

## **Dimensionamento hidráulico do Floculador e Decantador da ETA – Terras Baixas**

HENRIQUE SANCHEZ FRANZ<sup>1</sup>; ADRIANA GONÇALVES DA SILVA MANETTI<sup>2</sup>;  
RÚBIA FLORES ROMANI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas 1 – franzhenrique@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – didialimentos@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – fgrubia@yahoo.com.br

### **1. INTRODUÇÃO**

As estações de tratamento de água são parte essencial de um sistema de abastecimento de água, elas se caracterizam como um sistema complexo formado por diferentes operações unitárias, cada componente operacional se deteriora ao longo do tempo, o que diminui o desempenho do tratamento, e cada componente pode ser reparado sem a necessidade do desligamento total do sistema (SMIT et al, 2019).

Com o aumento da população e consequentemente da urbanização, o tratamento de água para o abastecimento humano tem sido um desafio, seja por causa das grandes quantidades de água que as estações de tratamento recebem, pelas restrições de área para a instalação das estações de tratamento ou pela qualidade dos corpos hídricos (MIERZWA, et al. 2008).

As estações de tratamento de água são de fundamental importância, para adequar a água de acordo com o padrão de potabilidade preconizado na Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Uma das tecnologias mais empregadas para o tratamento de água para o consumo humano é o tratamento convencional, o qual fornece, quando corretamente empregado, resultados satisfatórios para a remoção de partículas coloidais, patógenos e algas (SIMÕES, 2016).

A concepção do tratamento é inerente a cada ETA, no entanto o tratamento convencional deve empregar pelo menos os seguintes processos e/ou operações unitárias: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (PROSAB, 2001).

O presente trabalho tem por finalidade fazer o dimensionamento das etapas de floculação e decantação, com base na ETA – Terras baixas, como forma a evitar o arraste de flocos mal formados para os decantadores e filtros.

### **2. METODOLOGIA**

Para a realização deste trabalho realizou-se visitas técnicas na ETA - ETB, a qual é administrada pela Embrapa – Terras Baixas e, trata água captada do arroio Padre Doutor localizado no município do Capão do Leão.

Conforme dados fornecidos pelo responsável técnico da referida ETA, a vazão de tratamento de 552,96 m<sup>3</sup>/dia, ou seja, 0,0064m<sup>3</sup>/s. O dimensionamento do floculador foi calculado, de acordo com as medidas da ETA – ETB, sendo a largura de 4,15 m e profundidade da lâmina de água de 2,125 m. Foi adotado tempo de detenção de 20 minutos e escalonados gradientes de velocidade de 30 a 10s<sup>-1</sup>. Para o dimensionamento do decantador convencional de fluxo horizontal, foram dimensionadas duas unidades de decantação com uma velocidade de sedimentação dos flocos de 25m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, com profundidade da lâmina líquida de 4 m. A geometria escolhida para os orifícios da cortina de distribuição foi a

quadrada com lado de 0,07 m e a velocidade de passagem atribuída foi de 0,03 m/s. As tabelas 1 e 2 apresentam as equações utilizadas para o dimensionamento das unidades, conforme roteiro de cálculo proposto por Vianna (2002).

**Tabela 1 - Fórmulas para dimensionamento do Floculador e da Cortina de distribuição**

Fórmulas para dimensionamento do Floculador e da Cortina de distribuição			
Floculador		Cortina de distribuição	
Descrição	Fórmula	Descrição	Fórmula
a.) Volume do floculador	$V_f = Q \cdot \theta_h$	1.) Área do orifício.	$A_o = \frac{Q}{V_p}$
b.) Área superficial do floculador	$A_s = \frac{V_f}{h}$	2.) Área individual do orifício	$A_i = l^2$
c.) Largura do floculador	$B_f = \frac{A_s}{B_d}$	3.) Número de orifícios	$N_o = \frac{A_o}{A_i}$
d.) Número de chicanas	$n = 0,045 \sqrt{\left(\frac{a \cdot L \cdot G}{Q}\right)^2 \cdot \theta_h}$	4.) Área individual de influência	$A_{indinf} = \frac{B \cdot H}{N_o}$
e.) Espaçamento entre chicanas	$e = \frac{L}{n}$	5.) Número de fileiras	$N_v = \frac{H}{L}; N_h = \frac{B}{L}$
f.) Velocidade nos trechos retos	$V_1 = \frac{Q}{B_f \cdot e}$	6.) Velocidade de escoamento nos orifícios	$V_o = \frac{Q}{A_o}$
g.) Velocidades nos trechos com curvas 180°	$V_2 = \frac{2}{3} \cdot V_1$	7.) Espaçamento entre os orifícios	$E_v = \frac{H}{N_v}; E_h = \frac{B}{N_h}$
h.) Extensão dos canais	$L_t = \theta_h \cdot V_1$	8.) Seção transversal do decantador	$At = B \cdot H$
i.) Raio hidráulico	$R_H = \frac{B \cdot e}{2(B + e)}$	9.) Distância da cortina até a comporta	$Dc = 1,5 \cdot H \cdot \frac{A_o}{At}$
j.) Perda de carga distribuída	$\Delta H_d = J \cdot L_t$	10.) Raio hidráulico	$Rh = \frac{B \cdot H}{2 \cdot (B + H)}$
k.) Perda de carga localizada	$\Delta H_l = \frac{n(V_1)^2 + (n - 1) \cdot (V_2)^2}{2 \cdot g}$	11.) Fator de atrito	$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3,7Dh} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right]^2}$
l.) Gradiente de velocidade	$G = \sqrt{\frac{\gamma \cdot \Delta H_l}{\mu \cdot \theta_h}}$	12.) Perda de carga	$J = \frac{f \cdot V^2}{Dh \cdot 2g}$
		13.) Gradiente de velocidade	$G = \sqrt{\frac{\gamma \cdot V \cdot J}{\mu}}$

Tabela 2 - Fórmulas da geometria do decantador

Geometria do Decantador				
1)Área total de decantação	2)Área de cada decantador	3)Relação comprimento e largura	4)Vazão do decantador	5)Taxa de escoamento superficial (calculada)
$A = \frac{Q}{TAS}$	$A_{dec} = \frac{A}{N_{dec}}$	$2,5 \leq L/B \leq 5,0$	$Q_{dec} = \frac{Q}{N_{dec}}$	$q = \frac{Q_{dec}}{A_{dec}}$
6)Velocidade longitudinal	7)Tempo de detenção hidráulica	7)Raio hidráulico	8)Número de Froude	9)Número de Reynolds
$Vl = \frac{Q_{dec}}{B.H}$	$TDH = \left( \frac{H.A_{dec}}{Q_{dec}} \right) / 3600$	$Rh = \frac{B.H}{(B + 2.H)}$	$Fr = \frac{Vl^2}{g.Rh}$	$Re = \frac{Vl.Rh}{\mu}$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando o roteiro de cálculo descrito na metodologia, obteve-se os resultados apresentados nas tabelas 3 e 4, respectivamente para o floculador e o decantador.

Tabela 3 - Resultados do dimensionamento do Floculador e da Cortina de Distribuição

Dimensões do Floculador e da Cortina de distribuição			
Floculadores		Cortina de Distribuição	
Parâmetro	Resultados	Parâmetro	Resultados
a	$V_f = 3,84L$	1	$A_o = 0,128m^2$
b	$A_s = 1,80m^2$	2	$A_i = 0,0049m^2$
c	$B_f = 0,45m$	3	$N_o = 45$
d	$n_1 = 40,0$ $n_2 = 19,0$	4	$A_{indinf} = 0,186m^2$
e	$e_1 = 0,10m$ $e_2 = 0,21m$	5	$N_v = 5$ $N_h = 9$
f	$V_1 = 0,10m/s$ $V_2 = 0,09m/s$	6	$V_o = 0,03m/s$
g	$V_1 = 0,068m/s$ $V_2 = 0,045m/s$	7	$E_v = 0,44m$ $E_h = 0,40m$
h	$L_1 = 85,6m$ $L_2 = 41,1m$	8	$A_t = 8,0m^2$
i	$R_{H1} = 0,034$ $R_{H2} = 0,053$	9	$D_c = 1,5m$ (adotado)
j	$\Delta H_{l1} = 3,41m$ $\Delta H_{l2} = 0,44m$	10	$R_h = 0,0175m$
k	$J_1 = 0,06m$ $J_2 = 0,006m$	11	$Re = 2126,25$
l	$G_1 = 31,2s^{-1}$ $G_2 = 10,3s^{-1}$	12	$f = 0,56$
		13	$J = 3,29 \times 10^{-5} m/m$
		14	$G = 3,31 s^{-1}$

Tabela 4 - Resultados do dimensionamento do Decantador

Geometria do Decantador				
1)Área total de decantação	2)Área de cada decantador	3)Relação comprimento e largura	4)Vazão do decantador	5)Taxa de escoamento superficial (calculada)
$A = 22,12\text{m}^2$	$A_{\text{dec}} = 11,06\text{m}^2$	$B = 1,49\text{m}$ adotado 2,0m $L = 7,44\text{m}$ adotado 7,0m	$Q_{\text{dec}} = 0,0032\text{m}^3/\text{s}$	$q = 25\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$
6)Velocidade longitudinal	7)Tempo de detenção hidráulica	8)Raio hidráulico	9)Número de Froude	10)Número de Reynolds
$V_l = 0,040\text{ cm/s}$	$\text{TDH} = 3,84\text{h}$	$R_h = 0,62\text{m}$	$Fr = 2,6 \times 10^{-8}$	$Re = 2,5$

Os resultados encontrados estão de acordo com o que é preconizado pela NBR 12216:1992.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados de gradiente de velocidade obtidos, este estudo sugere que a instalação dos dispositivos hidráulicos, floculador de fluxo vertical e cortina de distribuição, como solução para melhorar a formação do floco e evitar o arraste do floco mal formado para as etapas seguintes do tratamento de água.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216-92 - Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, p. 18. 1992.
- MIERZWA, J.C.; SILVA, M.C.C.; RODRIGUES, L.D.B.; HESPANHOL, I. Tratamento de água para abastecimento por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. **Engenharia Ambiental e Sanitária**, v. 13, n. 1, p. 78-87, 2008.
- Portaria de resolução nº 5 de 11 de dezembro 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Acessado em 13 de set. 2019. Disponível em <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html)>
- PROSAB - REDE COOPERATIVA DE PESQUISAS. **Aproveitamento do Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários**, Inclusive com a Utilização de Técnicas Consorciadas com Resíduos Sólidos Urbanos. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2001, p. 257.
- SIMÕES, C.P. **Avaliação operacional e remoção de bisfenol-A no tratamento de água por diferentes tipos de membranas: avaliação em escala piloto**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.
- SMIT, R.; LOO, J.V.D.; BOOMEN, M.V.D.; KHAKZAD, N.; HECK, G.J.V.; WOLFERT, A.R.M. Long-term availability modelling of water treatment plants. **Journal of Water Process Engineering**. Amsterdam, v. 28, p. 203 – 213, 2019.
- VIANNA, M,R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Imprimatur, 2002, 1ªEd.