

II-202 - APLICAÇÃO DO ENSAIO DE JARROS NA ELABORAÇÃO DE TABELA ORIENTATIVA, NA DOSAGEM DE COAGULANTE, NA ETE DR. HÉLIO SEIXO DE BRITTO – GOIÁS, BRASIL

Fernanda Pimenta de Freitas⁽¹⁾

Bióloga pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC). Especialista em Tratamento e Disposição final de Resíduos Sólidos e Líquidos pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás. Técnica Industrial em Saneamento da Supervisão Operacional ETE Goiânia-Saneamento de Goiás S/A.

Carlos Roberto Alves dos Santos⁽²⁾

Biólogo pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC). Mestre em biologia-ecologia pela Universidade Federal de Goiás. Biólogo da Gerência de Proteção Ambiental e Qualidade do Produto-Saneamento de Goiás S/A.

Leandro Roncato Pereira⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC). Especialista em Tratamento e Disposição final de Resíduos Sólidos e Líquidos pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás. Gerente de Suporte ao Tratamento de Esgotos - Saneamento de Goiás S/A.

Isabela da Silva Ferreira⁽⁴⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG). Técnica Industrial em Saneamento da Supervisão Operacional ETE Goiânia - Saneamento de Goiás S/A.

Felipe João Carvalho Filho⁽⁵⁾

Biólogo pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Mestre em biodiversidade vegetal pela Universidade Federal de Goiás. Biólogo da Supervisão Operacional ETE Goiânia - Saneamento de Goiás S/A.

Endereço⁽¹⁾: Av. Goiás Norte Qd 01 Lt 01 Setor Jardim Ipê – Goiânia - GO CEP: 74594 -006 Brasil - Tel: (62) 3269-9355 - e-mail: fernandapimentadefreitas@gmail.com

RESUMO

O incremento significativo de vazão e mudanças nas características qualitativas do esgoto bruto que chega à Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto (ETE Goiânia) tem dificultado a operação dos processos de coagulação e floculação, na consecução dos resultados de eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO₅) e sólidos suspensos totais (SST) previstos em projeto. O presente estudo objetivou criar uma tabela para orientar o operador na dosagem correta de coagulante, em função dos dados de sólidos suspensos totais e da vazão de entrada do esgoto. Foram realizados ensaios de jarros (Jar Test), variando as dosagens de cloreto férrico (FeCl₃) a cada ensaio e mantendo a concentração do polieletrólito aniônico entre 0,8 a 0,9 mg/L, simulando os gradientes de velocidade do projeto da ETE, de acordo com as vazões mínima, média e máxima. Avaliou-se a eficiência das dosagens testadas nos ensaios dos jarros por meio das análises de turbidez, sólidos suspensos totais e demanda bioquímica de oxigênio – DBO₅. Os resultados dos ensaios dos jarros, com remoção de sólidos suspensos totais entre 75% a 95%, foram reunidos em uma planilha e submetidos a análise de regressão. A partir das equações de regressão foi proposta uma tabela de dosagem de coagulante, como base orientadora da fase quimicamente assistida do tratamento da ETE Goiânia, buscando padronizar as ações de dosagem do coagulante, direcionando para resultados mais constantes e dentro das metas propostas para a atual fase de tratamento da ETE. A utilização da tabela para orientar na dosagem de coagulante, elaborada com base no protocolo apresentado neste trabalho, proporcionou a obtenção de melhorias no processo e nos resultados, atingindo os níveis de eficiência estabelecidos no projeto da ETE.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios de jarros, tabela de dosagem, coagulante, sólidos suspensos.

INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto (ETE Goiânia), localizada no município de Goiânia, GO (população urbana de 1.432.976 habitantes) foi inaugurada no ano de 2004. Possui tratamento primário quimicamente assistido, tendo como requisitos de projeto a remoção de 50% de DBO₅, e 80% de sólidos suspensos. As obras para a realização do tratamento secundário encontram-se em andamento.

As etapas do processo de tratamento atual envolvem a Fase Líquida, com adição de coagulante e auxiliar de floculação, e a Fase Sólida, do tipo desaguamento em centrífugas e higienização com cal. Atualmente a ETE Goiânia possui uma vazão média de 1.600 L/s, gerando em torno de 120 toneladas diárias de lodo.

Com as unidades implantadas até o momento na ETE Goiânia, não é possível o atendimento à Resolução nº 430 (CONAMA, 2011), com relação ao parâmetro de DBO_5 . No entanto o órgão ambiental do estado de Goiás concedeu o licenciamento ambiental, sob condições excepcionais, condicionando-a ao cronograma de prazo previsto para conclusão da obra do tratamento secundário.

A Fase Líquida é uma das etapas do processo de tratamento de esgoto da ETE de Goiânia que será tratada neste estudo, e envolve a coagulação e a floculação. Nessa matriz amostral serão removidas impurezas cujas partículas são coloidais, e por serem pequenas, não se sedimentam sob a ação da gravidade. Por isso, é necessário acrescentar coagulantes químicos ou ainda polímeros orgânicos.

Jordão e Pessoa (2009) afirmam que esses coagulantes são adicionados ao esgoto com a finalidade de se juntar ou combinar com a matéria em suspensão sedimentável e, particularmente, com a não sedimentável e com a matéria coloidal, criando forças de atração maiores que as forças de repulsão entre as partículas, unindo-as e formando flocos.

O coagulante usado na ETE Goiânia é o cloreto férrico ($FeCl_3$). Ele é adicionado no final da caixa de areia e em seguida, passando pelo medidor Parshall, sofre uma mistura rápida, com a finalidade de aumentar sua dispersão no efluente. Logo em seguida, é adicionado o polieletrólito aniônico, que promove o contato entre as partículas através da ação de forças eletrostáticas, ocasionando o agrupamento dessas partículas em flocos de maior tamanho.

Esses flocos formados são então encaminhados para outra etapa do tratamento, os decantadores primários. Neles, ocorre o processo de sedimentação, em que os flocos depositam-se no fundo dos decantadores formando o lodo primário.

A homogeneidade nos procedimentos de operação na Fase Líquida do processo de tratamento, é fundamental para a continuidade de resultados satisfatórios e dentro da faixa dos requisitos operacionais definidos no projeto, e esperados para o efluente final.

Passados 14 anos de sua inauguração, verificou-se incremento significativo de vazão e mudanças nas características qualitativas do esgoto bruto, ocasionando dificuldades operacionais na ETE Goiânia com relação a dosagem, havendo a necessidade de adequar os processos de coagulação e floculação do esgoto bruto afim de alcançar os resultados de eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO) e sólidos suspensos totais (SST), previstos em projeto.

Dessa forma, fez-se necessário um estudo de dosagens de coagulante, levando em consideração os sólidos suspensos do esgoto bruto e as variações de vazões na chegada da ETE, com o propósito de alcançar a estabilidade operacional e aumentar a eficiência do tratamento.

O controle da dosagem de coagulante utilizando ferramentas de predição, aplicada nos parâmetros laboratoriais das características do esgoto bruto, é muito importante em uma estação de tratamento. As dosagens de coagulante são feitas de acordo com as características do esgoto que chega à estação, reduzindo a quantidade de produtos químicos utilizados no tratamento e conseguindo uma estabilidade maior da qualidade do efluente da estação (RATNAWEERA, 2004).

A determinação da dosagem mais correta de coagulante a se aplicar pode ser feita com experimentação em aparelhos de Jar Test (JORDÃO; PESSOA, 2009). O Jar Test é uma ferramenta confiável para a definição das dosagens de produtos químicos a serem aplicados no esgoto.

Considerando as necessidades operacionais, buscando a equalização entre a equipe das ações de dosagem do coagulante na Fase Líquida, o objetivo deste trabalho foi elaborar uma tabela de dosagem de coagulante, com base nos resultados de ensaios de jarros ou “Jar Test” a fim de melhorar a eficiência do tratamento, direcionando para resultados mais constantes e dentro das metas propostas para a atual fase de tratamento do projeto da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi a Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Britto, na Fase Líquida quimicamente assistida, localizada no município de Goiânia, inaugurada no ano de 2004, possuindo tratamento primário.

Por ser um tratamento primário com a adição de produto químico a meta nesta fase do projeto é de uma remoção de 80% de sólidos suspensos, que consequentemente removeria 50% da matéria orgânica (DBO_5), sendo que os 20% restantes são sólidos dissolvidos que agregam cor ao efluente, serão removidos na próxima etapa do tratamento, o processo secundário, que atualmente encontra-se em fase de construção.

PARÂMETROS ANALISADOS

Os parâmetros analisados neste estudo compreenderam, sólidos suspensos (método colorimétrico), turbidez (método nefelométrico) e $DBO_{5,20}$ (método de incubação a 20°C por 5 dias); analisados por métodos estabelecidos pelo Standard methods of the examination of water and wastewater (2017). A adoção do método colorimétrico para sólidos suspensos decorreu da facilidade de realização de análises pelos operadores, além de que seus resultados em avaliação prévia se correlacionaram com os obtidos pelo método gravimétrico.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DO ENSAIO DOS JARROS

Para construir a tabela de orientação, fez-se necessário conhecer os diferentes níveis de sólidos suspensos e vazões do esgoto bruto na entrada da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto. Para tanto, avaliou-se o histórico de vazões da ETE no período de um ano (janeiro a dezembro de 2016). Os registros evidenciaram que as leituras das 05:00 horas representavam um período de baixa vazão, das 14:00 horas de alta vazão e das 20:00 horas de uma vazão média.

Assim, optou-se por esses horários em que as vazões de referência permitiam analisar o afluente nas mais distintas situações, subsidiando uma tabela de dosagem para as mais diversas possibilidades de vazões e sólidos suspensos afluentes à estação. Nestes horários das vazões de referência mínima, média e máxima foram realizadas as coletas para proceder os ensaios de jarros. Foram coletados 40 litros de esgoto bruto antes das grades finas, em cada horário citado.

O estudo foi realizado entre novembro de 2017 e setembro de 2018, compreendendo os períodos de maior e menor precipitação pluviométrica do município de Goiânia. O número de ensaios foi definido com base em Centeno (1990), que considera um conjunto de amostras pequenas valores abaixo de trinta. Foram realizados trinta e cinco ensaios de jarros em laboratório, totalizando duzentos e dez resultados, simulando os gradientes de velocidade do projeto da ETE, conforme recomendado por Silva (2007).

Utilizou-se como orientação inicial a tabela de dosagem da ETE Teresópolis (SANEAGO, 2017) e os resultados dos ensaios de jarros da ETE Goiânia realizados anteriormente, através do banco de dados da Saneago (2012; 2015).

Os ensaios de coagulação e floculação foram realizados em Jar Test da marca Nova Ética, modelo DB. Utilizou-se como coagulante a solução de cloreto férrico ($FeCl_3$) 2% e solução de polieletrólito 0,01%. Variaram-se as doses de cloreto férrico ($FeCl_3$) a cada ensaio e manteve-se a concentração do polieletrólito aniônico entre 0,8 e 0,9 mg/L.

Foi realizada a adaptação da ferramenta Jar Test para as condições de campo da ETE, os tempos e os gradientes de velocidade, que são convertidos para r.p.m., correspondem com a realidade da estação de tratamento de esgoto em questão, conforme Silva (2007).

No tempo zero, com a rotação de 300 R.P.M., adicionou-se cloreto férrico. Logo após 20 segundos adicionou-se o polieletrólito aniônico auxiliar de coagulação (mistura rápida - coagulação). No tempo de 30 segundos abaixou-se a rotação para 30 R.P.M. com o propósito de promover a floculação. No tempo de 3 minutos e 30 segundos desligou-se o aparelho (rotação zero). Posteriormente, aguardou-se 15 minutos para a sedimentação.

A Figura 01 apresenta um ensaio de jarros em que obteve-se dosagens com excelentes remoções de sólidos suspensos (acima de 90%).



Figura 01 – Ensaio de jarros variando a dosagem de cloreto férrico – FeCl_3

Na Figura 2 os jarros apresentaram cor amarelada indicando excesso de cloreto, limitando a dosagem máxima a ser usada na composição da tabela.

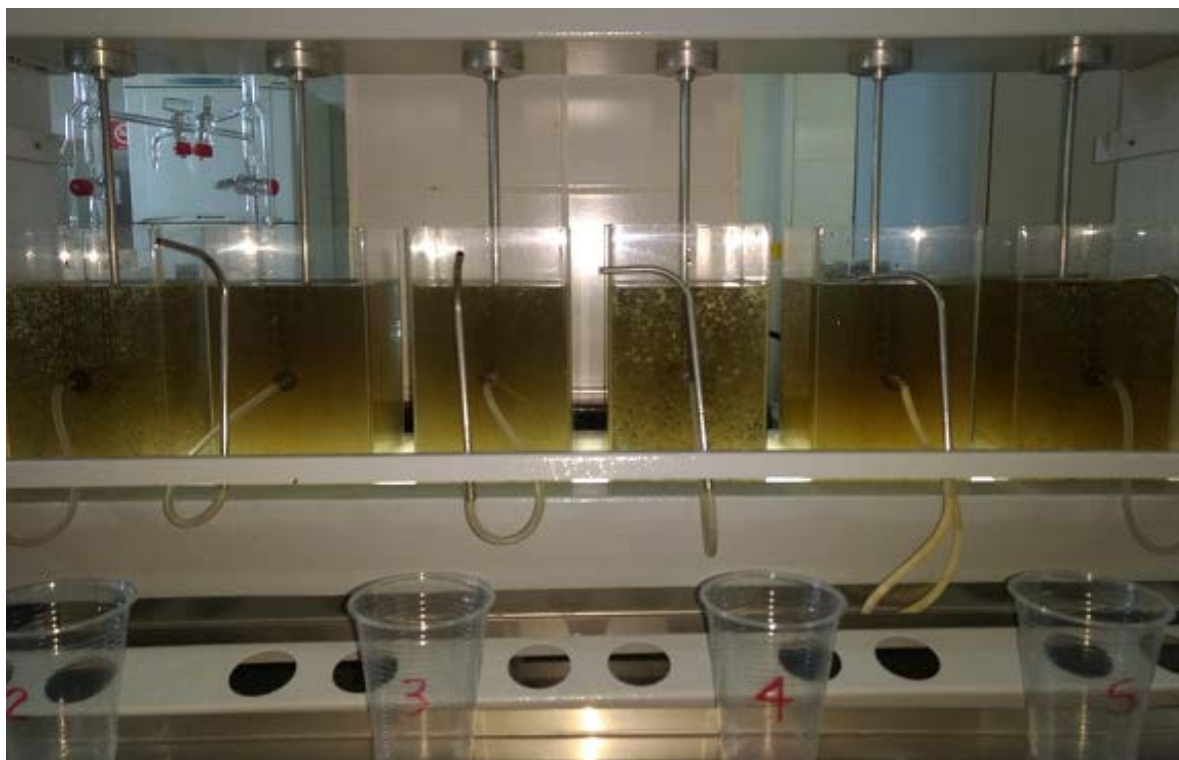


Figura 02 – Ensaio de jarros com dosagem excessiva de cloreto férrico – FeCl_3

Foram realizadas análises no Laboratório Central de Esgoto de Goiânia, avaliando-se a eficiência das dosagens testadas nos ensaios dos jarros sobre a turbidez, os sólidos suspensos totais e a demanda bioquímica de oxigênio – DBO_5 .

Foram selecionadas as amostras dos ensaios de cada vazão de referência que obtiveram os melhores resultados de remoção de sólidos suspensos (75% a 95%), para realização da análise de DBO₅.

Após análises, observou-se que os sólidos suspensos presentes no esgoto bruto aumentam de acordo com a vazão de entrada na ETE, entretanto suas características podem mudar durante o dia, devido a lançamentos clandestinos, descarregamento de caminhões limpa fossa, diluição do esgoto bruto em períodos chuvosos em virtude de interligações indevidas de galerias de água pluvial na rede de esgoto, e baixa vazão de esgoto bruto aos domingos e feriados.

Com uma remoção de sólidos suspensos a partir de 80% observou-se paralelamente uma remoção de DBO₅ acima de 50%, em 74% das amostras analisadas, conforme resultados dos ensaios de jarros anexos.

ELABORAÇÃO DA TABELA DE DOSAGEM DO COAGULANTE

Os resultados obtidos dos ensaios dos jarros com remoção de sólidos suspensos totais entre 75 a 95% foram reunidos em uma planilha para elaboração da tabela de dosagem do coagulante. Para cada um dos conjuntos de dados foram identificados o valor mínimo e máximo e calculado o valor médio da dosagem do coagulante com seu respectivo valor de sólidos suspensos.

Foi aplicada uma análise de regressão simples aos dados de sólidos suspensos com os valores mínimos, médios e máximos, obtendo assim três equações de reta, cujos coeficientes de determinação (R^2) de referência adotados para ajuste da reta foi acima de 90%.

O valor mínimo de sólidos suspensos registrado no histórico da ETE Dr Hélio Seixo de Britto foi de 50 mg/L durante o período de maior precipitação. Este valor foi adotado para iniciar a tabela de dosagem e valores destoantes do conjunto de dados foram excluídos para a análise de regressão, com vistas a um melhor ajuste da reta ao coeficiente de determinação adotado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos ensaios foram agrupados em uma tabela (Tabela 1) e ordenados do menor valor de sólidos suspensos ao maior valor. As dosagens de cloreto férrico que apresentaram remoção de sólidos suspensos entre 75% e 95% foram selecionados (negrito) para compor os dados para a regressão linear simples e posterior elaboração da tabela de dosagem.

Tabela 1 – Informações parciais para exemplo da ordenação dos dados dos ensaios do jarro (J), com a dosagem de cloreto férrico* (mg/L) e respectivos sólidos suspensos (mg/L)

Nº ENSAIO	SST - mg/L	DOSAGEM EM mg/L CLORETO FÉRRICO					
		J1	J2	J3	J4	J5	J6
1	50	20	30	40	50	60	70
2	50	10	15	20	25	30	35
3	50	30	30	30	30	30	30
4	50	20	25	30			
5	68	15	20	25	30	35	40
6	74	15	20	25	30	35	40
7	106	20	30	40	50	60	70
8	156	40	50	60	70	80	90
9	178	70	70	70	70	70	70
10	228	69	86	98	122	126	158
11	228	20	30	40	50	60	70
12	228	90	110	130	150	170	190
13	228	25	35	45	55	65	75
14	228	50	70	120			

* valores em negrito representam doses de cloreto férrico que proporcionaram remoção de sólidos suspensos entre 75% e 95%.

Uma segunda tabela foi elaborada para compor as informações de dosagem dos valores mínimos, médios e máximos, com os seus correspondentes teores de sólidos suspensos (Tabela 2). Em seguida se fez a regressão linear simples entre os dados de sólidos suspensos e os valores mínimos de dosagem, procedendo à exclusão dos dados destoantes para ajuste da curva a um coeficiente de determinação superior a 90%. Repetiu-se o mesmo procedimento entre os dados de sólidos suspensos e os teores médios e máximos da dosagem de cloreto férrico.

Tabela 2 - Organização dos valores de dosagem do coagulante, em mínimo, máximo e média, com base na Tabela 1

SST - mg/L	DOSAGEM EM mg/L CLORETO FÉRRICO			SST - mg/L	DOSAGEM EM mg/L CLORETO FÉRRICO		
	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO		MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
50	15	25	35	371	30	30	30
68	30	35	40	382	32	32	32
74	20	30	40	398	70	70	70
106	30	50	70	441	30	62	110
156	40	60	80	504	20	48	70
178	70	70	70	528	30	55	80
228	50	90	130	638	30	45	60
275	50	65	80	624	25	77,5	130
345	50	65	80	719	20	121	290

Com as equações das retas definidas (Figura 3), foi elaborada a Tabela definitiva de dosagem do coagulante, iniciando com o menor valor de sólidos suspensos (50 mg/L) mensurado no histórico da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto e finalizando com registro máximo verificado no monitoramento periódico da ETE.

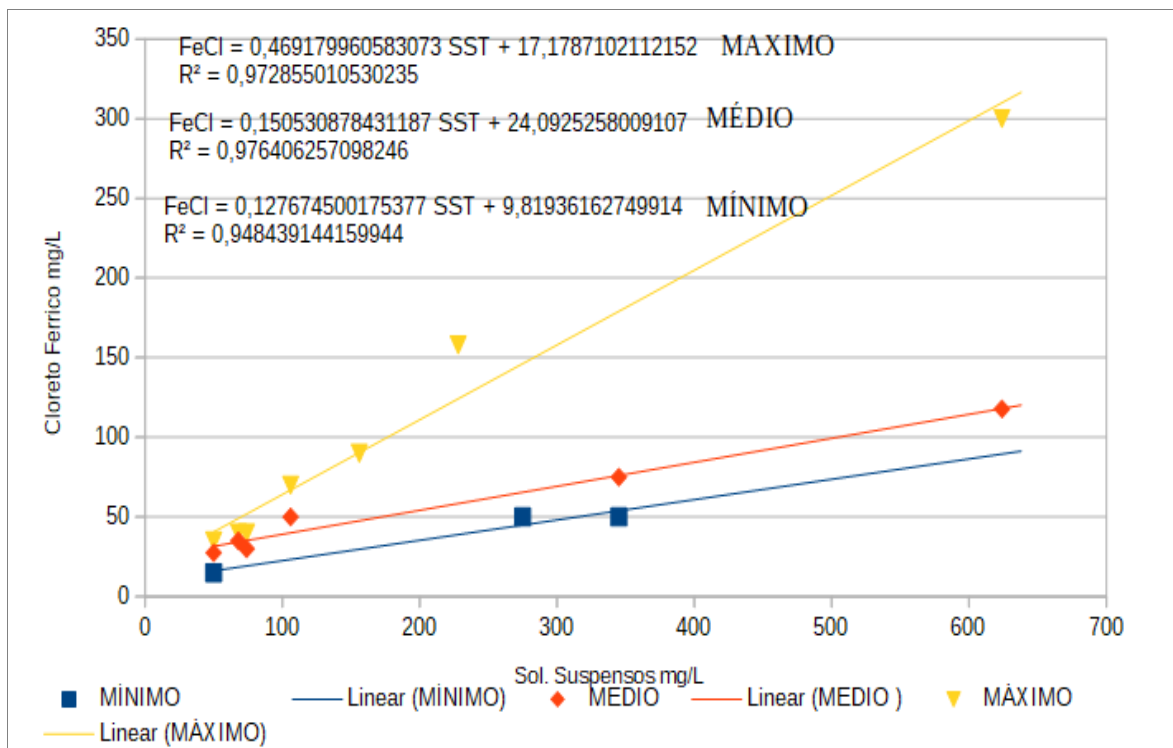


Figura 3 – Regressão com os dados da Tabela 2 após exclusão de informações destoantes.

A Tabela 3 foi empregada para elaboração da Tabela de Dosagem Operacional (Figura 4), que foi utilizada pela equipe de operação da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto, com a inclusão da vazão, empregando a Equação 1.

$$D_{ETE} \text{ (ml/s)} = Q_{ETE} \times D_C / C_{ETE} \times 10$$

(Equação 1)

Em que:

D_{ETE} - dosagem do coagulante a ser aplicado na ETE em mL/s

Q_{ETE} - vazão da ETE em L/s

D_C - dosagem ótima do coagulante definido no ensaio em mg/L

C_{ETE} - concentração do coagulante em %

10 - valor constante para conversão de unidades

Tabela 3 - Tabela orientadora para dosagem de coagulante no esgoto bruto da ETE
Dr. Hélio Seixo de Britto

SST - mg/L	DOSAGEM EM mg/L CLORETO FÉRRICO			SST - mg/L	DOSAGEM EM mg/L CLORETO FÉRRICO		
	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO		MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
50	15	25	35	360	56	78	186
60	17	33	45	370	57	80	191
70	19	35	50	380	58	81	195
80	20	36	55	390	60	83	200
90	21	38	59	395	60	84	203
100	23	39	64	400	61	84	205
150	29	47	88	441	66	90	224
160	30	48	92	500	74	99	252
178	33	51	101	550	80	107	275
180	33	51	102	600	86	114	299
190	34	53	106	624	89	118	310
200	35	54	111	650	93	122	322
228	39	58	124	700	99	129	346
250	42	62	134	719	102	132	355
300	48	69	158	750	106	137	369
350	55	77	181	800	112	145	393

SANEAGO	TABELA DE VAZÃO COAGULANTE																			
	CLORETO FÉRRICO %																			
	VAZÃO DE CLORETO FÉRRICO EM LITROS / MINUTO																			
	40	50	60	70	80	90	100	150	160	178	180	190	200	228	250	300	350	360	370	380
600	MÍNIMO	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.6	2.7	3.0	3.0	3.1	3.2	3.5	3.8	4.3	5.0	5.0	5.1	5.2
	MÉDIO	1.6	3.0	3.2	3.4	3.5	4.2	4.3	4.6	4.6	4.8	4.9	5.2	5.6	6.2	6.9	7.0	7.2	7.3	7.5
	MÁXIMO	3.2	4.1	4.5	5.0	5.3	5.8	7.9	8.3	9.1	9.2	9.5	10.0	11.2	12.1	14.2	16.3	16.7	17.2	17.6
620	MÍNIMO	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.7	2.8	3.1	3.1	3.2	3.3	3.6	3.9	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4
	MÉDIO	1.7	3.1	3.3	3.5	3.6	4.4	4.5	4.7	4.7	4.9	5.0	5.4	5.8	6.4	7.2	7.3	7.4	7.5	7.7
	MÁXIMO	3.3	4.2	4.7	5.1	5.5	6.0	8.2	8.6	9.4	9.5	10.3	11.5	12.5	14.7	16.8	17.3	17.8	18.1	18.6
640	MÍNIMO	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.8	2.9	3.2	3.2	3.3	3.4	3.7	4.0	4.6	5.3	5.4	5.5	5.6
	MÉDIO	1.7	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	4.5	4.6	4.9	4.9	5.1	5.2	5.6	6.0	6.6	7.4	7.5	7.7	7.8
	MÁXIMO	3.4	4.3	4.8	5.3	5.7	6.1	8.4	8.8	9.7	9.8	10.2	10.7	11.9	12.9	15.2	17.4	17.9	18.3	18.7
660	MÍNIMO	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.9	3.0	3.3	3.3	3.4	3.5	3.9	4.2	4.8	5.4	5.5	5.6	5.7
	MÉDIO	1.8	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.7	4.8	5.0	5.0	5.2	5.3	5.7	6.1	6.8	7.6	7.7	7.9	8.0
	MÁXIMO	3.5	4.5	5.0	5.4	5.8	6.3	8.7	9.1	10.0	10.1	10.5	11.0	12.3	13.3	15.6	17.9	18.4	18.9	19.3
680	MÍNIMO	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	3.0	3.1	3.4	3.4	3.5	3.6	4.0	4.3	4.9	5.6	5.7	5.8	5.9
	MÉDIO	1.8	3.4	3.6	3.7	3.9	4.0	4.8	4.9	5.2	5.2	5.4	5.5	5.9	6.3	7.0	7.9	8.0	8.2	8.3
	MÁXIMO	3.6	4.6	5.1	5.6	6.0	6.5	9.0	9.4	10.3	10.4	10.8	11.3	12.6	13.7	16.1	18.5	19.0	19.5	19.9
700	MÍNIMO	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	3.0	3.2	3.5	3.5	3.6	3.7	4.1	4.4	5.0	5.8	5.9	6.0	6.1
	MÉDIO	1.9	3.5	3.7	3.8	4.0	4.1	4.9	5.0	5.4	5.4	5.6	5.7	6.1	6.5	7.2	8.1	8.2	8.4	8.5
	MÁXIMO	3.7	4.7	5.3	5.8	6.2	6.7	9.2	9.7	10.6	10.7	11.1	11.7	13.0	14.1	16.6	19.0	19.5	20.1	20.5
720	MÍNIMO	1.6	1.8	2.1	2.2	2.3	2.5	3.1	3.2	3.6	3.6	3.7	3.8	4.2	4.5	5.2	5.9	6.0	6.2	6.3
	MÉDIO	1.9	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2	5.1	5.2	5.5	5.5	5.7	5.8	6.3	6.7	7.5	8.3	8.4	8.6	8.7
	MÁXIMO	3.8	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	9.5	9.9	10.9	11.0	11.4	12.0	13.4	14.5	17.1	19.5	20.1	20.6	21.1
740	MÍNIMO	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	2.6	3.2	3.3	3.7	3.7	3.8	3.9	4.3	4.7	5.3	6.1	6.2	6.3	6.4
	MÉDIO	2.0	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	5.2	5.3	5.7	5.7	5.9	6.0	6.4	6.9	7.7	8.5	8.7	8.9	9.0
	MÁXIMO	3.9	5.0	5.6	6.1	6.5	7.1	9.8	10.2	11.2	11.3	11.8	12.3	13.8	14.9	17.5	20.1	20.6	21.2	21.6
760	MÍNIMO	1.7	1.9	2.2	2.3	2.4	2.6	3.3	3.4	3.8	3.8	3.9	4.0	4.4	4.8	5.5	6.3	6.4	6.5	6.6
	MÉDIO	2.1	3.8	4.0	4.1	4.3	4.4	5.4	5.5	5.8	5.8	6.0	6.2	6.6	7.1	7.9	8.8	8.9	9.1	9.2
	MÁXIMO	4.0	5.1	5.7	6.3	6.7	7.3	10.0	10.5	11.5	11.6	12.1	12.7	14.1	15.3	18.0	20.6	21.2	21.8	22.2
780	MÍNIMO	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	3.4	3.5	3.9	3.9	4.0	4.1	4.6	4.9	5.6	6.4	6.6	6.7	6.8
	MÉDIO	2.1	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	5.5	5.6	6.0	6.0	6.2	6.3	6.8	7.3	8.1	9.0	9.1	9.4	9.5
	MÁXIMO	4.1	5.3	5.9	6.4	6.9	7.5	10.3	10.8	11.8	11.9	12.4	13.0	14.5	15.7	18.5	21.2	21.8	22.3	22.8
800	MÍNIMO	1.8	2.0	2.3	2.4	2.5	2.8	3.5	3.6	4.0	4.0	4.1	4.2	4.7	5.0	5.8	6.6	6.7	6.8	7.0
	MÉDIO	2.2	4.0	4.2	4.3	4.6	4.7	5.6	5.8	6.1	6.1	6.4	6.5	7.0	7.4	8.3	9.2	9.4	9.6	9.7
	MÁXIMO	4.2	5.4	6.0	6.6	7.1	7.7	10.6	11.0	12.1	12.2	12.7	13.3	14.9	16.1	19.0	21.7	22.3	22.9	23.4

*destacados em amarelo- bomba de dosagem instalada não atende a vazão, aguardo instalação de nova bomba.

Figura 4 - Tabela de dosagem operacional da ETE Dr. Hélio Seixo de Britto, estabelecida com base nos ensaios do jarro e a equação de regressão linear simples, associado aos sólidos suspensos e vazões da ETE

CONCLUSÕES

Diante do exposto inferiu-se que:

- A tabela orientadora da dosagem de coagulante, elaborada com base no protocolo apresentado neste trabalho foi implementada e apresentou sua funcionalidade na ETE Dr. Hélio Seixo de Britto, com a obtenção de melhorias no processo.
- A meta estabelecida em projeto para remoção de 50% de DBO₅ e 80% de SST foram alcançadas com as dosagens da tabela elaborada.
- Devido aos resultados favoráveis, a nova tabela de dosagem será mantida na estação, com revisões sistemáticas, tornando-se a nova forma de trabalho operacional na ETE Dr. Hélio Seixo de Britto.
- Recomenda-se novos estudos com outros tipos de coagulantes na busca de menores custos com produtos químicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Public Health Association (2017). *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*. 23ª ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 2017.
2. CENTENO, J. A. Curso de estatística aplicada à Biologia. Goiânia. Centro Editorial e Gráfico/UFG.1990.188 p.
3. CONAMA CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfmcodlegi=646>. Acesso em: 10 nov. 2018.
4. JORDÃO, E. P.; PESSOA C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. 940 p.
5. RATNAWEERA, H. *Coagulant Dosing Control – A Review*. 11 th Gothenburg Symposium. Orlando, Florida, USA, 2004. 43.
6. SANEAGO - Saneamento de Goiás S/A. Resultados de ensaios dos jarros na ETE Goiânia (protocolos: 528 a 534; 436 a 442; 26 a 32; 35 a 41 e 1152 a 1158), 2012.
7. SANEAGO - Saneamento de Goiás S/A. Resultados de ensaios dos jarros na ETE Goiânia (protocolos: 2876 a 2882), 2015.
8. SANEAGO - Saneamento de Goiás S/A. Resultados de ensaios dos jarros na ETE Goiânia (protocolos dos meses de novembro, dezembro), 2017.
9. SANEAGO - Saneamento de Goiás S/A. Resultados de ensaios dos jarros na ETE Goiânia (protocolos dos meses de junho, setembro, outubro), 2018.
10. SANEAGO - Saneamento de Goiás S/A. Nota Técnica-Resultados de ensaios do jarro da ETE Teresópolis, 2017.
11. SILVA, M. F. Avaliação e proposição de medidas de otimização da ETE Dr. Helio Seixo de Britto, ETE Goiânia. Dissertação de mestrado, 2007. 113 p.