

I-145 - DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO NA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

Jessica van Enck⁽¹⁾

Acadêmica da nona fase do curso de Engenharia Sanitária na Universidade do Estado de Santa Catarina

Patrícia Hübner Zambão⁽²⁾

Acadêmica da nona fase do curso de Engenharia Sanitária na Universidade do Estado de Santa Catarina. Bolsista de Iniciação Científica.

Luciano André Deitos Koslowski⁽³⁾

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade do Estado de Santa Catarina. Doutorando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Remi Henrique Muller, 128 – Hamburgo Velho – Novo Hamburgo – RS - CEP: 93540070 - Brasil - Tel: (47) 99191691, (51) 35954093 - e-mail: jessicavanenck@gmail.com

RESUMO

A indústria têxtil utiliza uma grande demanda de água para a concretização de seus processos. No uso industrial, a água não necessita ser potável, no entanto, é necessária a atenção para alguns parâmetros, entre eles o alumínio, o qual altera a fixação do corante utilizado na tinturaria para a coloração do tecido. Com o intuito de aperfeiçoar a estação de tratamento de água (ETA) em uma indústria têxtil e, portanto diminuir o parâmetro alumínio da água tratada para uso industrial buscou-se estudar a ETA e analisar laboratorialmente a água, em determinados pontos, ao longo do tratamento. Para a análise quantitativa do alumínio foi empregado o método espectrofotométrico e para os ensaios de turbidez um turbidímetro. Por meio dos ensaios de coagulação - Jar Test da água bruta foi avaliado o pH e a concentração de coagulante mais favorável para o processo de tratamento da água. Na análise dos resultados, foi observado que a melhor dosagem de sulfato de alumínio, a 1% foi de 15 mg/L com o ajuste de pH realizado com óxido de cálcio, a 0,5% de 3,0 ml. Mediante os resultados das análises de alumínio e turbidez, observou-se um acréscimo de alumínio ao longo do processo. Dessa forma, foram propostas alterações na ETA da empresa, como, a retirada controlada do lodo e a dosagem adequada de coagulante.

PALAVRAS-CHAVE: Alumínio, indústria têxtil, tratamento de água.

INTRODUÇÃO

As indústrias necessitam de água de qualidade e em quantidade para a realização de inúmeros processos, cada processo industrial tem suas peculiaridades em relação a parâmetros de qualidade da água que influenciam em sua operação. A indústria têxtil utiliza uma grande demanda de água na tinturaria, a água destinada para esse processo não pode ter um alto teor de alumínio, devido às características dos químicos utilizados para a fixação de cor no tecido.

A proposta do estudo consiste na melhoria e adequação desse processo de coagulação da Estação de Tratamento de Água (ETA), onde se faz necessário a compatibilização da melhoria do processo e a minimização da formação de resíduos, os quais são provenientes de precipitação de sais metálicos na forma de hidróxidos de alumínio ou ferro (ABIDEEN et. al., 2012). Os coagulantes mais usuais no tratamento de água são os inorgânicos, associado a esses sais trivalentes de ferro e alumínio. Nota-se que o desempenho e custo – benefício desses coagulantes são comprovados, entretanto podem-se observar alguns níveis de residual associado ao seu uso (BONGIOVANI; 2013). O estudo de alternativas técnicas não se resume à otimização do sistema, é necessário avaliar os impactos em relação à composição do lodo, pois seu potencial tóxico é influenciado principalmente pelo teor de metais presentes (SCHNEIDER, 2013).

O objetivo das análises foi quantificar a presença de alumínio na água tratada em diversos pontos do sistema de tratamento de água de uma indústria têxtil. Neste contexto, foi avaliado o melhor pH para a coagulação da água e a dosagem ótima de sulfato de alumínio. Os dados obtidos por análises laboratoriais na ETA da indústria em questão, sugerem a otimização do sistema de coagulação da referida empresa.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo, a amostragem a foi efetuada em vários pontos ao longo do processo de tratamento de água para uso industrial. Os pontos de coleta de água localizavam-se: na saída da adutora de água bruta, no reservatório de água bruta, na saída do filtro, na saída do decantador e na saída ETA. Na etapa seguinte a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para proceder com as análises. Nesta etapa, identificaram-se as amostras com o ponto de amostragem e sua localização (CETESB, 1987).

Realizou-se o ensaio de coagulação (Jar Test), conforme Figura 1, o equipamento é constituído por seis recipientes, em cada um deles foi transferido o volume de 2 litros de água e procedeu-se a agitação com rotação de 100 RPM. Na etapa seguinte adicionaram-se simultaneamente as soluções, mantendo a agitação durante o intervalo de tempo de 3 minutos. Posteriormente, foi realizado o ajuste do equipamento para 50 RPM, durante o período de 25 minutos. Após esta etapa, a decantação da água foi acompanhada por aproximadamente 30 minutos com a observação visual dos flocos formados, cor e turbidez.



Figura 1: Procedimento de Jar Test

O primeiro procedimento foi realizado com a finalidade de obter o pH ótimo para a coagulação da água a ser tratada. Adicionou-se a dosagem de 20mg/L da solução de sulfato de alumínio a 1%, variando-se as quantidades de óxido de cálcio (CaO) em uma solução a 0,5% em todos os seis recipientes do equipamento. Os volumes adicionados de CaO no procedimento foram respectivamente: 1,0ml; 1,5ml; 2,0ml; 2,5ml; 3,0ml; 3,5ml.

No segundo procedimento, utilizou-se a quantia da solução de óxido de cálcio encontrado no procedimento anterior e variou-se a concentração de sulfato de alumínio a 1% em cada recipiente, de forma a quantificar a melhor dosagem do coagulante na ETA. Foram empregadas as quantidades de 2,0ml; 3,0ml; 4,0ml; 5,0ml e 6,0ml de sulfato de alumínio (BRASIL, 2006).

O teste do Alumínio na água, mediante o método espectrofotométrico, foi realizado conforme a metodologia preconizada pelo APHA (2012). Na etapa inicial, transfere-se 5 ml da amostra para uma cubeta. Em seguida, adiciona-se na amostra o reagente em pó (Al – 1) com uma micro-espátula. Na sequência, foi adicionado 1,2 ml do segundo reagente (Al – 2) e 0,25ml do terceiro reagente (Al – 3). Procede-se a agitação da cubeta. Para realização do branco, utilizou-se o mesmo procedimento, entretanto adiciona-se 5ml de água deionizada/destilada no lugar da amostra. Após o intervalo de dois minutos foi utilizado o método colorimétrico com o uso do espectrofotômetro, conforme Figura 2, para quantificação da concentração de alumínio na água.



Figura 2: Espectrofotômetro para análise de alumínio

Para a quantificação da turbidez, realizou-se a análise de forma direta através da utilização de um turbidímetro, conforme metodologia descrita no APHA (2012). Nesse procedimento, adiciona-se nas cubetas do turbidímetro a amostra coletada e em seguida realiza-se a leitura (UNT).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios de alumínio e turbidez realizados na estação de tratamento de água da indústria são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Análises do alumínio e turbidez

Ponto de Coleta	Saída Adutora	Reservatório de Água	Saída do Filtro	Saída do Decantador*	Saída ETA
Alumínio (mg/L)	0,065	0,045	0,131	acima da faixa de detecção**	0,145
Turbidez (UNT)	4,8	9,6	1,53	31	3,25

** acima de 1,2mg/L

Conforme os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que a água da saída da adutora para a do reservatório, apresenta uma diminuição da concentração de alumínio, fato que pode ter ocorrido pela diluição ou o consumo pelo meio desse metal. Os resultados obtidos para a análise da turbidez da água apresentou grandes alterações ao longo do processo. Após a passagem pelo decantador, a água de lavagem do filtro atingiu elevado valor de turbidez e o parâmetro alumínio ultrapassou a faixa de detecção do equipamento, possivelmente devido à presença de lodo.

Devido aos resultados das análises encontrados para o parâmetro alumínio ao longo do processo, optou-se em realizar ensaios de coagulação (Jar Test) de maneira a quantificar a dosagem de coagulante do processo. A metodologia utilizada para a primeira bateria de testes objetivou obter o valor de melhor pH para a coagulação da água bruta do reservatório de água da ETA. A seguir, a Tabela 2, apresenta os resultados para a turbidez em cada recipiente do equipamento.

Tabela 2: Primeiro procedimento de ensaio de coagulação (Jar Test)

Recipiente	1	2	3	4	5	6
Sulfato de Alumínio 1% (mg/L)	20	20	20	20	20	20
Óxido de Cálcio 0,5% (ml)	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Turbidez (UNT)	1,31	1,14	0,89	0,73	0,415	0,45

Com a análise visual do processo, foi evidenciado nos recipientes 5 e 6 a formação dos flocos desejados, onde a água apresentou-se mais límpida. Nota-se na Tabela 02, que o valor obtido para o recipiente 5, cuja dosagem de óxido de cálcio, a 0,5% foi de 3,0 ml, apresentou-se como a alternativa viável, devido ao baixo valor de turbidez.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o software PAST, versão 3.06, a fim de avaliar os parâmetros em estudo, sulfato de alumínio, óxido de cálcio e turbidez.

Inicialmente, foi suprimida a primeira linha, Sulfato de Alumínio 1% (mg/L), devido ao fato do seu valor ser constante. Antes de qualquer análise, como $n < 30$, os pressupostos do Teorema do Limite Central não são necessariamente atendidos, podendo haver impedimento para a aplicação de procedimentos paramétricos. Para tanto, procedeu-se a um teste de normalidade (no caso, o teste de Shapiro-Wilk) para a variável dependente Turbidez. A variável independente, Óxido de Cálcio, foi variada sistematicamente com incrementos de 0,5% e dispensa qualquer análise de normalidade.

O teste de Shapiro-Wilk não apresentou evidências para rejeição da hipótese de normalidade (valor $p = 0.6018$), o que possibilita a utilização da inferência paramétrica, na forma de intervalos de confiança. Portanto, o intervalo de confiança para Turbidez média do efluente é de em 0.82 ± 0.38 , para $\alpha=0.05$, baseando-se nos percentis da distribuição t de Student.

O valor do coeficiente de correlação de Pearson entre os valores de Turbidez e de Óxido de Cálcio foi de -0.98, sendo altamente significativo quando submetido ao teste t (valor $p < 0.010$). Para análise da forma funcional desta, apresentam-se os dados de Óxido de Cálcio e Turbidez sob a forma de um diagrama de dispersão, na Figura 3. As estimativas dos parâmetros que do modelo que melhor expressa a relação $\text{Turbidez} = f(\text{Óxido de Cálcio})$ foram obtidas através de mínimos quadrados ordinários e o modelo foi escolhido baseado no melhor valor do coeficiente de determinação (r^2). Conforme pode ser visto no modelo, a melhor representação deu-se por um modelo polinomial do segundo grau, côncavo para cima.

Admitindo-se estacionalidade e derivando este modelo, temos um mínimo global para Óxido de Cálcio = 5.7%. Para este valor, faz-se necessário uma turbidez estimada de 0.12.

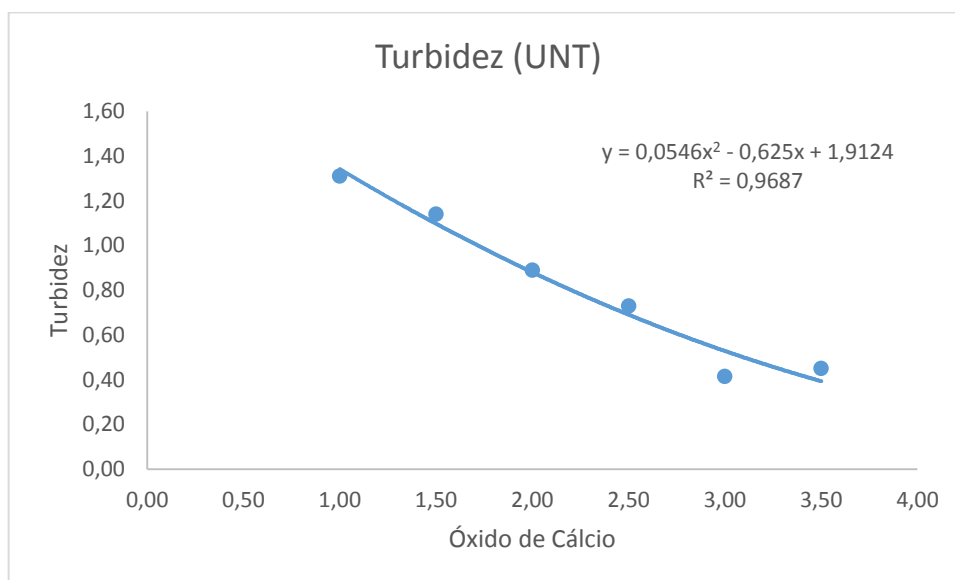


Figura 3: Diagrama de Dispersão do primeiro teste do Jar Test

Para os dados da Tabela 3, temos que os dados de Sulfato de Alumínio 1% (mg/L) também não apresentam evidências para rejeição da normalidade (teste de Shapiro-Wilk, valor $p = 0.75$), tendo como valor médio 9.52 ± 1.05 , para $\alpha=0.05$.

O segundo procedimento de Jar Test foi realizado com o objetivo de encontrar a melhor dosagem do coagulante utilizado. Esta etapa é de suma importância, pois o residual de alumínio presente na água não é biodegradável, podendo ocasionar problemas de disposição e tratamento do lodo gerado (BUDD, 2004). Na Tabela 3 são apresentadas as dosagens de sulfato de alumínio testadas, óxido de cálcio e turbidez.

Tabela 3: Dosagem de Sulfato de alumínio conforme procedimento de Jar Test

Recipiente	1	2	3	4	5	6
Sulfato de Alumínio 1% (mg/L)	10	15	20	25	30	35
Óxido de Cálcio 0,5% (ml)	3	3	3	3	3	3
Turbidez (UNT)	9,2	8,4	10,2	9,4	10,5	9,1

O coeficiente de correlação de Pearson para os valores de Sulfato de Alumínio e turbidez foi de 0,35, não sendo significativo quando submetido ao teste t, ou seja, não existem evidências para rejeição da hipótese de não-correlação entre as duas variáveis. Não sendo estas correlacionadas, não faz sentido estabelecer a relação funcional entre as variáveis através de um modelo de regressão.

Com base nestes resultados, não há evidências estatísticas que permitam inferir sobre qual nível de Sulfato de Alumínio contribui de forma mais significativa no esforço de minimização da variável resposta (turbidez) – ao menos não para o nível pré-selecionado para a variável Óxido de Cálcio (3ml).

Deve-se ressaltar que, devido a restrições de caráter logístico e econômico, os dois experimentos foram realizados em uma faixa estreita de variação, e cada variável (fator) foi incrementado mantendo-se o outro fator constante. Estudos futuros com possibilidade de variação simultânea de fatores têm potencial para apresentar resultados distintos, principalmente porque habilitariam o uso de análise de regressão múltipla e de outras técnicas de análise multivariada, bem como testes χ^2 para associação ou independência de variáveis.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo quantificar a presença do parâmetro alumínio da água tratada e outros parâmetros que estão inter-relacionados com a presença do mesmo. De acordo com os ensaios realizados, observou-se que após a água de limpeza do filtro passar pelo segundo decantador, o parâmetro alumínio atingiu valor acima da faixa de detecção do equipamento. Na análise realizada no reservatório de água tratada esse composto apresentou segundo maior valor, correspondente a 0,145 mg /L de alumínio. A concentração supracitada pode promover danos no setor da tinturaria, a qual necessita água com baixo teor de alumínio, devido à adição de corantes, os quais exigem dosagens específicas desse metal para sua aderência ao tecido.

Pode-se considerar como fator relevante, no alto teor de alumínio presente no reservatório de água tratada, a mistura da água tratada pelos filtros com a água de lavagem desses, proveniente dos decantadores. Este fato pode ser um indicativo de que os decantadores apresentam elevada quantidade de lodo com excesso de alumínio em sua composição.

A indústria em questão não apresenta laboratório para análise de rotina da água bruta e tratada, o que pode impactar no controle da dosagem dos produtos químicos utilizados nos processos da estação de tratamento de água, gerando consumo em excesso.

Como proposta preliminar para melhoria no processo de tratamento de água da indústria, indica-se a diminuição da concentração de alumínio na água tratada. Ressalta-se como fatores importantes para essa diminuição a limpeza do lodo do decantador de forma frequente, evitar a misturada água de lavagem dos filtros com a água tratada pelos filtros, adequação do laboratório para realização de análises de rotina e acompanhamento diário da água bruta e tratada buscando melhorar os efeitos de dosagens dos produtos químicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIDEEN, Z.; ARIS, F.; SELAMAT, A. Optimizing the coagulation process in a drinking watertreatment plant - comparison between traditional and statisticaexperimental design jar tests. Water Science & Technology. p. 496-503, 2012.
2. APHA, American Public Health Association. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater analysis. Washington, D.C. : s.n., 2012.
3. BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. 2006. Manual prático de análise de água. Brasília : s.n., 2006.
4. BUDD, G. C., HESS, A. F., SHORNEY-DARBY, H., NEEMANN, J.J., SPENCER, C. M., BELLAMY, J.D., HARGETTE, P.H. Coagulation applications for new treatment goals. Journal of American Water Works Association, v. 96 n°2, p. 102-113, 2004.
5. CETESB, S.P. 1987. Guia de Coleta e preservação de amostras de água. São Paulo : s.n., 1987.
6. SCHNEIDER, D. O.; WEINRICH , L.; LECHEVALLIER, M.W.; Impacts of salt type and concentration on coagulation of humic acid and silica. Water Research. Journal of Water Supply: Research and Technology. p.339-449. 2013.
7. BONGIOVANI, M. C.; VALVERDE, K. C.; BERGAMASCO, R.. Utilização do processo combinado coagulação/Floculação como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante A Moringa oleifera Lam. Fórum Ambiental do Alto Paulista, São Paulo, v. 9, n. 11, p.65-76, 2013.