

## IPH 058 – Tratamento de Água e Esgoto – Engenharia Hídrica, 2018-1S

### EXERCÍCIOS:

1- Considere um rio classificado como Classe 2 (Resolução CONAMA 357/05, acessável pelo link da pag. 2 do Cap. 1: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Sua vazão a montante de um ponto de lançamento de esgotos domésticos é de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , e sua  $\text{DBO}_5$  é de  $4,6 \text{ mg/L}$ . Se a vazão de esgoto lançada é de  $750 \text{ m}^3/\text{dia}$ , e a  $\text{DBO}_5$  do mesmo está no limite admitido pela Resolução CONSEMA 128/2006 ([www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id4887.htm](http://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id4887.htm) clicando em “Texto integral”), o rio continuará como classe 2 ?

Apresente uma comprovação da sua decisão, pelo uso da Equação 15 do Cap. 2.

**Obs:** é adequado observar a Figura 3 do capítulo 2, para realizar as verificações necessárias.

**Resposta:** A  $\text{DBO}_5$  no ponto de mescla das correntes será de  $4,73 \text{ mg/L}$ , inferior às  $5,00 \text{ mg/L}$ , que é o valor mínimo exigido pela Resolução CONAMA 357/05, para que o rio seja classe 2.

2- Considere que um esgoto doméstico tratado por uma ETE contenha  $1 \times 10^6 \text{ CF}/100 \text{ mL}$  e que a concentração de CF na água do rio seja  $1 \times 10^2 \text{ CF}/100 \text{ mL}$ . Admita que a velocidade da água no rio seja de  $0,22 \text{ m/s}$ . As vazões no rio e esgotos domésticos são de  $5.000 \text{ L/s}$  e  $130 \text{ L/s}$ , respectivamente.

Admitindo-se uma constante de decaimento de  $1,0 \text{ d}^{-1}$ , qual será a concentração de CF em um ponto  $14 \text{ km}$  à jusante do lançamento?

Se desejar, gere o perfil da concentração de CF, similar ao da fig 6 do Cap. 2...

**Resposta:**  $N_0 =$  ;  $t_{14\text{km}} =$  ;  $N_{\text{CF } 14\text{km}} =$

3- Dimensionar um sistema de gradeamento de ETE para as seguintes condições: Vazões mínima, média e máxima iguais a  $125 \text{ L/s}$ ,  $250 \text{ L/s}$  e  $450 \text{ L/s}$ . As barras serão de seção retangular com dimensões  $9,5 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$  e com espaçamento de  $25 \text{ mm}$ . A velocidade admitida através das barras é de  $1,0 \text{ m/s}$ .

**Solução:** (a solução aqui apresentada tem, ao final, um detalhamento não apresentado na nota de aula do capítulo 4)

A área útil da grade será:

$$A_u = \frac{Q_{\max}}{v} = \frac{0,450 \text{ m}^3/\text{s}}{1,0 \text{ m/s}} = 0,45 \text{ m}^2$$

A eficiência da grade será:

$$E = \frac{25}{25 + 9,5} = 0,725$$

A área da seção do canal será:

$$S = \frac{A_u}{E} = \frac{0,45 \text{ m}^2}{0,725} = 0,62 \text{ m}^2$$

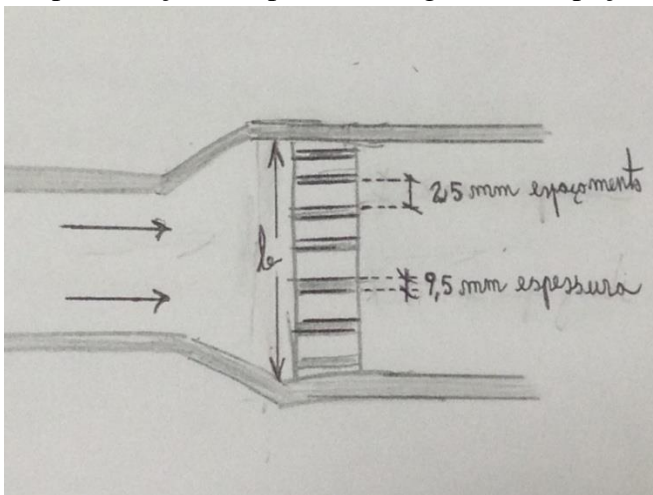
A largura “**b**” do canal da grade será:  $S = \mathbf{b \cdot H} \rightarrow \mathbf{b} = 0,62 \text{ m}^2 / 0,60 \text{ m} = \mathbf{1,035 \text{ m}}$

Dividindo a largura “**b**” (1,035m) pela soma da espessura de uma barra mais o espaço entre barras, teremos o número de conjuntos (espaços+espessura de barras), ou seja:

Conjuntos (espaço+espessura) =  $1,035\text{m} / (0,025\text{m} + 0,0095\text{m}) = \mathbf{30 \text{ conjuntos}}$

Um dos espaços de 0,025m é dividido em dois, resultando **0,0125m** para o espaço entre as barras das extremidades e a parede da seção onde a grade é alojada.

A figura abaixo representa esquematicamente a solução proposta para o gradeamento, com o canal de aproximação, a espessura das grades, o espaçamento entre as barras.



Planta do gradeamento da ETE.

**4- Exercício proposto para casa** (tema: sedimentação, item 4.2.2)

A velocidade crítica em um tanque de sedimentação é 32cm/min. Se o tanque tiver largura B = 1,30m e um comprimento L = 16,0m, qual é a vazão que o tanque recebe ?

**Resposta:** Q = 110,93 L/s

**5- Exercício proposto para casa** (tema: sedimentação, item 4.2.2)

Um teste de sedimentação de uma suspensão de areia apresentou os resultados mostrados na tabela. Qual é a fração total removida para uma taxa de aplicação superficial de 520,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-dia?

Tempo (min)	C <sub>t</sub> (mg SS/L)
0	450
3	330
5	215
10	176
20	101
40	67
60	39

**Resposta:** a percentagem de sólidos removida será .....

6- Exercício proposto para casa (tema: decantação primária em ETE, item 10.4 e 10.5). Para proceder o dimensionamento do decantador primário, deverão ser consultadas:

A- a norma ABNT 12209/2011, disponível no site da UFRGS para consulta;

B- elementos gráficos das páginas 11 e 12 das notas de aula do Cap. 10 (AVASAN). Como foi informado, não será cobrado o item 10.4 que descreve o teste de sedimentação, feito em laboratório. Mas deste item é necessário consultar alguns elementos gráficos das páginas 11 e 12 (Figuras 6 e 7, pelo menos...).

*Sugere-se que antes de resolver esta questão, explore-se a animação representativa do “Decantador Circular ETE”, no AVASAN. Esta animação não é acessável por celular nem por Ipad.*

Um decantador primário (DP) circular de uma ETE deverá tratar os esgotos de uma comunidade. A jusante do decantador primário haverá um filtro biológico. As vazões afluentes à ETE são:  $Q_{\text{máx}} = 1000 \text{ L/s}$ ;  $Q_{\text{med}} = 650 \text{ L/s}$ ;  $Q_{\text{min}} = 350 \text{ L/s}$ .

Dimensione o DP (*área e volume*) para que o mesmo proporcione 50% de remoção de SS;

**Adote:**

a- profundidade mínima recomendada pela norma, junto a lateral da parede do decantador;

b- declividade mínima de fundo, recomendada pela norma;

c- *volume útil* do decantador circular;

d- uma *velocidade periférica* adequada (especifique-a) para o dispositivo de remoção de lodo.

**Para os dimensionais obtidos, verifique:**

a- a eficiência que ocorrerá na remoção de DBO;

b- volumetria da parte cônica do fundo do decantador;

c- qual deverá ser o *desnível mínimo* entre o NA no DP e o nível máximo no poço que recebe a descarga de lodo (vide animação “Decantador Circular ETE” no AVASAN), sabendo que a perda de carga no trajeto do fundo do DP até a descarga no poço de lodo é de 1,3 m. O nível máximo admissível no poço de lodo é limitado pelo acionamento da bomba de lodo, que entra em operação assim que o leitor de nível identifica o nível máximo no poço.

7- (*Tema: cap. 5 e 6*) Para uma ETA que adote coagulantes no tratamento da água, são necessárias diversas atenções no projeto, desde o ponto de adição de coagulantes até a saída do decantador retangular. Cite todos os “pontos chave”, ou seja, o nome das unidades (instalações, dispositivos...), descrevendo as funções dos mesmos no processo de tratamento, visando propiciar mescla eficiente de aditivos, uma boa floculação dos sólidos, uma uniforme distribuição do fluxo na área transversal do decantador. Responda esta questão digitando a seguir a resposta. Use todo o espaço que desejar.

**Resposta: ....**

8- (Tema: Cap. 6 e 7) Leia as afirmações dos itens A, B, C, D e E, e depois classifique-as como Verdadeiras (V) ou Falsas (F) na tabela apresentada.

**A** – Considere um filtro rápido de areia mantido com uma lâmina de água de altura constante sobre a superfície arenosa. Na medida em que passa o tempo, a colmatação aumenta, e a taxa de infiltração diminui, mantendo-se constante a pressão interna no leito do filtro, a uma determinada profundidade abaixo da superfície arenosa;

**B** – Os filtros rápidos são eficientes na remoção de sólidos, ainda que não removam microorganismos, razão pela qual, após a passagem pelos filtros procede-se a imprescindível cloração;

**C** – A velocidade de decantação de partículas sólidas em um decantador diminui com a queda da temperatura da água por uma razão física única: uma menor temperatura implica no aumento da densidade da água, conseqüentemente diminuindo a velocidade de decantação;

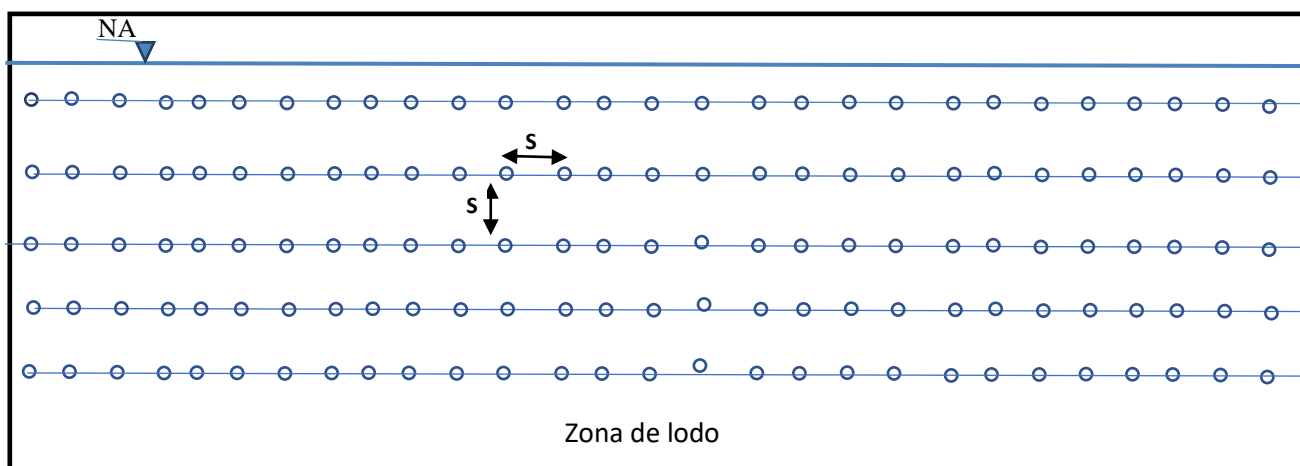
**D** – Em uma cortina difusora, na entrada de um decantador retangular, o *quociente* entre a “distância para interferência dos jatos pelos orifícios” e o “afastamento entre orifícios”, aumenta com o decréscimo do número de Reynolds;

**E** – Considere um tubo de 0,20 m de diâmetro e 10 m de comprimento, assentado perfeitamente na horizontal. Em um dos extremos entra uma vazão de 60 L/s. O tubo é tamponado no extremo oposto à entrada de água, tendo apenas duas saídas formadas por tubos de 50mm de diâmetro e 5cm de comprimento, voltados para cima, para dar uma descarga vertical. O tubo de 50mm no qual a água jorrará a uma altura maior será o tubo de jusante.

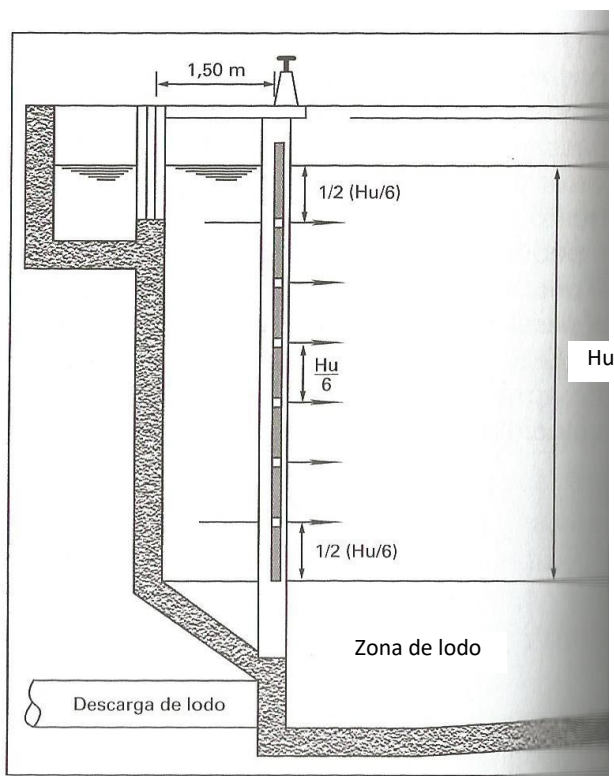
<b>F ou V ?</b>	<b>Informações a serem classificadas como Verdadeiras (V) ou (F) na coluna esquerda</b>
	São falsas as afirmações A, B e E.
	São verdadeiras as afirmações D e E.
	São verdadeiras as afirmações A, D e E.
	São verdadeiras as afirmações C e E.
	São falsas as afirmações B e E

9- (Tema: Cap. 6). Considere o decantador de ETA (vide figuras abaixo) operando com uma vazão constante de 80 L/s de água a 20 °C (viscosidade cinemática de  $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). O nível da água (NA) é indicado. A figura apresenta a vista frontal da cortina distribuidora, com 5 linhas horizontais de 28 orifícios cada uma. Cada orifício tem um diâmetro de 6 cm. O espaçamento “S” entre furos é de 60 cm. (Apesar de que o mesmo, por norma, não deva exceder a 50 cm).

**Solicita-se:** Determine o gradiente de velocidade “G” que ocorrerá nos orifícios da cortina (para o coeficiente de descarga “ $C_D$ ” através dos orifícios, adote o valor 0,61).



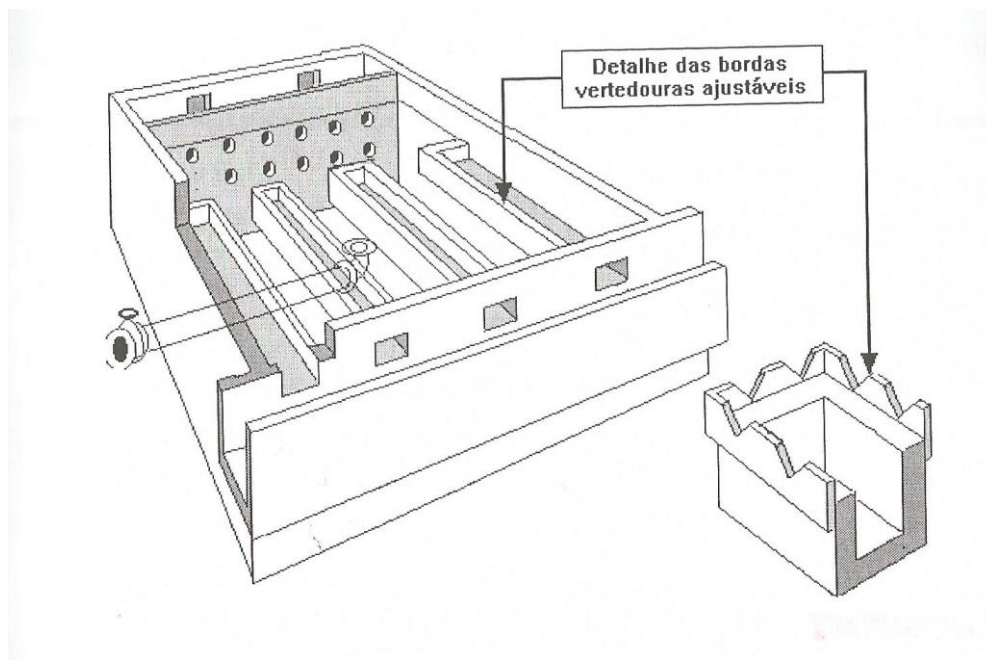
**Vista frontal** da cortina distribuidora.



**Corte da zona de entrada do decantador:** considere que existam apenas cinco linhas horizontais de furos, tal como está representado na vista frontal.

**10-** (Tema: Cap. 6 - Decantação em ETA) O desenvolvimento desta questão deve ser entregue manuscrito, na folha distribuída. O decantador da figura recebe 75 L/s. Observe a concepção das calhas representadas, e calcule:

- O comprimento das bordas coletoras das calhas para uma vazão nos vertedouros igual a 1,5 L/s.m;
- A altura interna das calhas de seção retangular, com largura de 35cm, operando com descarga livre;
- Qual será o nível de água nos vertedores triangulares (não representados na figura), com largura de 0,13m e altura 0,065m, admitindo que se tenha um total de 180 vertedores ?



**11-** (Tema: filtração; NBR 12216) Considere uma ETA que trata 80.000 m<sup>3</sup>/dia; os filtros rápidos são de fluxo descendente. Considere as afirmações que seguem, e a seguir decida se as mesmas atendem ou infringem o que é prescrito na NBR 12216, preenchendo a primeira coluna da tabela com V (verdadeiro) caso atendam, ou com F (falso), caso não atendam.

- Se a água para a lavagem dos filtros é a tratada pela própria ETA, a volumetria armazenada deve ser suficiente para duas operações de lavagem;
- durante a retrolavagem dos filtros a agitação da superfície pode ser feita com o uso de rastelo (ferramenta de cabo longo, com garras para revolvimento da areia superficial);
- Se em uma ETE a espessura do leito filtrante é de 60 cm, e a lavagem dos filtros em contracorrente faz com que a espessura do mesmo passe para 80 cm, pode-se afirmar que esta expansão é admissível pela norma;
- Considerando que a ETA tenha 4 filtros em operação simultânea, cada um com 45m<sup>2</sup>, a taxa de aplicação superficial excederá ao limite que a NBR 12216 determina;
- O bombeamento para encher o reservatório elevado que armazena água para a retrolavagem leva um tempo de 50 minutos para fazê-lo.

<b>F ou V ?</b>	<b>Informações a serem classificadas como Verdadeiras (V) ou (F) na coluna esquerda</b>
	A afirmação A atende a NBR 12216
	As afirmações A e C atendem a NBR 12216
	As afirmações C e D não atendem a NBR 12216
	As afirmações B e E não atendem a NBR 12216
	As afirmações B, C e D não atendem a NBR 12216

**12-** Você foi encarregado de fazer inspeções e emitir um laudo técnico relativo às condições de uma ETA que trata 20.000m<sup>3</sup>/dia. Para tanto você deve definir se a ETA atende ou não a itens da NBR 12216. Considere as diversas constatações registradas por você, decidindo se atendem a norma NBR 12216 (SIM, ou NÃO).

Sempre que necessário faça cálculos, mas não é necessário apresentá-los.

**A** – Durante a retrolavagem, a agitação da camada superficial é realizada hidraulicamente pelos operadores, com jato de água;

**B** - A vazão adotada para a lavagem em contra-corrente promove uma expansão do leito de 15% em relação a sua altura quando em processo de filtragem;

**C** – A ETA tem 4filtros de areia, cada um com uma área superficial de areia igual a 45m<sup>2</sup>; portanto a taxa de aplicação superficial será de 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.

**D** – A velocidade ascensional da água sobre a superfície do leito, durante as retrolavagens, é de 0,7m/min.

**E** – A vazão de recalque para encher o reservatório de retrolavagem é de 2,7 m<sup>3</sup>/min.

<b>F ou V ?</b>	<b>Informações a serem classificadas como Verdadeiras (V) ou (F) na coluna esquerda</b>
	A afirmação A atende a NBR 12216
	As afirmações A e C atendem a NBR 12216
	As afirmações C e D não atendem a NBR 12216
	As afirmações B e E não atendem a NBR 12216
	As afirmações B, C e D não atendem a NBR 12216