

ESTUDO HIDRÁULICO DOS ORIFÍCIOS DOS FLOCULADORES DE BANDEJAS PERFURADAS SUPERPOSTAS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

HYDRAULIC STUDY OF THE HOLES DRILLED SUPERIMPOSED FLOCCULATORS OF TRAYS OF WATER TREATMENT PLANTS

VIANNA, Marcos Rocha

Engenheiro civil. Professor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC.
mmrviana@fumec.br

CASTRO, Lucas Vassalle de

Engenheiro da empresa YC Engenharia Ltda.
lvassalle@hotmail.com

RESUMO

Orifícios afogados, com diâmetros variando entre 6 e 15 mm, foram ensaiados em laboratório com o objetivo de determinar seus coeficientes de descarga ao trabalharem com vazões correspondentes a números de Reynolds não superiores a 11000. Trata-se de diâmetros e condições aplicáveis a floculadores do tipo hidráulico, de bandejas perfuradas, utilizados em estações de tratamento de água pré-fabricadas, destinadas a tratar pequenas vazões. Os resultados obtidos mostram que o valor 0,61 – normalmente adotado para o coeficiente de descarga de orifícios - não se aplica a essa faixa de diâmetros, quando operando nas condições ensaiadas.

Palavras-chave: Coeficiente de descarga, floculadores de bandejas, orifícios afogados.

ABSTRACT

Submerged orifices, with diameters varying from 6 to 15 mm, were tested in laboratory to determine their discharge coefficients when working with flows corresponding to Reynolds' numbers up to 11000. These diameters and flow conditions occur in hydraulic, tray-type flocculation tanks, used in prefabricated potable water plants destined to small flows. The obtained results show that the value 0,61 – usually adopted for the discharge coefficients of orifices – is not suitable for this range of diameters, when operating in the tested conditions.

Keywords: Discharge coefficients, tray flocculation tanks, submerged orifices.

OBJETIVOS

Diversos tipos de orifícios estão presentes em uma estação de tratamento de água (ETA), em sua maioria, afogados. Neste trabalho, particularizou-se o caso dos orifícios presentes nas bandejas de floculadores hidráulicos do tipo de bandejas perfuradas superpostas.

Os floculadores supracitados foram inicialmente utilizados pela COPASA em suas ETA's pré-fabricadas (VIANNA, 1984). Atualmente, diversos fabricantes desse tipo de produto o utilizam em suas unidades. Desde sua concepção original (Figura 1-a), poucas modificações foram introduzidas.

O modelo apresentado na Figura 1-b tem sido utilizado com maior frequência para a composição das estações de tratamento de água atuais (VIANNA, 2009).

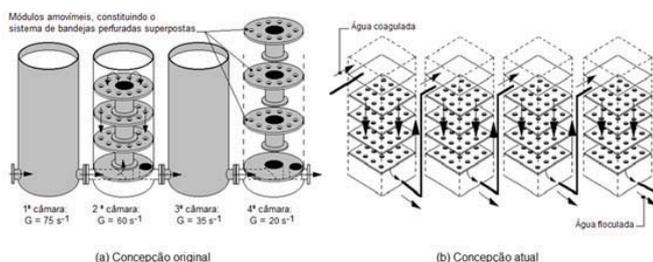


Figura 1 – Floculador de bandejas perfuradas: (a) concepção original e (b) concepção atual (VIANNA, 2009).

A verificação do desempenho hidráulico desses floculadores nunca foi realizada experimentalmente. Não se tem conhecimento sequer se os coeficientes de descarga adotados em seus projetos correspondem à realidade, apesar dos excelentes resultados práticos verificados.

A denominada lei dos orifícios é expressa pela fórmula (AZEVEDO NETTO, 1998): $Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$. Quanto ao C_d - coeficiente de descarga, o valor 0,61 tem sido o adotado para o cálculo das ETA's em questão. Entretanto, nos floculadores a água escoava através desses orifícios com baixas velocidades e, portanto, números de Reynolds inferiores aos ocorridos nas aplicações comuns.

Decidiu-se, portanto, avaliar o valor desse coeficiente ao se trabalhar com baixas velocidades médias, através de estudo experimental.

METODOLOGIA

O estudo em questão, conduzido experimentalmente no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade FUMEC, utiliza a montagem hidráulica e os componentes representados nas Figuras 2-a, 2-b, 2-c e 2-d.

A estrutura experimental simula os orifícios submersos de parede delgada presentes nos floculadores hidráulicos do tipo bandejas perfuradas superpostas, presentes nas estações de tratamento

de água utilizadas pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

RESULTADOS OBTIDOS E ESPERADOS

Até o momento foram ensaiados os diâmetros 6, 8, 10, 12, 13 e 15 mm, por serem os mais comuns em floculadores de estações de tratamento de água de pequena vazão.

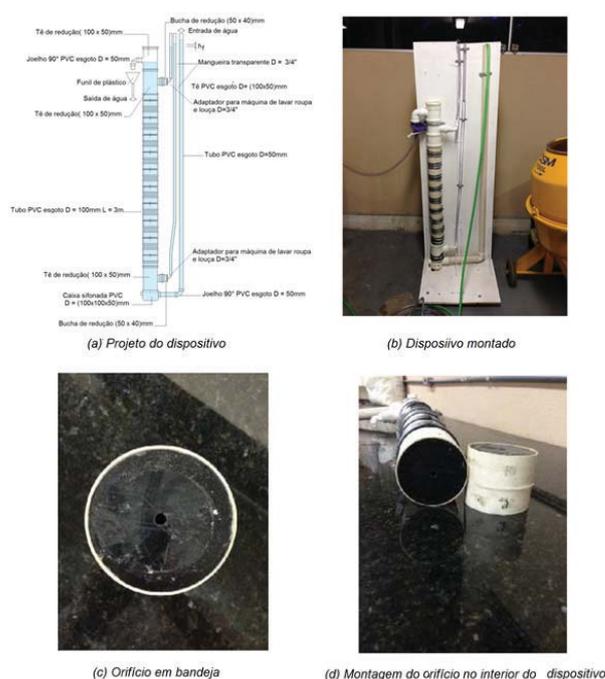


Figura 2 – Dispositivo utilizado nos ensaios

Observou-se de início que valor 0,61 indicado pela literatura para o coeficiente de descarga não se aplicava aos resultados obtidos. Evidenciou-se dessa forma que ele não se aplica a situações em que as velocidades médias e o número de Reynolds são baixos.

Esses dados foram tabelados em função dos diâmetros ensaiados e dos números de Reynolds correspondentes. Buscou-se então ajustar, a esses valores, uma expressão do tipo $C_d = a \cdot Re^b$, através da ferramenta solver do software Excel®.

Os resultados desse ajuste, bem como os valores obtidos para a e b, são apresentados na Tabela 1. As Figuras 3 e 4 mostram as tendências verificadas para os valores de C_d em função de Re para os diâmetros experimentados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização do valor 0,61 para o coeficiente de descarga – C_d – não é adequada para o dimensionamento de flocladores hidráulicos de bandejas perfuradas de estações de tratamento de água, quando se destinam a unidades de pequena capacidade de tratamento. Seu valor varia muito, especialmente para pequenos orifícios com baixas velocidades médias e baixos números de Reynolds.

A utilização inadequada do valor de C_d acarreta não apenas a obtenção do valor incorreto para a perda de carga h, mas também o valor inapropriado do gradiente de velocidade G, do que poderá resultar a floclação deficiente.

Este estudo ainda encontra-se em andamento no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade FUMEC, visando à determinação da variação de C_d para diâmetros maiores, utilizados em flocladores de ETA's de maior porte.

Recomenda-se estender o estudo para orifícios de diferentes geometrias, utilizados em outros tipos de flocladores hidráulicos.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem os apoios logístico e financeiro que vêm sendo prestados pela Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEA – da Universidade FUMEC, pela empresa YC Engenharia Ltda. e pela COPASA, ambas de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Re	D (mm)					
	6	8	10	12	13	15
	Valores correspondentes à equação $C_d = a \cdot Re^b$					
	a =					
	1,456	0,480	0,342	0,395	0,133	0,152
b =						
	-0,049	0,058	0,089	0,068	0,203	0,193
500	1,07	0,69	0,59	0,60	0,47	0,50
1000	1,04	0,72	0,63	0,63	0,54	0,58
1500	1,02	0,73	0,65	0,65	0,59	0,62
2000	1,00	0,74	0,67	0,66	0,62	0,66
2500	0,99	0,75	0,68	0,67	0,65	0,69
3000	0,98	0,76	0,70	0,68	0,68	0,71
3500	0,98	0,77	0,71	0,68	0,70	0,73
4000	0,97	0,78	0,71	0,69	0,72	0,75
4500	0,97	0,78	0,72	0,70	0,73	0,77
5000	0,96	0,79	0,73	0,70	0,75	0,78
5500	0,96	0,79	0,73	0,71	0,76	0,80
6000	0,95	0,79	0,74	0,71	0,78	0,81
6500	0,95	0,80	0,75	0,71	0,79	0,83
7000	0,95	0,80	0,75	0,72	0,80	0,84
7500	0,94	0,80	0,76	0,72	0,81	0,85
8000	0,94	0,81	0,76	0,72	0,82	0,86
8500	0,94	0,81	0,76	0,73	0,84	0,87
9000	0,93	0,81	0,77	0,73	0,84	0,88
9500	0,93	0,81	0,77	0,73	0,85	0,89
10000	0,93	0,82	0,77	0,73	0,86	0,90
10500	0,93	0,82	0,78	0,74	0,87	0,90
11000	0,92	0,82	0,78	0,74	0,88	0,91

Tabela 1 – Dados coletados, após ajuste ferramenta solver da planilha Excel®.

BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO NETTO, J.M. et al. Manual de Hidráulica. 8 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 680 p.
- VIANNA, Marcos Rocha. Estações padrão de tratamento de água: evolução dos projetos da COPASA MG. In: XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, 1984, Santiago. Anais do XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, 1984.
- VIANNA, Marcos Rocha. Hidráulica para engenheiros sanitaristas e ambientais - volume 4: sistemas de tratamento de água. 1. ed. Belo Horizonte: FUMEC, 2009. 545p.