

## VERIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE AMPLIAÇÃO DE ESCALA PELO PROCESSO DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO EM TANQUES COM AGITAÇÃO MECÂNICA

Carlos Eduardo Romero Vicente, Renan Duarte Vasconcelos, Aline de Campos Mendonça, Andressa Caroline Ferreira Salles, Amanda Maurell Lobo Pereira, Fabio Henrique Andrade Silva, Thaís de Gennaro, Fernando Marques Fernandes, Deovaldo de Moraes Júnior

Faculdade de Engenharias e Arquitetura e Urbanismo da Universidade Santa Cecília

Recebido em: 22/08/09 Aceito em: 05/10/09 Publicado em: 04/06/10

### RESUMO

No presente trabalho avaliaram-se os métodos para ampliação de escala (*scale-up*), de tanques com agitação mecânica contendo sólidos em suspensão, com aplicação em sistemas de coagulação e floculação para tratamento de água. Na realização dos ensaios foram empregados uma unidade de bancada com capacidade de 1,5 litros e duas unidades piloto com 9,5 litros e 48 litros, com dimensões padronizadas por Rushton. Estas unidades foram compostas de um tanque cilíndrico equipado com chicanas e agitação efetuada por meio de impulsores mecânico com seis pás planas acopladas a motores de rotação variável. Para o cálculo da potência, o tanque de bancada foi colocado em balanço e nas unidades piloto o motor foi instalado em balanço. Nos ensaios realizados na unidade de bancada e nas unidades piloto empregou-se uma solução de caulinita na concentração de 125 ppm. Foi utilizado uma solução de NaOH 1N para o controle do pH, uma solução de sulfato de alumínio com 50 ppm como agente coagulante. Empregou-se cinco técnicas de ampliação de escala: potência por unidade de volume constante (mesmo Gradiente de Velocidade), velocidade na extremidade do impulsor constante, tempo de mistura constante, capacidade de bombeamento constante e número de Reynolds constante. Os resultados indicaram que a técnica da mesma capacidade de bombeamento é a que melhor reproduz os resultados de turbidez da ampliação de escala.

*Palavras-chave.* Ampliação de escala; Coagulação e Floculação; Gradiente de velocidade.

### 1. Introdução

A água é uma das necessidades indispensáveis para a vida dos seres humanos. Se consumida sem tratamento adequado, pode trazer doenças, que ainda são motivos de preocupação para mais de um bilhão de pessoas no mundo. Neste cenário, as usinas de tratamento de água são de grande importância. Os métodos mais empregados para o tratamento de água são anaeróbio, aeróbios e os físico-químicos. O método físico-químico, mais especificamente o de coagulação e floculação, adota para ampliação de escala a constância de um parâmetro (G) que independe do formato do tanque e do tipo de impulsor, apesar de se saber da grande influência destes parâmetros na eficiência da operação. (BALDINO JR. A. C. IN SHIMIDELL W. ; LIMA U. A. ; AQUARONE E. ; BORZANI W. , 2001) apresenta algumas técnicas gerais (não específicas para o tratamento físico-químico) utilizadas na ampliação de escala de tanques com impulsores mecânicos: Potência (P) por unidade de volume (V) constante,

Velocidade constante na extremidade do Impulsor, Número de Reynolds constante, Constância do tempo de mistura e Constância da capacidade de bombeamento do impelidor.

Este trabalho teve como objetivo, propor um método de ampliação de escala no processo de coagulação e floculação, a partir da análise do resultado de ensaios em tanques com impulsor mecânico.

### 2. Materiais e Métodos

Na escala I (fig. 1) empregou-se um béquer de 1,5L. Foram realizados experimentos usando uma solução mãe de Caulinita com concentração de 125 ppm. Foi mantido um pH de 6,5 (NUNES, 1996) com o auxílio de um medidor de pH. Fixou-se uma rotação para a homogeneização e correção do pH. Colocou-se o impulsor na agitação máxima (estágio de coagulação). Adicionou-se 15 mL do coagulante e após 5 se-

gundos (MACCABE; SMITH; HARRIOTT, 2005) abaixou-se para a rotação mínima (estágio de floculação). A cada 15 minutos foram colhidas amostras de quatro pontos diferentes para medir sua turbidez. Com 30 minutos interrompeu a agitação (estágio de decanta-

ção) e foram colhidas amostras por mais 1 hora, mantendo-se os intervalos de 15 minutos. A força foi medida com o dinamômetro pelo braço com 0,245 m, ainda na rotação máxima, e a temperatura foi medida com o termômetro, na rotação mínima.



Figura. 1, Escala de Bancada

Foi empregado na escala II (fig. 2) um béquer de 10 L. Os métodos usados nos experimentos foram rigorosamente iguais aos da Escala I. Adotou-se neste tanque de escala piloto, uma altura e diâmetro de 229

mm e volume de 9 L, com 4 placas defletoras verticais de 24 mm de largura e 120 mm de medição de força centrífuga.



Fig. 2, Escala Piloto II



Fig. 3, Escala Piloto III

Na escala III (fig. 3) foi usado um tanque com volume de 60 L. Novamente os métodos foram equivalentes aos da Escala I, porém com 394 mm e 48 L no tanque de escala piloto, e as 4 placas defletoras com 40 mm de largura e com um braço de medição de força centrífuga de 350 mm.

A planilha e resultados obtidos nos experimento podem ser visto nas tabelas 1 e 2. A análise da tabela 2 indica que as colunas "d" concernentes a capacidade de bombeamento na escala II e III apresentam valores mais próximos de turbidez que o de escala de bancada I indicando que esta técnica é a que melhor reproduz os resultados, para as condições estudadas.

### 3. Resultados e Discussão

Tabela 1 - Planilha de Ensaios

	Escala I V=1,5 L	Escala II V = 9 L					Escala III V = 48 L				
Concentração Caulinita	0,125 g/L	0,125 g/L					0,125 g/L				
pH Ótimo	6,5	6,5					6,5				
Concentração Ótima de Coagulante	50 ppm	50 ppm					50 ppm				
Tempo Mistura Rápida	5 s	5 s					5 s				
Tempo Mistura Lenta	30 min.*	30 min.*					30 min.*				
Rotação Mistura Lenta (rpm)	60	60					60				
Rotação Mistura Rápida (rpm)	1300	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
		884	729	1125	1300	409	604	412	975	1300	130
Força Medida (N)	0,1471	3,93	2,34	5,53	7,2	0,85	5,95	2,82	11,9	15,3	0,34
Potência (W)	4,91	43,65	21,44	78,18	117,62	4,37	282,35	91,31	911,26	1531,55	3,48

Tabela 2 - Valores da Turbidez (NTU)

	T**	P***	Escala I	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
COM AGITAÇÃO	0	Topo	47,8	43,5	48,7	51,7	46,5	50,6	51,5	45,5	51,6	49,7	45,2
		1/3	44,8	45,8	53,0	52,0	46,9	47,4	45,5	46,2	52,3	53,5	44,4
		2/3	47,8	48,4	52,0	52,6	43,2	46,7	47,7	44,1	48,3	50,4	46,4
		Fundo	47,9	47,0	51,5	54,6	42,8	40,4	42,2	46,0	49,1	52,4	44,9
	15	Topo	32,5	42,8	46,8	47,9	40,2	44,7	45,9	42,2	50,3	49,5	42,7
		1/3	29,3	43,2	48,1	48,9	38,9	43,2	48,5	45,0	51,2	51,0	43,5
		2/3	32,7	46,1	47,0	49,8	36,8	38,9	47,7	44,3	50,0	50,4	43,9
		Fundo	26,3	42,0	48,9	50,3	38,4	41,9	45,5	44,9	49,0	49,9	43,4
	30	Topo	29,2	42,8	44,1	47,8	34,9	39,2	43,6	43,1	48,0	43,9	42,6
		1/3	25,8	41,7	45,3	46,0	32,6	38,9	42,6	41,7	47,2	48,2	40,7
		2/3	27,8	38,7	46,1	46,2	29,2	38,0	41,1	39,5	49,3	45,8	40,5
		Fundo	36,6	38,1	45,8	47,4	33,5	37,8	42,5	41,7	49,6	44,6	41,3
SEM AGITAÇÃO	45	Topo	23,6	40,0	40,0	40,6	28,8	36,0	38,8	33,5	50,8	44,5	40,1
		1/3	23,5	39,7	40,8	40,9	30,0	36,1	37,6	39,3	51,6	45,8	37,5
		2/3	23,9	39,8	41,1	41,7	25,6	32,9	37,3	40,5	46,9	47,6	41,8
		Fundo	25,1	38,2	41,9	42,1	28,2	34,4	37,2	37,3	49,7	45,1	39,9
	60	Topo	22,4	38,7	37,3	38,4	25,5	33,0	36,5	30,3	43,9	39,2	38,6
		1/3	23,4	37,0	36,7	39,2	24,1	33,1	35,2	32,3	46,2	43,1	36,3
		2/3	22,9	39,3	40,5	39,2	24,5	31,6	34,0	36,4	48,0	42,2	39,5
		Fundo	21,8	36,7	38,6	38,4	24,8	36,8	36,3	37,3	45,5	45,7	38,8
	75	Topo	19,7	36,9	35,8	36,0	22,3	31,3	33,3	27,7	44,6	39,0	35,7
		1/3	20,6	37,9	36,4	36,3	23,5	31,0	31,6	31,1	43,5	40,8	38,1
		2/3	20,0	35,2	36,6	37,2	23,2	30,2	32,8	29,2	43,7	41,6	38,3
		Fundo	21,6	34,9	38,4	37,7	23,3	29,9	32,8	36,7	43,7	41,1	39,3
90	Topo	18,2	34,2	33,9	35,0	22,8	30,0	31,0	23,4	43,3	39,8	34,0	
	1/3	19,3	35,1	34,7	35,7	22,0	27,7	31,5	27,6	41,4	38,7	37,4	
	2/3	19,3	34,2	36,7	36,0	21,5	27,7	33,3	27,4	42,6	40,5	39,1	
	Fundo	22,2	36,0	36,2	35,8	21,3	29,6	31,3	32,5	40,7	42,7	38,5	

\* 30 a 40 min. - Richter C. e Azevedo Netto, J. M., 2005, p. 99, \*\* T = Tempo em minutos, \*\*\* P = Posição da amostra de fluido retirada, a - potência por unidade de volume constante, b - velocidade na extremidade do impulsor constante, c - tempo de mistura constante, d - capacidade de bombeamento constante, e - número de Reynolds constante



#### 4. Conclusão

De acordo com os dados obtidos chegou-se à conclusão de que o método com melhores resultados de reprodutibilidade de turbidez foi o de capacidade de bombeamento constante (coluna d, tabela 2). Porém, por ter um custo elevado para as indústrias devido à sua alta rotação recomenda-se o método de mesma potência por unidade de volume constante (coluna a, tabela 2).

#### 5. Referências

- BALDINO Jr. A. C. in AQUARONE E.; BORZANI W.; LIMA U. A.; SCHMIDELL, W. *Biotechnologia Industrial - Engenharia Bioquímica*, São Paulo: Blucher, 2001 V. 2, 541p.
- NUNES, J. A. *Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais*, Aracaju: Gráfica Editora J. Andrade, 1996 2ª edição, 277p.
- MAcCABE; SMITH; HARRIOTT. *Unit Operations of Chemical Engineering*, 7ª ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc., 2005
- RICHTER, CARLOS A.; NETTO, JOSÉ M. A. *Tratamento de Água - Tecnologia Atualizada*, São Paulo: Blucher, 1991, 332p.

