

EXERCÍCIO: Dispersão Hidrodinâmica - Ensaio de Coluna - 2

Na aula anterior foram vistos três métodos para estimar o fator de retardamento  $R_d$  e o coeficiente de dispersão hidrodinâmica  $D_{dh}$  a partir de resultados de ensaios de coluna com base na equação de Ogata e Banks (1961). Nesta aula serão apresentados mais três métodos, desenvolvidos por Shackelford<sup>1</sup> (1995).

4) Estimativa de  $R_d$  pelo método da massa acumulada,  $T_0=R_d$

Traça-se a curva CMR x T. Ajusta-se uma reta de 45° de inclinação ( $\Delta\text{CMR}=\Delta T$ ) aos últimos pontos da curva. Obtém-se  $R_d$  pela intersecção dessa reta com o eixo das abscissas (CMR=0).

$$\text{CMR} = \frac{\sum_{i=1}^k \Delta m_i}{c_0 V_v}$$

CMR razão de massa acumulada  
 k número total de amostras de efluente coletadas  
 $V_v$  volume de vazios do corpo-de-prova

5) Estimativa de  $R_d$  pelo método da massa acumulada,  $(T-\text{CMR}) \times T$

Traça-se a curva  $(T-\text{CMR}) \times T$ . Ajusta-se uma reta horizontal aos últimos pontos da curva. Obtém-se  $R_d$  pela intersecção dessa reta com o eixo das ordenadas.

6) Estimativa de  $D_{dh}$  pelo método da massa acumulada

Uma vez determinado  $R_d$ , pelo método (4) ou (5), arbitra-se um valor para  $D_{dh}$ , e calculam-se os valores de CMR para todos os valores de T nos quais foram feitas medições de concentração efluente pela equação a seguir:

$$\frac{c_e}{c_0} = \frac{1}{2} [\text{erfc}(\varepsilon_1) + \exp(\varepsilon_2) \text{erfc}(\varepsilon_3)]$$

Onde:

$$\varepsilon_1 = \frac{R_d - T}{2 \sqrt{\frac{TR_d}{P_L}}} \quad \varepsilon_2 = P_L \quad \varepsilon_3 = \frac{R_d + T}{2 \sqrt{\frac{TR_d}{P_L}}}$$

Calcula-se o vetor diferença {DIF} =  $(\text{CMR}_{\text{lab}}) - \{\text{CMR}_{\text{cal}}\}$ , e o erro pela expressão a seguir:

<sup>1</sup> Shackelford, C. (1995). "Cumulative Mass Approach for Column Testing." J. Geotech. Engrg., 10.1061/(ASCE)0733-9410(1995)121:10(696), 696-703.

$$\text{erro} = \frac{\|\{DIF\}\|}{\|\{CMR_{lab}\}\|}$$

Procura-se, por tentativas, o valor de  $D_{dh}$  que causa o erro mínimo.

Tendo em vista o exposto, pede-se determinar  $R_d$  e  $D_{dh}$  para um solo saprolítico de granito ensaiado com uma solução de cádmio de 74 mg/L e pH 5,5, com base nos resultados experimentais a seguir:

Altura  $L = 5,00$  cm  
 Diâmetro  $D = 7,00$  cm  
 Porosidade  $n = 0,47$

Massa específica seca do corpo-de-prova  $\rho_d = 1,429$  g/cm<sup>3</sup>  
 Coeficiente de permeabilidade à água  $k = 4,5 \times 10^{-8}$  m/s  
 Gradiente hidráulico  $i = 30$

Tempo (h)	Amostra	Volume efluente $V_e$ (cm <sup>3</sup> )	$C_e$ (mg/L)
3,00	1	47	0,0002
5,08	2	78	0,0045
16,92	3	263	0,15
3,18	4	49	0,59
4,23	5	65	0,26
2,50	6	39	0,26
11,38	7	180	0,36
4,92	8	780	0,98
5,22	9	83	2,08
14,82	10	237	5,75
2,92	11	47	10,73
5,48	12	90	13,47
16,97	13	275	15,57
3,30	14	52	28,5
4,07	15	66	30,83
18,30	16	302	38,42
5,58	17	91	47
25,68	18	430	54,4
13,93	19	224	62,9
5,45	20	87	63
2,73	21	46	65,4
15,13	22	241	69,5
5,85	23	93	70,7
3,68	24	58	70,1
15,12	25	235	70,4
5,52	26	86	71,2
3,17	27	50	74,5
14,95	28	239	73,2
3,97	29	64	72,9
6,20	30	98	72,7
14,00	31	223	72,5
4,58	32	73	72,1