

**REMOÇÃO DE NITRATO POR ELETROCOAGULAÇÃO COMO
ALTERNATIVA AO TRATAMENTO DE ÁGUA DE AQUÍFEROS
SUBTERRÂNEOS CONTAMINADOS**

Germana de Paiva Pessoa¹; Antônio Idivan Vieira Nunes²

Resumo – A técnica de eletrocoagulação (EC) foi estudada nesse trabalho com o objetivo de remoção de nitrato em águas subterrâneas. Esse trabalho surgiu devido à problemática causada pelo excesso de nitrato nas águas subterrâneas na cidade de Natal/RN. A EC é uma das técnicas mais eficazes para remoção de cor e poluentes orgânicos provenientes de águas residuárias, reduzindo também a quantidade de lodo formado. O método utilizado nesse experimento foi o de batelada utilizando alumínio como material dos eletrodos. O efeito do parâmetro operacional pH inicial da solução foi estudado com o objetivo de se alcançar o máximo de remoção nitrato. Além do parâmetro citado, avaliou-se também o consumo de energia.

Abstract – Electrocoagulation (EC) was studied in this paper with an objective to remove nitrate in ground water. This work appeared due a problem caused by excess of nitrate in Natal/RN city. EC is one of the most effective techniques to remove color and organics pollutants from the wastewater, which reduces the sludge generation. The method used in this work was the batch using aluminum electrodes. The effect of operational parameter such as initial pH of the solution was studied with aim to reach higher nitrate removal efficiency. Besides these parameter the electrical energy consumption was studied.

Palavras-Chave – eletrocoagulação, remoção de nitrato, aquíferos subterrâneos

¹ Aluna de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - e-mail:germanapaiva@hotmail.com

² Prof.Adjunto, DEHA/UFC, Campus do Pici – Bloco: 713 - Fortaleza – CE – Brasil – Tel.: +55 (85) 33669623 - Fax: +55 (85) 33669627 - e-mail: vieiranunes@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A contaminação em águas subterrâneas e de superfícies por nitratos gera sérios problemas de saúde, como a metemoglobinemia ou cianose em crianças. A metemoglobinemia é causada pelo excesso de nitrato no sangue ocasionado uma hipo-oxigenação do mesmo, por isso o valor máximo permitido estabelecido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde é de 10 mg N-NO₃/L na água potável.

Vários casos fatais de metemoglobinemia já foram encontrados em crianças com menos de 6 meses que ingeriram água de poço com alta quantidade de nitrato. No ano de 1981 foram encontrados 116 casos da doença em crianças, com idade média de 15 meses, no estado de São Paulo (FERNÍCOLA e AZEVEDO,1981).

Em alguns países como a Índia e alguns países da Europa já foram encontradas altas concentrações de nitrato em águas subterrâneas. A razão para o aumento nos níveis de nitrato pode ser atribuída principalmente ao uso contínuo de fertilizantes nitrogenados (DASH e CHAUDHARI, 2005).

Durante os anos de 2003 a 2006 foi realizado um monitoramento na cidade de Natal no estado do Rio Grande do Norte. Os pontos que fizeram parte da malha de amostras foram localizados em poços utilizados pela população como abastecimento de água, reservatórios e o abastecimento domiciliar. Os autores do trabalho constataram que menos de 20% da população da cidade são contempladas com o sistema de esgotamento sanitário, portanto o tratamento de esgotos é realizado por fossas sépticas e sumidouros sendo o nitrato gerado como subproduto durante a degradação da matéria orgânica. Devido a essa geração de nitrato foi constatada que dos 74 poços localizados na zona sul da cidade 52% apresentaram concentrações de nitrato acima do máximo valor permitido e dos 32 poços do sistema da zona norte 71% estão acima de 10 mg N-NO₃/L. Nos reservatórios e rede de distribuição esses valores são bastante reduzidos (LIMA *et al.*2007)

As tecnologias utilizadas para a remoção do nitrato são: troca iônica, tratamento biológico, osmose reversa e processos eletroquímicos. No entanto algumas dessas técnicas apresentam desvantagens.

No processo de troca iônica, no caso troca aniônica, a resina necessita de uma grande quantidade de NaCl para ser regenerada periodicamente gerando um efluente tipo salmoura, além de algumas limitações da resina. Nos processos biológicos pode ocorrer uma contaminação microbiológica da água e o controle e a eficiência do método tem algumas limitações. Na osmose reversa ocorre o mesmo problema da geração de efluentes difíceis de tratar ou descartar em corpos

receptores. Os métodos eletroquímicos apresentam algumas vantagens como a produção de menor quantidade de lodo e requerimento de uma área pequena (KOPARAL e OGUTVEREN , 2002).

METODOLOGIA

Materiais

A solução utilizada durante o experimento com concentrações variadas de nitrato foi preparada dissolvendo NaNO_3 em água destilada ajustando-se o pH com H_2SO_4 0,1N e NaOH 0,1N e condutividade com NaCl .

Aparato Experimental

O aparato experimental foi montado de acordo como ilustrado na Figura 1. A célula foi construída com material acrílico com dimensões 100 x 150 x 180 mm, sendo utilizado o volume de 1500 cm^3 . Foram utilizados oito eletrodos, sendo 4 cátodos e 4 ânodos, em forma de placas de alumínio apresentando as dimensões iguais de 50 x 110 x 3 mm, com área de superfície total de $0,04784 \text{ m}^2$ e a distância entre os eletrodos na célula de EC é de 11 mm em todos os experimentos. Os eletrodos foram conectados de forma monopolar a uma fonte de tensão (DAWER FCC-3020 D 30 V e 20 A). A agitação foi realizada através de um agitador mecânico com velocidade 350 rpm.

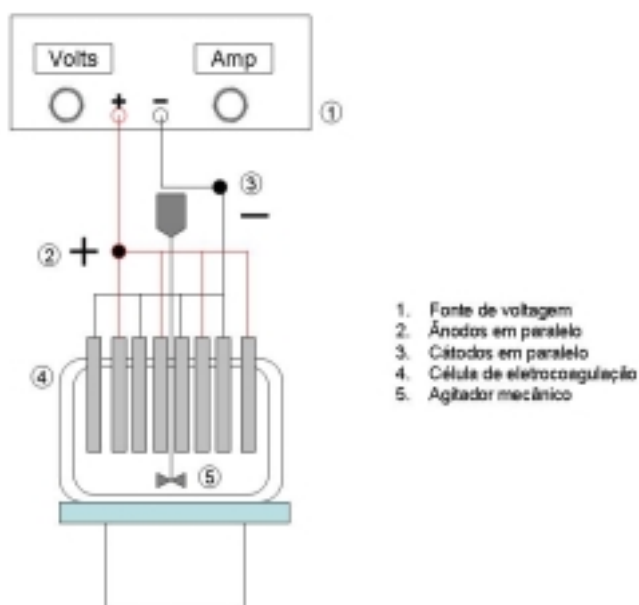


Figura 1 – Fluxograma do Processo de Eletrocoagulação

Procedimento Experimental

Todo o experimento foi realizado com solução de NaNO_3 com concentração inicial de 30 mg L^{-1} , sendo monitorados os parâmetros de corrente, tensão, tempo, temperatura, pH e condutividade.

Antes de cada período os eletrodos foram lavados com água e sabão, secos e pesados.

As concentrações de nitrato foram determinadas através do método espectrofotométrico do salicilato de sódio (Procedimento de Rodier) em duplicata, realizando diluições quando necessárias.

O cálculo da eficiência de remoção de nitrato (Ef.), após o tratamento por EC, será feito usando-se a seguinte fórmula:

$$Ef. = 100 \times \frac{C_o - C}{C_o} (\%) \quad (1)$$

onde C_o e C são respectivamente as concentrações inicial e final da eletrocoagulação de nitrato em mg L^{-1} .

O consumo de energia elétrica é um parâmetro que economicamente tem um significado importante no que diz respeito aos processos eletrolíticos. O consumo de energia elétrica pode ser calculado pela seguinte equação 2:

$$E = \frac{(U \times i \times t)}{1000} \quad (2)$$

onde E é a energia elétrica em kWh, U é a tensão na célula em volts (V), I é a corrente elétrica em ampère (A) e t é o tempo em horas decorridos no processo de EC. (SALLES *et al.*, 2006) (HOLT, 2002).

O consumo de energia elétrica específico (Seec) foi calculado em função da eficiência da corrente elétrica (φ) em kWh kg Al^{-1} usando a Eq. (3):

$$SEEC = \frac{n \times F \times U}{3600 \times M \times \varphi} \quad (3)$$

onde M é o peso molecular do elemento predominante do eletrodo (g mol^{-1}), e φ é média da eficiência da corrente obtida de cada par de eletrodos, no caso do presente experimento será calculada uma eficiência de corrente elétrica para cada par de ânodo e cátodo e obtida uma média dessas eficiências, ou seja, será a média de resultante de 4 valores.

O custo operacional do processo de eletrocoagulação neste estudo levou em conta apenas o consumo que inclui o custo dos eletrodos e o custo de energia elétrica. Evidentemente existem outros custos como os fixos e mão-de-obra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do pH inicial

O efeito do pH inicial na remoção do nitrato foi analisado entre os valores de pH de 5 a 11 utilizando os seguintes parâmetros operacionais:

- Concentração inicial de nitrato (C_0): 30 mg L^{-1} ;
- Condutividade do efluente (κ): 1 mS cm^{-1} ;
- Tempo de tratamento de eletrocoagulação (t_{EC}): 30 minutos;
- Densidade de corrente (d. c.): 48 A m^{-2} .

A Figura 2 representa os valores de eficiência de remoção de nitrato, mostrando que em solução de pH inicial = 5 conseguiu-se uma remoção de 88,4%.

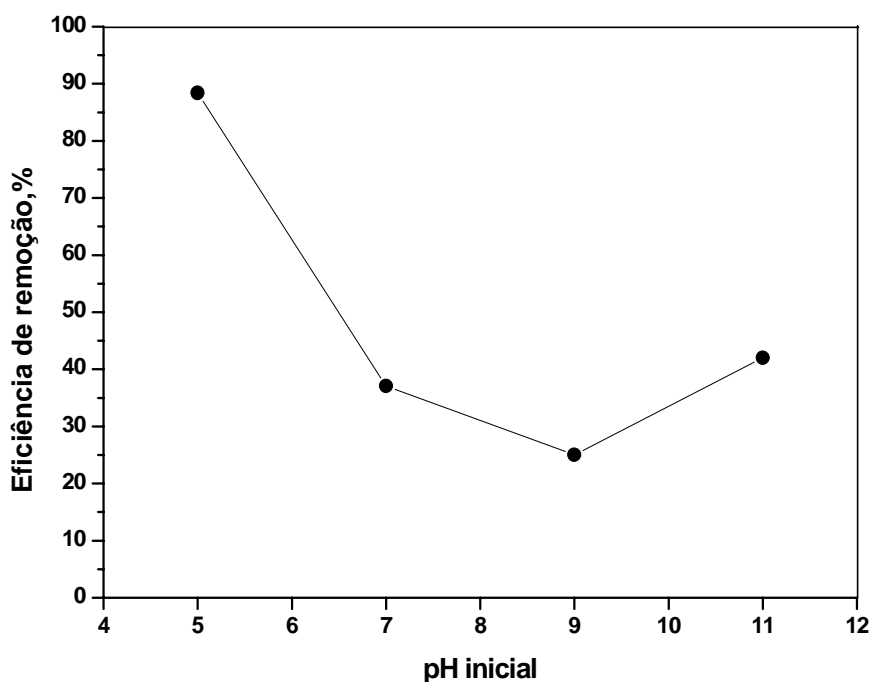


Figura 2 – Efeito do pH inicial na remoção de Nitrato

A Figura 3 representa o consumo energético em função da variação do pH inicial da solução, para o resultado de melhor remoção de nitrato em pH inicial =5 o consumo energético foi de 13,74 kWh por m^3 de solução tratada, e o custo operacional obtido foi de 3,14 R\$ por m^3 .

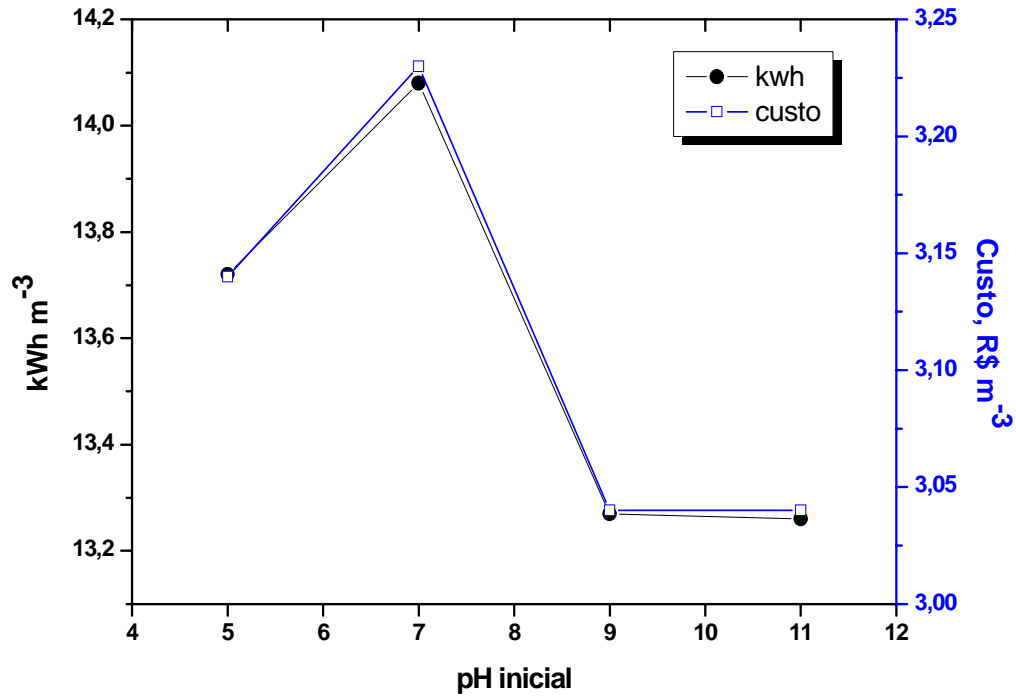


Figura 3 – Efeito do pH inicial no consumo energético

A Figura 4 mostra o consumo específico de energia, kWh por kg de Al consumido durante a eletrocoagulação, observando que o menor consumo de 103 kWh kgAl⁻¹ foi obtido no valor de melhor remoção de nitrato.

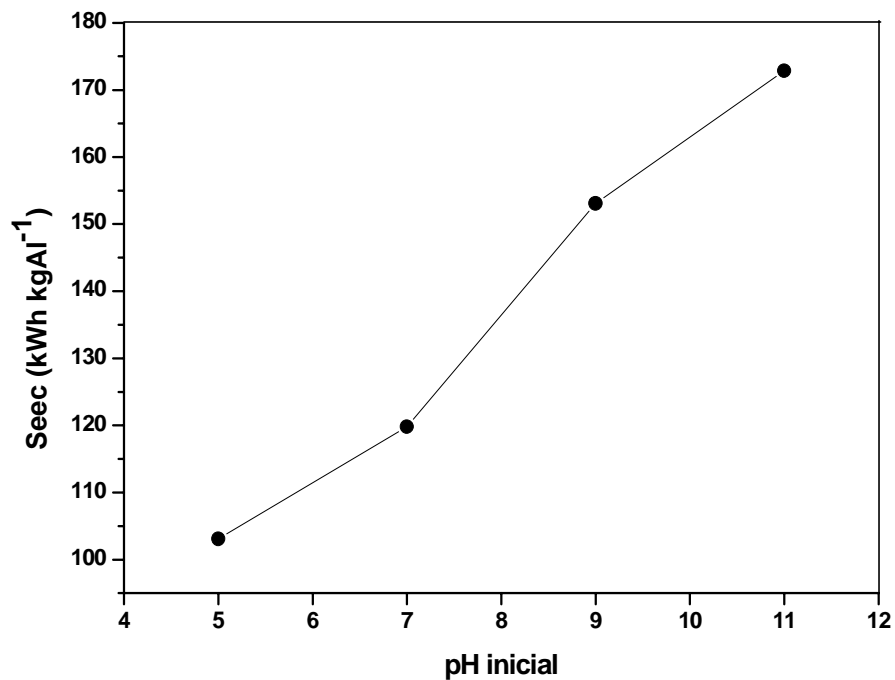


Figura 4 – Efeito do pH inicial no consumo específico de energia

CONCLUSÕES

A eletrocoagulação pode ser considerada um processo eficiente para remoção de nitrato de águas de abastecimento, uma vez que se pôde obter um resultado de 88,4% em pH inicial=5, ou seja, a concentração final de nitrato foi de aproximadamente 3,5 mg L⁻¹, portanto atendendo ao padrão máximo permitido pela legislação.

Necessita-se ainda de um estudo de maior aprofundamento para as taxas de remoção, como estudar todos os parâmetros operacionais para obter condições otimizadas do processo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela ajuda financeira e ao LABOSAN – Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DASH, P.B., Chaudhari, S., 2005. Electrochemical denitrification of simulated ground water. *Water Research*, 39, p.4065-4072.

FERNÍCOLA, N.G.G., Azevedo, F.A., 1981. Metemoglobinemia e nitrato nas águas. *Revista Saúde Pública*, 15, p.242-248.

HOLT, P. *Electrocoagulation: Unravelling and synthesising the mechanisms behind a water treatment process*. Sydney, 2002. 200p. Thesis.

KOPARAL, A.S., Ogutveren, U.B., 2002. Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, B89, p.83-94.

LIMA, A.N., Silva, P.K.L., et al., 2007. Avaliação das concentrações de nitrato no sistema de abastecimento de água na cidade do Natal. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo - SP.

SALLES, P.T.F.; PELEGRINI, N.N.B.; PELEGRINI, R.T. Tratamento Eletroquímico de Efluente Industrial Contendo Corantes Reativos. *Engenharia Ambiental*, v.3, nº2, p.025-040, 2006.