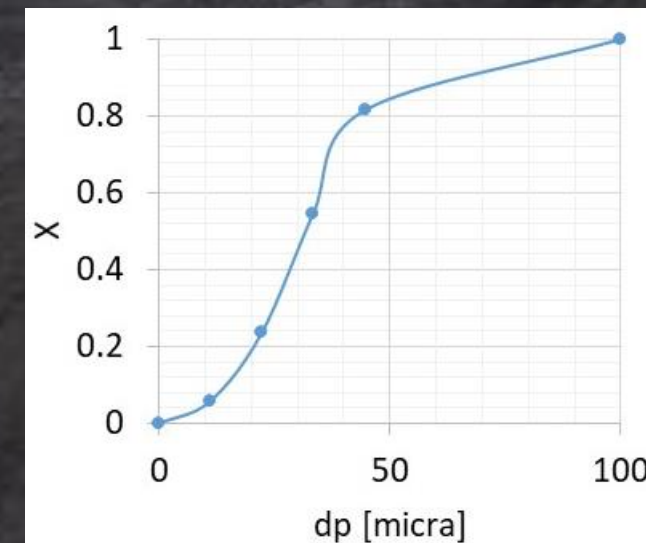
Fluido: $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$

$\mu = 1 \text{ cP}$

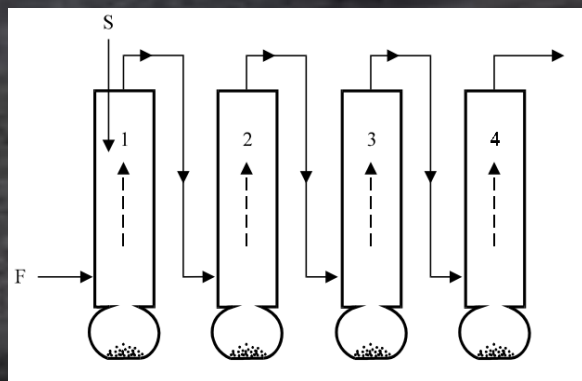
$$U = \frac{Q}{A} = 37 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \frac{4}{\pi D_t^2}$$

$$\frac{C_D}{\text{Re}} = \frac{4(\rho_s - \rho)\mu g}{3\rho^2 v_t^3} = \frac{4(1,8 - 1) \cdot 0,01 \cdot 980}{3(v_t)^3}$$

$$\text{Re} = \left[\left(\frac{24 \text{Re}}{C_D} \right)^{0,88} + \left(\frac{0,43 \text{Re}}{C_D} \right)^{0,88/2} \right]^{(0,88)^{-1}}$$



$$d_p = \frac{\mu \text{Re}}{U \rho}$$



Elutriador	Diâmetro do tubo (cm)	Massa recolhida (g)
1	3,0	4,62
2	4,0	6,75
3	6,0	7,75
4	12,0	4,42

Elut. i	D tubo [cm]	U = vt [cm/s]	CD/Re	Rep	dp min [cm]	dp max	mi [g]	Δx	X
alim					0,010		25		1
1,000	3,000	0,087	1,57E+04	0,039	0,004	0,010	4,620	0,185	0,815
2,000	4,000	0,049	8,85E+04	0,016	0,003	0,004	6,750	0,270	0,545
3,000	6,000	0,022	1,01E+06	0,005	0,002	0,003	7,750	0,310	0,235
4,000	12,000	0,005	6,45E+07	0,001	0,001	0,002	4,430	0,177	0,058
saida					0		1,45		0

Atividades da Aula 9

Individual:

- ☐ Refaça os exercícios.
- ☐ Faça Exercícios do livro Massarani deste tema.
- ☐ Assista vídeos indicados

