

## **AValiação PRELIMINAR DO PROCESSO DE COAGULAÇÃO APLICADO EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Letiane T. Hendges <sup>1\*</sup>  
Roselaine C. R. Reinehr <sup>2</sup>  
Fernando H. Borba<sup>3\*</sup>

### **RESUMO**

Nos últimos anos vem ocorrendo um aumento da demanda hídrica bem como uma deficiência da disponibilidade de águas naturais para abastecimento público, fatores que podem estar atribuídos ao elevado crescimento populacional, aumento da produção no setor industrial e desenvolvimento de atividades agrícolas. A água para abastecimento público deve obrigatoriamente passar por processos convencionais de tratamento, a fim de atender padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2914/2011, que estabelece características químicas, físicas, biológicas e radioativas da água para consumo humano. Este trabalho teve como objetivo avaliar uma das etapas de um tratamento convencional de água, compreendidas pelo processo de Coagulação/Floculação/Sedimentação (CFS). Foram testados diferentes tipos coagulantes em concentrações que variaram de 50 a 1500 mg L<sup>-1</sup>. Para o desenvolvimento dos experimentos foi coletado uma amostra de água bruta (Vol. 20 L) do Arroio Clarimundo, localizado no município de Cerro Largo/RS. Os experimentos foram conduzidos em ensaios de Jarrest em condições experimentais fixas de pH inicial da amostra 7,5, Gradiente de Velocidade Rápido (GVR) de 300 rpm, Tempo de Mistura Rápido (TMR) de 2 minutos, seguido por um Gradiente de Velocidade Lento (GVL) de 35 rpm sob Tempo de Mistura Lento (TML) de 35 minutos. Em sequência, os experimentos foram submetidos ao processo de sedimentação pelo período de 60 minutos, finalmente as amostras foram conduzidas as análises de cor e turbidez. A melhor eficiência do processo de coagulação-floculação-sedimentação foi observada aplicando como coagulante o sulfato de alumínio (SA), obtendo uma redução de aproximadamente 96 e 99 % da turbidez e cor.

Palavras chaves: Coagulantes; Águas para abastecimento; Ensaios de Jarrest

### **Introdução**

Os sistemas de tratamento de água representam uma vasta infraestrutura em todo o mundo e são fundamentais para a melhor qualidade da vida humana. Com isso, tem-se uma pressão sobre as companhias de abastecimento de água para essas fornecerem aos usuários água em quantidade e qualidade adequadas, atendendo a Portaria 2914/11.

Para atender aos requisitos mínimos estabelecidos pelas Legislações de qualidade da água, são aplicados processos convencionais de tratamento, baseado em sistemas de Coagulação/Floculação/Sedimentação (CFS), e posterior filtração e desinfecção.

O processo de CFS tem por finalidade a remoção de partículas coloidais que são previamente desestabilizadas no processo de coagulação, aglutinadas e adensadas na floculação e precipitadas na sedimentação (AYECHE, 2012). Em um processo convencional de tratamento

de água podem ser utilizados diversos agentes coagulantes, entre os principais podemos destacar o sulfato de alumínio (SA), Cloreto Férrico (CF) e o Tanfloc SG (TSG), sendo este, considerado um polímero catiônico, de baixo peso molecular, de origem vegetal que apresenta vantagens como menor custo, matéria prima renovável e apresentar uma menor geração de lodo durante o processo de tratamento de água (PIANTÁ, 2008).

Diante desta proposta, o contexto desta pesquisa baseia-se na avaliação preliminar da eficiência do processo de CFS utilizando como coagulantes o SA, CF e TSG na redução da turbidez e cor da água bruta do Arroio Clarimundo de Cerro Largo/RS. Para a realização dos ensaios experimentais foi utilizado um sistema batelada em modo Jarrest, mantendo-se constante o pH inicial da amostra em 7,5, Gradiente de Velocidade Rápido (GVR) em 300 rpm, Tempo de Mistura Rápido (TMR) de 2 minutos, seguido por um Gradiente de Velocidade Lento (GVL) de 35 rpm sob Tempo de Mistura Lento (TML) de 35 minutos. Nestas condições foram avaliadas diferentes concentrações dos coagulantes, variando de 50 a 1500 mg L<sup>-1</sup>.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1 CFS**

A coagulação é a desestabilização de partículas coloidais e suspensas presentes na água, por meio da ação do coagulante, usualmente um sal de ferro ou alumínio, em contato com a água e suas impurezas. Essas ações físicas e químicas duram poucos segundos, os íons metálicos de ferro e de alumínio, quando em solução aquosa, carregados positivamente, formam ligações com os átomos de oxigênio liberando átomos de hidrogênio, reduzindo o pH da suspensão. Este processo denomina-se hidrólise e seu produto são as espécies hidrolisadas. Para esse processo deve haver a mistura rápida da massa líquida para proporcionar o contato dessas espécies com as impurezas presentes causando sua desestabilização (LIBÂNIO, 2005).

Para Richter (2009), a floculação é a conjunção entre as partículas, por meio da promoção de sua aglutinação através de colisões causadas pelo movimento das moléculas, devido a energia térmica; ou colisões causadas pelo movimento da água. Esse processo apresenta fenômenos físicos de aglutinação das partículas, nos quais o principal objetivo é a redução de partículas coloidais e suspensas presentes na massa líquida. Para tanto, se fornecem condições de agitação e tempo de detenção para que ocorram choques entre as partículas que

foram previamente desestabilizadas na etapa de coagulação, e assim favorecer a formação dos flocos a serem removidos na etapa de sedimentação (LIBÂNIO, 2005).

A sedimentação é um processo físico que separa as partículas sólidas em suspensão da água, é um dos mais comuns no tratamento de água. Consiste na utilização das forças gravitacionais para separar partículas de densidade superior à da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento (RICHTER, 2009). A sedimentação é o fenômeno físico no qual, em decorrência da ação da gravidade, as partículas suspensas apresentam movimento descendente em meio líquido de menor massa específica. A ocorrência de sedimentação das partículas suspensas propicia clarificação do meio líquido, ou seja, a separação das fases líquida e sólida (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

## 2.2 Coagulantes

Um dos coagulantes mais comumente utilizado no tratamento da água no Brasil é o SA, devido a elevada eficiência na remoção de sólidos em suspensão e ao baixo custo agregado. A eficácia dos coagulantes de alumínio e ferro, quando adicionados à água, decorre da sua capacidade de formar complexos polinucleares com múltiplas cargas com características de adsorção melhoradas. Os complexos interagem então com impurezas, desestabilizando as partículas de acordo com a concentração do coagulante e o pH final da mistura (SILVA et al., 2016).

Os coagulantes orgânicos de origem vegetal à base de tanino são extraídos da madeira, constituído por compostos polihidroxifenólicos, sendo utilizados na produção do coagulante TSG. Esse é um polímero catiônico, de baixo peso molecular, de origem vegetal e apresenta menor custo; matéria prima renovável; menor geração de lodo; obtenção de um lodo sem a presença de SA, em relação aos coagulantes inorgânicos (PIANTÁ, 2008). Di Bernardo (2002) descreve ainda outras características do TSG, este pode ser fornecido em pó ou líquido, a fórmula química tanato quaternário de amônio é muito solúvel em água, o pH da solução preparada a 100 g L<sup>-1</sup> varia entre 1,8 e 2,7 e a umidade do produto fica entre 4,5 e 6,5 %.

## 3. Materiais e Métodos

Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Águas e de Efluentes da

Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, localizado no Campus de Cerro Largo/RS.

### **3.1 Amostras e Reagentes**

A água investigada foi coletada no Arroio Clarimundo localizado no município de Cerro Largo/RS. A amostragem da água (Vol. 20 L) foi realizada conforme a NBR 9.898/87 (ABNT, 1987) e as amostras tratadas e não tratadas foram preservadas de acordo com o Standard Methods (APHA, 2005). Os reagentes e solventes químicos utilizado apresentam pureza de grau analítico.

Para a realização dos experimentos, as amostras foram mantidas com o pH bruto de 7,5. No total foram realizadas trinta e seis amostras testadas, sendo o experimento realizado em duplicata. A concentração de SA, CF e TSG adicionada variou entre 50 a 1500 mg L<sup>-1</sup>.

### **3.1 Procedimento Experimental**

Os experimentos foram realizados em Jartest (PoliControl – Floc Control) em seis bateladas, totalizando 36 amostras, de 400 mL cada. Em cada batelada foram 6 béqueres.

Inicialmente foram determinados os parâmetros iniciais ( $t_0$ ) pela medição da turbidez, em um turbidímetro (PoliControl – AP 2000 iR), da cor no espectrofotômetro UV/Vis (Thermo Scientific – Evolution 201/220) no comprimento de onda de 455 nm e do pH da amostra, sem alteração.

Os ensaios foram realizados com a utilização de um sistema de batelada em modo Jartest, mantendo-se o pH inicial da amostra constante em 7,5, um GVR em 300 rpm para a adição do coagulante SA, CL ou TSG e um TMR de 2 minutos, seguido por um GVL de 35 rpm sob TML de 35 minutos. Terminado esse tempo, os experimentos foram submetidos ao processo de sedimentação pelo período de 60 minutos, e então as amostras foram conduzidas as análises de cor e turbidez.

## **4. Resultados e Discussão**

Com o objetivo de avaliar a eficiência do processo de CFS na remoção da turbidez e da cor em água de corpo hídrico (ACH), foi realizada a sua caracterização inicial, sem o

tratamento. Os valores iniciais dos parâmetros físico-químicos de turbidez, cor e pH obtidos para a uma de ACH estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros físico-químicos obtidos para água de corpo hídrico.

Parâmetros	Unidade	Valor
Cor	u. C.	3540
pH	-	7,5
Turbidez	NTU	546

#### 4.1 Turbidez

Observa-se na Tabela 2 que após a realização dos experimentos utilizando o coagulante SA houve uma diminuição da turbidez inicial.

Tabela 2 - Redução de turbidez com a utilização de SA.

Ensaio	[SA] mg L <sup>-1</sup>	Turbidez t <sub>0</sub>	Turbidez t <sub>f</sub>	% de redução de Turbidez
1	50	546	50,00	90,84
2	300	546	22,00	95,97
3	800	546	13,80	97,47
4	1500	546	12,40	97,73
5	3000	546	21,00	96,15
6	5000	546	19,50	96,43

Assim, obteve-se eficiências de remoção de turbidez acima de 90% para todas as concentrações testadas. Porém, todos os resultados obtidos encontram-se acima do que é recomendado pela Portaria 2914/2011 para padrão organoléptico de potabilidade, a qual determina que o VMP é de 5 uT. No entanto deve-se ter em mente que o teste realizado em laboratório as amostras analisadas não passaram por processo de filtração.

A concentração de 300 mg L<sup>-1</sup> de SA apresentou a máxima redução possível e o aumento adicional na dosagem de coagulante não proporcionou uma redução significativa na turbidez residual. Isso pode ser explicado pelo fato de que a partir dessa dosagem não se tem um aumento significativo na desestabilização das partículas coloidais e conseqüentemente não houve uma eficiência muito maior no processo de CFS.

Na Tabela 3 visualiza-se os valores obtidos para a turbidez com a utilização de CF, sendo possível perceber uma redução na turbidez inicial.

Tabela 3 - Redução de turbidez com a utilização de CF.

Ensaio	[FC] mg L <sup>-1</sup>	Turbidez t <sub>0</sub>	Turbidez t <sub>f</sub>	% de redução de Turbidez
1	50	546	158	71,06
2	300	546	178	67,40
3	800	546	201	63,19
4	1500	546	81	85,16
5	3000	546	61	88,83
6	5000	546	29	94,69

Assim, para o coagulante CF houve uma significativa variação da eficiência de remoção de turbidez, que foi de aproximadamente 60% até acima de 90%. A maior eficiência de remoção da turbidez obtida foi para a concentração de 5000 mg L<sup>-1</sup>, porém uma concentração muito alta de CF pode acarretar em um residual de ferro muito alto que pode ser prejudicial aos equipamentos (GUO et al., 2015). E como no caso anterior, este também ficou acima do que é determinado pela Portaria 2914/2011, porém com valores ainda mais acentuados.

Na Tabela 4 é possível observar a os valores obtidos para a turbidez obtidos com a utilização do coagulante TSG, sendo possível também perceber uma redução desses.

Tabela 4 - Redução de turbidez com a utilização de TSG.

Ensaio	[TSG] mg L <sup>-1</sup>	Turbidez t <sub>0</sub>	Turbidez t <sub>f</sub>	% de redução de Turbidez
1	50	546	217	60,26
2	300	546	231	57,69
3	800	546	244	55,31
4	1500	546	239	56,23
5	3000	546	260	52,38
6	5000	546	310	43,22

Dessa forma, pode-se observar que com a utilização do TSG como coagulante, conseguiu-se eficiências significativamente inferiores, comparando-se com os resultados obtidos com os outros coagulantes já mencionados, porém sem uma variação significativa dos valores de turbidez em função da variação de coagulante, como pode-se verificar na Tabela 3. Sendo 60 % a eficiência mais elevada para a concentração de 50 mg L<sup>-1</sup> de TSG, que pode ser explicado pelo fato de que parte do TSG não participa do processo de CFS, ficando este em solução e proporcionando o aumento da turbidez. Assim como os outros testes, este não atendeu aos limites estabelecidos na mesma normativa.



A Figura 1 ilustra um comparativo entre a redução da turbidez para os três coagulantes utilizados e a variação da turbidez de acordo com a concentração de coagulante utilizada.

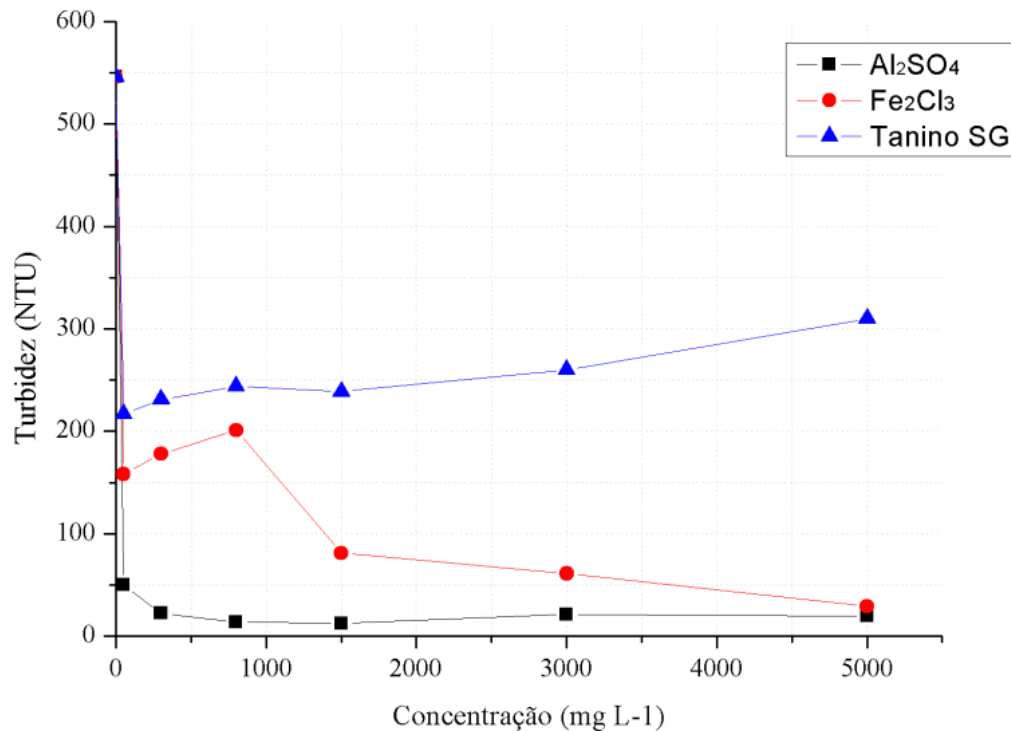


Figura 1 - Comparativo entre os três coagulantes com relação a turbidez.

Observando-se a Figura 1 é possível verificar que o SA apresentou o melhor desempenho para a redução do parâmetro de turbidez, uma vez que a turbidez residual diminuiu rapidamente. Com isso, a partir de dosagem de 300 mg L<sup>-1</sup> de coagulante foi alcançado a máxima redução possível e o aumento adicional na dosagem de coagulante não proporcionou uma redução na turbidez residual e o excesso de sais de alumínio são prejudiciais aos organismos humanos e vivos (GUO et al., 2015).

O CF nas dosagens de 50, 300 e 800 mg L<sup>-1</sup> proporcionou um aumento da turbidez à conforme aumentado da concentração de coagulante. Porém, no aumento das dosagens de 1500, 3000 para 5000 mg L<sup>-1</sup>, houve uma redução na turbidez residual, sendo a maior para a de 5000 mg L<sup>-1</sup> SA. No entanto, a alta dosagem de sais férricos com baixo teor molecular é corrosiva para os equipamentos metálicos (GUO et al., 2015).

Além disso, é possível observar que na utilização do coagulante natural TSG, foi possível verificar que com o aumento da dosagem do TSG tem-se um aumento na turbidez

residual, superando até mesmo a turbidez inicial do efluente. Assim, esse processo é o menos eficiente para a redução de turbidez. O aumento na turbidez pode ser explicado pelo fato de que conforme a concentração do coagulante natural aumenta, menores são os flocos formados, acarretando no aumento da turbidez (NANDINI; SHEBA, 2016). Esse processo ocorre porque os coagulantes neutralizam as cargas nas partículas, provocando assim turbidez na água bruta e também hidrolisam para formar precipitados insolúveis, que atrapalham as partículas (GE POWER; WATER, 2013).

## 4.2 Cor

Observa-se na Tabela 5 que após a realização dos experimentos utilizando o coagulante SA houve uma diminuição da cor inicial.

Tabela 5 - Redução de cor com a utilização de SA.

Ensaio	[SA] mg L <sup>-1</sup>	Cor t <sub>0</sub>	Cor t <sub>f</sub>	% de redução de Cor
1	50	3540	236,37	93,32
2	300	3540	82,70	97,66
3	800	3540	55,15	98,44
4	1500	3540	63,00	98,22
5	3000	3540	110,36	96,88
6	5000	3540	67,00	98,11

Assim, como para turbidez, este parâmetro apresentou eficiências significativamente elevadas, sendo inclusive a maioria acima de 95%, sendo a melhor eficiência obtida para 300 mg L<sup>-1</sup> de SA e concentrações superiores não apresentaram um aumento significativo na eficiência de remoção desse parâmetro, o que pode ser explicado pelo fato de não haver um aumento na desestabilização das partículas coloidais. Entretanto, os valores ficaram acima do que estabelece a Portaria 2914/2011, que determina como padrão organoléptico de potabilidade os VMP de cor aparente de 15 uC.

A Tabela 6 apresenta os valores obtidos para a cor com a utilização de CF, sendo possível perceber uma redução na cor residual em relação a cor inicial.



Tabela 6 - Redução de cor com a utilização de CF.

Ensaio	[CF] mg L <sup>-1</sup>	Cor to	Cor tr	% de redução de Cor
1	50	546	1260,64	64,39
2	300	546	1669,75	44,36
3	800	546	2284,91	35,45
4	1500	546	945,48	73,29
5	3000	546	1024,27	71,07
6	5000	546	1221,25	65,50

Com relação a eficiência obtida utilizando o coagulante CF é possível observar que assim como os resultados apresentados anteriormente para cor aparente, estes estão acima do que é determinado na normativa sobre potabilidade de água, a Portaria nº 2914/2011. A maior eficiência de remoção de cor está a uma concentração de CF de 1500 mg L<sup>-1</sup>, com 73,29 % de remoção. Além disso, não há nenhuma relação linear entre eficiência obtida com o aumento da concentração de coagulante.

Na Tabela 7 são apresentados os valores obtidos para a cor obtidos com a utilização do coagulante TSG, sendo possível também perceber uma redução desses.

Tabela 7 - Redução de cor com a utilização de TSG.

Ensaio	[Tanino SG] mg L <sup>-1</sup>	Cor to	Cor tr	% de redução de Cor
1	50	546	2797,05	20,99
2	300	546	2836,44	19,87
3	800	546	3072,80	13,20
4	1500	546	3663,7	0
5	3000	546	4609,21	0
6	5000	546	2999,00	15,28

Com isso, resultados de cor aparente apresentam eficiências bem abaixo dos valores obtidos com os coagulantes mencionados anteriormente, inclusive com concentrações que não promoveram a redução desse parâmetro, que como para a turbidez, pode ser devido a não reação desse coagulante no processo fazendo com que esse fique suspenso e não altere o valor desse parâmetro. Assim, os valores também estão acima do determinado pela Portaria nº 2914/2011

Na Figura 2 encontra-se ilustrado um comparativo entre a redução da cor para os três coagulantes utilizados e a variação da cor de acordo com a concentração de coagulante utilizada.

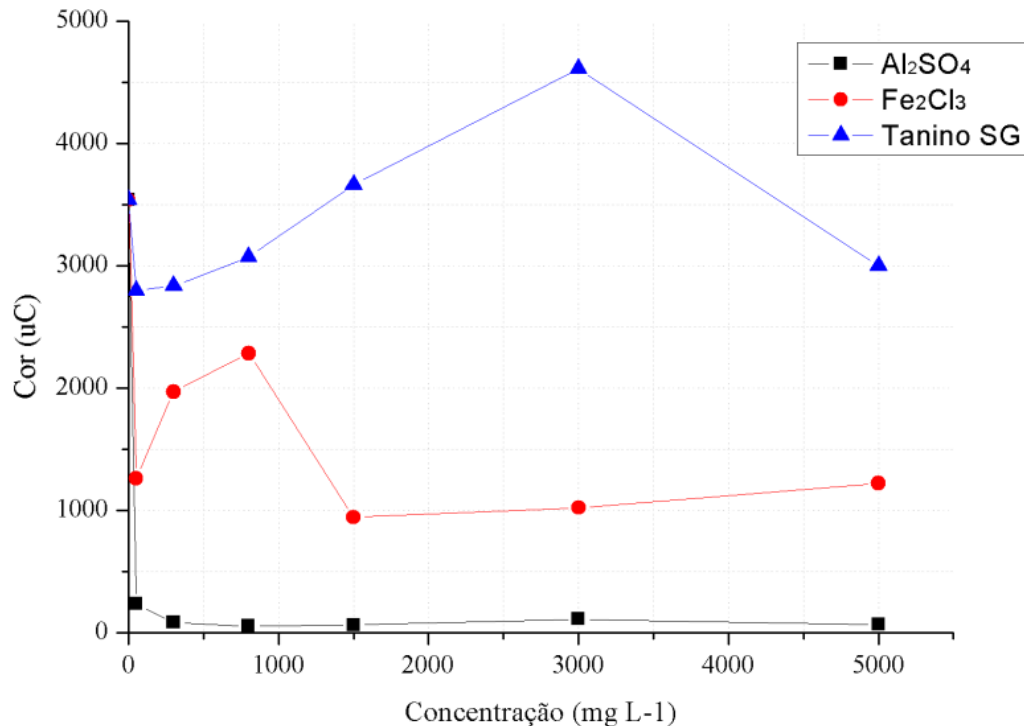


Figura 2 - Comparativo entre os três coagulantes utilizados com relação a cor

A redução da cor por meio dos coagulantes inorgânicos se dá por meio de processo físico, no qual compostos orgânicos com cor têm suas cargas de superfície neutralizadas (GE POWER; WATER, 2013). Assim, a Figura 2 mostra que SA apresentou o melhor desempenho para a redução do parâmetro cor, onde é possível observar que a cor residual diminuiu rapidamente. Dessa forma, na dosagem de 300 mg L<sup>-1</sup> de SA houve a máxima redução possível, de forma que o aumento adicional na dosagem de SA não proporcionou uma redução significativa na cor residual, o que pode ser devido que uma concentração superior não essa promover uma desestabilização dos coloides muito superior à obtida para 300 mg L<sup>-1</sup>.

Analisando o desempenho do coagulante CF, é possível observar que há uma grande variação da cor residual, uma vez que o valor diminui ou aumenta conforme a dosagem usada. O CF foi menos efetivo para a remoção da cor em comparação com o SA e como foi observado em certas dosagens aumenta a cor na água. Além disso, como para a turbidez, uma concentração muito alta de CF pode acarretar em um residual de ferro muito alto.

Considerando o desempenho do Tanino SG, é possível visualizar esse processo também remove algumas partículas de cor, aumentando até o valor da cor residual em relação a cor

inicial em algumas dosagens de coagulante, mostrando que esse coagulante é o menos eficiente na remoção da cor em águas a serem usadas para o abastecimento humano.

#### 4.3 pH

O pH é um fator muito importante durante o processo de coagulação, pois conforme o coagulante utilizado é necessário uma faixa adequada de pH, na qual os coagulantes apresentam uma eficiência maior, sendo usado o pH natural da água no início do processo. A partir da Tabela 8 é possível visualizar uma redução no pH final de cada tipo de coagulante.

Tabela 8 - Valores de pH obtidos no final de cada processo

Grupo	pH inicial	pH final		
		AS	CF	TSG
1	7.5	6.49	3.72	6.07
2	7.5	3.95	2.42	5.6
3	7.5	3.9	2.4	4.2
4	7.5	3.82	2.04	3.42
5	7.5	3.59	pH < 2	2.98
6	7.5	3.48	pH < 2	pH < 2

Conforme observado na Tabela 8, a redução com a utilização de SA e CF ocorre porque esses são sais ácidos que reduzem o pH da água tratada por hidrólise. Considerando o processo com o coagulante CF, o pH resultante diminui em relação ao pH inicial da água bruta devido ao valor do pH inicial e a concentração de coagulante, uma vez que o coagulante é altamente ácido (pH ~ 2) (RACAR et al., 2017).

E no caso do TSG, o processo de coagulação é substancialmente afetado por processos de hidrólise / hidratação que levam a mudanças na densidade de carga desse composto e a sua solubilidade com o tempo e o pH da solução (GRAHAM et al., 2008).

#### Conclusão

Os testes no laboratório foram conduzidos a fim de se obter a dosagem ideal para

redução da turbidez e da cor inicial sob condição da manutenção do pH da água bruta. Utilizando como coagulante o SA, obteve-se as melhores eficiências de remoção de turbidez e da cor para todas as concentrações testadas. Para o coagulante CF, houve uma significativa variação da eficiência de remoção de turbidez. A utilização do TSG apresentou eficiências significativamente inferiores para a turbidez e para a cor em relação aos outros coagulantes.

Assim, todos os ensaios de dosagens de coagulantes não atenderam aos limites estabelecidos pela Portaria 2914/2011 para padrão organoléptico de potabilidade. Entretanto, deve-se observar que as amostras não foram filtradas. Com isso, estes procedimentos experimentais são essenciais para o bom desempenho de uma ETA, pois através desses ensaios são determinados o tipo e a quantidade de coagulante, a fim de tornar o processo mais eficiente e reduzir os custos na operação.

### Referências Bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. NBR 9.898/87
- APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>a</sup> Ed. Washington – DC: APHA, 2005.
- AYECHE, R. Treatment by Coagulation-Flocculation of Dairy Wastewater with the Residual Lime of National Algerian Industrial Gases Company (NIGC-Annaba). **Energy Procedia**, v. 18, p. 147-156, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria n. 2914 de 14 de dezembro de 2011.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: Rima, v. 1, 2005.
- DI BERNARDO, Luiz et al. Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: Editora Rima, p. 80-81, 2002.
- GE POWER E WATER. Water e Process technologies. **Chapter 05 - Clarification**, 2013. Disponível em: <[https://www.gewater.com/handbook/ext\\_treatment/ch\\_5\\_clarification.jsp](https://www.gewater.com/handbook/ext_treatment/ch_5_clarification.jsp)>. Acesso em: 14 Junho 2017.
- GRAHAM, N. et al. Characterisation and coagulation performance of a tannin-based cationic polymer: A preliminary assessment. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 327, p. 9-16, 2008.

GUO, B. et al. Coagulation performance and floc characteristics of aluminum sulfate with cationic polyamidine as coagulant aid for kaolin-humic acid treatment. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 481, p. 476–484, 2015. 31

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005. 444 p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Editora Átomo, 3ª ed., Campinas / SP, 2010.

NANDINI, G. K. M.; SHEBA, M. C. Emanating Trends in the Usage of Bio-coagulants in Potable Water Treatment: a Review. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 3, p. 970-974, 2016.

PIANTÁ, C. A. V.; **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água**. UFRGS, 2008.

RACAR, M. et al. Optimization of coagulation with ferric chloride as a pretreatment for fouling reduction during nanofiltration of rendering plant secondary effluent. **Chemosphere**, v. 181, p. 485–491, 2017.

RICHTER, C.; A. **Água: métodos e tecnologias de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

SILVA, L. F. et al. Treatment of paint manufacturing wastewater by coagulation/electrochemical methods: Proposals for disposal and/or reuse of treated water. **Water Research**, v. 101, p. 467-475, 2016.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1, 3ª ed. Belo Horizonte, 2005.