

3º teste para avaliação contínua

18/12/2019

duração: 2.0 h

---

**PARTE PRÁTICA (treze valores)**

---

**Exercício I (5.5 valores)**

Pretende-se transportar, em regime uniforme, um caudal de  $1.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de água residual com partículas em suspensão, num canal com secção transversal rectangular. O canal é de betão ( $K = 75$ ), com 3 m de rasto e declive longitudinal de 7 ‰.

**1.1. Determine a altura de escoamento para as seguintes situações:**

- a) se a velocidade de escoamento fosse a mínima admissível;
- b) se a velocidade de escoamento fosse a crítica;
- c) em regime uniforme;

**1.2. Classifique o escoamento.**

---

**Exercício II (7.5 valores)**

Pretende-se separar 100% da população de partículas de forma aproximadamente esférica e com o diâmetro mínimo de  $20 \mu\text{m}$ , com recurso ao método da sedimentação gravítica. Dimensione o/os equipamento/os (tanque/tanques) de modo a tratar um caudal total de  $500\,000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ . As partículas têm massa volúmica =  $5300 \text{ kg m}^{-3}$ . O líquido tem massa volúmica de  $1800 \text{ kg m}^{-3}$  e viscosidade dinâmica de  $0.015 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ .

- a) Determine a velocidade terminal das partículas no tanque e a força de arrastamento viscoso a que estão sujeitas;
- b) Qual a carga hidráulica de superfície do tanque? Justifique;
- c) Determine as dimensões do tanque e o tempo de detenção hidráulica, explicando todos os passos e fazendo todas as verificações necessárias, de acordo com critérios de projecto;
- d) Dimensione o descarregador para o *outflow* de modo a manter constante a altura de líquido dentro do tanque (considere  $CH_{\text{des}} = 300 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-1}$ );
- e) Determine o *cut size* do tanque que dimensionou.

**FIM da parte prática**

**(ver formulário no verso)**

**Formulário**

*Escoamento em superfície livre: Lei de resistência de Gaukler-Manning*

$$Q = A K R^{2/3} j^{1/2} \quad \text{com } Q \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{), } A \text{ (m}^2\text{), } R \text{ (m) e } j \text{ (m m}^{-1}\text{)}$$

*Escoamento em superfície livre: Geometria das secções transversais*

Secção rectangular

$$A = bh_u, \quad P = b + 2h_u, \quad h_c = \sqrt[3]{\frac{q_0^2}{g}}$$

Secção trapezoidal

$$A = bh_u + sh_u^2 \quad P = b + 2h_u \sqrt{1 + s^2}$$

*Sedimentação de partículas, flocos e nuvens*

	$v_T$	Fv	Cv	Heywood
Laminar	$\frac{g(\rho_p - \rho_w)\phi_p^2}{18\mu}$	$F_v = 3\pi\mu u_p \phi_p$	$C_v = \frac{24}{Re_p}$	$\varphi = \frac{4g(\rho_p - \rho_w)\rho_w\phi^3}{3\mu^2}$ $\psi = \frac{4g(\rho_p - \rho_w)\mu}{3\rho^2 u_T^3}$
Transição	$\sqrt{\frac{4g}{3C_v} \left(\frac{\rho_p}{\rho_w} - 1\right) \phi_p}$	$F_v = 3\pi\mu u_p \phi_p \times$ $\times (1 + 0.15 Re_p^{0.687})$	$C_v = \frac{24}{Re_p} + \frac{3}{Re_p^{1/2}} + 0.34$	
Turbulento	$\sqrt{3.33g \left(\frac{\rho_p}{\rho_w} - 1\right) \phi_p}$	$F_v = 0.055\pi\mu u_p^2 \phi_p^2$	$C_v \approx 0.44$	

$$q_0 = \frac{Q_0}{A_s}$$

$$G(x) = u_T \frac{A_s}{Q_e}$$

*Valores típicos de dimensionamento de tanques de sedimentação rectangulares*

Parâmetro	Unidades SI	Intervalo
$\theta$	h	1.5 - 6
$q_0$	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	0.5-3
Re	adim	< 20000

Dimensão	Unidades SI	Intervalo
Profundidade	m	3 - 5
Comprimento	m	15 - 90
Largura	m	3 - 25

*Verificações*

$$Re = \frac{v_H R_H}{\nu} \quad u_{sc} = \left( \frac{8K(d_p - 1)g\phi_p}{f} \right)^{1/2} \quad \text{com } k = 0.04 \text{ e } f = 0.025$$

*Descarregador final do tanque*

$$CH_{desc} = \frac{Q_e}{W_{desc}}, \quad N^o_{canal} = \frac{W_{desc}}{2L_{canal}}, \quad E_{canal} = \frac{W_{Tanque} - W_{canal} N^o_{canal}}{N^o_{canal} + 1}$$