

ELETROCOAGULAÇÃO UTILIZANDO ELETRODOS DE Al e Fe COMO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA PRÉ-TRATADAS POR UASB

RUBIA MORES¹, ROGERIO MARCOS DALLAGO², JULIANA STEFFENS³, AIRTON KUNZ⁴, LIDIMARA SUZIN⁵

¹Química Industrial de Alimentos, Doutoranda em Engenharia de Alimentos, URI/Erechim-RS, (54) 3520-9000, rubiamores@yahoo.com.br

²Prof. Dr. em Química, URI/Erechim-RS, (54) 3520-9000, dallago@uricer.edu.br

³Prof. Dra. Engenharia Química, URI/Erechim-RS, (54) 3520-9000, julisteffens@uricer.edu.br

⁴Pesquisador Dr. Química, Embrapa Suínos e Aves/Concórdia-SC, (49) 3441-0400, airton@cnpasa.embrapa.br

⁵Engenheira Ambiental, Mestranda em Engenharia Agrícola, Unicentro/Cascavel – PR, lidimarasuzin@gmail.com

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015 - São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: O efluente da saída do UASB pode ocasionar impactos ambientais indesejáveis. Deste modo, a eletrocoagulação (EC) torna-se uma alternativa de tratamento. O objetivo do trabalho foi avaliar EC como tratamento de águas residuais da suinocultura pré-tratadas por UASB usando alumínio e ferro como diferentes materiais de eletrodos sob condições extremas de pH e em diferentes tempos. O efluente utilizado no estudo foi coletado na saída do UASB. O reator de EC em batelada possui capacidade de tratar 1,7 litros de efluente, com dois pares de eletrodos (alumínio ou ferro), ligados a uma fonte de corrente contínua, sendo o sistema mantido sob agitação constante. Os parâmetros estudados foram: pH 3,0 e pH 9,0, intensidade de corrente 1,5 A e tempo operacional de 30 e 90 minutos. O eletrodo de alumínio apresentou melhores resultados de remoção em relação ao eletrodo de Ferro. Os melhores resultados de eficiência de remoção (%) de turbidez, COT, P_{total} e N_{Total} foram de 83%, 63%, 98% e 22% respectivamente. O sistema de EC em batelada reproduziu resultados satisfatórios de remoção mesmo em condições extremas de pH.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrocoagulação, Suinocultura, UASB

ELECTROCOAGULATION WITH ALUMINUM AND IRON ELECTRODES AS WASTEWATER TREATMENT OF SWINE PRETREATED BY UASB

ABSTRACT: The effluent from the UASB may cause undesirable environmental impacts. Therefore, the electrocoagulation (EC) becomes an alternative treatment. The objective was to evaluate EC as treatment of wastewater from the pretreated swine UASB using aluminum and iron as electrodes of different materials under extreme conditions of pH and at different times. The effluent used in the study was collected at the outlet of the UASB. The EC batch reactor has capability to treat 1.7 liters of wastewater with two pairs of electrodes (aluminum or iron) connected to a DC source and the system being kept under constant agitation. The parameters were: pH 3.0 and pH 9.0, currents of 1.5 A and operating time of 30 and 90 minutes. The aluminum electrode showed better removal results in relation to the iron electrode. The best results of removal efficiency (%) of turbidity, TOC, P_{total} and N_{total} were 83%, 63%, 98% and 22% respectively. The EC system in batch removal reproduced satisfactory results under extreme pH conditions.

KEYWORDS: Electrocoagulation, Swine, UASB

INTRODUÇÃO: A suinocultura é uma atividade que gera um grande impacto ambiental, principalmente no que diz respeito à geração de efluentes, uma vez que a criação segue o modelo de confinamento, gerando grande quantidade de dejetos em uma pequena área, sendo frequentemente descartados no meio ambiente. Os efluentes gerados nas atividades suínolas contêm grande quantidade de nitrogênio, fósforo, carbono orgânico e sólidos (CHO et al., 2011). Tal característica aliada ao crescimento do setor faz com que a atividade contamine de forma significativa os corpos d'água, solo e ar.

Diante do exposto, desenvolver e aplicar tecnologias alternativas de tratamento que minimizem a concentração de poluentes gerados pela atividade suínola é de extrema importância. (KUNZ et al., 2009). Dentre as alternativas tecnológicas existentes, a eletrocoagulação (EC) nos últimos anos, está sendo aplicada em uma ampla gama de águas residuais, como: chorume da compostagem de suínos (CHO et al., 2011); águas residuais de aves (YETILMEZSOY et al., 2009); águas oleosas (YANG et al., 2015), efluentes da biodigestão (LIU et al., 2015).

A EC é um processo de desestabilização das partículas contaminantes que estão suspensas, emulsificadas ou dissolvidas em meio aquoso. O coagulante responsável pela aglutinação das partículas é formado através da dissolução dos metais Al e/ou de Fe e a formação simultânea de gás hidrogênio e hidroxilas no cátodo (KARHU et al., 2012).

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar EC como tratamento de águas residuais da suinocultura pré-tratadas por UASB usando alumínio ou ferro como diferentes materiais de eletrodos sob condições extremas de pH e em diferentes tempos.

MATERIAL E MÉTODOS: O efluente foi coletado em galões de polietileno de 5 L na saída do reator UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo) na Estação de Tratamento de Dejetos Suínos, Embrapa Suínos e Aves e armazenados a -10°C . A caracterização do efluente da saída do UASB está apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 - Caracterização das águas residuais da saída do UASB

Parâmetros	Al	Fe
Condutividade (mS. cm^{-1})	$5,97 \pm 0,77$	$6,50 \pm 0,85$
Turbidez (NTU)	$670,88 \pm 176,34$	$790,31 \pm 110,54$
COS (mg.L^{-1})	$2409,81 \pm 211,95$	$2018,40 \pm 191,17$
P_{total} (mg.L^{-1})	$38,13 \pm 4,43$	$41,64 \pm 2,86$
N_{total} (mg.L^{-1})	$901,50 \pm 20,35$	$1036,40 \pm 29,50$

Os experimentos foram realizados em modo descontínuo, em um reator aberto com volume útil de 1,8 L. Os eletrodos de alumínio e de ferro possuíam dimensões de 130 mm de altura e 70 mm, sendo estes conectados a uma fonte de corrente elétrica (DC Power Supply FA-3005 Intrutherm). Os eletrodos foram instalados verticalmente, com uma distância entre os eletrodos de 2 cm, mantida constante durante a EC. Para cada experimento, os quatro eletrodos eram do mesmo material. A agitação foi fornecida para manter a concentração água residual no reator uniforme usando um agitador magnético Fisher Scientific. Antes das experiências, ajustou-se o pH com ácido sulfúrico e hidróxido de sódio (Vetec). As condições operacionais estudadas foram: tempo operacional de 30 e 90 minutos, pH de 3,0 e 9,0, intensidade de corrente de 1,5 A e diferentes materiais de eletrodo (alumínio ou ferro).

As amostras foram coletadas no início e no término de cada experimento e analisadas. O desempenho do processo de EC foi avaliado por meio das seguintes respostas: turbidez, carbono orgânico solúvel (COS), nitrogênio total (N_{total}) e Fósforo total (P_{total}). A determinação da turbidez por nefelometria foi baseada no método oficial APHA 2130 B descrito pela *American Public Health Association* (APHA, 2012), utilizando um turbidímetro portátil Hach 2100P (Loveland, CO, USA) seguindo as recomendações do fabricante do equipamento. O COS foi analisado com o princípio de queima a 950°C e medido CO_2 por detector NDIR por infravermelho pelo equipamento de análise elementar Multi Elementar Analytic® Multi C/N 2100 marca Analytik Jena equipado. O N_{total} através do equipamento TOC-V CSH da marca Shimadzu, a determinação ocorre após combustão a 720°C de uma alíquota da amostra, que causa a conversão de nitrogênio em óxido nítrico, este é detectado por

quiluminescência. A determinação do fósforo total foi realizada por espectrometria na região ultravioleta-visível está baseada no método oficial AOAC 958.01 descrito *Association of official Analytical Chemists* (AOAC, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As eficiências de remoção da turbidez (%), COS (%), P_{total} (%) e N_{total} (%) para o material alumínio e para o material ferro estão apresentas na Tabela 2.

TABELA 2 – Resultados em percentagem de remoção para turbidez, COS, P_{total} e N_{total} e os valores de pH final.

Condições Operacionais			pH final		Turbidez (%)		COS (%)		P_{total} (%)		N_{total} (%)	
pH	T	IC	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe
3,0	30	1,5	4,47	4,99	80	11	57	40	89	1	19	1
3,0	90	1,5	4,72	7,33	83	0	52	39	40	47	7	8
9,0	30	1,5	9,13	9,17	0	0	55	21	98	25	22	0
9,0	90	1,5	9,39	9,56	13	0	63	18	74	37	19	1

IC- Intesidade de corrente (A); T- Tempo Operacional (min.)

As maiores eficiências de remoção para os experimentos com eletrodo de alumínio são 83%, 63%, 98% e 22% para turbidez, COS, P_{total} e N_{total} , respectivamente e para os experimentos realizados com eletrodo de Ferro 11%, 40%, 47% e 8% de remoção para turbidez, COS, P_{total} e N_{total} , respectivamente. Diante disso, o eletrodo de alumínio apresentou melhores resultados de remoção em comparação com o eletrodo de ferro sob as mesmas condições experimentais. A condição experimental que se destacou em relação a remoção simultânea da turbidez, COS, P_{total} e N_{total} com eletrodo de alumínio é o pH 3,0, tempo operacional de 30 min e intesidade de corrente de 1,5 A. A razão para a diferença de remoção está relacionada ao atraso na oxidação do ferro divalente para o trivalente, que é o principal responsável pela coagulação de acordo com o princípio Shulze-Hardy (VERALL et al, 1999).

Valores extremos de pH (3,0 e 9,0) foram estabelecidos para verificar a influencia sobre o desempenho EC, uma vez que o pH normalmente utilizado é 5-7 (HOLT et al., 2005). O pH comportou-se de forma semelhante em todos os experimentos, aumentando ao longo do tempo operacional. Este aumento está associado à formação de hidróxido de alumínio e hidróxido de ferro, sendo estes formados através da liberação de íons Al e Fe no eletrodo do ânodo e a formação do gás hidrogênio e os íons hidroxila no eletrodo de cátodo durante o processo de EC (GATSIOS et al., 2015).

O tempo operacional determina a eficiência de remoção do processo de EC (ZHAO et al, 2014), deste modo o aumento do tempo operacional de 30 minutos para 90 minutos não favoreceu o processo de remoção das respostas acompanhadas independente da condição estudada. Assim sendo, os melhores resultados foram obtidos com 30 minutos de tratamento.

CONCLUSÕES: A eletrocoagulação apresentou eficiência de remoção em condições extremas de pH com tempo operacional de 30 minutos. Sendo que o eletrodo de alumínio alcançou melhores resultados de remoções em comparação ao eletrodo de ferro.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a CAPES, a Embrapa Suínos e Aves, ao CNPq e a URI- Erechim.

REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Association Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters. 22nd ed. 2012. Turbidity. Nephelometric method (APHA 2130 B), 2-13.

CHO, J. H.; LEE, J.E.; RA, C.S. Effects of electric voltage and sodium chloride level on electrolysis of swine wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 180, n. 1–3, p. 535-541, 2010.

GATSIOS, E.; HAHLADAKIS, J. N., GIDARAKOS, E. Optimization of electrocoagulation (EC) process for the purification of a real industrial wastewater from toxic metals. **Journal of Environmental Management**, v. 154, p. 117-127, 2015.

HOLT, Peter K.; BARTON, Geoffrey W. and MITCHELL, Cynthia A. The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. **Chemosphere**, v. 59, n. 3, p. 355–367, 2005.

KARHU, M.; KUOKKANEN, V.; KUOKKANEN, T.; RÄMÖ, J. Bench scale electrocoagulation studies of bio oil-in-water and synthetic oil-in-water emulsions. **Separation Purification Technology**, v. 96, p. 296–305, 2012.

KUNZ, A., et al. Effect of storage time on swine manure solid separation efficiency by screening. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 1815- 1818, 2009.

LIU, Z.; STROMBERG, D.; LIU, X.; LIAO, W.; LIU, Y. A new multiple-stage electrocoagulation process on anaerobic digestion effluent to simultaneously reclaim water and clean up biogas. **Journal of Hazardous Materials**, v. 285, p. 483-490, 2015.

VERRALL, K. E.; WARWICK, P.; FAIRHURST, A. J. Application of the Schulze–Hardy rule to haematite and haematite/humate colloid stability. **Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**, v. 150, n. 1–3, p. 261–273, 1999.

Yetilmezsoy, K.; ILHAN, F.; SAPCI-ZENGİN, Z., SAKAR, S.; GONULLU, M. T. Decolorization and COD reduction of UASB pretreated poultry manure wastewater by electrocoagulation process: A post-treatment study. **Journal of Hazardous Materials**, v. 162, n.1, p. 120-132, 2009.

YANG, T.; QIAO, B.; LI, G.; YANG, Q. Improving performance of dynamic membrane assisted by electrocoagulation for treatment of oily wastewater: Effect of electrolytic conditions. **Desalination**, v. 363, p. 134-143, 2015.

ZHAO, S.; HUANG, G.; CHENG, G.; WANG, Y.; Fu, H. Hardness, COD and turbidity removals from produced water by electrocoagulation pretreatment prior to Reverse Osmosis membranes. **Desalination**, v.344, p.454–462, 2014.