

Área: Sustentabilidade | Tema: Gestão Ambiental

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ELETROCOAGULAÇÃO NO TRATAMENTO DE  
ÁGUA PARA ABASTECIMENTO**

**EVALUATION OF THE USE OF THE ELETROCOAGULATION METHOD IN THE TREATMENT OF  
WATER FOR SUPPLY**

Emanuele Dos Santos Silva, Isaac Dos Santos Nunes e Júlia Cristina Diel

**RESUMO**

O método de eletrocoagulação consiste em um reator eletrolítico, sendo este o centro das reações de coagulação, no qual o coagulante é formado "in situ" por dissolução anódica de eletrodos de alumínio ou ferro. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a aplicação da eletrocoagulação no tratamento da água captada de um riacho utilizada para o abastecimento do município de São Luiz Gonzaga/RS, a partir da determinação das variáveis operacionais como o tempo de eletrólise e a densidade da corrente elétrica. A aplicação deste método consistia em viabilizar as etapas de coagulação e floculação simultaneamente a fim de eliminar a turbidez das amostras de água, sem que o parâmetro pH apresentasse alterações. As duas amostras de água foram coletadas em datas distintas, sendo estas realizadas antes e após a presença de precipitação pluviométrica. Após a aplicação do método verificou-se a melhor condição operacional deste trabalho em todos os procedimentos realizados com a amostra de água coletada na ausência de chuva, onde foi possível eliminar a turbidez total da amostra, assim como, os valores de pH não ultrapassaram os limites máximos permitidos pelo Padrão de Potabilidade.

**Palavras-Chave:** eletrocoagulação, eletrólise, turbidez, pH

**ABSTRACT**

The electrocoagulation method consists of an electrolytic reactor, which is the center of the coagulation reactions, in which the coagulant is formed "in situ" by anodic dissolution of aluminum or iron electrodes. The general objective of this work was to evaluate the application of electrocoagulation in the treatment of water collected from a stream used to supply the city of São Luiz Gonzaga / RS, by determining the operational variables such as the electrolysis time and the electric current density. The application of this method consisted in enabling the steps of coagulation and flocculation simultaneously in order to eliminate the turbidity of the water samples, without the parameter pH changes. The two water samples were collected at different dates, these being done before and after the presence of pluviometric precipitation. After the application of the method the best operational condition of this work was verified in all the procedures performed with the sample of water collected in the absence of rain, where it was possible to eliminate the total turbidity of the sample, as well as, the pH values did not exceed the limits allowed by the Potability Standard.

**Keywords:** electrocoagulation, electrolysis, turbidity, pH

**Eixo Temático: Sustentabilidade**

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ELETROCOAGULAÇÃO NO  
TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO**

**EVALUATION OF THE USE OF THE ELETROCOAGULATION METHOD IN THE  
TREATMENT OF WATER FOR SUPPLY**

O método de eletrocoagulação consiste em um reator eletrolítico, sendo este o centro das reações de coagulação, no qual o coagulante é formado “*in situ*” por dissolução anódica de eletrodos de alumínio ou ferro. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a aplicação da eletrocoagulação no tratamento da água captada de um riacho utilizada para o abastecimento do município de *São Luiz Gonzaga/RS*, a partir da determinação das variáveis operacionais como o tempo de eletrólise e a densidade da corrente elétrica. A aplicação deste método consistia em viabilizar as etapas de coagulação e floculação simultaneamente a fim de eliminar a turbidez das amostras de água, sem que o parâmetro pH apresentasse alterações. As duas amostras de água foram coletadas em datas distintas, sendo estas realizadas antes e após a presença de precipitação pluviométrica. Após a aplicação do método verificou-se a melhor condição operacional deste trabalho em todos os procedimentos realizados com a amostra de água coletada na ausência de chuva, onde foi possível eliminar a turbidez total da amostra, assim como, os valores de pH não ultrapassaram os limites máximos permitidos pelo Padrão de Potabilidade.

**Palavras-chave:** eletrocoagulação, eletrólise, turbidez, pH.

**ABSTRACT**

The electrocoagulation method consists of an electrolytic reactor, which is the center of the coagulation reactions, in which the coagulant is formed "in situ" by anodic dissolution of aluminum or iron electrodes. The general objective of this work was to evaluate the application of electrocoagulation in the treatment of water collected from a stream used to supply the city of São Luiz Gonzaga / RS, by determining the operational variables such as the electrolysis time and the electric current density . The application of this method consisted in enabling the steps of coagulation and flocculation simultaneously in order to eliminate the turbidity of the water samples, without the parameter pH changes. The two water samples were collected at different dates, these being done before and after the presence of pluviometric precipitation. After the application of the method the best operational condition of this work was verified in all the procedures performed with the sample of water collected in the absence of rain, where it was possible to eliminate the total turbidity of the sample, as well as, the pH values did not exceed the limits allowed by the Potability Standard.

**Keywords:** electrocoagulation, electrolysis, turbidity, pH.

## **1 INTRODUÇÃO**

A água está diretamente relacionada ao meio ambiente, assim é considerada um elemento vital que necessita ser preservado e conservado de maneira consciente. Comumente, sua utilização apresenta maior importância em suprir as necessidades do abastecimento público, e até mesmo na irrigação e/ou fins industriais.

No tratamento de água para abastecimento, tornou-se uma necessidade a utilização de métodos mais eficazes e mais acessíveis. O processo de eletrocoagulação é considerado um método eficaz na desestabilização de pequenas partículas coloidais, promovendo a coagulação e a flotação simultaneamente.

Apresentando um sistema eletroquímico baseado na eletrólise, a eletrocoagulação não necessita da adição de componentes químicos para a formação do agente coagulante. Utilizando um metal como eletrodo, haverá uma potencialização da reação e uma nulidade das cargas negativas das partículas presentes na solução analisada, a partir da coagulação. Conforme a literatura, esta técnica vem sendo estudada para uma possível aplicação ao tratamento de efluentes contendo metais pesados e até mesmo corantes.

Tendo em vista o melhoramento nos processos de tratamento de água, este trabalho tem por objetivo determinar a eficiência do método de eletrocoagulação, utilizando eletrodos de alumínio, na remoção da turbidez e análise dos parâmetros físico-químicos da água do Riacho *Ximbocuzinho*, utilizada para abastecimento do município de São Luiz Gonzaga.

## **2 OBJETIVO**

Avaliar a influência da variação da densidade de corrente e do tempo de eletrólise na remoção da turbidez e inalteração de pH, a partir do processo de eletrocoagulação no tratamento da água utilizada para abastecimento do município de São Luiz Gonzaga/RS, empregando eletrodo de alumínio em amostras de água com diferentes condições, antes e após precipitação pluviométrica.

## **3 REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 ÁGUA DE ABASTECIMENTO**

A água é um recurso natural essencial para a existência da vida na Terra, não sendo mais considerada um recurso inesgotável. Várias regiões de todo o planeta apresentam falta de água, seja esta falta por escassez em pontos específicos, seja pelo baixo índice de tratamento da qualidade para o consumo humano (REIS *et al.* 2012).

Carvalho *et al.* (1997) descreve como um sistema público de abastecimento, um conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento público de uma comunidade com água potável para uso doméstico/público.

No Brasil, em escala industrial, as estações de tratamento de água utilizam alguns métodos de operações unitárias, como a coagulação, floculação, sedimentação, filtração, cloração, entre outros métodos convencionais (REIS *et al.* 2012). Para Di Bernardo *et al.* (2005) a etapa de coagulação da água para abastecimento utiliza-se um processo de reação dos compostos hidrolisados formados pela adição de agentes coagulantes, com as impurezas presentes na água. Considera-se uma etapa indispensável à remoção das partículas suspensas.

### **3.2 ELETROCOAGULAÇÃO**

É um processo alternativo que apresenta alta eficiência na remoção de poluentes diante da aplicação de diferencial de potencial elétrico nos eletrodos, onde gera uma desestabilização das moléculas do líquido, recuperando assim, águas contaminadas (STRATE, 2014).

Dentre algumas vantagens na utilização do método de eletrocoagulação, Mouedhen (2008) declara que o maior ganho está relacionado com a não necessidade de adição de produtos químicos para promover a coagulação.

Para o tratamento de efluentes utilizando a eletrocoagulação, faz-se necessário basear a eletroquímica na eletrólise que consiste na oxidação dos eletrodos metálicos utilizados, resultando na formação de um agente coagulante, não sendo necessária a adição de nenhum composto químico para promover a coagulação (PERTILE, 2014).

Segundo De Meneses *et al.* (2012), o metal preferido na utilização como eletrodo em processos de eletrocoagulação é o alumínio. Isso se deve ao fato de que o alumínio proporciona a obtenção de um efluente tratado limpo e incolor.

## **4 METODOLOGIA**

Para a execução dos experimentos, foram coletadas amostras da água utilizada para abastecimento do município de São Luiz Gonzaga/RS, captada de um afluente do Rio Piratini, o riacho chamado *Ximbocuzinho*.

A primeira coleta de amostra de água foi realizada no dia 17 de fevereiro de 2018, exatamente após sete dias na ausência de chuva. Segundo os dados obtidos junto a Estação Meteorológica do município de São Luiz Gonzaga, no dia 10 de fevereiro de 2018, foram registrados 34,2 mm de chuva. Já a segunda coleta de amostra de água foi realizada no dia 26 de março de 2018, exatamente dois dias após presença de 71,8 mm de chuva.

O reator utilizado para a realização do processo de eletrocoagulação consistiu em um béquer de 1000 mL, um agitador magnético, e dois eletrodos de alumínio utilizando uma conexão elétrica com uma fonte de corrente ajustável. Para os processos de eletrocoagulação, os eletrodos utilizados eram de alumínio, bem como, todos os processos de eletrocoagulação continham 500 mL da amostra de água analisada. Os experimentos foram realizados em triplicata para cada amostra de água a partir das correntes de 10, 20 e 30 mA, com tempos limites de eletrólise de 10, 20 e 30 minutos. Durante todo o tempo de aplicação da corrente elétrica o líquido era mantido sob agitação para garantir o contato de toda massa líquida com os eletrodos.

Após a utilização do sistema de eletrocoagulação como método de tratamento nas duas amostras de água coletadas, tornou-se possível a determinação dos índices de pH e turbidez alcançados em cada amostra. Os resultados da remoção da turbidez e os valores de pH das amostras foram obtidos novamente com o método nefelométrico e potenciométrico, respectivamente, e puderam indicar a aplicabilidade da eletrocoagulação no tratamento de água de abastecimento, sintetizando os processos de coagulação e floculação.

## **5 RESULTADOS E CONCLUSÕES**

### **5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS**

Na amostra de água coletada após a presença de 71,8 mm de chuva, o pH apresentou valor 7,85, sendo maior quando comparado ao resultado da amostra coletada após 7 dias sem presença pluviométrica, na qual obteve-se valor de 7,18. Silva (2008), declara em seus estudos que com o aumento de chuva em certas localidades, o pH da água dos rios tende a subir, pois ocorre um aumento da diluição de compostos dissolvidos e há um escoamento maior. Neste caso, afirmando maior valor de pH para a amostra de água coletada após a

presença pluviométrica, pode-se relacionar esta ocorrência devido ao aumento de chuva na localidade do Riacho *Ximbocuzinho* nos dias que antecederam a segunda coleta, no qual houve um maior escoamento das águas do Riacho promovendo uma elevação na diluição dos compostos dissolvidos. Comumente, o sistema carbonato (presença de teores de Ca e Mg) em águas naturais, pode ser considerado um controlador de pH.

Piratoba *et al.* (2017), complementam que a sazonalidade, estatisticamente, tem influência significativa nos teores de pH, obtendo em seus estudos o valor médio do pH de 7,01 a 7,18 no período menos chuvoso, e de 7,22 a 7,39 no período chuvoso para as águas do Rio Pará, em sua área de estudo localizada no município de Barcarena, pertencente à região metropolitana de Belém/PA, Brasil.

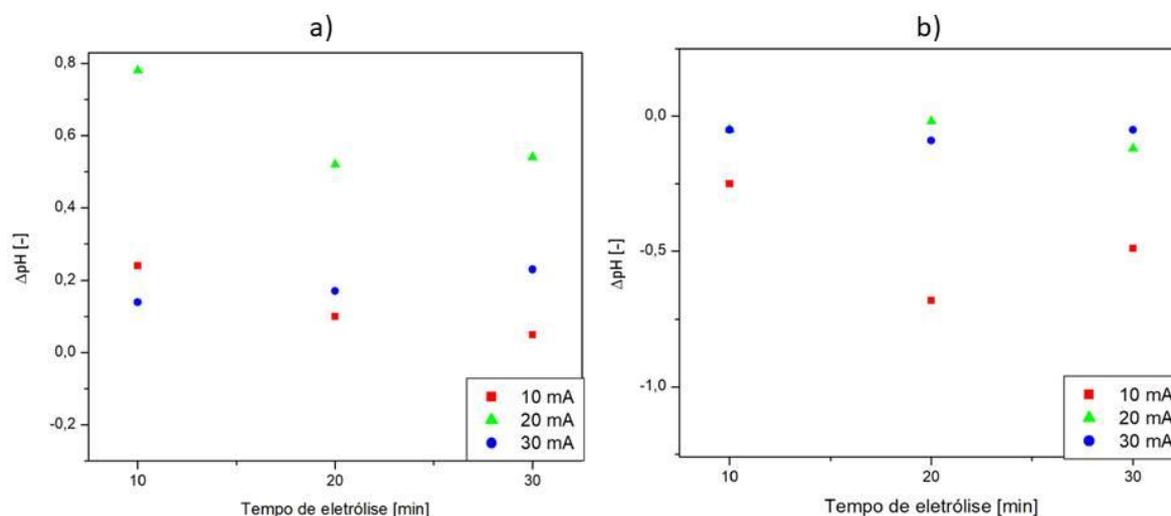
Segundo o Art. 39 §1, da Portaria n° 2.914/2012 do Ministério da Saúde sobre o Padrão de Potabilidade da água para consumo, recomenda-se que no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2012).. Logo, os valores de pH obtidos para estas amostras de água coletadas apresentam-se de maneira regular seguindo os parâmetros de potabilidade.

Em decorrência da tendência de haver aumento da turbidez com o aumento da vazão do Riacho, pode-se se analisar que a amostra de água coletada após presença pluviométrica apresentou parâmetro de turbidez no valor de 164 NTU, sendo 24 vezes maior quando comparada com a primeira amostra coletada, esta na ausência de precipitação pluviométrica recente. Piratoba *et al.* (2017), afirmam que com o aumento de chuvas há um aumento no transporte de materiais orgânicos e inorgânicos drenados nas margens dos rios, o que influencia diretamente no aumento da turbidez da água.

## 5.2 ELETROCOAGULAÇÃO

A Figura 1 apresenta os valores de variação de pH na qual há diminuição do valor inicial de pH obtido, pelo valor encontrado após o processo de eletrocoagulação para as amostras de água coletadas, após 7 e 2 dias da presença de precipitação pluviométrica.

Figura 1 - Variações de pH obtidos após o processo de eletrocoagulação para a amostra de água coletada a) 7 dias após presença de precipitação pluviométrica e b) 2 dias após presença de precipitação pluviométrica



Fonte: Os autores.

A partir da análise da Figura 1, verifica-se que a medida que o tempo de eletrólise aumentava, o valor de pH diminuía. No entanto, quanto aos valores de pH obtidos após o processo de eletrocoagulação, os resultados para as duas amostras foram satisfatórios quando comparados aos valores máximos permitidos, estabelecidos pelo padrão de potabilidade do Ministério da Saúde.

Utilizando os parâmetros fixados para corrente elétrica e tempo de eletrólise, todas as amostras de água da primeira coleta realizada apresentaram total remoção da turbidez obtendo valor de 0 NTU. No entanto, estas amostras de água não estariam predispostas à ingestão para consumo humano sem tratamento prévio de cloração para a desinfecção desta água. Apenas alguns dos experimentos de eletrocoagulação utilizando a segunda amostra de água coletada foram satisfatórios quanto à turbidez a ponto de serem comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos pelos padrões de potabilidade, regidos pelo Ministério da Saúde.

A Tabela 1 apresenta os valores de turbidez obtidos após o processo de eletrocoagulação utilizando a segunda amostra de água, e que, somente estão dentro do limite dos valores máximos permitidos pelo padrão de potabilidade do Ministério da Saúde, os resultados abaixo de 5 NTU.

Tabela 1 - Resultados de turbidez obtidos após o processo de eletrocoagulação utilizando a segunda amostra de água coletada

Corrente elétrica	10 mA			20 mA			30 mA		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Tempo eletrólise [min]	103	102	127	36,86	10,67	0	10,73	1,49	0
Turbidez [NTU]									

Fonte: Os autores.

Somente os experimentos utilizando 20 mA de corrente em tempo de eletrólise de 30 min, e 30 mA com tempos de eletrólise de 20 e 30 min, obtiveram resultados satisfatórios, assim, os demais experimentos de eletrocoagulação utilizando esta amostra de água apresentaram elevados valores de turbidez após o término do processo, neste caso, seriam necessárias aplicações deste método em maiores tempos de eletrólise.

## 6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que utilizando o processo de eletrocoagulação, as análises com a amostra de água coletada após 7 dias da presença de chuva apresentaram eficiência na remoção da turbidez, visto que, o valor inicial aferido para a turbidez era relativamente baixo por haver menor presença de substâncias dissolvidas. No entanto, a amostra de água coletada 2 dias após a presença de chuva que apresentava turbidez inicial elevada, teve eficiência de remoção da turbidez apenas nos experimentos que utilizaram os parâmetros de 20 mA em 30 minutos de eletrólise e com 30 mA em 20 e 30 minutos de eletrólise. Para as duas amostras de água após o processo de eletrocoagulação obtiveram-se valores finais de pH satisfatórios quando comparados às exigências dos padrões de potabilidade regidos pelo Ministério da Saúde.

Portanto, verifica-se que os mecanismos de coagulação usando eletrodos de alumínio, são bastante similares aos usados na coagulação convencional das estações de tratamento nas quais utilizam sais desse mesmo metal, já que são observados os mesmos agentes coagulantes atuando sobre os contaminantes das águas. A partir disso, a verdadeira diferença entre a coagulação com sais metálicos e o processo de eletrocoagulação é o controle que se pode ter sobre o mecanismo de coagulação, visto que parâmetros constantes são adotados no processo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL.; **Perguntas e respostas sobre a portaria MS N 2914/2012 e N 1469/2000.** MINISTÉRIO DA SAÚDE. Brasília, 2012.

CARVALHO, A. R.; DE OLIVEIRA, M. V. C.; **Princípios básicos do saneamento do meio.** Ed. Senac São Paulo, São Paulo, 1997.

DE MENESES, J. M.; VASCONCELOS, R. F.; FERNANDES, T. F.; ARAÚJO, G. T.; **Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais.** Química Nova, v. 35, n. 2, p. 235-240, 2012.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2. ed. 1 v. RiMa, São Paulo, 2005.

MOUEDHEN, G.; FEKI, M.; WERY, M. P.; AYEDI, H. F. **Behavior of aluminum electrodes in electrocoagulation process.** Journal of Hazardous Materials, n. 150, p. 124-135, 2008.

PERTILE, T. S.; **Avaliação do processo de eletrocoagulação aplicado a efluentes cianídricos da indústria galvânica.** Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Pós-graduação, Universidade Federal de Caxias do Sul, 99p, 2014.

PIRATOBÁ, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G.; **Caracterização de parâmetros de qualidade de água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil.** Revista Ambiente & Água, vol. 12, n. 3. Taubaté, 2017. Disponível em: ><http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v12n3/1980-993X-ambiagua-12-03-00435.pdf>< Acesso em 29/05/18.

REIS, L.; FADIGAS, E.; CARVALHO, C.; **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável.** São Paulo, 2012.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V.; **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus.** Manaus, 2008. Disponível em: >[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672008000400017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672008000400017)< Acesso em 24 jun. 2018.

STRATE, J.; **Avaliação do processo de eletrocoagulação/flotação para o tratamento de efluente de indústria de laticínios.** Trabalho de conclusão de curso II, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2014, 83p.