

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO COMO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVA CAR

João Fernandes Junior (UEPG) E-mail: engjoaofernandes@live.com

Alana Deduck Cicilinski (UEPG) E-mail: alanadeduck8@gmail.com

Maria Magdalena Ribas Döll (UEPG) E-mail: maria.ribas@gmail.com

**Resumo:** Neste trabalho avaliou-se a eficiência da ação do agente coagulante cloreto de polialumínio (PAC) no processo de coagulação/floculação e decantação no tratamento de efluentes de um estabelecimento de lavagem de carros (lava car). Foram avaliados parâmetros como sólidos totais (SDT), voláteis (STV) e fixos (STF); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); cor, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO) e determinação da concentração de sulfato. O processo de tratamento empregado demonstrou ser muito efetivo no tratamento de águas residuárias perante aos parâmetros cor e turbidez; removendo 97,50% de cor e 99,33% de turbidez em um tempo de sedimentação de 120 min.

**Palavras-chave:** Jartest, Água residuária, Cloreto de polialumínio

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE COAGULATION / FLOCCULATION PROCESS AS TREATMENT OF LAVA CAR EFFLUENTS

**Abstract:** This work evaluated the efficiency of the coagulant agent polyaluminium chloride (PAC) in the process of coagulation / flocculation and decantation in the treatment of effluents from a car wash establishment. Parameters such as total solids (SDT), volatile solids (STV), fixed solids (STF); Hydrogenation potential (pH); Electrical conductivity (EC); Color, Turbidity, Chemical Oxygen Demand (COD) and determination of sulfate concentration were evaluated. The treatment process employed was very efficient in the treatment of wastewater, mainly for the parameters of color and turbidity; removing 97.50% color and 99.33% turbidity at a sedimentation time of 120 min.

**Keywords:** Jartest, Waste water, Polyaluminium Chloride

### 1. Introdução

O descarte correto de efluentes deve ser feito de modo a atender todas as legislações ambientais vigentes, para minimizar os impactos nos cursos d'água após o seu lançamento. Por isso, tratar efluentes é uma tarefa fundamental para o equilíbrio do meio ambiente e segurança da população, evitando a contaminação direta ou indireta pelo contato com tais materiais.

No Brasil a qualidade dos mananciais deve obedecer as legislações federais, em especial a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 357 de 17 de Março de 2005, que classifica os corpos d'água e diretrizes ambientais, bem como estabelece padrões e condições de lançamento de efluentes.

A remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente, está associada aos conceitos de nível do tratamento e eficiência do tratamento. Portanto as estações de tratamento devem ser dimensionadas após a análise e caracterização do efluente bruto. Isso impede que o corpo hídrico entre em colapso, por exemplo, pelo aporte excessivo de nutrientes

que estimulam o crescimento de plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas. (VON SPERLING, 2005).

Para Di Bernardo et al. (2002) a eficiência no tratamento de águas residuárias está diretamente relacionada com as condições ótimas de operação do sistema. O processo de coagulação e floculação seguida por decantação é simples, econômico e, portanto, bastante utilizado nos sistemas industriais. No entanto, este sistema de tratamento depende de alguns fatores, como pH, tipo de coagulante, dosagem do coagulante, tempo de coagulação e floculação, velocidade de agitação e tempo de sedimentação.

A finalidade do processo de coagulação/floculação está na remoção do material sólido em suspensão e dissolvido (cor e turbidez, respectivamente), ou seja, substâncias coloidais. Cardoso (2007) descreve que os termos coagulação e floculação são utilizados como sinônimos, visto que em ambos significam o processo integral de aglomeração das partículas. Na coagulação, o processo através do qual o agente coagulante adicionado à água, reduz as forças que tendem a manter separadas as superfícies em suspensão, e a floculação é a aglomeração dessas partículas por meio de transporte de fluido, formando partículas maiores que possam sedimentar.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de mistura rápida, coagulação/floculação e decantação no tratamento de água bruta de um lava car, empregando-se o policloreto de alumínio (PAC) como agente coagulante. Para isso foi utilizado o método Jar Test, processo mais utilizado para avaliar efeitos de coagulação/floculação e seus resultados nas fases do tratamento.

## **2. Materiais e métodos**

O efluente analisado foi coletado em um estabelecimento de lavagem de carros (lava car), na cidade de Ponta Grossa (PR). Este efluente, coletado no dia 22/11/2016, refere-se a lavagem de 20 veículos automotivos. Para a limpeza dos pneus dos carros, foram utilizados dois produtos, sendo um de caráter alcalino e o outro de perfil ácido. Para a lataria, o estabelecimento fez uso de um shampoo para carros.

Caracterizou-se a amostra através das análises de sólidos totais (ST), voláteis (SV) e fixos (SF); potencial hidrogeniônico (pH); condutividade elétrica (CE); cor, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO) e determinação da concentração de sulfato. Os ensaios experimentais de coagulação/floculação e decantação foram realizados no equipamento Jar Test, conforme Figura 1, que consiste em uma unidade em escala de laboratório que trabalha em batelada, sendo a metodologia para a execução dos ensaios descrita em Di Bernardo et al. (2002).



Figura 1 - Equipamento Jar Test

Para o ensaio do Jar Test, foram adicionados 2 litros de efluente em cada uma das seis cubetas disponíveis, sendo que em três delas não houve adição de coagulante (amostras controle) e nas outras três foram adicionados 4 mL de PAC na concentração de 36,62 mg/L. Todas as amostras tiveram seu pH ajustado para 8,0 com a adição de 0,250 mL de hidróxido de sódio (NaOH) em gel.

Na fase de agitação rápida, o sistema operou em rotação de 100 rpm por 1 minuto. Em sequência, deu-se a agitação lenta, com rotação de 40 rpm por 15 minutos. O tempo de sedimentação foi contado a partir do término da agitação lenta, e amostras foram coletadas nos tempos de 30, 60, 90 e 120 minutos, como ilustrado na Figura 2. Foram realizadas as mesmas análises de caracterização, seguindo metodologia do Standard Methods (APHA, 2012), para avaliação da eficiência do processo.

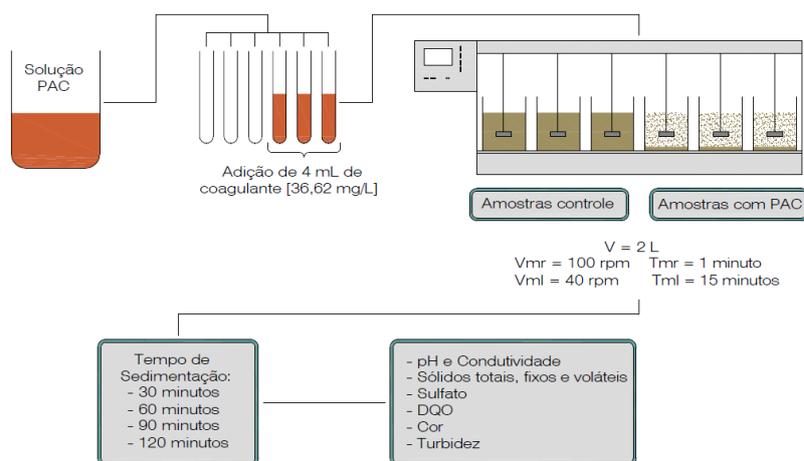


Figura 2 - Sequência do experimento laboratorial

### 3. Resultados e discussões

Neste trabalho foram realizados estudos para analisar o efeito da dosagem de PAC no tratamento de efluentes de lavagem de carros.

A decantação pode ser observada nos jarros 4, 5 e 6 (da esquerda para direita), da Figura 3. Estes foram os jarros onde o coagulante foi adicionado. A diferença de cor e turbidez, entre os jarros com amostras controle (1, 2 e 3) e com PAC, é claramente notada. Após 30 minutos foram coletados 300 mL de cada jarro, conforme Figura 4, repetindo a coleta por mais três vezes aos tempos de 60, 90 e 120 minutos.



Figura 3 - Ensaio de Jar Test

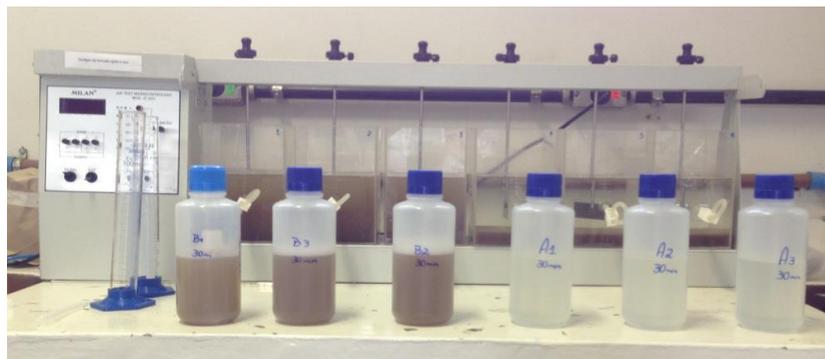


Figura 4 - Coleta das primeiras amostras

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da caracterização da amostra e na tabela 2, os resultados dos ensaios.

Tabela 1 – Resultados da análise de caracterização do efluente de Lava Car

Análises	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	DQO ( $\text{mg/L}$ )	Sulfato ( $\text{mg/L}$ )	ST ( $\text{mg/L}$ )	SF ( $\text{mg/L}$ )	SV ( $\text{mg/L}$ )	Cor (Pt/Co)	Turbidez (NTU)
<b>Efluente Lava Car</b>	6,98	439,3	517,28	107,88	1.183,33	750	433,33	237	352

Tabela 2 – Resultados médios das análises

Análises	Tempo de sedimentação							
	30 min		60 min		90 min		120 min	
	C <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>	C <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>	C <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>	C <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>
pH	8,18	5,41	8,17	5,42	8,11	5,44	8,1	5,44
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	471,43	633,07	469,5	631,07	476,07	626,87	465,83	623,17
DQO ( $\text{mg/L}$ )	566,86	69,68	545,75	71,79	532,03	67,56	555,25	72,84
Sulfato ( $\text{mg/L}$ )	80,15	35,35	120,17	39,53	170,35	36,54	192,46	46,1
ST ( $\text{mg/L}$ )	1.026,67	1.013,33	960	986,67	933,33	1.000,00	933,33	946,67
SF ( $\text{mg/L}$ )	666,67	720	693,33	680	640	733,33	653,33	773,33
SV ( $\text{mg/L}$ )	360	293,33	266,67	306,67	293,33	266,67	280	173,33
Cor (Pt/Co)	215,67	6,63	212	6,17	200	5,87	191	5,93
Turbidez (NTU)	323,33	5,67	309	4,19	268	3,57	237	2,35

Nota: <sup>1</sup> C refere-se à amostra controle; <sup>2</sup> A refere-se às amostras com adição do coagulante.

Constata-se na Tabela 1 que o valor do pH da amostra bruta encontrava-se na faixa de neutralidade, aproximadamente 7,0. Em todas as amostras que houve adição do PAC, observou-se queda no pH, contudo, esta diminuição no potencial hidrogeniônico é esperada. Outros coagulantes, como o sulfato de alumínio, consumiriam maior quantidade de alcalis, gerando uma queda mais acentuada no pH (CONSTANTINO; YAMAMURA, 2009). No entanto, todas as amostras tratadas com PAC, independente do tempo de sedimentação, apresentam valores de pH fora da faixa de aceitação da Resolução CONAMA 357 (2005) tanto para despejo em rios classe I, quanto em rios

classe II. As amostras submetidas à teste sem adição de PAC, que tiveram apenas seus pH ajustados para aproximadamente 8,0, mantiveram seus níveis.

Ao tratar o efluente com o coagulante, além de se observar queda no pH, pode-se avaliar ainda o aumento da condutividade elétrica, uma vez que soluções mais ácidas conduzem melhor a eletricidade. Desta forma, a condutividade do efluente aumenta de 439  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para 633,07  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 631,07  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 626,87  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 623,17  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aos tempos de sedimentação de 30, 60, 90 e 120 minutos, respectivamente. A Resolução CONAMA 357 não estabelece parâmetros de condutividade para despejo em corpos hídricos.

A DQO foi reduzida eficientemente de 517,28 mg/L para valores próximos a 70 mg/L em todos os tempos de sedimentação, quando utilizado o coagulante. Da mesma maneira, ocorreu para concentração de sulfato, sendo que esta reduziu de 107,88 mg/L para 35,35 mg/L; 39,53 mg/L; 36,54 mg/L; e 46,10 mg/L respectivamente para os tempos de sedimentação de 30, 60, 90 e 120 minutos. Para estes tempos, nesta mesma ordem, observaram-se os valores de 80,15 mg/L; 120,17 mg/L; 170,35 mg/L e 192,46 mg/L para as amostras sem adição de PAC. Acredita-se que este aumento na concentração de sulfato, quando comparado ao valor da análise de caracterização da amostra, deve-se ao fato de que a mesma foi homogeneizada para avaliação, e as demais amostras estavam concentradas ao permanecerem em repouso a fim de atingir determinados tempos de sedimentação. As porcentagens de remoção de DQO e sulfato, com influência do PAC, podem ser observadas na Figura 5.

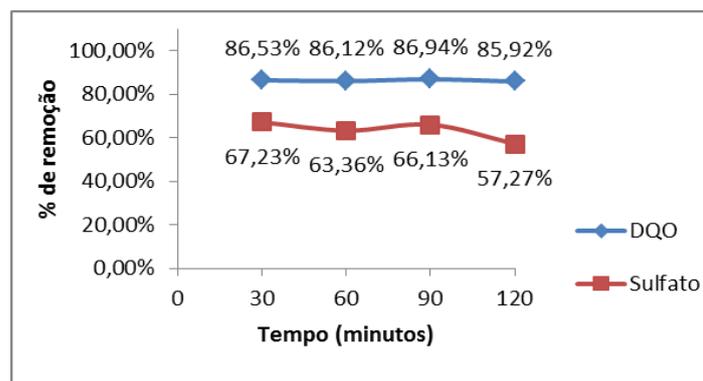


Figura 5 - Porcentagem de remoção de DQO e sulfato

A concentração de sólidos totais (ST), apresentou ligeira redução tanto para as amostras com adição do coagulante, quanto para as amostras controle. O mesmo pode-se dizer para os sólidos totais fixos. Já os sólidos totais voláteis foram a fração que apresentou maior redução em sua concentração, tanto para as amostras com coagulante, quanto sem, independente do tempo de sedimentação. Apesar dessa redução, os valores não atingem o exigido pela Resolução CONAMA 357 que determina o valor máximo de 500 mg/L para despejo em rios classe I e II.

Uma vez que o objetivo do Jar Test consiste em remover cor e turbidez, estes resultados foram os mais expressivos neste trabalho (Figura 6). As amostras com adição de PAC apresentaram redução de cor de até 97,5%, enquadrando as amostras conforme Resolução CONAMA 357. Para a turbidez, a redução chegou a 99,33% quando o coagulante foi adicionado e o tempo de sedimentação foi de 120 minutos. Assim, todas as amostras com adição de PAC enquadraram-se conforme Resolução CONAMA, que apresenta o valor limite de 100 NTU para turbidez. As eficiências de redução, tanto de

cor quanto de turbidez, foram maiores conforme aumentou-se o tempo de sedimentação. Resultados semelhantes, com alta eficiência na remoção de cor e turbidez foram encontrados por Santos et al. (2014).

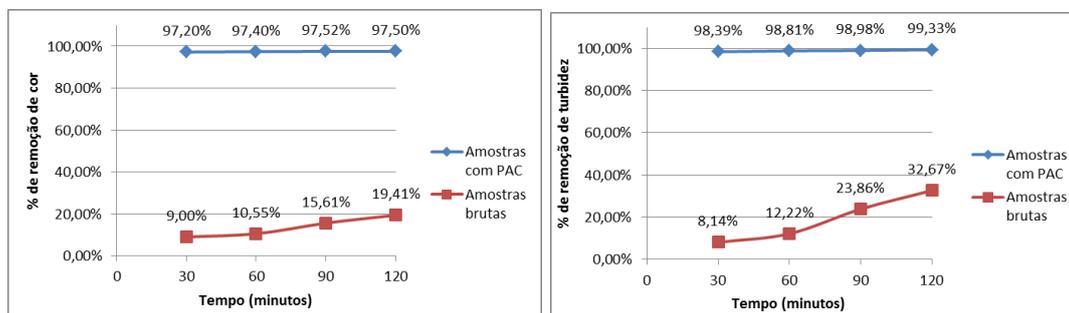


Figura 6 - Porcentagem de remoção de Cor (à esquerda) e Turbidez (à direita)

Para todas as análises, foi realizado teste estatístico fatorial com delineamento inteiramente casualizado, a fim de avaliar a interação entre presença/ausência de PAC e os tempos de sedimentação. Para as análises de pH, CE, DQO, sulfato e sólidos, não houve interação significativa entre os fatores coagulante x tempo de sedimentação, a um nível  $\alpha=0,05$ . Apenas para as análises de cor ( $p=4,45 \times 10^{-8}$ ) e turbidez ( $p=1,51 \times 10^{-4}$ ) houve interação significativa, ou seja, um melhor desempenho para redução no valor destes parâmetros, ao aumentar-se o tempo de sedimentação sem adicionar o coagulante. Com a adição do PAC os resultados não diferem estatisticamente.

#### 4. Conclusões

Os resultados comprovam a grande aplicabilidade da tecnologia de coagulação/floculação e decantação para o tratamento de efluentes de lava car. Entretanto, devido alguns parâmetros das análises ainda estarem elevados (ST, SF e SV) é recomendado a adição de mais um processo para a remoção desses poluentes. Com relação ao potencial hidrogeniônico, verifica-se a necessidade de uma pequena correção para dispor essa água residuária em um corpo hídrico. Os consideráveis índices de remoção de DQO e Sulfato, atingidos neste trabalho, são muito satisfatórios e comprovam a eficiência do método.

Na remoção de cor e turbidez nota-se a possibilidade de um estudo de viabilidade para o reuso da água, pois segundo a Portaria 2.914 do ministério da Saúde (2011), o valor máximo permissível (VMP) de turbidez, onde há o contato direto do usuário com a água é de 5 NTU; valores atingidos por esta metodologia.

Os resultados apresentados são considerados satisfatórios, sendo este procedimento recomendado para o tratamento preliminar de efluentes de lavagem de carros.

#### Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011**. Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como as

condições e padrões de lançamento de efluentes.

**CARDOSO, K.C.** *Estudo do processo de coagulação/floculação por meio da Moringa oleifera para obtenção de água potável*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR, 2007.

**CONSTANTINO, A.F.; YAMAMURA, V.D.** *Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC*. In: Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2009, Maringá.

**DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P.L.** *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: RiMa, 2002. 237 p.

**SANTOS, F.S.; OLIVERA, S.M.; VENEU, D.M.; CAMMAROTA, M.C.; YOKOYAMA, L.** *Avaliação da eficiência do processo de coagulação/floculação aplicado ao tratamento primário de efluente da indústria petroquímica*. Engevista, v.16, p.404-413, 2014.

**VON SPERLING, M.** *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: DESA, 2000. 243 p.