

## EFEITOS DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS DO TRATAMENTO POR ELETROFLOCULAÇÃO DE AGUAS RESIDUAIS DA SUINOCULTURA

Mores, R.<sup>\*1</sup>; Dallago, R. M.<sup>1</sup>; Steffens, J.<sup>1</sup>; Kunz, A.<sup>2,3</sup>; Amaral, A. C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim-RS-Brasil

<sup>2,3</sup>Embrapa Suínos e Aves, Concordia-SC-Brasil

<sup>3</sup>PGEAGRI/CCET – UNIOESTE – Cascavel, PR, Brasil

e-mail: rubiamores@yahoo.com.br

**RESUMO:** A água residuária da saída do biodigestor apresenta elevado potencial poluidor podendo ocasionar impactos ambientais indesejáveis, quando aplicado em excesso no solo. Neste contexto, a eletrofloculação (EF) apresenta-se como uma técnica promissora, devido a sua facilidade de operação e elevada eficiência. O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho da EF no tratamento de água residuária da suinocultura, submetida a pré-digestão anaeróbia, em sistema batelada. O efluente utilizado no tratamento foi coletado na saída de um biodigestor na unidade da Embrapa Suínos e Aves. O reator de EF em batelada possui capacidade de tratar 1,7 litros de efluente, com dois pares de eletrodos de alumínio, com dimensões de 130 mm de altura e 70 mm de largura, ligados a uma fonte de corrente contínua, sendo o sistema mantido sob agitação constante, o pH do efluente foi ajustado para 6,0 e o tempo de tratamento foi de 60 minutos. Um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> foi aplicado para avaliar as variáveis: distância entre os eletrodos e a voltagem. Resultados de eficiência de remoção (%) para a condição 3cm 6V foram de 99%, 71%, 3% e 83% para turbidez, COT, N<sub>total</sub> e DQO, respectivamente. O sistema de EF em batelada reproduziu resultados satisfatórios, assim tornando-se uma alternativa promissora a ser aplicada para tratamento de resíduos líquidos provenientes da suinocultura.

**Palavras-chave:** Eletrofloculação, Águas Residuárias, Suinocultura.

### INTRODUÇÃO

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

Uma solução difundida para o tratamento desses resíduos líquidos é a digestão anaeróbia, um processo biológico que converte matéria orgânica em metano (KOTHARI, 2014) e gera um efluente que pode ser usado como biofertilizante. 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 nos corpos d'água, pois ainda apresenta alto potencial poluidor (KUNZ, 2005).

Neste contexto, a eletrofloculação (EF) surge como uma alternativa de tratamento para esse resíduo da digestão anaeróbia. Este sistema possui vantagens quando comparado aos métodos convencionais, tais como: equipamento simples, fácil de operar, menos tempo de retenção, redução ou ausência de adição de produtos químicos e sedimentação rápida dos flocos eletrogerados (TEZCAN UN, 2009).

O processo de EF envolve três mecanismos principais: formação de coagulantes por oxidação eletrolítica nos ânodos de sacrifício, desestabilização dos contaminantes e

suspensão das partículas, quebra de emulsões e agregação das fases desestabilizadas para formação do floco (BADU, 2007).

No presente estudo, avaliaram-se os parâmetros operacionais voltagem e a distância entre os eletrodos sobre a eficiência de remoção de contaminantes de águas residuais da suinocultura.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

O efluente utilizado no estudo foi coletado da saída do biodigestor de fibra, com fluxo ascendente, de volume útil de 10 m<sup>3</sup>, com vazão de alimentação de 15 L/h de dejetos e TRH de 28 dias, na estação de tratamento de dejetos suínos da Embrapa Suínos e Aves, localizada em Concórdia, Santa Catarina.

O reator de EF em batelada possuía capacidade de tratar 1,7 litros de efluente, com dois pares de eletrodos de alumínio, com dimensões de 130 mm de altura e 70 mm de largura, ligados a uma fonte de corrente contínua (MIT DC POWER SUPPLY MS 3005), sendo o sistema mantido sob agitação constante (LOGEN scientific) e duração de 60 minutos de tratamento. Previamente a cada experimento, o pH do efluente foi ajustado para 6,0 com uma solução de ácido clorídrico 12 molL<sup>-1</sup> (Vetec).

A fim de extrair informações sobre os efeitos das variáveis distância entre os eletrodos (DE) e a voltagem (V), um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> foi elaborado, realizando-se um total de 7 experimentos, sendo 4 combinações distintas e 3 pontos centrais. Os valores reais e codificados das variáveis estão descritos na Tabela 1.

O desempenho do processo da EF foi avaliado por meio das seguintes respostas: turbidez, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N<sub>total</sub>) e demanda química de oxigênio (DQO). A turbidez foi mensurada através do método espectrofotométrico, utilizando o colorímetro o HACH (DR870). Os níveis de COT e N<sub>total</sub> 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). Também se realizou o acompanhamento do pH e da densidade de corrente (DC). O pH foi medido usando-se o pHmetro da Metrohm (pH lab 837) e a DC mensurada na fonte de corrente contínua (MIT DC POWER SUPPLY MS 3005).

Os resultados foram avaliados no software STATISTICA versão 8.0 (StatSoftinc®, USA), utilizando-se o módulo *experimental design*, com nível de confiança de 95%.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 1 mostra a matriz do planejamento fatorial 2<sup>2</sup>, com seus respectivos valores reais e codificados e as respostas em percentagem de remoção, após 60 minutos de tratamento.

Os resultados (Tabela 1) dos ensaios 2, 4, 5, 6 e 7 mostraram uma notável eficiência de remoção para Turbidez, COT e DQO. Neste estudo, entre as respostas de remoção avaliadas o COT foi considerado como o principal critério de desempenho da EF. Desta forma, o ensaio 4 (DE 3 cm e 6 V) apresentou o melhor desempenho, com remoções de 99%, 71% e 83% para turbidez, COT e DQO, respectivamente. O aumento da voltagem favoreceu a lixiviação do alumínio (o agente coagulante) para o meio, melhorando a eficiência do processo (CRESPILO, 2004). Já os ensaios conduzidos empregando 1cm de DE, seja com 4V ou 6V, não apresentaram eficiência de remoção para nenhuma das respostas avaliadas. De acordo com CRESPILO (2004), a DE influencia na eficiência do processo de EF, pois a aproximação excessiva dos eletrodos pode dificultar a

homogeneização do efluente. Para a resposta  $N_{total}$ , o sistema de EF não apresentou remoção satisfatória para nenhuma das condições operacionais estudados.

Em relação ao pH, independente da condição avaliada, o mesmo apresentou um aumento em função do tempo operacional. A EF tem a propriedade de aumentar o valor do pH do efluente, após seu tratamento, devido a produção de  $OH^-$  no cátodo (TEZCAN UN, 2013).

Em todos os processos eletroquímicos, a DC é o parâmetro mais importante de controle da taxa das reações químicas dentro do reator eletroquímico determinando a taxa de produção de coagulante (AJI, 2012). Esse comportamento é observado claramente ao compararmos os valores de remoção com os valores de DC (2,5, 4,5 e 4,9  $A.m^{-1}$ ) apresentados na Tabela 1, maior a DC aplicada melhor a eficiência de remoção.

Para melhor avaliar a influencia da DE e a V no processo de EF a análise das estimativas dos efeitos das variáveis sobre as respostas (%) com 95% de confiança estão apresentados na Tabela 2.

Verificou-se que a variável DE sobre as respostas Turbidez ( $p=0,00001$ ), COT ( $p=0,003$ ) e DQO ( $p=0,00007$ ) apresentou efeitos estatisticamente significativos e positivos e a variável V apresentou efeitos estatisticamente significativos e positivos para a remoção da Turbidez ( $p=0,05$ ) e DQO ( $p=0,02$ ), assim indicando que ao passar dos níveis inferiores para os superiores, ocorre um incremento na remoção dos poluentes. A resposta  $N_{total}$  não apresentou efeito significativo para as variáveis DE e V e a resposta COT não apresentou efeito significativo para a variável V.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados, pode se dizer que a distância entre os eletrodos e a voltagem influenciam na EF sobre o tratamento de águas residuárias provenientes da saída do biodigestor.

A tecnologia de EF em batelada mostra-se promissora para a remoção de turbidez, COT e DQO, de águas residuárias da suinocultura submetidas a pré-digestão anaeróbia, sendo a EF uma etapa alternativa a ser incorporada no sistema de tratamento.

## AGRADECIMENTOS

URI – Campus de Erechim, CAPES e a Embrapa Suínos e Aves

## REFERÊNCIAS

BABU, R. R.; BHADRINARAYANA, S. N.; MEERA, K.M.; ANANTHARAMAN, N. (2007). Treatment of tannery wastewater by electrocoagulation. Journal of The University of Chemical Technology and Metallurgy, 42 (2), 201-206.

BROETTO, T.; TORNQUIST, C. G.; BAYER, C.; CAMPOS, B. C.; MERTEN, C. G.; WOTTRICH, B. (2014). Soils and surface waters as affected by long-term swine slurry application in oxisols of southern Brazil. Pedosphere, 24 (5) 585–594.

CRESPILHO, F. N., REZENDE, M.O.O., Eletroflotação: Princípios e Aplicações, Editora Rima, São Carlos, 1ª ed., 2004.

KOTHARI, R.; PANDEY, A. K.; KUMA, S.; TYAGI, V.V.; TYAGI, S.K. (2014). different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy: an overview. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 39, 174–195.

KUNZ, A.; Higarashi, M. M.; Oliveira, P. A. (2005). Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Caderno De Ciência e Tecnologia*, 22 (3), 652-665.

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, F. E. M. M.; MARTINS, A. F. (2009). Study of metal distribution in raw end screened swine manure. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 37 (3), 239-244.

TEZCAN ÜN, Ü.; KOPARAL, A. S.; ÖĞÜTVEREN, Ü. B. (2009). Hybrid processes for the treatment of cattle-slaughterhouse wastewater using aluminum and iron electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 164 (30), 580-586.

TEZCAN UN, U.; OZEL, E. (2013). electrocoagulation of yogurt industry wastewater and the production of ceramic pigments from the sludge. *Separation And Purification Technology*, v. 120,n.13, p. 386-391.

AJI. B. A.; YAVUZ, Y.; KOPARAL, A. S. (2012). Electrocoagulation of heavy metals containing model wastewater using monopolar iron electrodes. *Separation and Purification Technology*, 86, 248–254.

**Tabela 1** – Matriz do planejamento experimental 2<sup>2</sup> com valores codificados (reais) e respostas de turbidez, COT, N<sub>total</sub> e DQO para 60 minutos de tratamento.

Ensaíos	Variáveis do Processo		Respostas (%)					
	DE (cm)	Voltagem (v)	Turbidez	COT	N <sub>total</sub>	DQO	pH final	DC (A.m <sup>-2</sup> )
1	-1 (1)	-1 (4)	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	4,6
2	1 (3)	-1 (4)	96,6	60,4	5,4	74,7	7,6	2,5
3	-1 (1)	1 (6)	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	4,6
4	1 (3)	1 (6)	98,9	71,4	3,1	82,9	8,1	4,9
5	0 (2)	0 (5)	98,5	62,7	12,1	68,8	8,1	4,5
6	0 (2)	0 (5)	98,4	69,7	11,4	68,2	8,1	4,5
7	0 (2)	0 (5)	98,9	65,2	14,3	69,5	8,5	4,5

Sendo: Turbidez<sub>inicial</sub> = 4760,0 UNT; COT<sub>inicial</sub> = 1937,2 mg.L<sup>-1</sup>; N<sub>total inicial</sub> = 1349,8 mg.L<sup>-1</sup>; DQO<sub>inicial</sub> = 6185,0 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>

**Tabela 2** – Estimativa dos efeitos para as variáveis turbidez, COT, N<sub>total</sub> e DQO referente ao planejamento 2<sup>2</sup>.

Variável	Turbidez			COT			N <sub>total</sub>			DQO		
	*	**	***	*	**	***	*	**	***	*	**	***
Média	70,19	0,10	0,00	47,06	1,34	0,00	6,61	0,57	0,01	52,01	0,25	0,00
DE	97,75	0,26	0,00	65,90	3,55	0,00	4,25	1,51	0,11	78,80	0,65	0,00
V	1,15	0,26	0,05	5,50	3,55	0,26	-1,15	1,51	0,53	4,10	0,65	0,02

\*Efeito \*\*Desvio Padrão \*\*\*P-Valor