



APLICAÇÃO DA ELETROCOAGULAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA GALVÂNICA PARA A REMOÇÃO DE COBRE

Paulo. S. Theodoro¹, Fernando. R. Espinoza quiñones¹, Aparecido N. Módenes¹, Joseane D.P. Theodoro²

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo, remover o íons de Cobre presente no efluente líquido de galvanização, aplicando a técnica da eletrocoagulação (EC). Para isso, foi construído um reator de PVC, com eletrodos de ferro dispostos em paralelos. A fim de obter o modelo matemático da remoção de cobre, foi aplicado um planejamento estatístico, tendo com variáveis de entrada, o tempo de eletrolise, corrente elétrica, agitação e pH. Foi utilizada como variável resposta, a concentração final de cobre no efluente tratado. Concluiu-se que a eletrocoagulação, foi um ótimo sistema aplicado ao tratamento de resíduo líquido gerado pelo processo de galvanização com a presenças de íons de cobre.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrocoagulação, metal pesado.

1 INTRODUÇÃO

O uso dos recursos hídricos tem se intensificado com o crescimento econômico, em que se acham inseridos o consumo nos processos industriais. O consumo de água pela atividade industrial se destaca por ser responsável pela maioria das diferentes substâncias poluentes encontradas na água. Dentre as varias substancias tóxicas lançadas nos corpos receptores pela atividade industrial destaca-se os lançamentos de efluentes industriais contendo elevada carga de íons e compostos com metais pesados. Os metais pesados, quando em contato com a matéria orgânica, formam compostos com elevada estabilidade, causando enfermidades e se acumulando nos organismos vivos quando ingeridos.

Dentre os processos industriais, destaca-se como grande gerador de poluentes com carga de metal pesado os processoa provenientes de atividades de galvanização.

Os efluentes líquidos gerados pelos processos galvânicos tem-se a presença de íons metálicos como o cobre, níquel, e o zinco etc., na forma de sais dissolvidos, vindo dos banhos de recobrimento e lavagem das peças. Para reduzir os impactos negativos gerados ao meio ambiente, vários métodos de tratamento de efluente estão disponíveis para serem empregados. Dentre estes metodos destaca-se a eletrocoagulação. A eletrocoagulação é produzida por reações de oxidação e redução com a dissolução anódica do ferro e a produção de hidróxidos através da hidrólise da água, formando hidróxidos metálicos gelatinosos que desestabilizam e agregam as partículas, em suspensão no meio aquoso promovendo a remoção dos poluentes por eletroflotação.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná

² Universidade Estadual de Maringá

Assim, o presente trabalho tem como objetivo, remover a quantidade de cobre, usando como tratamento a eletrocoagulação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Reator da eletrocoagulação

O reator de eletrocoagulação utilizado para realizar o experimento foi montado utilizando um recipiente em PVC, um eletrodo monopolar, um agitador mecânico e uma fonte de corrente contínua conforme mostra a Figura 1

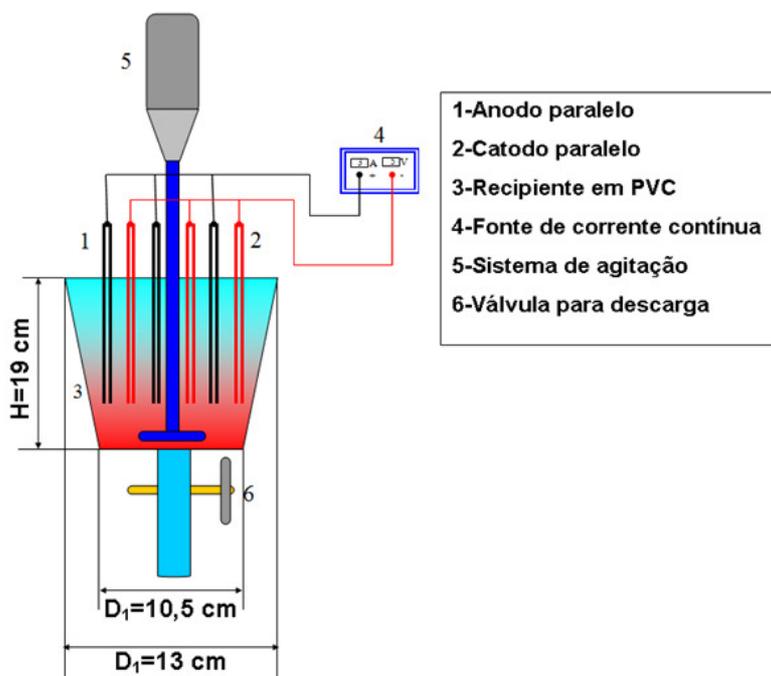


Figura 1 Esquema do reator de eletrocoagulação, nível de bancada

Parâmetros independentes

Como parâmetros independentes ou variáveis do reator foram considerados: o tempo de eletrolise (min.), a agitação (rpm), corrente (A) e o pH inicial, representados pelos fatores q_1 , q_2 , q_3 , q_4 , respectivamente, conforme Tabela 1, que apresenta também os valores dos níveis, calculados com base na faixa de valor de cada parâmetro, usando as proporções do planejamento. Sendo assim, o planejamento experimental consistiu de 28 ensaios, ou corridas experimentais, sendo representa por uma matriz (4x28) do planejamento experimental em que cada linha da matriz de planejamento corresponde a uma corrida experimental realizada, com os valores dos parâmetros (tempo, agitação, corrente, pH) aplicado ao reator

Tabela 1 Parâmetros independentes fatores e níveis dos parâmetros no planejamento estatístico DCRR

Parâmetros	Fatores	Níveis				
		-2	-1	0	1	2
Tempo(s)	q_1	10	22,5	35	47,5	60
Agitação (rpm)	q_2	50	112,5	175	237,5	300
Corrente (A)	q_3	0,3	0,975	1,65	2,325	3,0
pH	q_4	3	4,75	6,5	8,25	10

Experimentos EC

Foram utilizados 1300 mL de amostra (efluente), variando-se a corrente, tempo, pH e velocidade de agitação para cada ensaio, de acordo com as Tabelas 2 e 3. Após cada ensaio, separou-se a fase líquida dos flocos e lodo gerados por meio da drenagem do líquido, e acondicionado em frascos de vidro âmbar e conservado a temperatura de aproximadamente 4°C, para análises posteriores.

Determinação da concentração de metais por TXRF

Para determinação as concentrações do metal, utilizou-se o espectrômetro de SR-TXRF, instalado na linha de luz D09-XRF do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) localizado em Campinas, SP. A irradiação de amostras na condição de reflexão total foi feita utilizando um feixe de raios-X mono-cromático de 17 keV. Na detecção de raios X da amostra foi utilizado um detector Si (Li), com resolução de 165 eV na linha espectral de Mn-K α e um colimador de tântalo na janela do detector. Para tratamento dos espectros obtidos foi utilizado o software AXIL (VAN ESPEN et al., 1986).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 2, é apresentado a caracterização do efluente antes do tratamento.

Tabela 2 Caracterização do efluente bruto

Parâmetros	Valores
pH	3,0
Cu (mgL ⁻¹)	1,138

Na Tabela 3, são apresentados as máximas percentagem de remoção alcançadas, para os metais. Observa-se que as percentagens ficaram acima de 99 %.

Tabela 3 Percentual de remoção dos poluentes

Parâmetro resposta	Percentual de remoção (%)
Cobre	82,5

Modelo da remoção de Cobre e Análise estatística

A função resposta (equação1) do tratamento para o cobre pode ser acompanhada através equação 4.9, através desta equação nota-se que a percentagem de remoção do metal esta sendo influenciado pelas variáveis independentes Tempo(q1), Agitação(q2), Corrente elétrica (q3) e pH (q4), para maior ou menor remoção conforme o indicado pelo coeficiente negativo ou positivo.

$$\begin{aligned} \%Cu = & -173,68 + 3,15 * q_1 + 0,0003 * q_2^2 + 59,86 * q_3 + 57,52 * q_4 - 3,04 * q_4^2 + \\ & - 0,56 * q_1 * q_3 - 0,35 * q_1 * q_4 - 8,03 * q_3 * q_4 \end{aligned} \quad (1)$$

Análise Estatística

A Tabela 5 apresenta a análise de variância do modelo de regressão matemática, observa-se que o modelo obtido para a remoção do cobre é validado por meio do teste F

e teste p, onde o valor de $F_{\text{calculado}}$ é maior que o valor de F_{tabelado} ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) ou $p\text{-Valor} < 0,05$

Tabela 5. Análise de Variância do modelo de remoção para o metal analisado

Parâmetro	Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F Calculado	p-Valor
Cobre	Regressão	35993	8	4499,07	23,3572	1,67E-17
	Erro	14446,5	75	192,62		
	Total SS	50439,02	83			

Análise da Superfície de resposta da remoção de Cobre

O comportamento da remoção do cobre, gerado pelo modelo matemático, pode ser visualizado por meio da superfície de resposta, representadas pelas Figuras 2. Nesta superfície de resposta multiparamétrica a percentagem de remoção do metal pesado, esta em função dos parâmetros (variáveis independentes) com $p < 0,05$ e das interações entre esses parâmetros quando também significativas.

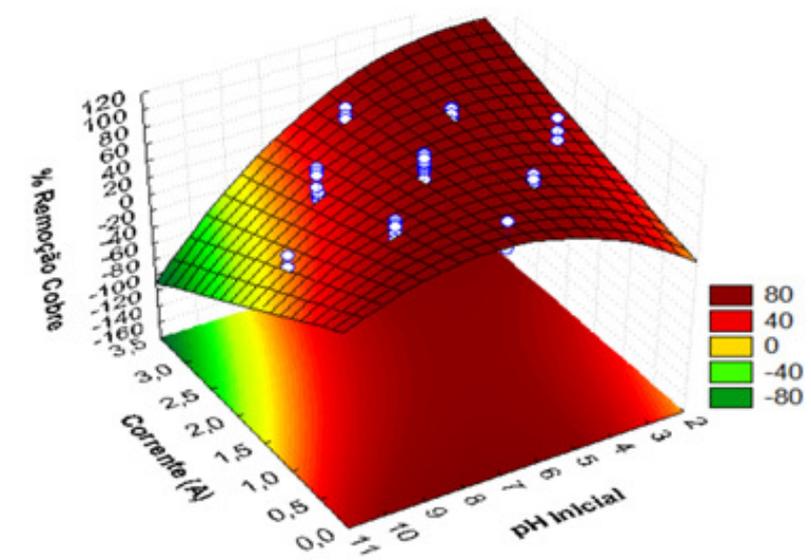


Figura 2 Superfície de resposta para o percentual de remoção do Cobre

4 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do planejamento estatístico e através das análises estatísticas, usando o software Statistica, gerou-se o modelo matemático, a superfície de resposta, representando o comportamento da remoção do metal, também a significância de cada variável do processo de tratamento.

Assim com os bons resultados obtidos no tratamento, obtendo remoção entorno 83 % do Cu. Ficou evidenciado que a aplicação da eletrocoagulação, usando eletrodos de ferro é um ótimo sistema aplicado ao tratamento de efluentes líquidos da indústria galvânica.

REFERÊNCIAS

KOPARAL A.SAVA; OUTVEREN, U.B. Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, v.89 n.1 p. 83-94, january. 2002.

YAVUZ Y. EC and EF processes for the treatment of alcohol distillery wastewater. *Separation and Purification Technology*, v.53, n.1, p. 135-140, february, 2007.

DANESHVAR, N.; KHATAEE, A.R.; AMANI, GHADIM, A.R.; RASOULIFARD, M.H. Decolorization of C.I. Acid Yellow 23 solution by electrocoagulation process: Investigation of operational parameters and evaluation of specific electrical energy consumption (SEEC). *Journal of Hazardous Materials*, v.148, n.3, p.566-572, september. 2007.

EL-NAAS, M. H.; AL-ZUHAIR, S.; AL-LOBANEY, A.; MAKHLOUF, S. Assessment of electrocoagulation for the treatment of petroleum refinery wastewater. *Journal of Environmental Management*, v.91, n.1, p.180-185, october. 2009.

GOLDER, A.K.; SAMANTA, A.N.; RAY, S. Removal of trivalent chromium by electrocoagulation. *Separation and Purification Technology*, v.53,n.1, p33-41, february.2007.

ALINSAFI, A.; KHEMIS, M.; PONS, M.N.; LECLERC, J.P.; YAACOUBI, A.; BENHAMMOU, A.; NEJMEDDINE, A. Electro-coagulation of reactive textile dyes and textile wastewater *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, v. 44, n.4, p. 461-470, abril. 2005.

MATTESON, M.J.; DOBSON, R.L.; GLENN, JR. R.W.; KUKUNOOR, N.S.; WAITS, III W.H.; CLAYFIELD, E.J. Electrocoagulation and separation of aqueous suspensions of ultrafine particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, p. 101-109, May 1995.

NELDER J. A., MEAD R. A simplex method for function minimization, *The Computer Journal*, v.7, p. 308-315, 1965.

Barros Neto, Benício de; Scarminio, Ieda Spacino; Bruns, Roy Edward. Planejamento e otimizacao de experimentos. Campinas : Editora da UNICAMP, 2007

Valenzuela, J. Tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas. 2ªed. São Paulo: Páginas & Letras, 2008. 126p.