

II-155 – ANÁLISE DA ATIVIDADE METANOGÊNICA SOB INFLUÊNCIA DE CAMPO ELETROMAGNÉTICO CONSTANTE EM MEIO DE CULTIVO NÃO SELETIVO

Júlio César de Souza Matos⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá. Mestrando em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP Rio Claro.

Fernanda Giffoni Fernandes Luz⁽²⁾

Geógrafa pela Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá. Mestre em Engenharia de Energia pela Universidade Federal de Itajubá. Doutoranda em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP-Rio Claro.

Sandra Imaculada Maintinguer⁽³⁾

Ecóloga. Mestrado e doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Pesquisadora do Instituto de Pesquisa em Bioenergia – IPBEN da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP Rio Claro.

Marcus Cesar Avezum Alves de Castro⁽⁴⁾

Engenheiro Mecânico, Mestre e doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor adjunto do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP Rio Claro.

Endereço⁽¹⁾: Avenida 42A, 216 – Rio Claro – SP - CEP: 13506621 – Brasil – Tel: (19) 983382610 – e-mail: matosj.c.s@gmail.com

Endereço⁽²⁾: Avenida 42A, 216 – Rio Claro – SP - CEP: 13506621 – Brasil – Tel: (19) 982446867 – e-mail: giffoni.f@gmail.com

Endereço⁽³⁾: Rua 10, 2527 – Estádio, Rio Claro – SP – CEP: 13500230 – Brasil – Tel: (19) 35318406 – email: mainting2008@gmail.com

Endereço⁽⁴⁾: Avenida 24A, 1500 – Bela Vista, Rio Claro – SP – CEP: 13506 900 – Brasil – Tel: (19) 35269303 – email: mccaastro@rc.unesp.br

RESUMO

O gás metano é uma alternativa promissora para produção de energia, pois possui elevado poder calorífico e pode ser obtido a partir de diversos tipos de matéria orgânica via digestão anaeróbia. Campos eletromagnéticos são capazes de influenciar sistemas biológicos. Com isso, o presente trabalho pretende contribuir com resultados sobre a produção de metano em reatores anaeróbios submetidos à aplicação de campo eletromagnético de baixa intensidade. Foram realizados dois ensaios com aplicação de campo eletromagnético de 5mT em reatores anaeróbios alimentados com meio de cultivo não seletivo, com tempo de experimento de 744 h para o primeiro experimento e 150 h para o segundo experimento. Os resultados indicaram que o campo eletromagnético de 5mT não alterou significativamente a atividade microbiana no interior dos reatores monitorados.

PALAVRAS-CHAVE: Gás metano, bioenergia, biodegradação anaeróbia.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a humanidade necessita de maior participação de fontes renováveis de energia para abastecer a demanda energética mundial. O gás metano desponta como alternativa promissora para produção de energia, pois é facilmente armazenado e transportado; possui elevado poder calorífico e, ainda, pode ser obtido a partir de numerosos tipos de matéria orgânica via digestão anaeróbia. Já existem plantas de produção de biogás espalhadas por vários países, porém sua baixa eficácia vem restringindo maior propagação da tecnologia.

A digestão anaeróbia é um processo bioquímico que transforma matéria orgânica complexa, na ausência de oxigênio, em mistura gasosa, principalmente metano e dióxido de carbono, por meio da ação sintrópica de vários tipos microrganismos anaeróbios. Tradicionalmente utilizado para o tratamento de resíduos, o uso de biomassa vegetal em biodigestores anaeróbios possibilita a recuperação do biometano que é fonte de energia

renovável (LYBERATOS; SKIADAS, 1999; BÖRJESSON; AHLGREN, 2012; ZHANG et al., 2014, ADEKUNLENE; OKOLIE, 2015).

Recentemente, estudos têm demonstrado que a aplicação de campo magnético constante pode influenciar no aumento da produção de metano resultante da digestão anaeróbia de material orgânico. Zieliński *et al.*, (2014) utilizaram ímãs de neodímio, com intensidade de campo na faixa de 0,16-0,39T no tratamento de resíduos de laticínio; Dębowski *et al.* (2016) aplicaram 0,6T utilizando anel de cerâmica magnética na digestão anaeróbia de biomassa de algas; Haritwal *et al.*, (2015) estudou a digestão anaeróbia de dejetos bovinos sob influência de 0,42T, utilizando núcleo de transformador secundário. Os resultados sugerem que a aplicação de campo eletromagnético sobre o processo tem potencial para exercer influência positiva na atividade metanogênica.

Ainda, estudos a respeito da aplicação de campo magnético constante na digestão de lodo ativado demonstraram modificações nos parâmetros monitorados e identificaram a influência do magnetismo sobre a atividade de consórcios microbianos. A faixa de influência positiva do campo magnético constante apresentado nas pesquisas para tratamento aeróbio está entre 7 a 490 mT (JUNG et al., 1993; JUNG; SOFER, 1997; YAVUZ; ÇELEBI, 2000; TOMSKA; WOLNY, 2008).

Campos eletromagnéticos são capazes de influenciar negativamente ou positivamente sistemas biológicos tanto *in vitro* quanto *in vivo* (HUNT et al., 2009). Com isso, o presente trabalho pretende contribuir com resultados sobre a produção de metano em reatores anaeróbios submetidos à aplicação de campo eletromagnético de baixa intensidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em laboratório em reatores anaeróbios em batelada (1L). Os experimentos foram conduzidos em condições mesofílicas a 37 ± 2 °C. pH inicial de 7,6 para os experimentos.

O campo eletromagnético foi gerado por um conjunto bobina-fonte de alimentação. A bobina foi construída com 1,5Kg de fio de cobre (17 AWG, 1,1 mm de diâmetro) e tubo de poli cloreto de vinila (100 mm de diâmetro) como forma para bobina, que foi mantida envolta no reator. A fonte alimentadora de corrente utilizada foi o modelo D.C. power supply TR-9158. O campo eletromagnético no interior do reator foi medido com Teslameter digital, marca PHYWE em meio aéreo.

Nesse trabalho foram realizados dois ensaios (1 e 2) com aplicação de campo eletromagnético constante de 5 mT no interior dos reatores. Nos ensaios realizados havia um reator sem a influência do campo eletromagnético, para comparação. Foram sacadas amostras de 3ml com seringa esmerilhada através da tampa de borracha de vedação do reator. As amostras foram retiradas sempre que a pressão interna no reator estava acima de 5 m.c.a. Os ensaios 1 e 2 tiveram duração de 31 dias e 145 horas, respectivamente

O inóculo utilizado no ensaio 1 foi proveniente da mistura em partes iguais de três lodos granulares obtidos provenientes de reatores anaeróbios UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) que realizam o tratamento de efluentes orgânicos de três origens distintas: Avícola Dacar, lodo de estação de tratamento de efluente de avicultura (Tietê, SP); Avícola Ideal, lodo de estação de tratamento de efluente de avicultura (Pereiras, SP); Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (São Carlos, SP). Para o ensaio 2, foi utilizado 100g de lodo granular recém coletado da Avícola Dacar para cada reator.

Para o crescimento microbiano foi utilizado meio de cultivo sintético não seletivo. As condições nutricionais utilizadas em cada ensaio estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Condições nutricionais impostas

Ensaio	Ensaio 1°	Ensaio 2°
Reagentes		
Glicose (g/L)	4	10
Extrato de levedura (g/L)	1	5
Extrato de Carne (g/L)	1	5
Peptona (g/L)	1	5
Bicarbonato de sódio (g/L)	10	10
Fosfato de potássio monobásico (g/L)	0,4	0,4
Fosfato dipotássico (g/L)	0,4	0,4

Em todos os ensaios foram utilizados 500mL de volume reacional e 600ml de *headspace* com atmosfera de 100% N₂.

MÉTODOS ANÁLITICOS

Foram analisados sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), pH e demanda bioquímica de oxigênio de acordo com APHA (2005), durante a operação dos reatores anaeróbios no início e final do ensaio, exceto o pH que foi monitorado durante o experimento para os dois ensaios e DQO monitorada durante o primeiro ensaio.

A porcentagem de metano contida no biogás produzido no interior dos reatores foi indicada pelo analisador de gás LandTec Gem 2000 adaptado para uso em laboratório. O ajuste foi efetivado pela fixação de uma agulha na mangueira de sucção do aparelho.

Os cálculos feitos na análise quantitativa de biogás e metano são baseados na equação de Clapeyron. O valor medido da mudança de pressão dentro do reator permite calcular o número de moles de biogás produzido:

$$n = P \times V / R \times T$$

Onde:

n - número produzido de moles de biogás; P - pressão no interior do reator; V - volume do gás = volume do *headspace* (600 mL); R - Constante dos gases; T - temperatura de incubação (37°C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DOS INÓCULOS UTILIZADOS

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises da série de sólidos para a caracterização dos inóculos utilizados.

Tabela 2- resultados da sequência de sólidos e pH dos inóculos utilizados.

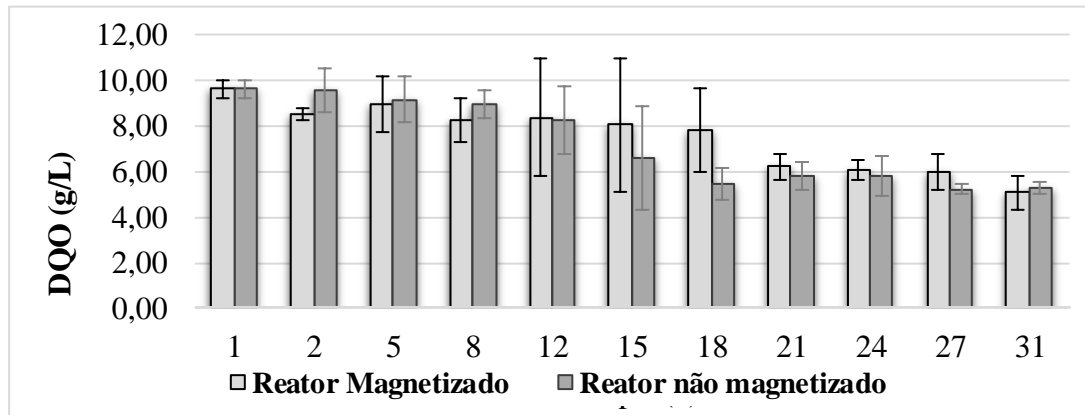
Inóculo	ST g/L	STF g/L	STV g/L	pH
Ensaio 1	43,21	9,87	33,34	6,8
Ensaio 2	63,24	7,27	55,97	7,2

O inóculo do ensaio 2 apresentou maior quantidade de sólidos totais voláteis, que representa a fração orgânica do inóculo, portanto maior quantidade de biomassa microbiana quando comparado ao inóculo do ensaio 1.

Os valores resultantes das análises químicas para DQO do ensaio 1 estão apresentados na Figura 1. Nota-se, nos resultados de DQO, que o comportamento dos dois reatores foi semelhante, com remoção de 45%

para o reator não magnetizado e 47% para o reator magnetizado. Tal fato demonstra que os dois reatores obtiveram pouca diferença na redução da DQO.

Figura 1- Resultados das análises de DQO no ensaio 1.



Os resultados das análises da DQO inicial e final do ensaio 2 são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de DQO obtidos do ensaio 2

Amostras	DQO g/L
Inicial	25,6
Final Reator não magnetizado	13,1
Final Reator magnetizado	12,6

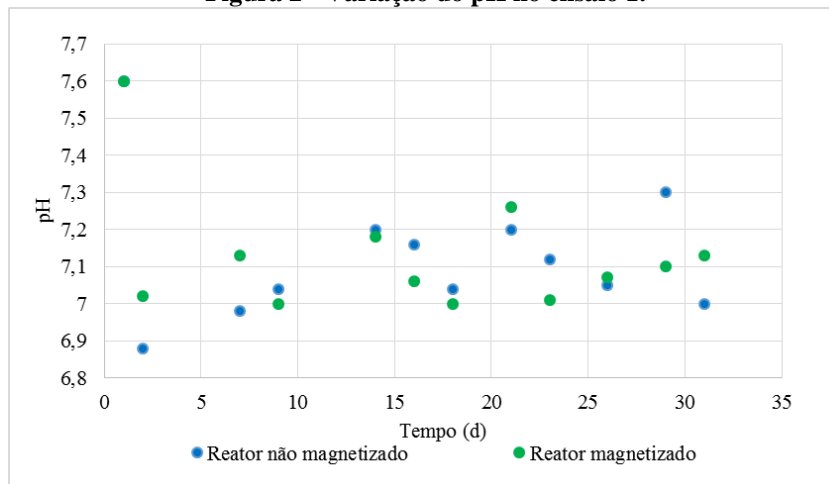
Os resultados de DQO do ensaio 2 também apresentaram resultados levemente maiores de remoção da DQO pelo reator magnetizado, quando comparado ao reator controle, com 47,0% de remoção para o reator magnetizado e 49,0% para o reator controle.

Tomska e Wolny (2008) encontraram resultado semelhante com a indução de campo magnético constante de 40mT na remoção da DQO em tratamento de lodo ativado, sem diferença significativa na redução da DQO pelo consórcio microbiano aeróbio.

Porém, Haritwal *et al.* (2015) encontraram aumento de 14% de remoção da DQO em reator anaeróbio com campo magnético de 0,42T em comparação com o reator não magnetizado. Zieliński *et al.* (2014) também encontraram 14% na diminuição da DQO com reator magnetizado (0,38T).

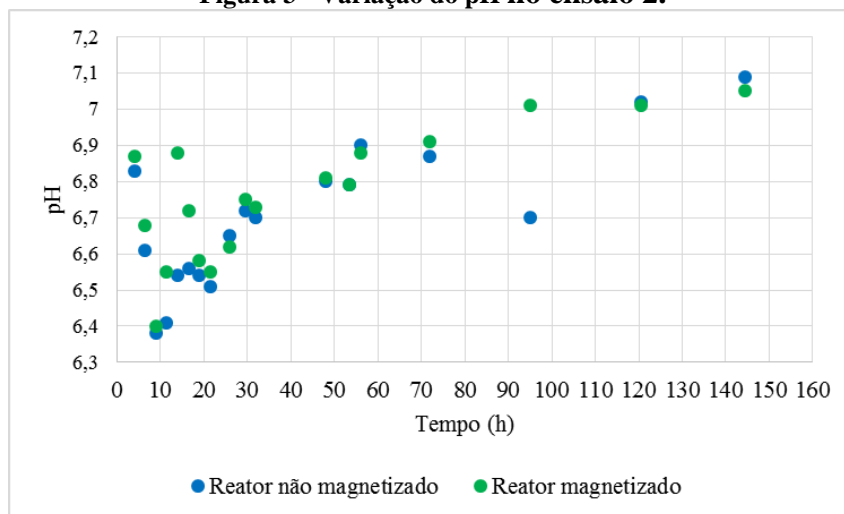
Contudo, Haritwal *et al.* (2015) e Tomska e Wolny (2008) utilizaram intensidades de campo magnético mais elevadas do que a executada nesse experimento, esses resultados sugerem que a maior remoção de DQO, para intensidades mais elevadas de campo magnético, e sinalizam que as intensidades utilizadas na presente pesquisa não foram suficientes para alterar a remoção de DQO. Na Figura 2 estão apresentados os dados de pH medidos ao longo dos 31 dias de experimento.

Figura 2 - Variação do pH no ensaio 1.



Ocorreu decaimento do pH nos primeiros dois dias em ambos reatores. De acordo com Haritwal *et al.*, (2015) esse fenômeno ocorre devido a formação de ácidos graxos voláteis, o mesmo autor encontrou resultado similar com reator magnetizado de 0,42T. O sistema tampão com bicarbonato de sódio mostrou boa eficiência em manter o pH na faixa ótima para metanogênese, como descrito em Mudrak; Kunst, (1986); Kerroum et al. (2014); LAY *et al.* (1997). A evolução do pH durante o ensaio 2 está apresentada na Figura 3.

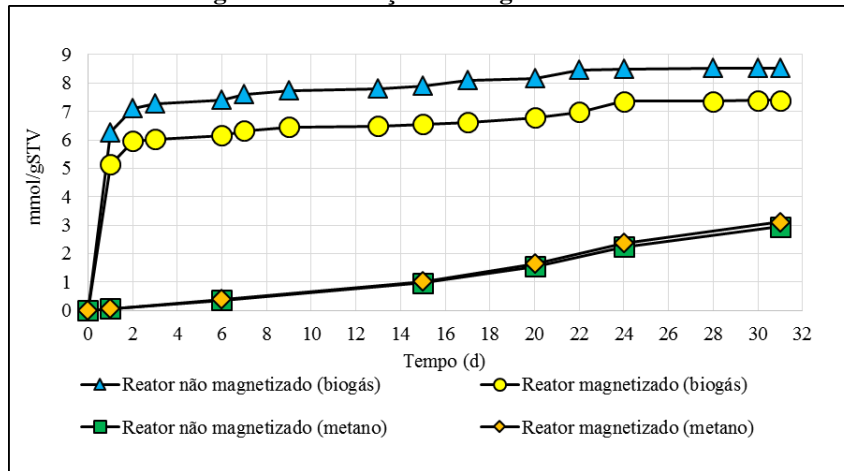
Figura 3 - Variação do pH no ensaio 2.



Pelo gráfico de medição do pH do ensaio 2, nota-se que o pH teve queda nas primeiras 12 horas de operação, porém em seguida voltou a próximo de 7.

O resultado do número de mols de biogás e de gás metano gerados por quantidade de sólidos voláteis inicial pelo experimento está demonstrado na figura 4.

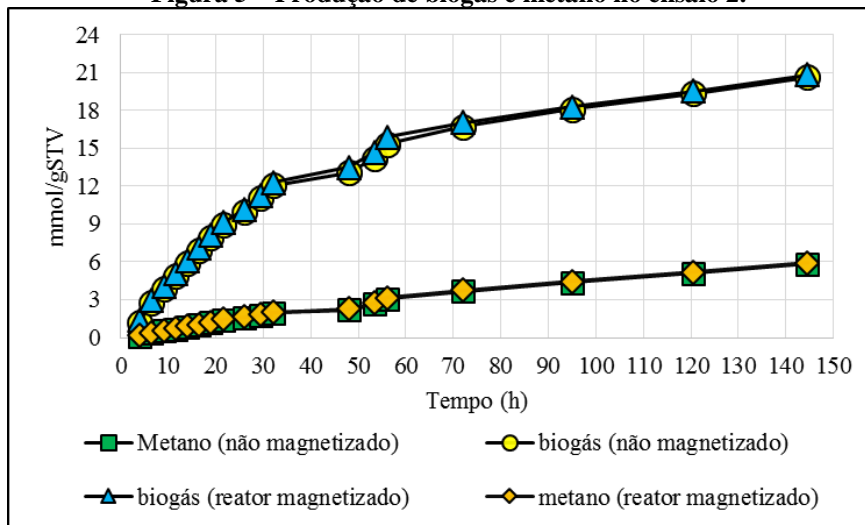
Figura 4 – Produção de biogás no ensaio 1.



A produção de biogás no reator sem magnetismo foi 22% maior do que a produção de biogás no reator magnetizado. Porém a produção de metano no reator magnetizado foi 7% mais elevada em comparação com o reator controle.

A produção de biogás e metano do ensaio 2 está apresentada na Figura 5. A produção de biogás e metano nos dois reatores foram praticamente iguais.

Figura 5 – Produção de biogás e metano no ensaio 2.



CONCLUSÕES

Para a intensidade de 5mt não foi identificado o favorecimento da digestão anaeróbia com geração de metano mais elevada. Contudo, devido a semelhanças entre os resultados apresentados e a literatura consultada, novos testes, com intensidades mais elevadas de campos magnéticos, devem ser realizados para comprovação da estimulação do consórcio metanogênico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADEKUNLE, K. F.; OKOLIE, J. A. A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. **Advances in Bioscience and Biotechnology**. v.6, p. 205-212, 2015.
2. APHA, AWWA and WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. **American Public Health Association**, Washington, Dc. 541p. 2005.
3. BÖRJESSON, M.; AHLGREN, E. O. Cost-effective biogas utilisation – A modelling assessment of gas infrastructural options in a regional energy system. **Energy**. v. 48, n. 1, p. 212 – 226, december 2012.
4. DĘBOWSKI, M.; ZIELIŃSKI, M.; KISIELEWSKA, M.; HAJDUK, A. Effect of constant magnetic field on anaerobic digestion of algal biomass., **Environmental Technology**, v.37, n. 13, p. 1656-1663, 2016.
5. HARITWAL, A.; CHAUDHARY, M.; MOHAN, D.; ASOPA, P. P. Study on the improved biogas generation through magnetic field modified anaerobic digestion. **International Journal Engineering Research & Technology**, v. 4, n.5, maio de 2015.
6. HUNT, R. W.; ZAVALIN, A.; BHATNAGAR, A.; CHINNASAMY, S.; DAS, K. C. Electromagnetic Biostimulation of Living Cultures for Biotechnology, Biofuel and Bioenergy Applications. **International Journal of Molecular Sciences**. v.10, p. 4515 – 4558, 2009.
7. JUNG, J.; SANJI, B.; GODBOLE, S.; SOFER, S. Biodegradation of Phenol: A comparative study with and without applying magnetic fields. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v.56, p.73-76, 1993.
8. JUNG, J.; SOFER, S. Enhancement of phenol biodegradation by south magnetic field exposure. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**. v.70, p.299-303. 1997.
9. KERROUM, B. K.; DERBAL, K.; BECHEIKH-LEHOCINE, M. Effect of starting pH on the produced methane from dairy waste in thermophilic phase. **Chemical Engineering Transactions**. v.38, p.511-516, 2014.
10. LAY, J.; LI, Y.; NOIKE, T. Influences of pH and Moisture content on the methane production in high-solids sludge digestion. **Water Research**. v.31, n.6, p. 1518-1524, 1997.
11. LYBERATOS, G.; SKIADAS, I. V. Modelling of anaerobic digestion – A Review. **Global Nest: the International Journal**. v. 1, n. 2, p. 63-76, 1999.
12. MUDRAK, K.; KUNST, S. Biology of sewage treatment and water pollution control. England: Ellis Horwood Ltd, p.193, 1986.
13. TOMSKA, A.; WOLNY, L. Enhancement of biological wastewater treatment by magnetic field exposure. **Desalination**. v.222, p.368-373, 2008.
14. YAVUZ, H.; ÇELEBI, S.S. Effects of magnetic field on activity of activated sludge in wastewater treatment. **Enzyme and Microbial Technology**. v.26, n.1, p.22-27, 2000.
15. ZHANG, C.; SU, H.; BAEYENS, J.; TAN, T. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.38, p.383-392, 2014.
16. ZIELIŃSKI, M.; DEBOWSKI, M.; KRZEMIENIEWSKI, M.; DUDEK, M.; GRALA, A. Effect of constant magnetic field (CMF) with various values of magnetic induction effectiveness of dairy wastewater treatment under anaerobic conditions. **Polish Journal of Environmental Studies**. v.26, n.1, p. 255-261, 2014.