

I-348 - ESTUDO DA ALCALINIDADE TOTAL E PH DE COAGULAÇÃO APÓS ENSAIOS DE TRATABILIDADE REALIZADOS COM COAGULANTES DE NATUREZA ORGÂNICA E INORGÂNICA

Weruska Brasileiro Ferreira⁽¹⁾

Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande.

William de Paiva⁽²⁾

Técnico em Eletrônica pela Escola Técnica Redentorista. Matemático pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFCG). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Thiago Cabral Nepomuceno⁽³⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Tarciana Ramos Diniz⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Endereço⁽¹⁾: Rua Baraúnas, Bairro Universitário 351 ,CEP : 58429-500, Campina Grande, PB, Brasil. Tel: + (55) (83) 3315-3333 - e-mail: weruska_brasileiro@yahoo.com.br

RESUMO

A alcalinidade é um parâmetro de grande relevância no controle operacional das unidades de tratamento de água para abastecimento público, influenciando significativamente, por exemplo, na eficiência da coagulação. Os sais de ferro e alumínio, coagulantes mais comumente utilizados no Brasil, por possuírem caráter ácido ao serem adicionados na água, podem reagir com a alcalinidade natural e, se a mesma não for suficiente, reduzir o pH do meio a valores indesejáveis. De maneira distinta, o tanfloc, coagulante a base de tanino, não apresenta caráter ácido e sua prática não demanda o incremento de alcalinizantes, o que reduz os custos com produtos químicos. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de coagulantes inorgânicos (sulfato de alumínio e cloreto férrico) e orgânicos (tanfloc SL e tanfloc SG) nos valores da alcalinidade da água e no pH de coagulação a partir de ensaios de tratabilidade efetuados a nível de bancada. Os resultados indicaram que os coagulantes a base de tanino estudados não proporcionaram alteração significativa nos níveis de alcalinidade e pH da água. Já o sulfato de alumínio e o cloreto férrico foram responsáveis por decréscimos importantes na alcalinidade natural da água de estudo, principalmente para dosagens mais elevadas. Apesar das reduções dos níveis de alcalinidade, o valor do pH da água pôde ser manter praticamente inalterado, uma vez que a alcalinidade total apresentada pela água bruta foi suficiente para evitar a depreciação dos valores do pH do meio.

PALAVRAS-CHAVE: Alcalinidade, Tanino, Tratabilidade, pH.

INTRODUÇÃO

A alcalinidade da água pode ser definida como sua capacidade de neutralizar ácidos (os íons H^+), reagindo com os mesmos até um determinado valor de pH. Desta forma, a alcalinidade funciona como um agente tamponante, podendo evitar variações significativas no valor do pH (RITCHER, 2009).

Os principais íons constituintes da alcalinidade são: bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidróxido (OH^-). Essas três formas manifestam-se em função do valor do pH. Para águas com pH na faixa de 4,4 a 8,3, a alcalinidade se dá em virtude de bicarbonatos, para o pH entre 8,3 e 9,4 predominam as formas de carbonatos e bicarbonatos e, entre os valores de pH superiores a 9,4, a alcalinidade ocorre por hidróxidos e carbonatos. Segundo Libânio (2010), a alcalinidade das águas naturais superficiais se dá, principalmente, apenas por bicarbonatos, em especial, cálcio e magnésio.

No campo da potabilização da água para consumo humano, a alcalinidade surge com uma função primordial para a ocorrência satisfatória da coagulação, evitando a queda acentuada do pH, principalmente quando os coagulantes aplicados são sais de ferro e alumínio, que possuem caráter ácido ao serem adicionados a água. Quando a alcalinidade natural da água a ser submetida as etapas de tratabilidade não é suficiente para impedir a depreciação do pH, é necessária a adição de um alcalinizante, como cal virgem ou hidratada, o que eleva os custos com produtos químicos (BERNARDO e PAZ, 2010). Sendo assim, é necessário intensificar a busca por coagulantes alternativos que, além de possuírem eficiência significativa na desestabilização dos colóides, não reajam de maneira significativa com a alcalinidade.

Como alternativa aos sais de ferro e alumínio, destacam-se os coagulantes orgânicos a base de tanino, este extraído da árvore Acácia-negra, que possuem eficiência na desestabilização dos colóides presentes na água, produzem lodo com menor volume e concentração do que o resíduo produzido pelos sais de alumínio e ferro (VAZ et al., 2010).

O tanfloc é o principal representante dos coagulantes a base de tanino, sendo um polímero catiônico que atua em sistemas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre essas partículas, sendo este processo responsável pela formação dos flocos e conseqüente sedimentação. Além das características citadas nas assertivas anteriores, o tanfloc não possui caráter ácido quando adicionado na água, podendo não consumir a alcalinidade do meio e, conseqüentemente, proporcionar redução do pH.

OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo estudar a influência de coagulantes inorgânicos (sulfato de alumínio e cloreto férrico) e orgânicos (Tanfloc SL e Tanfloc SG) nos valores de alcalinidade total e pH de coagulação da água de estudo após serem realizados ensaios de tratabilidade.

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados a partir de um único volume de água coletado do açude Bodocongó (7°13'11" S, 35°52'21" W), localizado no município de Campina Grande-PB semiárido nordestino; na mesorregião do Agreste Paraibano; zona oriental do Planalto da Borborema; na Bacia do Médio Paraíba. O volume coletado foi de aproximadamente 1000 litros.

Como coagulantes, foram estudados: Sulfato de Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$), cloreto férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), Tanfloc SL e Tanfloc SG. As suspensões de todos os coagulantes foram preparadas a concentrações de 1%.

Os ensaios de tratabilidade da água foram realizados a nível de bancada em um aparelho Jar test modelo MILAN JAR TEST-JT 102, sendo fixadas as seguintes condições operacionais: para a mistura rápida foi utilizada a rotação máxima do aparelho (300 rpm) em um tempo de 20 segundos, o período de floculação ocorreu em 15 minutos, sendo variadas as rotações a cada 5 minutos (60, 40 e 30 rpm). Por fim, o período de sedimentação dos flocos foi baseado nas velocidades de sedimentação estudadas, 1,5 e 3,0 $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$, respectivamente. As dosagens dos coagulantes variaram de 10 a 70 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, com intervalos de 10 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

A água bruta coletada foi armazenada em um reservatório de fibra de vidro com capacidade de 2000 litros. As condições de coleta, armazenamento e monitoramento da água de estudo foram realizadas de acordo com Di Bernardo (2011). O monitoramento da água bruta foi realizado duas vezes ao dia, durante todo o período de realização dos procedimentos experimentais (dez dias). Turbidez, cor verdadeira, pH e temperatura foram fixados como base para a realização do monitoramento.

Na Tabela 1 estão descritos os parâmetros físico-químicos determinados tanto para a água bruta como para as amostras de água decantada coletadas após os ensaios de tratabilidade.

Tabela 1 - Parâmetros determinados e técnicas analíticas utilizadas.

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
PH	Direto, Potenciométrico	-----
TURBIDEZ	Standard Methods, Nefelométrico	uT
COR VERDADEIRA	Standard Methods, Nefelométrico	uH
TEMPERATURA	Direto, Termômetro Digital	°C
ALCALINIDADE	Standard Methods, Titulométrico	mg CaCO ₃ L ⁻¹

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados do monitoramento da água de estudo podem ser visualizados por meio da Tabela 2, com os valores calculados da média aritmética, com o respectivo desvio padrão, para todos os conjuntos de dados de cada parâmetro físico-químico.

Tabela 2 – Monitoramento da água de estudo.

PARÂMETROS	VALORES ENCONTRADOS
TEMPERATURA	27,45 ± 0,52 °C
TURBIDEZ	22,1 ± 1,58 uT
COR VERDADEIRA	52,2 ± 1,07 uH
pH	8,14 ± 0,057
ALCALINIDADE	339,09 ± 3,06 CaCO ₃ mg L ⁻¹

Na Figura 1 (A e B) tem-se os resultados dos valores médios de alcalinidade encontradas para a água coagulada com sulfato de alumínio e cloreto férrico, sendo possível observar que tanto o sulfato de alumínio como o cloreto férrico promoveram uma redução na alcalinidade natural da água bruta de estudo. O valor médio da alcalinidade total encontrada para a água bruta (339,9 mg de CaCO₃. L⁻¹) está representado pela linha horizontal de cor cinza.

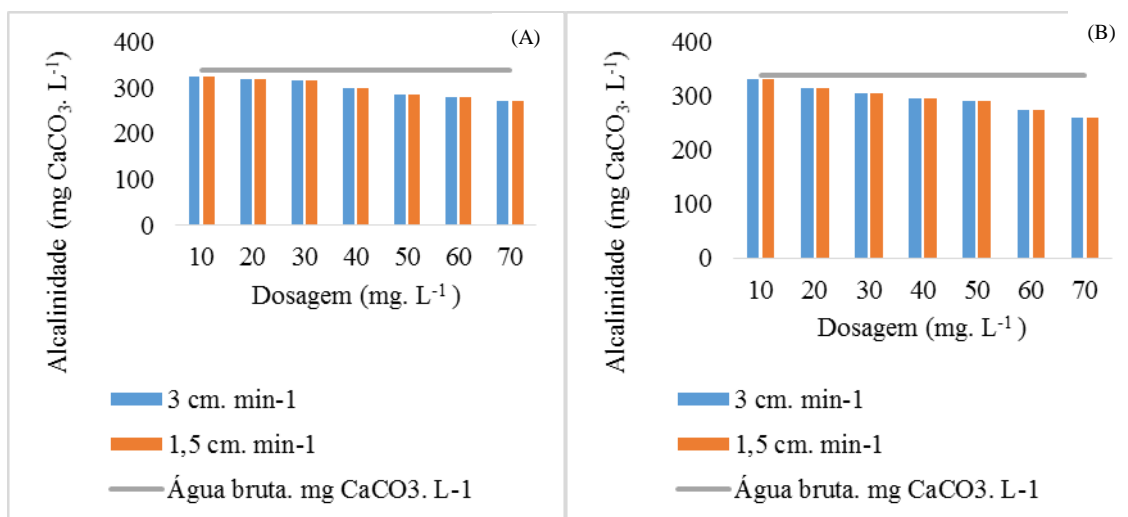


Figura 1 – Alcalinidade total das amostras coaguladas com cloreto férrico (A) e com o sulfato de alumínio (B).

Na Figura 2 (A e B) encontram-se os valores do pH de coagulação determinados para a água de estudo, submetida ao sulfato de alumínio e cloreto férrico. A série de dados na cor laranja corresponde ao valor médio do pH encontrado para a água bruta (8,14).

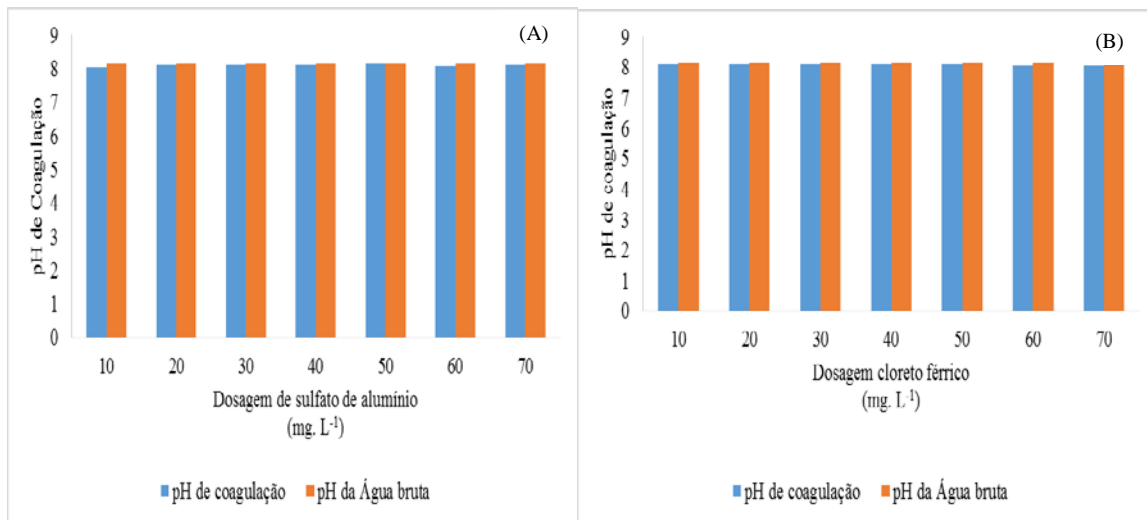


Figura 2 – pH de coagulação em função da dosagem de sulfato de alumínio (A) e cloreto férrico (B).

Dissemelhante dos resultados obtidos para o sulfato de alumínio e o cloreto férrico foram os encontrados para o tanfloc SL e o tanfloc SG, coagulantes de origem orgânica estudados. Os resultados da alcalinidade total das amostras de água decantada correspondentes aos ensaios que tiveram a água bruta coagulada com tanfloc SL e tanfloc SG podem ser visualizados a partir da Figura 3 (A e B). A linha horizontal de cor cinza, presente na Figura 3 (A e B), corresponde ao valor médio de alcalinidade encontrado para a água bruta de estudo.

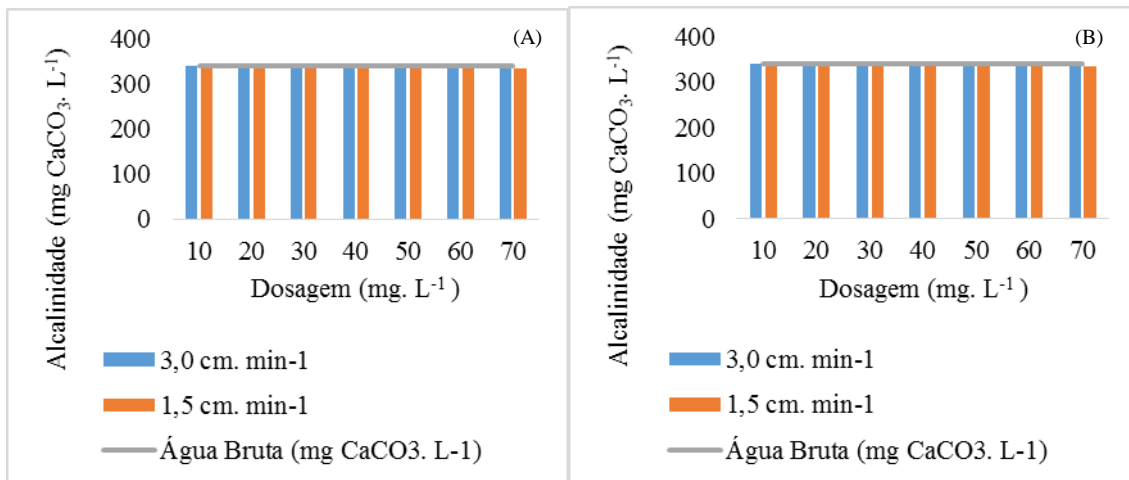


Figura 3 – pH de coagulação em função da dosagem Tanfloc SL (A) e Tanfloc SG (B).

Para os valores determinados do pH de coagulação, na Figura 4 (A e B) estão os resultados correspondentes ao Tanfloc SL e o Tanfloc SG.

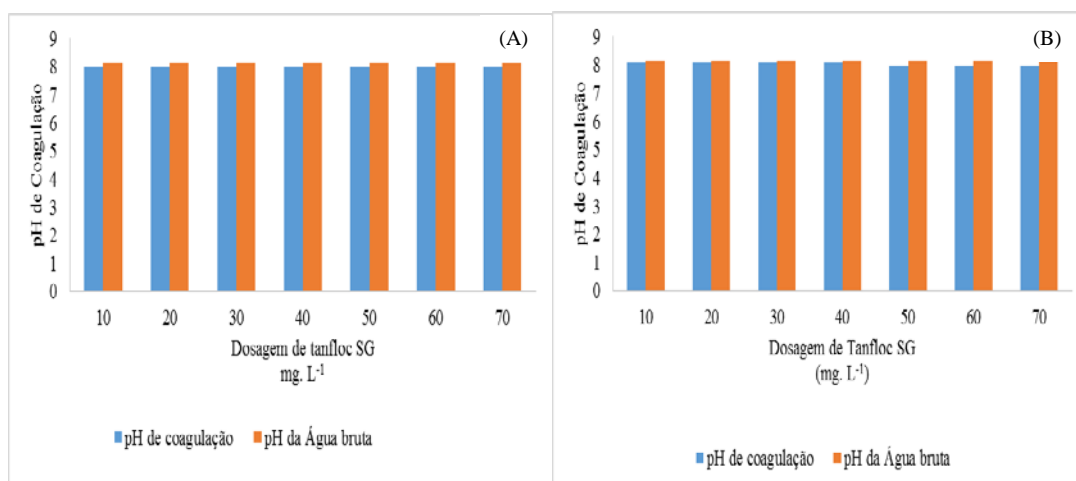


Figura 4 – pH de coagulação em função da dosagem de Tanfloc SL (A) e Tanfloc SG (B).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo Pavanelli (2001), quando adicionados a água, na etapa de mistura rápida, os sais de alumínio e ferro atuam como ácidos, consumindo a alcalinidade natural da água e, caso a mesma não possua alcalinidade suficiente, reduzindo o pH do meio. Além disso, a dispersão de coagulantes dessa natureza na água também promove a liberação de CO₂, contribuindo para a acidificação do meio.

Ambos os coagulantes inorgânicos proporcionam um decréscimo significativo no valor da alcalinidade total da água de estudo, sendo possível verificar essa redução mesmo a partir da adição das dosagens mais baixas. Para, as dosagens 10 e 20 mg. L⁻¹ de sulfato de alumínio, ocorreu um consumo de cerca de 4,16 e 5,63% da alcalinidade total da água de estudo, enquanto que para o cloreto férrico, o consumo da alcalinidade natural da água, para as mesmas dosagens, foi de 2,68 e 7,10 % (Figura 1, A e B).

Para a maior dosagem de coagulante aplicada, por exemplo, os percentuais de decréscimo da alcalinidade poderiam ser considerados, de forma errônea, baixos, já que para uma dosagem elevada de coagulante foi consumido cerca de 20,38% da alcalinidade total, para o sulfato de alumínio e, 23,32% para o cloreto férrico (Figura 1, A e B). É importante enfatizar que a água de estudo possuía um valor elevado de alcalinidade natural, cerca de 339,09 mg de CaCO₃. L⁻¹, logo as reduções desse valor, exemplificadas pela dosagem de 70 mg. L⁻¹, podem apresentar um percentual pequeno de consumo de alcalinidade em relação a água bruta, mas, na realidade, promoveram um grande consumo da alcalinidade.

Muitas águas naturais submetidas as etapas de tratamento nas ETAs não possuem um valor de alcalinidade total elevado como a amostra colhida para esse estudo, principalmente se tratando de águas superficiais, logo, tais reduções teriam uma influência extremamente significativa nas respectivas etapas de tratamento, podendo necessitar do uso de alcalinizantes, o que aumentariam os custos com produtos químicos.

Como a água de estudo apresentou um valor elevado de alcalinidade total natural, cerca de 339,09 mg de CaCO₃. L⁻¹, as maiores dosagens de sulfato de alumínio e cloreto férrico não promoveram um decaimento do pH da água coagulada (Figura 2, A e B), já que ainda existia uma grande quantidade de hidróxidos/carbonatos/bicarbonatos disponíveis para reagir com os sais de alumínio e ferro. Os resultados da Figura 2 (A e B) justificam a afirmação de Libânio (2010), de que a alcalinidade da água bruta, natural ou artificial, funciona como tampão, minimizando a queda muito acentuada o pH de coagulação.

Em relação aos coagulantes a base de tanino estudados, Barradas (2004), destaca que tais coagulantes não promovem um consumo significativo da alcalinidade do meio, proporcionando, conseqüentemente, que o pH se mantenha praticamente inalterado, mesmo com o aumento da dosagem do respectivo produto químico.

É facilmente observado, por meio da Figura 3 (A e B) que o valor da alcalinidade da água coagulada com os produtos químicos de origem orgânica praticamente não sofreu variações, resultando em uma constância dos valores de alcalinidade total para todas as dosagens aplicadas.

É possível afirmar que as variações encontradas para os valores de alcalinidade, expressas na Figura 3 (A e B), foram mais provenientes de possíveis erros analíticos, do que pela influência das dosagens de tanfloc SL e tanfloc SG. Assim, o pH da água se mantém praticamente inalterado, mesmo com a adição de elevadas concentrações de coagulantes a base de tanino, conforme pode ser visualizado na Figura 4 (A e B).

Mesmo que a alcalinidade natural da água a ser tratada apresentasse valores baixos, o pH de coagulação para todas as dosagens seria mantido em valores praticamente constantes, já que os coagulantes base de tanino não possuem caráter ácido ao serem adicionados em solução aquosa, como já discutido anteriormente.

CONCLUSÕES

Tanto o tanfloc SL como o tanfloc SG não apresentaram decaimento nos valores da alcalinidade natural da água de estudo, visto que coagulantes dessa natureza não reagem de maneira significativa com os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, não alterando assim, o pH da água. Tanto o sulfato de alumínio como o cloreto férrico promoveram consumo significativo da alcalinidade total da água a medida que maiores dosagens desses coagulantes eram vertidas nos jarros. Apesar de elevadas reduções nos níveis de alcalinidade apresentada pelo sulfato de alumínio e cloreto férrico, o valor do pH da água pôde ser manter praticamente inalterado, uma vez que a alcalinidade total média apresentada pela água bruta, $339,09 \text{ mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$, foi mais do que suficiente para evitar a depreciação dos valores de pH, enfatizando que o oposto aconteceria caso esse valor não fosse suficiente, necessitando, assim, da adição de alcalizantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20ed.. Washington, E. U. A., 1999.
2. BARRADAS, J. L. D. Tanino – Uma solução ecologicamente correta: agente floculante biodegradável de origem vegetal no tratamento de água. Novo Hamburgo: Publicação Técnica, 2004.
3. BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, 2010. p. 868.
4. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos: Editora LDiBe (2011).
5. LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. 3ª ed. Campinas, Editora Átomo, 2010.
6. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. São Paulo, 2001. Dissertação de mestrado-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paula, 2001.
7. RITCHER, C.A. (2009). Água: Métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Editora Blucher, 2009.
8. VAZ, L.G.L.; KLEN, M.R.F.; VEIT, M.T.; SILVA, E.A; BARBIERO, T.A; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. Revista Eclética Química. São Paulo. Volume 35, número 4, 2010.