

## I-029 - EMPREGO DO PROCESSO ELETROLÍTICO NO PROCESSO DE CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA

**Victor Cochrane Santiago Sampaio<sup>(1)</sup>**

Químico pela Universidade Estadual do Ceará. Mestre e doutorando em Engenharia Civil na área de concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará – UFC.

**Eliezer Fares Abdala Neto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Mecânico. Mestre, Doutor e pós-doutorando em Engenharia Civil na área de concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará – UFC.

**Ari Clecius Alves de Lima<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico. Mestre e doutorando em Engenharia Civil na área de concentração em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará – UFC.

**Marisete Dantas de Aquino<sup>(1)</sup>**

Engenheira de Pesca pela Universidade Federal do Ceará. Mestrado em Ciências e Técnicas do Meio Ambiente pela *Ecole Nationales des Ponts et Chaussées*. Doutora em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela *Ecole des Hautes Études em Sciences Sociales*. Professora associada da Universidade Federal do Ceará – UFC.

**Isabel Cristina Lima Freitas<sup>(2)</sup>**

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal do Ceará. Química da Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Mestranda em Tecnologia e Gestão ambiental pelo Instituto Federal do Ceará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará. Bloco 713, Avenida Humberto Monte S/N, Campus do Pici. Fortaleza-CE. CEP 60451-970, Brasil – tel: (85) 3366-9623 – e-mail: cochrane@ibest.com.br

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Gerência de Desenvolvimento Operacional, Pesquisa e Inovação, Estação de Tratamento de Água – Gavião, Companhia de Água e Esgoto do Ceará, Pacatuba – CE – Brasil – tel: (85) 8878-8930.

### RESUMO

O emprego de oxidantes químicos na etapa de pré-oxidação em tratamento de água para abastecimento pode ocasionar na formação de subprodutos; compostos que podem causar sérios riscos à saúde da população. Dessa forma, o emprego de sistemas alternativos com o objetivo de clarificação da água tem sido estudado nessa área. Foi utilizado um sistema de eletroflotação em um ensaio de teste de jarros para fins de remoção de cor e turbidez na água bruta do açude Gavião (Pacatuba – CE). Foram testados dois eletrodos diferentes (platina e aço inoxidável 316L) e foram dosados 50% e 100% da aplicação de coagulante e polímero. Os resultados mostraram que os efeitos na água provocados pelos eletrodos de platina com 100% da dosagem de coagulante e polímero foram mais eficazes na remoção de cor e turbidez da água que as outras combinações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletrólise, clarificação da água, teste de jarros, análise das componentes principais.

### INTRODUÇÃO

Para produzir uma água potável, a seleção de processos de tratamento deve ser feita de modo a permitir a remoção ou redução de determinados constituintes da água bruta. A seleção final dos processos mais adequados deve ser baseada na segurança do processo, na facilidade de construção, na existência de equipamentos adequados, facilidade de operação e manutenção, e custos de construção (RICHTER, 2009).

Richter (2009) e Libânio (2008) relatam que os parâmetros de potabilidade da água tendem a se tornar mais rigorosos na obtenção de níveis baixos de turbidez e cor, na identificação e eliminação de compostos geradores de sabor e odor na água, redução da concentração de carbono orgânico total para reduzir os subprodutos, controle de cianobactérias, dos compostos orgânicos e agrotóxicos.

A eletrólise é o processo de forçar uma reação a ocorrer na direção não-espontânea pelo uso da corrente elétrica (ATKINS; JONES, 2001) e tem ganhado destaque no tratamento de água e efluentes nos últimos anos, como na remoção de óleos e graxas (CERQUEIRA; MARQUES; RUSSO, 2011), tratamento de efluente de

lagoa de estabilização de uma Estação de Tratamento de Esgoto (CLARO *et al.*, 2010), remoção de algas (GAO *et al.*; 2010), na remoção de metais (MERZOUK *et al.*, 2009), entre outros usos.

Curteanu *et al.* (2011) diz que, quando um anodo inerte é utilizado, o cloro livre e/ou espécies de cloro-oxigênio são formados no anodo e inicia a geração de oxidantes. Esses agentes oxidantes podem agir na destruição de algas ou na desinfecção da água.

O processo eletrolítico é fácil de automatizar, versátil, requer apenas uma pequena área da estação de tratamento e pode ter um baixo custo. Além das vantagens para a saúde pública de não requerer a adição de produtos químicos potencialmente tóxicos, é um processo especialmente limpo, uma vez que o elétron é o reagente principal (GUSMÃO; MORAES; BIDOIA, 2010; Ribeiro *et al.*, 2013).

O objetivo deste trabalho foi investigar o desempenho de eletrodos de platina/titânio e de aço inoxidável 316L na etapa de clarificação da água em tratamento para abastecimento humano em conjunto com o coagulante e o auxiliar de coagulação.

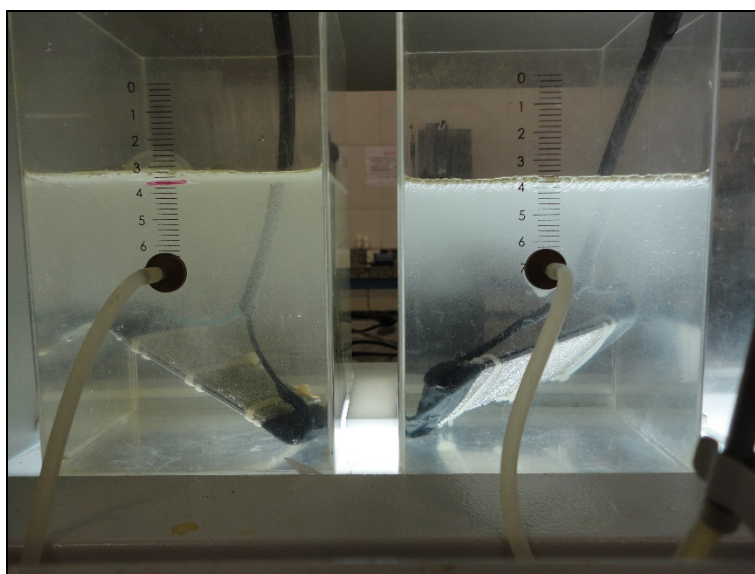
## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), localizada em área anexa à Estação de Tratamento de Água do Gavião (ETA Gavião), no município de Pacatuba – CE.

Foi estudado o comportamento de dois tipos de eletrodos no pré-tratamento de água, associando o processo eletrolítico no processo de clarificação da água (remoção de turbidez e cor verdadeira). Foram utilizados nos ensaios 1 par de eletrodos de titânio com revestimento de platina com 1  $\mu\text{m}$  de espessura e 1 par de eletrodos de aço inoxidável 316L. Todos os eletrodos utilizados mediam: 10 centímetros de comprimento, 5 centímetros de largura e 0,2 centímetros de espessura.

Foi utilizado um equipamento de teste de jarros modelo mod218<sup>TM</sup> (Nova Ética®). A cada experimento, o compartimento foi preenchido com 1,5 litros de água bruta. Na etapa de mistura rápida, utilizou-se o PAC 23<sup>TM</sup> (coagulante) com rotação de 120 rpm ( $G = 150 \text{ s}^{-1}$ ) e tempo de 2 minutos e, em seguida, o PolyDADMAC<sup>TM</sup> (auxiliar de coagulação) com um tempo de 1 minuto. Na etapa de mistura lenta, a rotação foi de 20 rpm ( $G = 10 \text{ s}^{-1}$ ) e tempo de 1 minuto. Baseada nas médias das concentrações utilizadas pela ETA Gavião de coagulante ( $6,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e de auxiliar de coagulação ( $1,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), foram testadas dosagens de 100% e 50% dos reagentes nos experimentos para cada eletrodo.

Após a etapa do teste de jarros, iniciava-se o processo eletrolítico com o acionamento da fonte de alimentação estabilizada (modelo HY1300 Hobby<sup>TM</sup>; marca Hayama®) com operação em 13,8 volts em corrente alternada. O tempo de duração do processo era de 4 minutos. A Figura 01 mostra o teste de jarro com os dois tipos de eletrodos. Após 1 minuto do fim do processo, foram coletadas amostras de água pré-tratada para serem analisadas (turbidez e cor verdadeira).



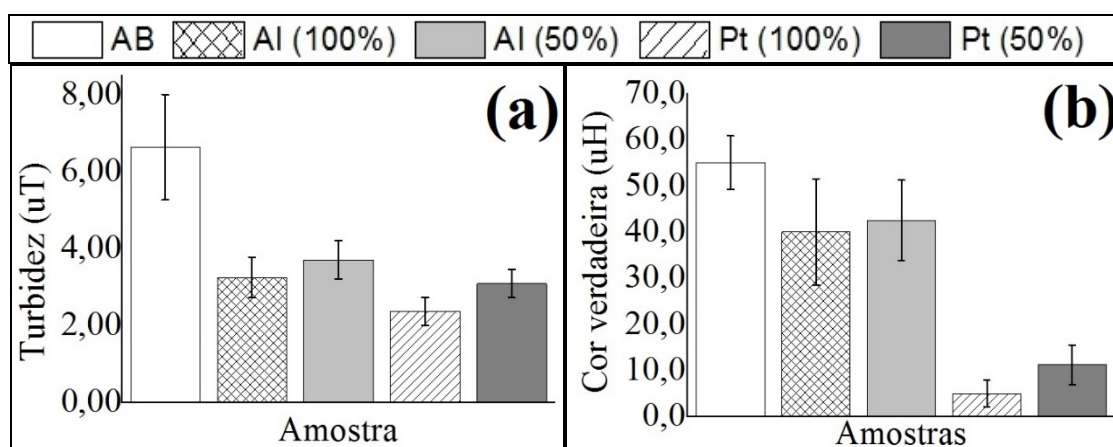
**Figura 1: Teste de jarro com eletrodo de aço inoxidável 316L (esquerda) e eletrodo de platina/titânio (direita).**

A ferramenta estatística utilizada foi o teste de *Tukey* com o objetivo de verificar alguma alteração significativa entre as amostras. Também foi utilizado a ferramenta Análise da Componentes Principais (PCA) com o objetivo de classificar os tratamentos em grupos distintos. Esses testes foram desenvolvidos pelo programa *The R Project for Statistical Computing*®.

## RESULTADOS

A água bruta (AB) apresentou os valores de  $6,63 \pm 1,37$  uT e  $55,0 \pm 5,8$  uH para turbidez e cor verdadeira, respectivamente. De acordo com Vidal (2011), o açude Gavião sofre a ação de várias atividades antrópicas na sua bacia, resultando na concentração excessiva de nutrientes, que causam a eutrofização.

A Figura 2 mostra que houve redução de turbidez e cor verdadeira em todos os tratamentos aplicados. O tratamento com eletrodos de platina/titânio com 100% de reagentes (Pt (100%)) apresentou maior remoção de turbidez e cor verdadeira, seguidos pelos tratamentos de eletrodos de platina/titânio com 50% de reagentes (Pt (50%)), eletrodos de aço inoxidável com 100% de reagentes (AI (100%)) e eletrodos de aço inoxidável com 50% de reagentes (AI (50%)).



**Figura 2: Redução de turbidez e cor verdadeira das águas processadas em relação à água bruta.**

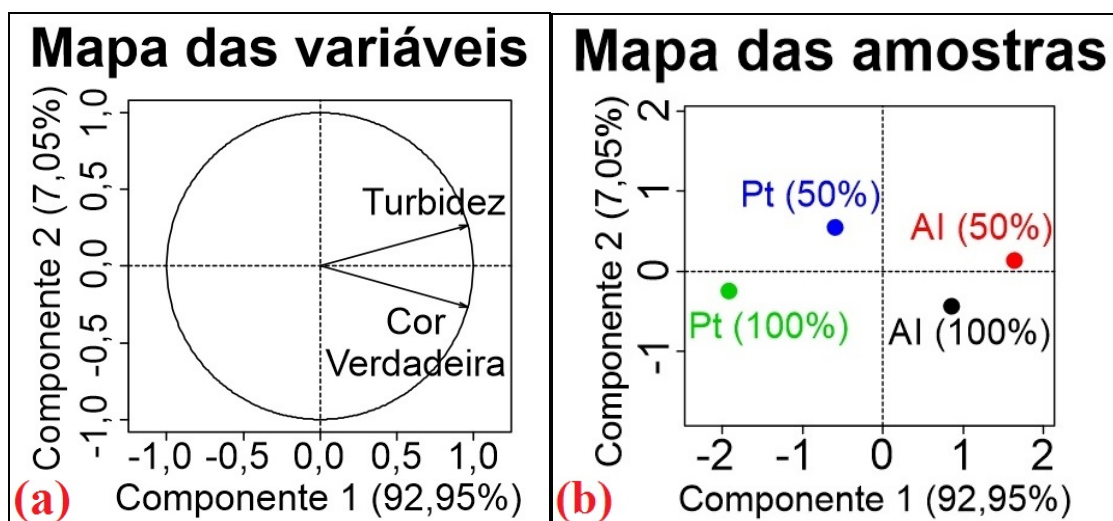
Os valores de cada experimento, média com teste de *Tukey* a 95% de confiança e desvio-padrão de turbidez e cor verdadeira são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Valores de turbidez e cor verdadeira para os ensaios realizados e a média com teste de Tukey a 95% de confiança.**

	Turbidez (uT)			
	AI (100%)	AI (50%)	Pt (100%)	Pt (50%)
Experimento 1	3,96	3,82	2,76	2,82
Experimento 2	3,34	4,36	2,56	3,60
Experimento 3	2,75	3,21	1,98	2,81
Experimento 4	2,96	3,45	2,16	3,14
Média	3,25 <sup>AB</sup>	3,71 <sup>A</sup>	2,37 <sup>B</sup>	3,09 <sup>AB</sup>
Desvio-padrão	0,53	0,50	0,36	0,37
	Cor verdadeira (uH)			
	AI (100%)	AI (50%)	Pt (100%)	Pt (50%)
Experimento 1	50,0	50,0	2,5	7,5
Experimento 2	50,0	50,0	2,5	7,5
Experimento 3	30,0	35,0	7,5	15,0
Experimento 4	30,0	35,0	7,5	15,0
Média	40,0 <sup>A</sup>	42,5 <sup>A</sup>	5,0 <sup>B</sup>	11,3 <sup>B</sup>
Desvio-padrão	11,5	8,7	2,9	4,3

Em relação à turbidez, nota-se que o tratamento AI (50%) foi significativamente igual aos tratamentos AI (100%) e Pt (50%), mas foi significativamente diferente do tratamento Pt (100%). Em relação à cor verdadeira, nota-se que os tratamentos AI (100%) e AI (50%) são significativamente iguais, mas são significativamente diferentes entre os tratamentos Pt (100%) e Pt (50%), esses significativamente iguais entre si.

A Figura 3 mostra o mapa das variáveis (a) e o mapa das amostras (b) pelo PCA. Observa-se que a componente 1 corresponde a 92,95% da variância da matriz de dados, enquanto a componente 2 corresponde a 7,05%. A Figura 3 (a) ilustra a relevância das variáveis para cada componente. Para a componente 1, as variáveis turbidez e cor apresentaram maiores relevâncias para classificar os grupos. Em relação à Figura 3 (b), observa-se que todos os quatro tipos de tratamentos ficaram distribuídas ao longo dos quatro quadrantes.



**Figura 3: Análise da componentes principais: a) variáveis; b) amostras.**

Dessa forma, por apresentar menor turbidez e cor verdadeira, o tratamento Pt (100%) foi o tratamento mais eficiente dessa pesquisa realizada. O processo eletrolítico pode ser útil no tratamento de água com a finalidade que a água produzida atenda aos padrões de potabilidade de Brasil (2011).

## CONCLUSÕES

Todos os processos eletrolíticos aplicados causaram uma diminuição significativa da turbidez e cor verdadeira da água em relação à água bruta.

Por meio do teste de *Tukey* e PCA, conclui-se que os eletrodos de platina/titânio com 100% da dosagem de reagentes se mostraram mais eficientes na etapa de clarificação da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2001.
2. BRASIL. Portaria nº 2914. Ministério da Saúde, 2011.
3. CERQUEIRA, A. A.; MARQUES, M. R. C.; RUSSO, C. Avaliação do processo eletrolítico em corrente alternada no tratamento de água de produção. Química Nova, n. 1, v. 34, p. 59 – 63, 2011.
4. CLARO, E. M. T.; OTENIO, M. H.; BIDÓIA, E. D.; SILVA, N. M. M. G.; SANTOS, V. Avaliação (em escala laboratorial) da aplicação do processo eletrolítico em efluente de lagoa de estabilização de esgoto urbano. Química Nova, n.3, v. 33, p. 557 – 561, 2010.
5. CURTEANU, S.; PIULEAC, C. G.; GODINI, K.; AZARYAN, G. Modeling of electrolysis process in wastewater treatment using different types of neural networks. Chemical Engineering Journal, n. 172, p. 267 – 276, 2011.
6. GAO, S.; YANG, J.; TIAN, J.; MA, F.; TU, G.; DU, M. Electro-coagulation–flotation process for algae removal. Journal of Hazardous Materials, n. 177, p. 336 – 343, 2010.
7. GUSMÃO, I. C. C. P.; MORAES, P. B.; BIDOIA, E. D. Studies on the Electrochemical Disinfection of Water Containing *Escherichia coli* using a Dimensionally Stable Anode. Brazilian Archives of Biology and Technology, n. 5, v. 53, p. 1235 – 1244, 2010.
8. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 2 ed. Editora Átomo, Campinas, 2008.
9. MERZOUK, B.; GOURICH, B.; SEKKI, A.; MADANI, K.; CHIBANE, M. Removal turbidity and separation of heavy metals using electrocoagulation–electroflotation technique: a case study. Journal of Hazardous Materials, n. 164, p. 215 – 222, 2009.
10. RIBEIRO, F. W. P.; OLIVEIRA, S. N.; LIMA NETO, P.; CORREIA, A. N.; MASCARO, L. H.; MATOS, R.; SOUZA, E. C. P.; LANZA, M. R. V. Eletrodegradação de ponceau 2R utilizando ânodos dimensionalmente estáveis e Ti/Pt. Química Nova, n. 1, v. 36, p. 85 – 90, 2013.
11. RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. Editora Blucher: São Paulo, 2009.
12. VIDAL, T. F. Balanço de macronutrientes no açude Gavião – uma nova abordagem. Fortaleza. 2011. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Universidade Federal do Ceará, 2011.