

COAGULANTE QUÍMICO SULFATO DE ALUMÍNIO PARA O TRATAMENTO DO EFLUENTE ORIGINADO DA LAVAGEM DE VEÍCULOS

Danielle Martins Cassiano de Oliveira (*), Edilaine Regina Pereira, Ricardo Nagamine Costanzi

* Universidade Tecnológica Federal do Paraná, danielle.martins.cassiano@gmail.com.

RESUMO

A água potável é um precioso recurso que nos últimos anos tem sido diminuído com o mal uso pela população. Diante desta situação, estão em estudo alguns métodos de reutilização da água. O processo de coagulação pode ser uma alternativa para o tratamento de efluentes gerados em postos de lavagem de veículos, já que o atual tratamento empregado nesta atividade não é considerado de grande eficiência. Utilizou-se um planejamento experimental de delineamento composto central rotacional (DCCR) para determinar as concentrações de atuação do coagulante. Para tal foram escolhidas as variáveis independentes concentração e tempo. Através do DCCR foram determinados o intervalo de concentração de 300 a 800 mg/L e o intervalo de tempo de 5 a 30 minutos. Com os parâmetros de cor e demanda química de oxigênio (DQO) pode-se obter bons resultados de eficiência, obtendo 53,76% para a cor e 93,36% para a DQO.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação, postos de lavagem, tratamento de efluente, DCCR.

INTRODUÇÃO

O uso irregular do consumo da água tem sido condenada nos últimos anos, pela pouca disponibilidade da água de boa qualidade para o consumo da população.

Alguns estudos sobre o reúso da água estão sendo realizados para determinação de métodos eficazes de tratamento, que possibilitem a reutilização de efluentes com características impróprias para consumo.

O reúso da água contribui para a conservação e planejamento dos recursos hídricos, liberando fontes de água de qualidade superior para abastecimento público e outros usos prioritários (ZIMMERMANN, 2008)

A lavagem de veículos é uma atividade consumidora de uma elevada quantidade de água potável, para um fim que não necessita deste nível de qualidade. Desta forma, o estudo de maneiras adequadas de racionalizar o seu uso nesta atividade é uma questão importantíssima para a conservação dos mananciais (MORELLI, 2005).

Além do grande consumo de água por parte das atividades de lavagem de veículos, ainda existe um outro fator de preocupação com esta atividade, o efluente gerado durante a lavagem. De acordo com Texeira (2003), o efluente pode conter quantidades significativas de óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes e substâncias orgânicas. Ele também é constituído de compostos fenólicos que alteram as propriedades organolépticas da água, como também possui uma grande quantidade de detergente em sua composição.

O tratamento empregado nos postos de lavagem consiste em uma caixa separadora de água e óleo que faz esta separação pelo processo de decantação. Para Dorigon e Tessaro (2010), este tipo de tratamento não está sendo eficiente, pois a maior parte dos efluentes tratados se encontram em desacordo com os padrões máximos permitidos para o lançamento de efluentes no ambiente.

O processo de coagulação vem sendo utilizado como tratamento de efluentes e pode ser uma alternativa eficiente para gerar um efluente final com características aceitáveis para o reúso da água.

O objetivo deste trabalho é avaliar o coagulante químico sulfato de alumínio como coagulante no tratamento do efluente gerado em postos de lavagem de veículos.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se uma pesquisa experimental no laboratório de saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no qual buscou-se utilizar o equipamento Jar-teste para realizar o processo de coagulação/floculação/sedimentação (figura 1).

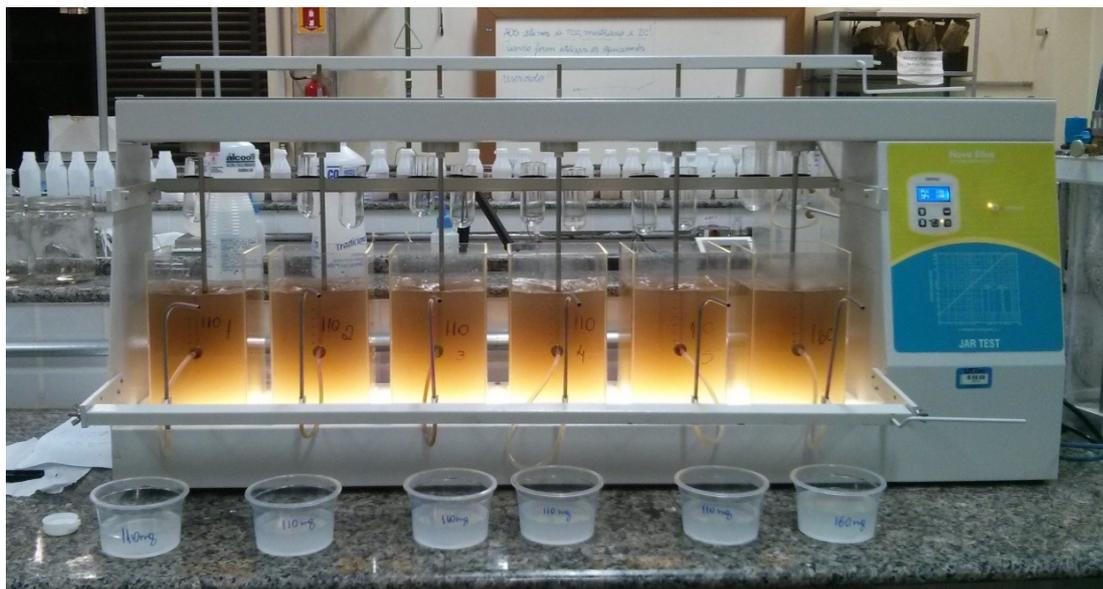


Figura 1: Aparelho Jar-test utilizado nos ensaios decoagulação/floculação/sedimentação.

O efluente utilizado para o ensaio foi o efluente gerado em um posto que mantém a prática de lavagem de veículos.

A coleta foi realizada ao retirar o efluente da caixa separadora de água e óleo, que se encontrava a uma profundidade elevada. O efluente foi armazenado em galões com capacidade de 5 litros e em seguida levados ao laboratório da Universidade para a realização dos ensaios de coagulação/floculação/sedimentação.

Para a utilização do coagulante químico sulfato de alumínio foi necessário realizar a sua preparação. Utilizou-se 10 g de sulfato de alumínio em pó misturados a 1 litro de água destilada (sulfato de alumínio 1%), a solução foi submetida a agitação magnética para sua completa homogeneização.

Relevante destacar que as condições de dosagem adotadas para o sulfato de alumínio e o Tanfloc SG foram escolhidas com base em estudos realizados por Franco (2009), Santos (2011), Coral et al. (2009).

A metodologia do ensaio foi realizada através de uma estratégia experimental de delineamento composto central rotacional (DCCR), estratégia que reduz o número de repetições e melhora a qualidade da informação obtida pelos resultados. Para esta metodologia foram escolhidas como variáveis independentes a concentração e o tempo de sedimentação na estratégia 2^2 incluindo 4 ensaios nas condições axiais e 3 repetições no ponto central de acordo com Rodrigues e Lemma (2009), que totalizam 11 ensaios. A tabela 1 mostra a organização do ensaio nas concentrações definidas na forma codificado e com os valores reais.

Tabela 1: Valores codificados e valores reais utilizados no ensaio do sulfato de alumínio.

Ensaio	SULFATO DE ALUMÍNIO			
	Valores Codificados		Valores reais	
	Concentração	Tempo	Concentração (mg/L)	Tempo (min)
1	-1	-1	300	17,5
2	1	-1	372,7	8,52
3	-1	1	372,7	26,4
4	1	1	550	5
5	-1,41	0	550	17,5
6	1,41	0	550	17,5
7	0	-1,41	550	17,5
8	0	1,41	550	30
9	0	0	727,3	8,52

10	0	0	727,3	26,4
11	0	0	800	17,5

Após serem estabelecidas as concentrações e os tempos de coleta, o ensaio foi realizado adicionando-se a solução de sulfato de alumínio ao efluente no Jar-test. A primeira agitação foi de 200 rpm por 15 segundos, logo depois a agitação foi reduzida a 100 rpm por 3 minutos e finalmente reduziu-se para 15 rpm por 10 minutos.

Após o período de 10 minutos a agitação foi interrompida e as amostras coletadas nos tempos determinados pelo planejamento experimental. As amostras coletadas foram submetidas as análises de cor e demanda química de oxigênio (DQO).

RESULTADOS OBTIDOS

Após a realização das análises foram obtidos resultados expressivos de cor aparente e DQO com o efluente gerado em postos de lavagem de veículos com o tratamento utilizando o sulfato de alumínio como coagulante.

COR APARENTE

A remoção de cor com a utilização do sulfato de alumínio se deu de forma eficiente. O maior índice de remoção ocorreu na concentração de 800 mg/L aos 17,5 minutos com 53,76% de remoção, o ponto central de 550 mg/L obteve uma remoção similar com 53% como pode ser observado na Figura 2.

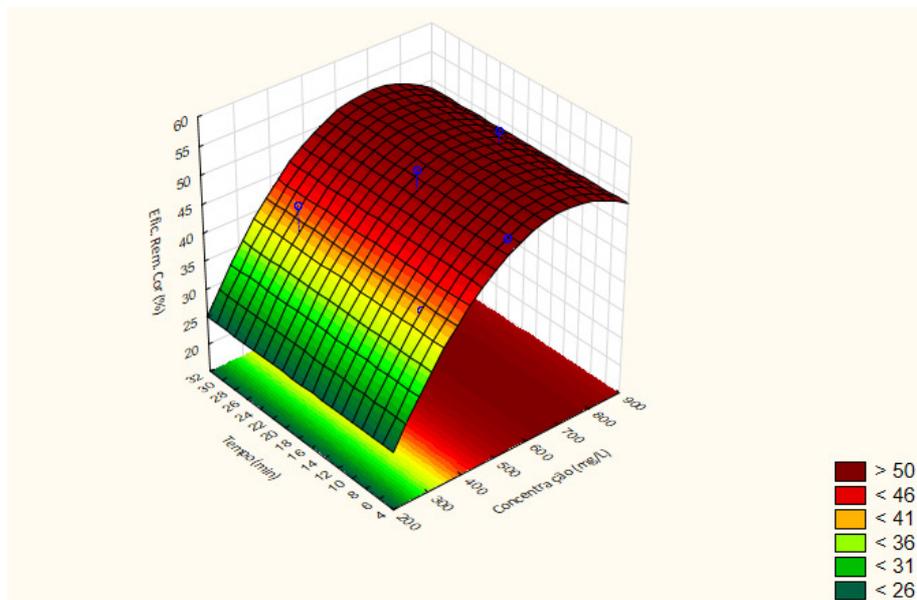


Figura 2: Superfície de resposta para a variável resposta eficiência de remoção de cor (%) com os fatores ajustados.

Foi realizada a análise estatística, por meio dos efeitos das variáveis independentes concentração e tempo, da variável resposta eficiência de remoção de cor como mostra a Figura 3. Em virtude de ser uma análise na área de saneamento foi utilizado o índice de significância de 10%.

Factor	Effect	Std.Err.	t(5)	p	-90. % Cnf.Limt	+90. % Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-90. % Cnf.Limt	+90. % Cnf.Limt
Mean/Interc.	50.50034	2.270595	22.24101	0.000003	45.9250	55.07570	50.50034	2.270595	45.92498	55.07570
(1)Concentração (mg/L)(L)	11.95553	2.785220	4.29249	0.007771	6.3432	17.56789	5.97777	1.392610	3.17159	8.78394
Concentração (mg/L)(Q)	-7.05677	3.319256	-2.12601	0.086842	-13.7452	-0.36830	-3.52838	1.659628	-6.87261	-0.18415
(2)Tempo (min)(L)	-0.73560	2.796897	-0.26301	0.803040	-6.3715	4.90028	-0.36780	1.398448	-3.18574	2.45014
Tempo (min)(Q)	-1.01852	3.365157	-0.30267	0.774330	-7.7995	5.76243	-0.50926	1.682579	-3.89974	2.88121
1L by 2L	-2.04934	3.933048	-0.52106	0.624573	-9.9746	5.87594	-1.02467	1.966524	-4.98731	2.93797

Figura 3: Efeitos estimados dos fatores para variável resposta eficiência de remoção de cor (%). (L) = Linear; (Q) = Quadrático; 1L by 2L = Concentração*Tempo; p = p-valor; Std. Err.= Erro padrão efeito; Std. Err. Coeff.= Erro padrão do coeficiente.

As variáveis consideradas significativas que obtiveram o p-valor > 0,1 foram a concentração linear e a concentração quadrática contribuíram para a remoção de cor aparente. Portanto as variáveis tempo linear, tempo quadrático e a interação concentração/tempo não foram consideradas significativas.

A equação 1 mostra o modelo matemático gerado pelos coeficientes de regressão dos fatores significativos, no qual a variável resposta representa a variável eficiência de remoção de cor. As variáveis estão representadas de forma codificada. Vale ressaltar que ao retirar os coeficientes não significativos o modelo é recalculado e os coeficientes sofrem pequenas alterações em seus valores.

$$\text{Efic. Rem. Cor} = 50,028116 + 5,97548 C_1 - 3,38370C_1^2. \quad \text{Equação (1)}$$

A significância do modelo matemático, gerado pelos dados experimentais para a remoção de cor com o sulfato de alumínio, foi avaliado pelo teste de análise de variância (ANOVA) ao nível de confiança de 90% mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: ANOVA para variável resposta eficiência de remoção de cor com os fatores significativos.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	2	354,90	177,45	16,89	3,11
Resíduo	8	84,05	10,51		
Total	10	438,95			

Através da análise estatística, nota-se que o modelo matemático se apresenta de forma significativa ao nível de significância de 10%, pois o F_{calculado} é maior do que o F_{tabelado}. O modelo gerado de regressão quadrática para a eficiência de remoção de cor, representado pela equação 1, possui um R² ajustado de 0,80853. Dessa maneira, conclui-se que os dados experimentais se ajustam ao modelo.

DQO

Ao realizar a análise de DQO com a utilização do sulfato de alumínio, observou-se que o coagulante obteve uma grande remoção de DQO. A maior remoção foi de 93,36% na concentração 300 mg/L aos 17,5 minutos. A eficiência foi maior nas concentrações extremas, nas maiores e menores concentrações escolhidas para o ensaio observado na Figura 4.

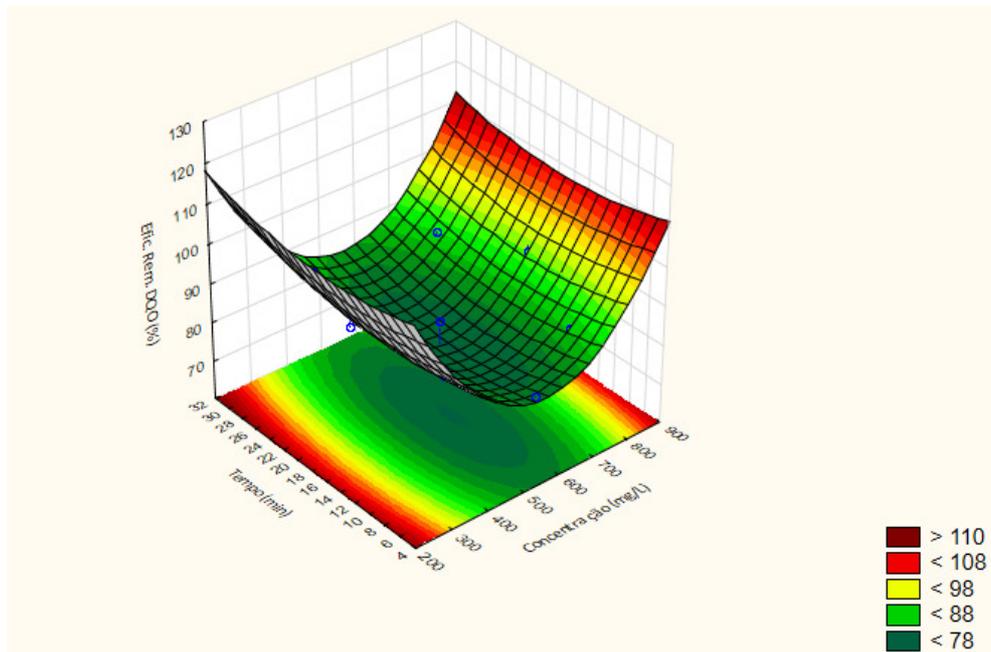


Figura 4: Superfície de resposta para a variável resposta eficiência de remoção de DQO (%) com os fatores ajustados.

Com base nos dados experimentais realizou-se a análise estatística (Figura 5), pelos efeitos das variáveis independentes, concentração e tempo.

Factor	Effect	Std.Err.	t(5)	p	-90.% Cnf.Limt	+90.% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-90.% Cnf.Limt	+90.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	77.91845	2.626728	29.66369	0.000001	72.62547	83.21144	77.91845	2.626728	72.62547	83.21144
(1)Concentração (mg/L)(L)	-2.46651	3.222070	-0.76551	0.478528	-8.95914	4.02611	-1.23326	1.611035	-4.47957	2.01306
Concentração (mg/L)(Q)	16.22545	3.839867	4.22553	0.008284	8.48794	23.96297	8.11273	1.919933	4.24397	11.98148
(2)Tempo (min)(L)	0.86290	3.235578	0.26669	0.800356	-5.65694	7.38275	0.43145	1.617789	-2.82847	3.69137
Tempo (min)(Q)	3.72509	3.892967	0.95688	0.382574	-4.11943	11.56961	1.86255	1.946484	-2.05971	5.78480
1L by 2L	-0.41426	4.549930	-0.09105	0.930990	-9.58259	8.75407	-0.20713	2.274965	-4.79129	4.37704

Figura 5: Efeitos estimados dos fatores para variável resposta eficiência de remoção de DQO (%). (L) = Linear; (Q) = Quadrático; 1L by 2L = Concentração*Tempo; p = p-valor; Std. Err.= Erro padrão efeito; Std. Err. Coeff.= Erro padrão do coeficiente.

Ao nível de significância de 10%, a variável significativa foi a Concentração quadrática. As demais variáveis não se apresentaram de forma significativa a esse nível, ou seja, não contribuíram para a remoção de DQO.

O modelo gerado a partir dos coeficientes de regressão dos fatores significativos do delineamento estatístico está representado na equação 2 para a variável resposta eficiência de remoção de DQO.

$$\text{Efic. Rem. DQO} = 79,64223 + 7,58429C_1^2$$

Equação (2)

O teste da ANOVA (Tabela 3) foi realizado para a verificação da significância do modelo matemático ao nível de confiança de 90%.

Tabela 3: ANOVA para variável resposta eficiência de remoção de DQO (%) com os fatores significativos.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	1	352,16	352,16	23,26	3,36
Resíduo	9	136,29	15,14		
Total	10	488,44			

O teste estatístico verificou que o modelo matemático gerado se mostrou significativo, pois o $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o F_{tabelado} . O modelo matemático de regressão quadrática para a eficiência de remoção de DQO, obteve um R^2 ajustado de 0,72096. Conclui-se que o modelo matemático se ajusta aos dados experimentais.

CONCLUSÃO/RECOMENDAÇÕES

O estudo da utilização do sulfato de alumínio para o processo de coagulação/floculação/sedimentação, propiciou a análise da eficiência do coagulante para o tratamento do efluente originado da lavagem de veículos. Com a análise de cor aparente e de demanda química de oxigênio pode ser observado que a remoção de cor e DQO se apresentaram de forma eficiente. As remoções de cor aparente foram de 53,76% e de DQO foram de 93,36%, altas taxas de remoção, principalmente para a DQO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CORAL L. A. et al. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo Humano. In: **INTERCIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change.** Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/4/F.%20J.%20Bassetti%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2013.
2. FRANCO, Elton S. **Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água.** 2009. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
3. SANTOS, Nayane A. P. dos. **Avaliação do desempenho de produtos químicos na coagulação da água produzida na ETA do aeroporto internacional do Rio de Janeiro com vistas à redução de custos.** 2011. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
4. RODRIGUES, Maria Isabel; LEMMA Antonio Francisco. **Planejamento de Experimentos & Otimização de Processos.** 2 ed. Campinas, SP: Editora AMIC, 2009.
5. MORELLI, E. B., **Reuso de água na lavagem de veículos**, dissertação apresentada à Escola politécnica da Universidade São Paulo, São Paulo – SP, 2005. 107p.
6. ZIMMERMANN, V. E. **Desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluentes visando à reutilização da água de postos de lavagem de veículos.** 2008. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.
7. TEIXEIRA, Priscila, C. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água.** 2003.199f. Dissertação (Mestrado em Concentração de Saneamento e Meio Ambiente) – Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
8. DORIGON, E. B.; TESSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI – Oeste catarinense. **Unesc & Ciência – ACBS.** Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 13-22, jan./jun. 2010.