

I-129 - USO DE POLICLORETO DE ALUMÍNIO NA COAGULAÇÃO E FLOTAÇÃO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE FILTROS

Abraão Jhonny da Costa Brazão⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestrando em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

Renato Dantas Rocha da Silva⁽²⁾

Professor e pesquisador do IFRN. Mestre e Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Senador Salgado Filho, 1559 - Tirol - Natal - RN - CEP: 59015-000 - Brasil - Tel: (84) 4005-9843 - e-mail: abraao.brazao@ifrn.edu.br

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a clarificação de Águas de Lavagem de Filtros geradas em Estações de Tratamento de Água pelo uso de Policloreto de Alumínio na coagulação seguida de Flotação por Ar Dissolvido em experimento realizado em bancada. A caracterização físico-química da ALF foi realizada a partir dos parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, cor aparente, sólidos totais, cloretos, alcalinidade e condutividade elétrica. Em seguida, a água de lavagem dos filtros foi coagulada e flotada com as seguintes concentrações de Policloreto de alumínio: 0 mg/L, 2 mg/L, 4 mg/L, 6 mg/L, 8 mg/L, 10 mg/L e 15 mg/L. Comparativamente, a água de lavagem dos filtros clarificada foi submetida às mesmas análises realizadas na caracterização físico-química, com o objetivo de avaliar a eficiência do sistema proposto. Os resultados obtidos mostraram redução significativa dos parâmetros turbidez, cor aparente e sólidos totais a medida em que se incrementou a dose do coagulante, observando-se, porém, que houve retomada dos valores a partir de determinada dosagem para os parâmetros turbidez e cor aparente, sendo 8 mg/L e 10 mg/L as dosagens ótimas para as amostras 1 e 2, respectivamente. A pior qualidade da água após determinada dosagem de PAC pode ser explicada pela inversão de cargas causada pelo excesso de alumínio. A validação desses resultados está sendo investigada pela avaliação do potencial zeta dos flocos submetidos a diferentes dosagens de Al^{+3} . Concluiu-se que o uso do Policloreto de Alumínio na coagulação seguida pela Flotação por Ar Dissolvido possui elevado potencial clarificador para o efluente em estudo, desde que se garantam as condições ideais de coagulação, principalmente em relação à dosagem do coagulante e ajuste de pH. Estudos em escala piloto estão sendo realizados com o objetivo de validar os experimentos realizados em bancada e verificar a influência dos parâmetros pH, taxa de reciclo e tempo de floculação na eficiência do processo de clarificação.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação, Flotação por Ar Dissolvido, Clarificação, Dosagem de Coagulante.

INTRODUÇÃO

Nas Estações de Tratamento de Água (ETA), a lavagem dos filtros rápidos é responsável pela geração de grandes volumes de resíduos líquidos, podendo atingir até 10% do volume global de água tratada em ETA convencionais. Mesmo no cenário atual de escassez hídrica, a prática comum no Brasil tem sido o descarte desses resíduos em corpos aquáticos próximos à estação, acarretando sérios impactos ambientais em virtude da presença de elementos contaminantes que foram retidos nos filtros. Uma das soluções que se tem apontado para a clarificação dessas águas e sua posterior reutilização na linha de tratamento é a flotação por ar dissolvido (FAD) antecedida pelas etapas de coagulação e floculação.

A FAD consiste na separação de partículas via adesão a bolhas de ar, pela incorporação dessas no interior de flocos ou por simples arraste hidráulico. Neste processo, as bolhas de ar são geradas pela súbita redução de pressão na corrente líquida saturada de ar, proveniente da câmara ou tanque de saturação. As unidades formadas por bolhas e partículas apresentam uma densidade aparente menor do que a do meio aquoso e flutuam (flotam) até a superfície de um reator, onde são removidas (METCALF et al, 1991; SILVA, 2009 apud TESSELE et al, 2005). Dentre os principais fatores associados à eficiência da FAD estão as etapas de

coagulação e floculação. A otimização dessas etapas é de fundamental importância na eficiência do processo, o que pode ser conseguido por meio da realização de estudos criteriosos em laboratório (DI BERNARDO et al, 2012; TESSELE, 2005).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a clarificação de Águas de Lavagem dos Filtros (ALF) geradas em ETA pelo uso de Policloreto de Alumínio (PAC) na coagulação seguido de FAD em experimento realizado em bancada. É uma das partes de projeto de pesquisa que, dentre outros objetivos, visa caracterizar os efluentes gerados na ETA Extremoz-RN e realizar ensaios de tratabilidade dos resíduos líquidos para propor alternativas adequadas para o seu tratamento e disposição final.

MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente utilizado na pesquisa foi a ALF da ETA Extremoz, localizada no município de Extremoz/RN. A ETA é gerenciada pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e capta água da lagoa de Extremoz, manancial pertencente a bacia hidrográfica do rio Doce, com contribuições de águas subterrâneas e superficiais do rio Guagirú ao Sul e do rio Mudo ao norte. Embora projetada e operada inicialmente sob a concepção convencional, a ETA funciona como do tipo filtração direta, em função da desativação dos floculadores e decantadores, servindo esses apenas como elementos de passagem.

Atualmente, a ETA funciona acima da sua capacidade inicialmente projetada de 500 L/s, chegando a até 750 L/s e é composta por 4 filtros rápidos de fluxo descendente, com leito filtrante formado por areia quartzosa, pedregulho e fundo de bloco cerâmico do tipo Leopold. A carreira de filtração é estipulada em função das perdas de cargas observadas pelo aumento do nível d'água nos filtros, sendo atualmente fixada em 12h. A retrolavagem dos filtros é realizada somente com água e são gastos cerca de 200m³ de água tratada por filtro. Após geração, a ALF é bombeada até a lagoa de sedimentação, onde após período de detenção, é recirculada à linha de tratamento na ETA sob uma taxa de 1,3%.

Na etapa de coagulação foi utilizado PAC com teor de Alumina de 23% em peso, sendo esse, o mesmo utilizado na ETA. Para o experimento em bancada (finalizado), foi utilizado um Flotateste composto por um vaso saturador e uma célula de flotação, associados a um compressor de ar. Para a coagulação e floculação, foi instalado um agitador magnético sob a célula de flotação. Os experimentos em bancada foram realizados no Laboratório de Análises de Águas e Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), campus São Paulo do Potengi. A Figura 1 apresenta um desenho esquemático do sistema montado para a pesquisa.

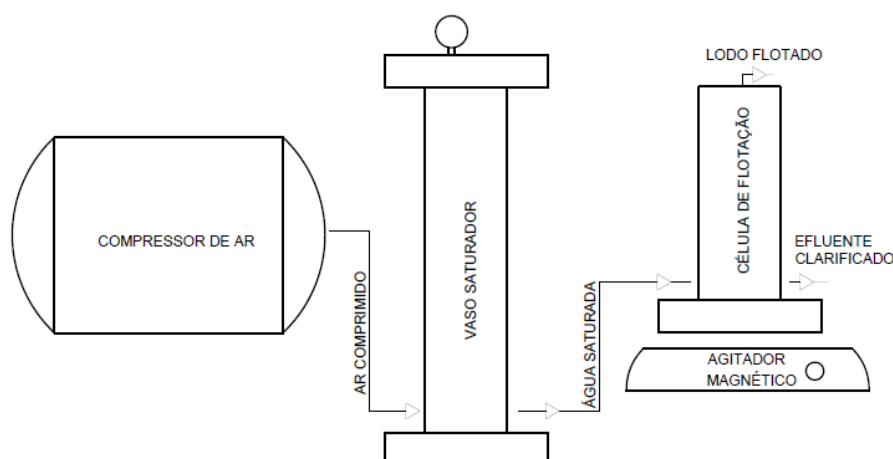


Figura 1 – Esquema do Sistema de Flotação por Ar dissolvido de bancada contendo Flotateste, compressor de ar e agitador magnético.

Foram coletadas duas amostras de ALF com 40 Litros cada, sendo as coletas realizadas com intervalo de aproximadamente 1 mês, correspondendo aos meses de outubro e novembro do ano de 2017. As amostras

foram compostas por efluente correspondente a cada minuto da lavagem dos filtros, sendo 5 min o tempo de lavagem total. Após coleta, partiu-se aos experimentos, sendo a pesquisa dividida em três etapas. A primeira consistiu na caracterização físico-química da ALF, sendo para isso realizadas as seguintes análises: pH, turbidez, cor aparente, sólidos totais, cloretos, alcalinidade e condutividade elétrica. Na segunda, a ALF foi coagulada com as seguintes concentrações de PAC: 0 mg/L, 2 mg/L, 4 mg/L, 6 mg/L, 8 mg/L, 10 mg/L e 15 mg/L. Em seguida, a ALF foi clarificada pelo uso do sistema FAD sob uma condição de flotação de 20% de reciclo de água saturada de ar e, então, a água tratada foi submetida às mesmas análises realizadas na caracterização físico-química, agora, com o objetivo de analisar a eficiência de clarificação. O volume de ar aplicado ao sistema corresponde ao valor teórico de saturação, obtido a partir do princípio estabelecido pela lei de Henry. Os valores teóricos de ar dissolvido em água sob diferentes condições de saturação são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Volume de ar dissolvido em água em função da pressão e temperatura de acordo com a Lei de Henry.

Volume de ar precipitado por 1 L de água, mL/L			
	Pressão de saturação, kgf.cm ⁻²		
Temperatura, °C	3	4	5
10	85,32	113,76	142,2
20	69,59	92,78	115,98
30	59,48	79,3	99,13

A terceira etapa, em andamento, está sendo conduzida em uma unidade semi-contínua de FAD instalada na ETA em estudo e tem o objetivo de investigar o efeito da alteração das variáveis taxa de reciclo, tempo de floculação, dosagem do coagulante e pH na qualidade final da ALF clarificada.

RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização da ALF para a amostra 1 e 2, quanto aos parâmetros analisados.

Tabela 2 – Resultado da caracterização da ALF para as amostras coletadas na ETA Extremoz.

Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2
pH (-log[H ⁺])	6,95	6,87
Turbidez (uT)	89,00	86,60
Cor aparente (uC)	229,00	161,00
Sólidos totais (mg/L)	120,00	453,11
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	22,99	41,98
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	37, 37	37,37
Condutividade elétrica (µS/cm a 25°C)	239,00	269,90

Os resultados indicam que não houve grande flutuação nas características físico-químicas da água de lavagem de filtros. Apenas houve destaque quanto ao aumento dos sólidos totais e cloretos na amostra 2, provavelmente em virtude de excedente de PAC usado nas etapas de coagulação e floculação da estação de tratamento. O pH

Estudos aplicados de coagulação e flotação por ar dissolvido

A Tabela 3 apresenta os resultados dos parâmetros analisados após coagulação e FAD da amostra 1 enquanto que. A Figura 2 e a Figura 3 mostram o comportamento dos parâmetros turbidez, cor aparente e sólidos totais com o incremento da concentração de PAC.

Tabela 3 – Resultado dos parâmetros analisados após coagulação e FAD na Amostra 1. Razão ar/sólido 0,066 ml de ar/mg de sólidos. Pressão de 4 kgf.cm⁻² e taxa de reciclo de 20%. Eficiência de saturação: 0,5.

Parâmetro	Dosagem de PAC (mg/L)						
	0	2	4	6	8	10	15
pH (H ⁺)	7,13	7,22	7,08	7,04	6,82	7,02	6,56
Turbidez (uT)	7,12	7,71	4,19	2,08	0,23	0,53	1,37
Cor aparente (uC)	36	32	27	18	10	11	13
Sólidos totais (mg/L)	720,00	100,00	80,00	20,00	20,00	140,00	180,00
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	29,99	26,99	30,99	28,99	26,99	20,99	21,64
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	49,18	47,21	49,18	51,14	23,60	37,37	21,64
Condutividade elétrica (μS/cm a 25°C)	234,5	255,5	247,9	250,6	263,3	266,9	260,1

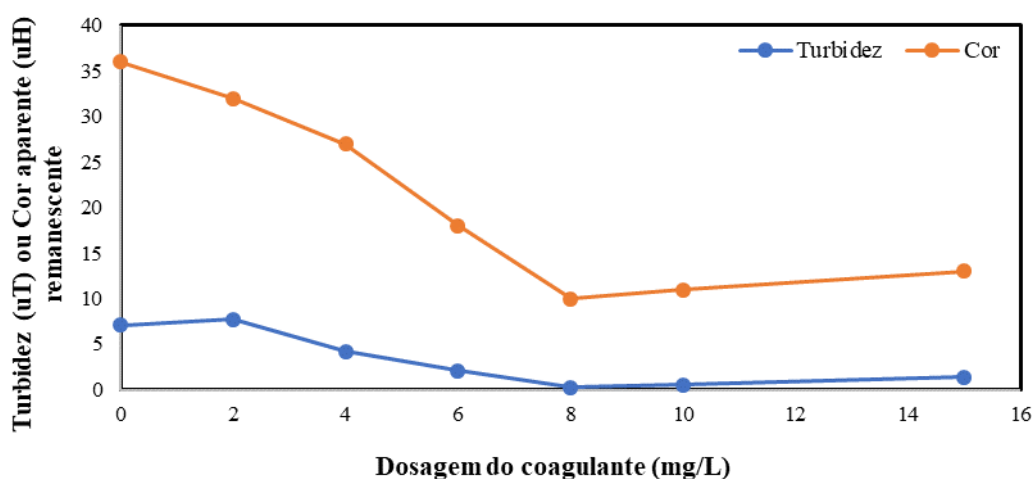


Figura 2 – Turbidez remanescente ou cor aparente remanescente em função da dosagem de PAC na amostra 1

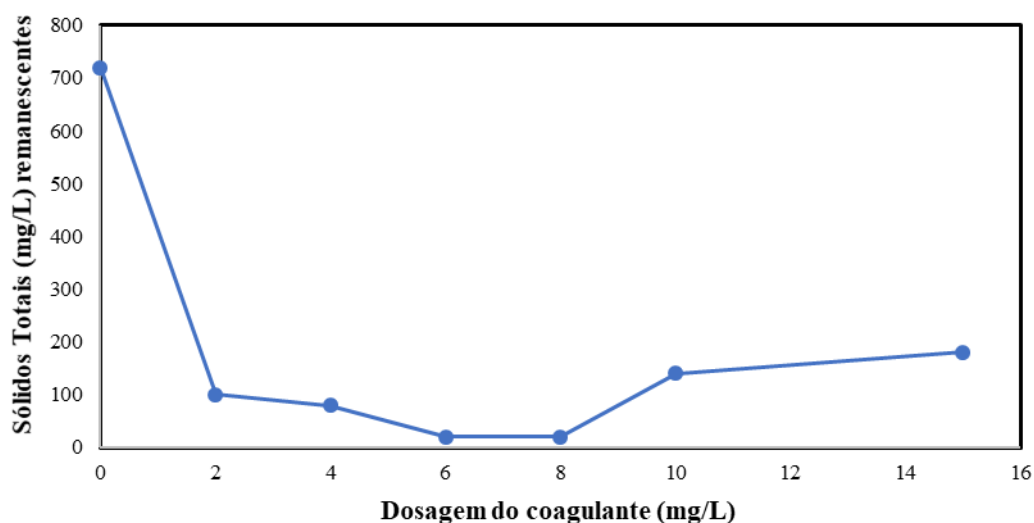


Figura 3 – Sólidos totais remanescentes em função da dosagem de PAC na amostra 1

A Tabela 4 apresenta os resultados dos parâmetros analisados após coagulação e FAD da amostra 2. A Figura 2 e a Figura 3 mostram o comportamento dos parâmetros turbidez, cor aparente e sólidos totais com o incremento da concentração de PAC.

Tabela 4 – Resultado dos parâmetros analisados após coagulação e FAD na Amostra 2. Razão ar/sólido 0,018 ml de ar/mg de sólidos. Pressão de 4 kgf.cm⁻² e taxa de reciclo de 20%. Eficiência de saturação: 0,5.

Parâmetro	Dosagem de PAC (mg/L)						
	0	2	4	6	8	10	15
pH (H ⁺)	6,82	6,91	6,87	6,93	6,85	6,85	6,62
Turbidez (uT)	13,4	12,3	5,32	3,82	2,66	1,69	1,90
Cor aparente (uC)	82	72	65	38	30	20	21
Sólidos totais (mg/L)	341,40	282,62	294,71	242,25	83,41	89,70	20,42
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	43,98	45,98	54,98	59,98	61,98	51,98	66,97
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	53,11	57,04	53,11	51,14	55,08	53,11	53,14
Condutividade elétrica (μS/cm a 25°C)	286,7	265,8	267,4	275,9	269,9	274,3	285,6

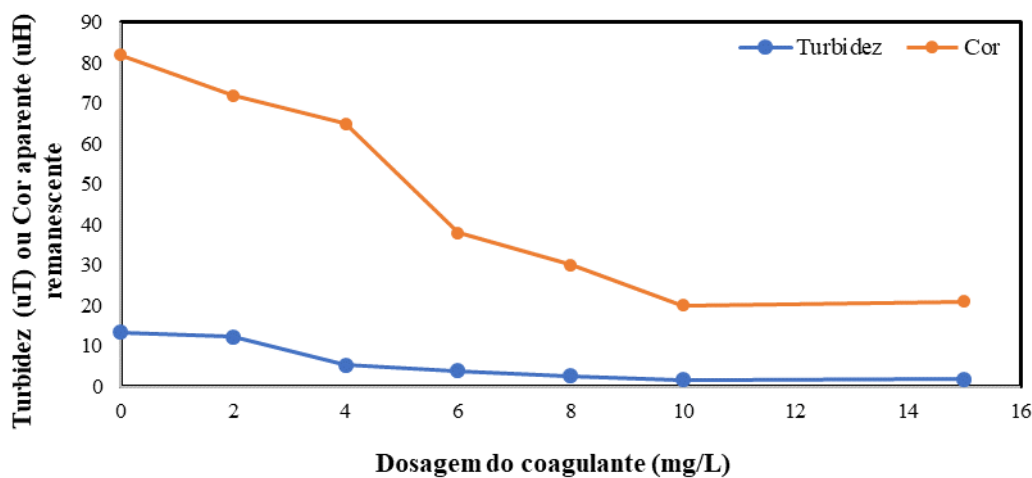


Figura 3 – Turbidez remanescente ou cor aparente remanescente em função da dosagem de PAC na amostra 2

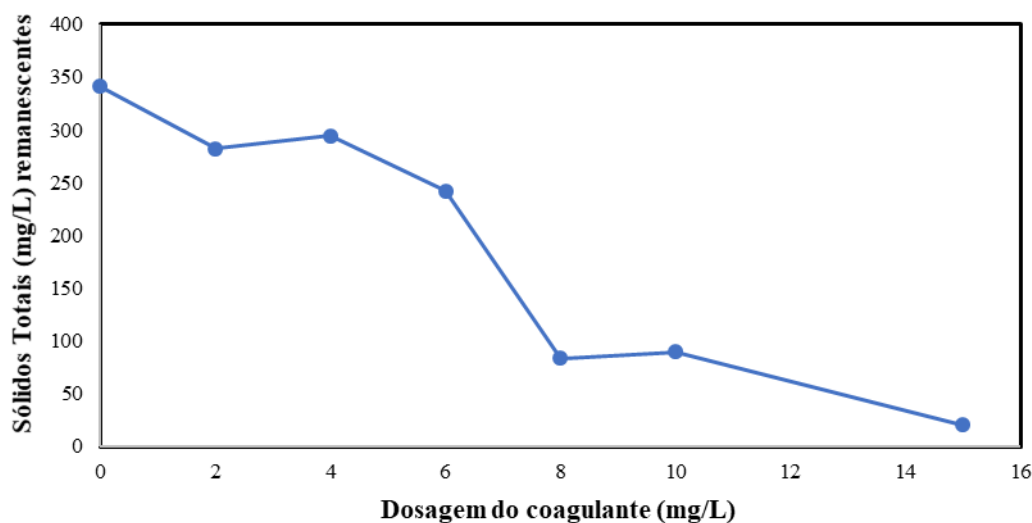


Figura 4 – Sólidos totais remanescentes em função da dosagem de PAC na amostra 2

Os resultados obtidos após o tratamento da água de lavagem de filtros por coagulação e flotação evidenciaram que houve redução significativa dos parâmetros turbidez, cor aparente e sólidos totais a medida em que se incrementou a dose de PAC. Na amostra 1, o melhor resultado de flotação foi obtido a partir da dosagem de PAC de 8 mg.L⁻¹, havendo uma perda na eficiência de captura de flocos na dosagem de 10 mg.L⁻¹. Esses resultados se justificam pela possível inversão de cargas da superfície dos flocos provocada pelo excesso de Al⁺³. Esse comportamento não foi observado no tratamento da água coletada na campanha 2. Aditivamente, foi observado o discreto incremento da alcalinidade na água após o tratamento da campanha 2. Esse resultado representa um indicativo que o PAC dosado na segunda campanha de tratamento foi consumido pela presença de espécies iônicas que impediram a ação dos íons Al⁺³ na neutralização de cargas e justificando maiores índices de turbidez na água tratada nessa campanha.

CONCLUSÕES

Os resultados das etapas já realizadas apontaram que a aplicação da coagulação e FAD com o uso de PAC em determinadas dosagens na ALF da ETA Extremoz reduziu significativamente os valores dos parâmetros associados à presença de partículas físicas (turbidez, cor aparente e sólidos totais), apresentando assim, potencial clarificador para esse resíduo, sendo as dosagens ótimas 8 mg/L e 10 mg/L para as amostras 1 e 2, respectivamente. A alcalinidade se apresentou como parâmetro limitante na eficiência da coagulação e o ajuste de pH é uma condição indispensável para a manutenção da eficiência do sistema de coagulação-flotação.

Investigações sobre a neutralização de cargas por coagulação com PAC estão sendo conduzidas para que seja possível compreender a interação entre o Al⁺³ e a superfície de partículas presentes na ALF. O ponto de carga zero e a promoção da efetiva coagulação se apresentou fortemente da dosagem do coagulante e do pH. Esses parâmetros apresentam destaque na eficiência global do sistema em estações de tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FREITAS, D.G. Efeitos da recirculação de água de lavagem de filtros em um sistema de filtração direta em escala de bancada. Natal, 2017. Dissertação de mestrado- Centro de Tecnologia-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.
2. J, M., NEVES, E.F.A., TROFINO, J.C., BERNARDO, L.D. Emprego do reagente de fenton como agente coagulante na remoção de substâncias húmicas de água por meio da flotação por dissolvido e filtração. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.11, n.3, set. 2006.
3. PIOLTINE, A., REALI, M.A.P. Influência do tamanho de flocos e da concentração de ar dissolvido na eficiência na flotação. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.20, n.3, set. 2015.



4. TESSELE, F.R., ROSA, J.J., RUBIO, J. Os avanços da flotação no tratamento de águas, esgotos e efluentes. Parte I: Fundamentos e mecanismos. Revista Saneamento Ambiental, v. XIV, n. 102, p. 30-36, 2004.
5. TESSELE, F.R., ROSA, J.J., RUBIO, J. Os avanços da flotação no tratamento de águas, esgotos e efluentes. Parte II: Aplicações. Revista Saneamento Ambiental, v. XIV, n. 102, p. 30-36, 2004.