

ELETROCOAGULAÇÃO EM SISTEMA CONTÍNUO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA SUINOCULTURA SUBMETIDAS À PRÉ-DIGESTÃO ANAERÓBIA

R. MORES¹, R. M. DALLAGO¹, J. STEFFENS¹, A. KUNZ², A. ANTUNES¹ e V. ADAM¹

¹ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões,
Departamento de Engenharia de Alimentos

² Embrapa Suínos e Aves

E-mail para contato: rubiamores@yahoo.com.br

RESUMO – A água residual da suinocultura tratada por biodigestor apresenta elevado potencial poluidor podendo ocasionar impactos ambientais indesejáveis, quando manejada de maneira incorreta. Neste contexto, a eletrocoagulação (EC) foi estudada como alternativa de tratamento dessas águas residuais, em sistema contínuo. O efluente utilizado no tratamento foi coletado na saída de um biodigestor na unidade da Embrapa Suínos e Aves. O reator de EC em fluxo contínuo possui capacidade de tratar 1,480 litros de efluente. Os parâmetros estudados foram: a voltagem (5,0 V), distância entre os eletrodos (2 cm), Tempo de Residência Hidráulico (60 min.) e o pH (6,0). Os resultados de eficiência de remoção (%) de cor, turbidez, COT, DQO, Ntotal e ST foram de 96,2%, 96,3%, 81,8%, 82,9%, 17,9% e 60,4% respectivamente. Sendo assim, o sistema de EC em fluxo contínuo reproduziu resultados satisfatórios de remoção, assim tornando-se uma alternativa tecnologia promissora a ser avaliada.

1. INTRODUÇÃO

Em 2013, o rebanho médio de suíno no Brasil foi 38.578 milhões de animais, fazendo do Brasil o quarto maior produtor e exportador de carne suína do mundo (USDA, 2013). Assim, a suinocultura representa um dos maiores segmentos de produção animal do Brasil, sendo seu crescimento impulsionado pela demanda de carne suína no mundo.

De acordo BROETTO *et al.* (2014), a expansão acelerada da produção de suínos no Brasil tem aumentado a geração de resíduos líquidos ricos em matéria orgânica, nutrientes e metais com alto potencial de poluição do ar, água e solos (STEINMETZ *et al.*, 2009).

O tratamento por digestão anaeróbia é cada vez mais difundido como uma forma de tratar águas residuais da suinocultura, uma vez que produz energia renovável (metano), e valiosos resíduos biodegradáveis. No entanto, o sistema ainda enfrenta algumas limitações vitais ao seu bom funcionamento, proporcionando uma perda de eficiência do biodigestor, assim, o biofertilizante não pode ser utilizado ou descartado diretamente no solo e nos corpos d'água, pois ainda apresenta alto potencial poluidor (KUNZ *et al.*, 2005).

Desta forma, a eletrocoagulação (EC) surge como alternativa de tratamento dos resíduos da digestão anaeróbia. No processo EC, o coagulante é gerado *in situ* por oxidação eletrolítica

do ânodo (Al e/ou Fe). A EC envolve três etapas sucessivas: (a) formação do agente coagulante por oxidação eletrolítica; (b) desestabilização dos contaminantes em partículas em suspensão e quebra das emulsões; (c) a agregação das fases que se desestabilizaram em forma de flocos (MOLLAH *et al.*, 2001). No cátodo ocorre a hidrólise da água, os gases gerados são responsáveis pela flotação dos flocos formados. As principais reações que ocorrem no ânodo e no cátodo durante o processo de tratamento por EC quando se utiliza eletrodos de Al estão descritos nas Equações 1 e 2. Os íons Al^{+3} liberados pelo ânodo em pH próximo ao neutro o formam $Al(OH)_3$.

Ânodo:



Cátodo:



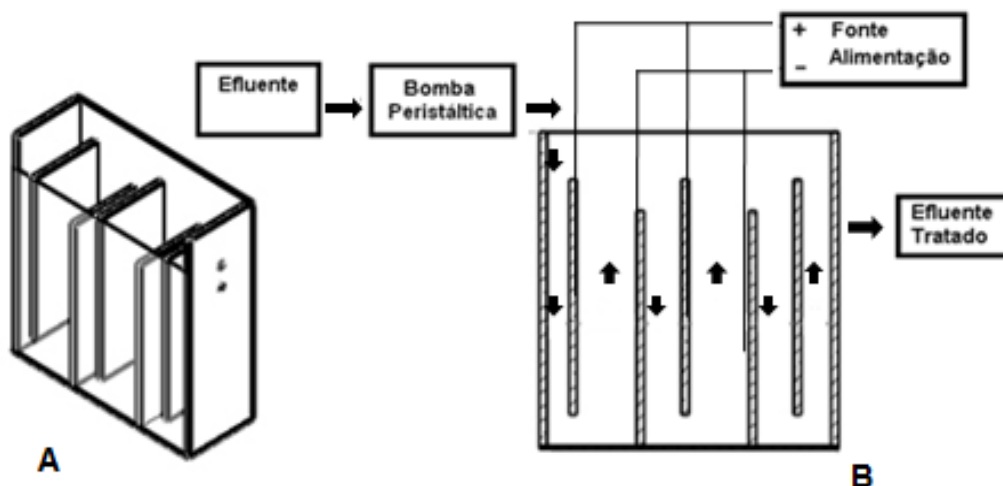
Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a EC em fluxo contínuo como tratamento de águas residuais da suinocultura tratadas por digestão anaeróbia, utilizando eletrodos de alumínio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente utilizado no estudo foi coletado da saída do biodigestor de fibra, com fluxo ascendente, de volume útil de 10 m³, com vazão de alimentação de 15 L/h de dejetos e tempo de retenção hidráulica de 28 dias, na Estação de Tratamento de Dejetos Suínos da Embrapa Suínos e Aves, localizada em Concórdia, oeste de Santa Catarina. O efluente foi coletado em galões de polietileno de 5L e armazenados a temperatura de -10 °C, com a finalidade de conservar suas características.

Para realização dos ensaios eletroquímicos foi constituído de um reator de fluxo contínuo confeccionado em vidro, que possuía um volume útil de 1,480 L, dois pares de eletrodos de alumínio com dimensões 150 mm × 70 mm × 2mm, que foram inseridos verticalmente e conectados a uma fonte de corrente contínua (MIT DC Power Supply MS 3005). Os eletrodos de alumínio foram separados por um suporte confeccionado em vidro com dimensões de 170 mm x 20mm x 2mm (Figura 1). As condições operacionais mantidas constantes foram: a voltagem 5,0 Volts (V), distância entre os eletrodos (DE) 2 cm, Tempo de Residência Hidráulico (TRH) 60 min. e pH 6,0 (ajustado com H₂SO₄). O experimento foi realizado em triplicata.

Figura 1 – Módulo experimental



A eficiência do processo foi acompanhada mediante a retirada de 10 mL do efluente tratado a cada 10 minutos por um período de 240 minutos. As seguintes respostas foram acompanhadas: cor, turbidez, carbono orgânico total (COT), demanda química de oxigênio (DQO), pH, e densidade de corrente. A cor e a turbidez foram mensuradas através do método espectrofotométrico, utilizando o colorímetro o Hach (DR870). O pH foi medido usando o pHmetro da Metrhm (pH Lab 837). A condutividade foi medida em um condutivímetro portátil Oakton (Con 10 meter). Os níveis de COT foram analisados segundo a metodologia padrão ISO-1987 em equipamento Shimadzu (TOC-5000A). A DQO foi determinada usando o método colorimétrico em microescala (5220D, APHA, 1992), onde as amostras foram preparadas e conduzidas para digestão em um termoreator Marconi (Dry Block MA 4004), após a digestão realizou-se as leituras no colorímetro digital Hach (DR870).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização do efluente proveniente da digestão anaeróbia de afluentes da suinocultura e a caracterização do efluente após o tratamento por EC em valores reais e em percentagem de remoção.

Tabela 1 - Caracterização do afluente bruto e efluente tratado.

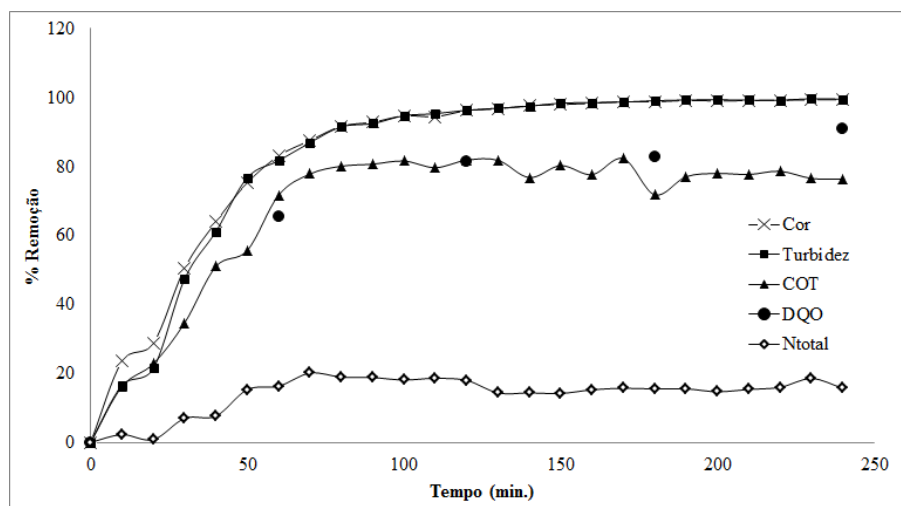
Parâmetro	Efluente Bruto	Efluente Tratado 120 minutos	Eficiência (%)
Cor Aparente (mg _{PtCo} /L)	69.866,7 ± 31.830,4	2.333,3 ± 548,5	96,2
Turbidez (NTU)	9.200,0 ± 4.660,4	291,7 ± 62,9	96,3
COT (mg/L)	2.314,0 ± 291,4	417,3 ± 51,1	81,8
DQO (mg/L)	8.603,3 ± 2.820,7	1.631,3 ± 943,7	82,9
N-Total (mg/L)	1.693,7 ± 68,4	1.386,2 ± 88,4	17,9
ST (mg/L)	19.966,7 ± 745,7	7.883,3 ± 1.260,6	60,4

Para a condição de tratamento aplicada neste estudo (5,0 V, DE de 2 cm e o TRH de 60 min.), remoções de 96,2%, 96,3%, 81,8%, 82,9%, 17,9% e 60,4% foram alcançadas para as respostas cor, turbidez, COT, DQO, Ntotal e ST, respectivamente. CHO *et al.* (2010), em seu estudo com eletrodos de Ti revestidos com óxido de irídio, com um TRH de 6h, obteve 99% de remoção de NH_4 , 94% para o nitrogênio solúvel, 64% de remoção de carbono orgânico solúvel e 93% de remoção da cor para o tratamento de lixiviados do sistema de filtragem biológica da compostagem de dejetos suínos.

Para melhor visualização do comportamento das respostas cor, turbidez, N-Total e COT, durante os 240 minutos de tratamento a Figura 2 mostra evolução das respostas acompanhadas, em percentagem de remoção de em função do tempo operacional.

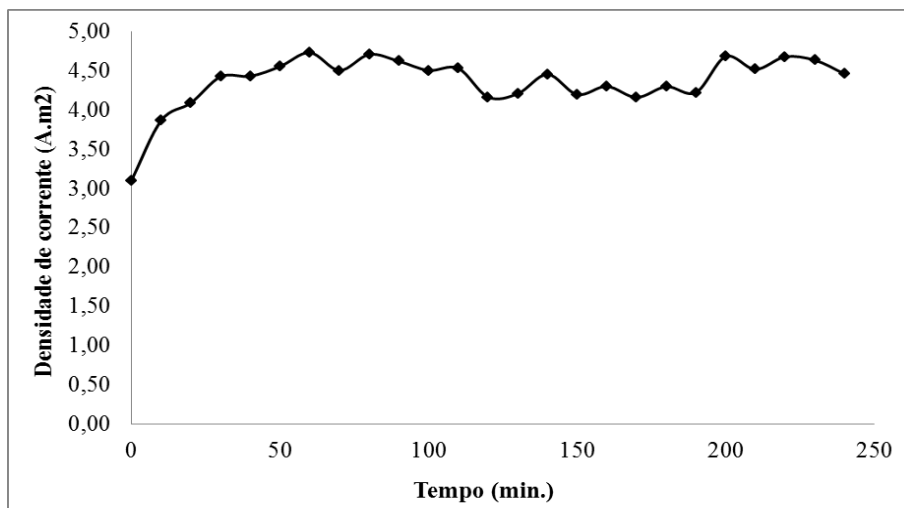
Para todas as respostas acompanhadas observa-se um aumento da eficiência até $\cong 120$ minutos operacionais, assim atingindo um regime estacionário de remoção e mantendo-se até os 240 minutos.

Figura 2 - Remoção dos parâmetros da cor, DQO, turbidez, COT e N_{Total} em função do tempo operacional do fluxo contínuo



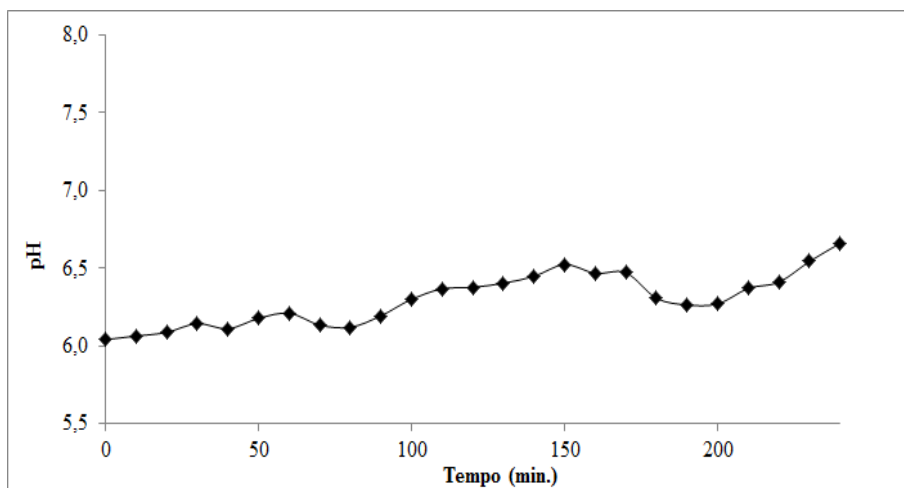
De acordo com Adhoum *et al.* (2004), no reator de EC a densidade de corrente é um dos parâmetros mais importantes para controlar a taxa de reação nos processos eletroquímicos. Ela determina a taxa de produção de coagulante, bem como o ajuste da produção e tamanho de bolhas, afetando assim a formação dos flocos e o processo de separação por flotação (KOBAYASHI *et al.*, 2008). A Figura 3 mostra a variação da DC no decorrer dos 240 minutos de tratamento. Observa-se que a DC após os 60 minutos de tratamento a mesma apresentou pouca variação.

Figura 3 - Variação da densidade da corrente em função do tempo operacional



Na Figura 4, pode ser visto o monitoramento do pH em função do tempo de tratamento. O tratamento por EC é altamente dependente do pH do afluente, pois o pH (6-8) é um parâmetro importante para a formação do $\text{Al}(\text{OH})_3$, responsável pela formação dos flocos (MOLLAH *et al.*, 2004).

Figura 4 - Variação do pHs em função do tempo operacional



Observa-se que o pH mantém-se dentro da faixa ideal de formação do hidróxido de alumínio, assim pode-se dizer que os valores de pH estão vinculados com a estabilidade de remoção das respostas acompanhadas.

4. CONCLUSÕES

A eletrocoagulação em sistema de fluxo contínuo mostrou-se eficiente para a remoção de cor, turbidez, COT e DQO, apresentando remoções acima de 80%. Portanto, o tratamento do efluente de biodigestão anaeróbia de afluentes da suinocultura por eletrocoagulação mostra-se promissora.

5. AGRADECIMENTOS

URI –Erechim, CAPES, Embrapa Suínos e Aves e CNPq.

6. REFERÊNCIAS

- ADHOUM, N.; MONSER, L.; BELLAKHAL, N.; BELGAIED, J. Treatment of electroplating wastewater containing Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr(VI) by electrocoagulation. *J. Hazard. Mater.*, v. B112, p. 207–213, 2004.
- BROETTO, T.; TORNQUIST, C. G.; BAYER, C.; CAMPOS, B. C.; MERTEN, C. G.; WOTTRICH, B. Soils and surface waters as affected by long-term swine slurry application in oxisols of southern Brazil. *Pedosphere*, v. 24, p. 585–594, 2014.
- CHO, J.H.; LEE, J.E.; RA, C.S.. Effects of electric voltage and sodium chloride level on electrolysis of swine Wastewater. *J. Hazard. Mater.*, v. 180, p. 535–541, 2010.
- KOBYA, M.; DELIPINAR, S.. Treatment of the baker's yeast wastewater by electrocoagulation, *J. Hazard. Mater.*, v. 154, p. 1133–1140, 2008.
- KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Caderno de Ciência e Tecnologia*, v. 22, (3), p. 652–665, 2005.
- MOLLAH, M. Y. A.; MORKOVSKY, P.; GOMES, J. A. G.; KESMEZ, M.; PARGA, J.; COCKE, D. L.. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *J. Hazard. Mater.*, v. B114, p. 199–210, 2004.
- MOLLAH, M. Y. A.; SCHENNACH, R.; PARGA, J. R.; COCKE, D. L.. Electrocoagulation (EC)—science and applications. *J. Hazard. Mater.*, v. B84, p. 29–41, 2001.
- STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, F. E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw end screened swine manure. *CLEAN – Soil, Air, Water*, v. 37 (3), p. 239–244, 2009.
- USDA, 2013. USDA Livestock and Poultry: World Markets and Trade. 2014: Record Global Meat Trade. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service (2013) [online] Disponível em: http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf.