

AVALIAÇÃO DA COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO NO TRATAMENTO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTRO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Aline Trog Ferreira¹; Kelly Geronazzo Martins²; Carlos Magno de Sousa Vidal³; Jeanette Beber de Souza⁴; Thiago Shactae Almeida⁵; Amanda Tayara Ribeiro da Silva⁶; Elaine Golinski⁷

¹Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, Paraná, Brasil, trogaline@gmail.com;

²Docente de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, Paraná, Brasil, kellym@unicentro.br;

³Docente de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, Paraná, Brasil, cacavidal@yahoo.com.br;

⁴Docente de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, Paraná, Brasil, jeanettebeber@yahoo.com.br;

⁵Mestrando em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Irati, Paraná, Brasil, thischactae@gmail.com;

⁶Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, Paraná, Brasil, engamandatr@gmail.com;

⁷Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, Paraná, Brasil, elainegolinski@gmail.com

Resumo: A água é essencial para a vida e as estações de tratamento são responsáveis pela produção de água potável, em contrapartida ocorre a geração de resíduos nesses sistemas que causam impacto ao meio ambiente. Devido a isso, são necessárias estratégias para seu tratamento e reaproveitamento. Este trabalho apresenta os resultados do emprego da coagulação/floculação/sedimentação em equipamento *jar-test* em escala de bancada, a fim de testar diferentes dosagens de coagulante sulfato de alumínio (0, 10, 20 e 30 mgL⁻¹) e tempos de sedimentação (10, 20 e 30 min). Após o tratamento as amostras do sobrenadante foram coletadas para os ensaios de cor aparente. O tratamento estatístico dos dados foi realizado no *Software R. Studio*, através do delineamento inteiramente casualizado com dois fatores (tempo de sedimentação e dosagem de coagulante). Os resultados demonstram-se excelentes com 97,96% de remoção, alcançando cor residual de 38,66 uC, com 30 minutos de sedimentação sem o emprego de coagulante químico. Por fim, conclui-se que os tratamentos propostos se mostraram eficazes para a remoção de cor aparente nas condições analisadas, comprovando a viabilidade de utilização dos processos de coagulação, floculação e sedimentação para o tratamento de águas de lavagem de filtros.

Palavras-chave: Água de lavagem de filtro, coagulação química, sedimentação, cor aparente.



1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a vida e as estações de tratamento de água (ETA) são as responsáveis pelo seu tratamento e distribuição para a população. Nos sistemas de abastecimento de água são gerados resíduos sólidos que de acordo com a NBR 10.004 [1], são resíduos classe II, não perigosos e a sua gestão é de responsabilidade dos geradores. Apesar disso, grande parte desses resíduos não recebe tratamento, sendo muitas vezes destinados de forma inadequada em corpos d'água e se dispostos de maneira incorreta acarretam danos ao meio ambiente.

Em estações de tratamento de água (ETA) aproximadamente 70% da água tratada distribuída no Brasil é oriunda do sistema convencional de tratamento, ou seja, o ciclo completo, que abrange os processos de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, e a maior fração de resíduos gerados nesse sistema origina-se dos decantadores e da lavagem dos filtros [2].

Uma maneira de reutilizar a água de lavagem dos filtros (ALF) é realizar a sua recirculação, porém se feita de forma indiscriminada e sem tratamento prévio pode apresentar a reintrodução de poluentes no sistema, em razão dos teores elevados de sólidos, metais e microrganismos [3]. [4] citam que a clarificação da ALF em tanques pode ser uma alternativa de tratamento, cujo objetivo é receber os efluentes da lavagem dos filtros e mantê-los por tempo suficiente até a sedimentação do material. Outra forma de tratamento é a coagulação com o emprego de sais de alumínio ou ferro, seguida pela floculação e sedimentação [5]. Nesse contexto, a presente pesquisa buscou avaliar os processos de coagulação/floculação/sedimentação em equipamento *jar-test*, testando várias dosagens do coagulante sulfato de alumínio (0, 10, 20 e 30 mgL⁻¹) para cada tempo de sedimentação: 10, 20 e 30 minutos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente utilizado foi proveniente de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), com operação do tipo ciclo completo, constando as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de pH e desinfecção. A coleta foi realizada durante a lavagem em filtros descendentes de leito misto de areia e antracito, com filtração de 48 horas e lavagem de 6 minutos. O coagulante químico utilizado na ETA é o PAC (policloreto de alumínio).

Após a coleta foi realizada a caracterização físico-química de acordo com as determinações de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [6], da ALF bruta e tratada, onde foram analisados os parâmetros, cor aparente, cor verdadeira, pH, temperatura e turbidez.

Em seguida, a ALF foi submetida aos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação no equipamento *jar-test*. Todo o procedimento experimental ocorreu em triplicata. O experimento seguiu as seguintes condições operacionais: dosagem de coagulante proposto: 0, 10, 20 e 30 mgL⁻¹; gradiente de mistura rápida: 800 s⁻¹; tempo de mistura rápida: 20 s⁻¹; gradiente de mistura lenta: 150 s⁻¹; tempo de mistura lenta: 20 min; tempo de sedimentação: 10, 20 e 30 min.



Após a obtenção dos dados, foi efetuado o tratamento estatístico utilizando o *Software R. Studio*, com o objetivo de verificar qual a melhor condição operacional para o parâmetro cor aparente entre as amostras da ALF bruta e tratada. Para tal, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com dois fatores (tempo de sedimentação e dosagem de coagulante). Neste procedimento foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para avaliar se a distribuição é semelhante a normal, em seguida foram feitos os teste de Bartlett e Durbin-Watson, cujo objetivo é verificar a homogeneidade de variância e autocorrelação, respectivamente. Vale ressaltar que, no momento em que as premissas da ANOVA não foram atendidas foi necessária a transformação “box-cox”. Após as premissas serem atendidas foi feito o teste ANOVA. Por fim, ao verificar a diferença estatística entre os tratamentos foi aplicado o teste de Tukey, com $\alpha=0,05$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão expressos os dados da caracterização da ALF coletada na ETA.

Tabela 2. Resultados expressos em média e desvio padrão da caracterização da ALF bruta, coletada na ETA. Fonte: Autores (2022).

Parâmetro	Média e desvio padrão
Turbidez (uT)	92 ± 8
Cor aparente (uC)	940 ± 152
Cor verdadeira (uC)	10 ± 1
pH	5 ± 0,1
Temperatura (°C)	16 ± 0,2

A ALF apresenta valores elevados de turbidez e cor aparente, o que é justificado por ele ser o resíduo bruto do processo de lavagem dos filtros e apresentar uma maior concentração de sólidos suspensos. A caracterização da ALF deste estudo está em conformidade com estudos realizados por [5, 7, 8 e 9].

Na Figura 1 são apresentados os dados de cor aparente após os ensaios em *jar-test*, verificando as quatro dosagens de coagulante analisadas (0, 10, 20 e 30 mgL⁻¹) nos três tempos de sedimentação (10, 20 e 30 minutos).



IV SUSTENTARE & VII WIPIS

WORKSHOP INTERNACIONAL

Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO
GRATUITO
TOTALMENTE
ONLINE

Realização:




Apoio:



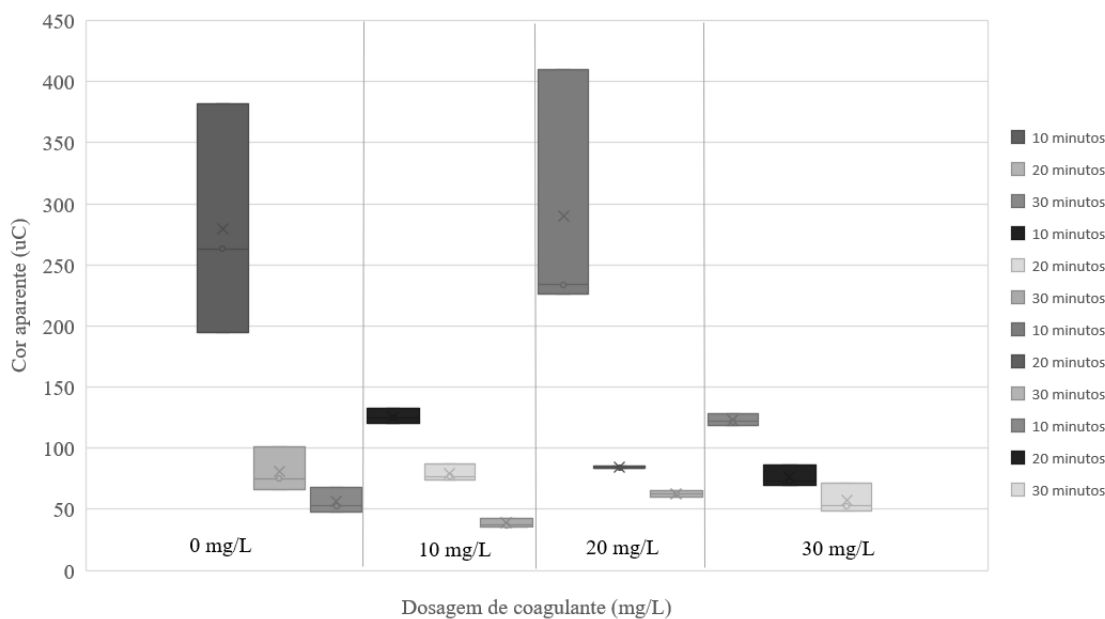



Figura 1. Valores das concentrações de cor aparente (uC) para as dosagens do coagulante químico sulfato de alumínio (0, 10, 20 e 30 mgL⁻¹) nos tempos de sedimentação (10, 20 e 30 min). Fonte: autores (2022).

Após o tratamento estatístico dos dados, verificou-se que as dosagens de coagulante e o tempo de sedimentação possuem correlação com a cor aparente ($p < 0,05$) presente na ALF. Através da análise de variância observou-se que ocorreram diferenças significativas entre as médias de cor aparente com o aumento do tempo de sedimentação 10 minutos ($p < 0,05$), 20 minutos ($p < 0,05$) e 30 minutos ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas ditas a seguir foram comprovadas através do teste de Tukey com nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

Para o tempo de 10 minutos de sedimentação a dosagem de coagulante de 0 mgL⁻¹ é estatisticamente igual a dosagem de coagulante de 20 mgL⁻¹. A dosagem de 30 mgL⁻¹ é estatisticamente igual a dosagem de 10 mgL⁻¹, portanto considera-se a remoção de cor aparente nessas dosagens iguais, com eficiência média de 85%. A dosagem de 0 mgL⁻¹ é estatisticamente diferente que a dosagem de coagulante de 30 mgL⁻¹ e 10 mgL⁻¹. E por fim, a dosagem de 20 mgL⁻¹ é estatisticamente diferente que a dosagem de coagulante de 30 mgL⁻¹ e 10 mgL⁻¹. Portanto a remoção de cor aparente em cada uma das dosagens de coagulante citadas anteriormente foi diferente. Vale destacar que os melhores valores de cor aparente com 10 minutos de sedimentação foram nas dosagens de coagulante de 30 mgL⁻¹ e 10 mgL⁻¹, com remoção média de 93%.

Para 20 minutos de sedimentação as dosagens de coagulante de 0, 10, 20 e 30 mgL⁻¹ são consideradas estatisticamente iguais, portanto, não existe diferença entre as médias de remoção de cor aparente. A eficiência de remoção média de cor aparente em todos os casos foi de aproximadamente 96%.

Com 30 minutos de sedimentação as dosagens de 20 mgL^{-1} e 30 mgL^{-1} são estatisticamente iguais, portanto a remoção de cor aparente com essas dosagens de coagulante foi semelhante, com eficiência de remoção média de 95%. A dosagem de coagulante de 20 mgL^{-1} é estatisticamente diferente da dosagem de 10 mgL^{-1} e 0 mgL^{-1} . Estatisticamente, a dosagem de coagulante de 30 mgL^{-1} é diferente da dosagem de 10 mgL^{-1} e 0 mgL^{-1} . E a dosagem de 10 mgL^{-1} difere da dosagem de 0 mgL^{-1} . Com a adição de 10 mgL^{-1} de coagulante a remoção de cor aparente foi considerada estatisticamente melhor, com um valor médio de 97,96% de remoção, alcançando cor residual de 38,66 uC.

Com relação a remoção de cor aparente nos diferentes tempos de sedimentação, verificou-se que foi estatisticamente diferente, portanto, as concentrações de cor aparente obtidas do sobrenadante diferem entre si quando o tempo é aumentado. Através do teste de Tukey, conclui-se com 95% de confiança que ao sedimentar por 30 minutos a ALF a eficiência de remoção do parâmetro cor aparente é mais elevada. [10] menciona que quanto maior o tempo de sedimentação, maior será a quantidade de material particulado sedimentado. Essa afirmação foi comprovada após tratamento estatístico.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que o tempo de sedimentação e a dosagem do coagulante sulfato de alumínio utilizados nos tratamentos propostos possuem correlação com a remoção de cor aparente da água de lavagem de filtro em estudo.

A remoção de cor aparente em todas as condições operacionais estudadas foi eficiente. Porém, após o teste Tukey verificou-se que adicionando 10 mgL^{-1} de coagulante a remoção de cor aparente foi considerada estatisticamente melhor, com valor médio de 97,96%, alcançando cor residual de 38,66 uC. Os melhores resultados de remoção de cor aparente foram com maior tempo de sedimentação, ou seja, 30 minutos, o que foi corroborado pelo teste de Tukey, com nível de confiança de 95%, o qual verificou que houve diferença significativa entre as médias.

Portanto, após análise dos resultados obtidos nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, conclui-se que o tratamento por meio da sedimentação sem o uso de coagulante, bem como a adição do coagulante sulfato de alumínio se mostraram eficientes e com ótimas remoções do parâmetro cor aparente nas condições operacionais analisadas, sendo uma técnica viável no tratamento de água de lavagem de filtro.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 77 p.
- [2] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2011). **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro, 268 p.



- [3] LOPES, J. B. R. (2010). Reaproveitamento de retrolavagem de filtro de areia e modificação de ETE existente em estação de tratamento de água. Trabalho de Especialização, **Instituto Federal do Ceará**, São Paulo, 39 p.
- [4] DI BERNARDO, L., DANTAS, A.D., VOLTAN, P. E. N. (2012) **Métodos e Técnicas de Tratamento de Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. Editora LBiBe, São Carlos – SP.
- [5] BRAZÃO, Abraão Jhonny da Costa; SILVA, Renato Dantas Rocha da; VIVACQUA, Carla Almeida. (2021). Clarificação de águas de lavagem de filtros em estações de tratamento de água por coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido. **ESA**, v. 26, p. 865-876.
- [6] APHA, AWWA, WEF. (2017). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23 ed. Washington, 2670 p.
- [7] FILIPAKI, F.; SOUZA, J. B. d.; SOUSA, C. M. d. (2021). Tratamento de água de lavagem de filtro de eta empregando coagulante recuperado e desinfecção por radiação uv. São Paulo. **DAE**, v. 69, n 231, pp 54-67.
- [8] GAVLAK, G.; VIDAL, C. M. de S.; MACHADO, E. F. (2021). Treatment of a water treatment plant filter washing water using coagulant regenerated from the decanter sludge. **Semina**, v. 42, n. 2, p. 153–162.
- [9] ISMAIL, I.; PIRES, E. (2022). Avaliação do tratamento por clarificação da Água de lavagem de filtros de estação de tratamento de Água convencional. Revista **AIDIS**, v. 15, n. 2, p. 745–756.
- [10] CANALE, I. (2014). Caracterização microbiológica e físico-química da água de lavagem de filtros recirculado em ETA de ciclo completo. Dissertação de Mestrado, **Universidade Estadual de Campinas**. Limeira, 149 p.