

ANÁLISE DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE GÁS METANO A PARTIR DE RESÍDUOS DE GRANJA DE AVICULTURA DE POSTURA

Lorena Braga Quintella Jucá^{1*}; Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim²

1. Estudante do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (CTEC-UFAL)
2. Pesquisador e professor do Centro de Tecnologia da UFAL/Orientador

Resumo

A avicultura de postura produz resíduos que, se não destinados corretamente, causam problemas no solo, levando a consequências como a contaminação de águas subterrâneas por nutrientes como o nitrato. Como resíduos, constam ovos que foram descartados no processo de produção por fatores como rachaduras e sangue em seu interior. Visando conhecer o potencial de conversão de diferentes resíduos orgânicos em gás metano, que pode servir como combustível, realizou-se experimento em batelada com quatro tipos de substrato vindos de granja. A maior produção específica de metano foi alcançada pelo dejetos avícola (16,03 mL CH₄/gSSV.d) e a menor foi observada para ovos triturados (7,65 mL CH₄/gSSV.d). Todos os substratos sofreram redução de pH ao final do experimento, atribuída à ação de bactérias acidogênicas - compostos alcalinos presentes na casca de ovo de galinha foram apontados como responsáveis pelas menores variações de pH. Não foram observadas grandes variações na produção específica entre ovos com e sem a casca. As eficiências de remoção da matéria orgânica alcançadas indicam maior adequação à produção de biogás, objetivo deste estudo, do que ao tratamento dos resíduos.

Palavras-chave: biocombustíveis, resíduo agroindustrial, metanogênese

Apoio financeiro: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPQ

Trabalho selecionado para a JNIC: UFAL

Introdução

A disposição final de resíduos da criação de aves, seja para corte ou produção de ovos, é um problema enfrentado em diversas localidades do mundo (Niu *et al.*, 2014; Callaghan *et al.*, 2014; Kobashigawa, 2008). Dentre os resíduos de incubatório, estão ovos não incubáveis, ovos de duas gemas, ovos trincados, ovos inférteis e pintainhos com má-formação. O estrume de aves de capoeira é de elevado valor nutricional e, por isso, é utilizado como fertilizante orgânico, fazendo com que nutrientes como fósforo, nitrogênio e potássio fossem reciclados (US EPA, 1996, *apud* Kelleher *et al.*, 2002, p.27). Contudo, o uso intensivo desse rejeito sobre plantações pode culminar em contaminação de lençóis subterrâneos por nitrato (NO₃), segundo Bitzer e Sims (1988, *apud* Kelleher *et al.*, 2002, p.27).

Estudos diversos têm sido conduzidos a fim de converter a matéria orgânica presente nos dejetos em formas aproveitáveis, mitigando, assim, os efeitos da disposição dos efluentes no meio ambiente. Kelleher *et al.* (2002) fizeram uma revisão de três métodos para disposição final da cama de frango, sendo eles: combustão direta visando a produção de energia e calor, compostagem e digestão anaeróbia. O presente estudo, contudo, focará nesta última destinação. O gás metano gerado no processo pode ser aproveitado em substituição ao gás natural, além de sua queima ser usada em geradores de eletricidade - seja para o uso em fazendas ou para a venda a companhias de eletricidade (Kelleher *et al.*, 2002, p.30).

A Atividade Metanogênica Específica (AME), ou produção específica de metano, é um parâmetro utilizado para avaliar a capacidade da biomassa metanogênica em converter o substrato orgânico em metano, componente principal do biogás. Esse parâmetro pode ser calculado através da relação entre a taxa máxima de produção de metano, em mL_{CH₄}/d, e a quantidade inicial de biomassa presente no frasco de reação (Aquino *et al.*, 2007) em gramas de Sólidos Suspensos Voláteis (gSSV). A AME pode, então, ser determinada em equivalentes de Demanda Química de Oxigênio (gDQO/gSSV.d).

O presente trabalho objetivou avaliar o potencial de produção de metano de resíduos de granja automatizada quando submetidos à digestão anaeróbia em escala de bancada, estimulada por biomassa adicional (inóculo), através da aplicação de modelos e funções sigmoidais não-lineares para calcular a máxima produção de metano. Através disso, buscou-se estimar a eficiência da remoção de matéria orgânica. Tais avaliações podem auxiliar na tomada de decisões quanto a uma destinação adequada para resíduos de avicultura de postura e a um reaproveitamento do gás combustível gerado.

Metodologia

Para a coleta das amostras, o deslocamento foi feito até uma granja da região, onde as poedeiras tinham seus dejetos despejados no solo, situado numa camada abaixo das gaiolas. As coletas realizadas foram desses dejetos e também ovos descartados no processo de produção por motivos diversos, como trincamento, tamanho reduzido e/ou presença de sangue em seu interior.

Foram preparados nove reatores (Quadro 1) usando frascos de vidro com volume de 100mL. As soluções preparadas como substratos foram feitas usando uma concentração 1g sólido: 20mL de água destilada. Cada reator foi montado com 45mL dessa solução de substrato e 5mL de inóculo, sendo os 50mL restantes destinados ao *headspace*. Lodo de uma estação de tratamento de efluentes foi utilizado como inóculo para todos os reatores, sendo inserida na preparação do reator bruto (único) uma solução de 45mL de água destilada e 5mL de inóculo.

Quadro 1 – Indicação de cada reator montado para a pesquisa, juntamente com o tipo de substrato utilizado, o volume da solução de substrato inserida no reator no momento da partida e o inóculo utilizado.

Reator	Substrato	Solução de substrato aplicada no reator	Inóculo
D1 D2	Dejeto de aves	45mL de solução de substrato	5mL de lodo de ETE
OL1 OL2	Ovos - conteúdo interno	45mL de solução de substrato	5mL de lodo de ETE
OT1 OT2	Ovos triturados	45mL de solução de substrato	5mL de lodo de ETE
DO1 DO2	Dejeto de aves+ovos triturados	45mL de solução de substrato	5mL de lodo de ETE
B	Bruto	45mL de água destilada	5mL de lodo de ETE

As medições do gás metano foram feitas em frequência diária via cromatografia gasosa, sendo a primeira coleta de gases gerados efetuada no dia seguinte à partida dos reatores. As análises físico-químicas realizadas na pesquisa foram de pH e Demanda Química de Oxigênio (DQO) filtrada das amostras, bem como Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos Suspensos Fixos (SSF) e DQO do lodo anaeróbio. Todas foram feitas de acordo com Standard Methods (2005) e tiveram seus valores comparados antes e depois da operação dos reatores. Sendo a faixa ótima de pH para a metanogênese entre 6,5 e 8,0, induziu-se à produção de metano corrigindo-se o pH de substratos fora dessa faixa.

Na etapa de determinação do volume de metano nas condições do laboratório, converteu-se milimols de metano em mililitros de gás seguindo metodologia proposta por Aquino *et al.* (2007), que utiliza a Lei dos Gases ideais.

Sendo conhecido o coeficiente estequiométrico de oxidação do metano, encontrou-se o equivalente de O₂ consumido, isto é, o valor da DQO.



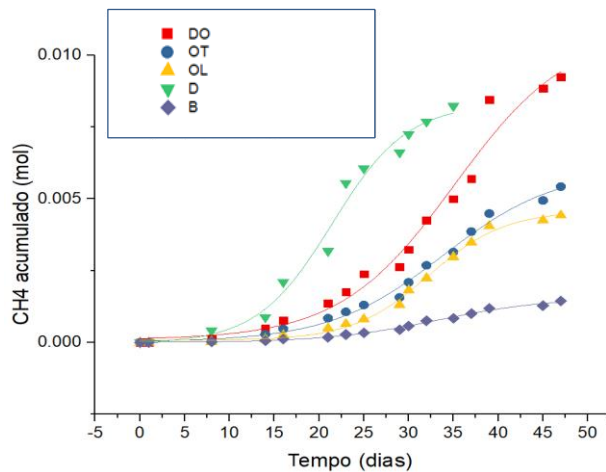
A razão metano/oxigênio é de 1:2, isto é, para cada mol de metano gerado, dois mols de oxigênio são consumidos. Sendo a massa molecular do O₂ igual a 32g, teremos 64g de DQO consumidas. Tais informações foram usadas na obtenção da Atividade Metanogênica Específica do consórcio de microrganismos presentes em cada reator, sendo ela expressa em mL/gSSV.d.

Para a obtenção da taxa máxima de produção do gás em cada reator, foram plotados, para o respectivo reator, gráficos de CH₄ acumulado x tempo em dias, seguido da escolha de um modelo de regressão não-linear (Florentino *et al.*, 2010). As funções sigmoidais de Gompertz e Boltzmann foram aplicadas neste caso para estudar-se a produção cumulativa de metano. Em seguida, determinou-se o ponto de inflexão da curva sigmoidal obtida com o modelo que melhor se ajustou aos dados observados – trata-se do ponto onde ocorre a máxima taxa de variação da função.

Resultados e Discussão

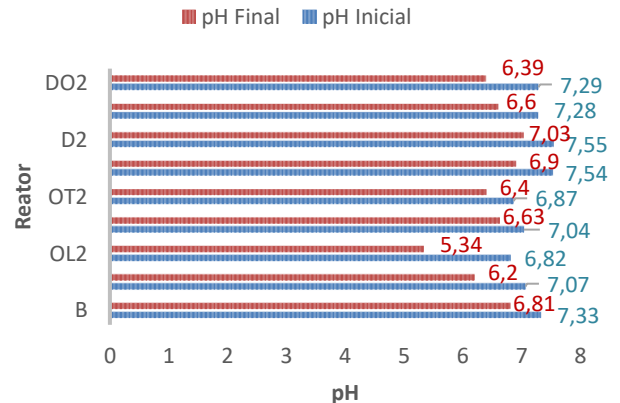
A produção acumulada de metano, considerando a quantidade de mols do gás que ocuparam o *headspace*, é exibida no Gráfico 1 para todos os tipos de amostra, sendo mais detalhada na Tabela 1. Já os valores de pH para cada reator nos momentos de partida e encerramento constam no Gráfico 2.

Gráfico 1 - Pontos observados expressos em mols de metano acumulado para todos os tipos de reatores, acompanhados das respectivas curvas de ajuste utilizadas, representadas por linhas da mesma cor.



Fonte: Autora, 2018

Gráfico 2 - Comparação entre o pH de cada reator no momento da partida e final do experimento.



Fonte: Autora, 2018

Tabela 1 – Taxas máximas de produção de metano para as amostras utilizadas no experimento, acompanhadas do respectivo dia de ocorrência. A AME é representada em mL CH₄/gSSV.dia, e os equivalentes de DQO, em gDQO/gSSV.dia

Reator	Tempo relativo à taxa máxima (dias)	Taxa máxima (mmol CH ₄ acumulado/dia)	Taxa máxima (mLCH ₄ /dia)	AME (mLCH ₄ /gSSV.dia)	gDQO/gSSV.dia
D	21,5	0,50	12,80	16,03	39,80
OL	32,2	0,26	6,81	8,52	21,16
OT	33,8	0,24	6,11	7,65	19,00
DO	35,1	0,42	10,84	13,58	33,71
B	33,3	0,06	1,62	2,03	5,05

O critério utilizado para escolha do melhor ajuste foi a soma dos quadrados dos resíduos, onde o modelo com a menor soma foi o adotado. Para os quatro tipos de substrato, o modelo de Boltzmann foi o que melhor se ajustou aos dados de produção acumulada de metano. Com a medição do teor de sólidos suspensos voláteis no lodo, foi possível o cálculo da AME (usou-se 0,80 gSSV de lodo em cada reator).

As maiores velocidades de produção de metano foram observadas, em ordem crescente, para o reator bruto e substratos OT, OL, DO e D. O tempo total de operação dos reatores D1 e D2 foi de 35 dias enquanto que o dos demais reatores foi de 47 dias, já que o dejetado avícola fez a produção estabilizar antecipadamente. Kelleher *et al.* (2002, p. 27 ,28) constataram que o estrume de aves tem como componentes predominantes água e carbono, com pequenas quantidades de nitrogênio e fósforo e traços de outros nutrientes. Em conformidade, a curva de ajuste obtida para o substrato D indica que os respectivos reatores estavam providos de alimento necessário para que os microrganismos se desenvolvessem rapidamente, diminuindo o tempo necessário para a reprodução (fase *lag*) e convertendo matéria orgânica a biogás num ritmo adiantado em relação aos demais substratos, apresentando a maior taxa de produção de metano já entre o 21º e o 22º dia de operação (Tabela 1) e, assim, maior Atividade Metanogênica Específica (16,03 mL CH₄/gSSV.d.)

Para os demais reatores, a maior taxa se deu entre o 32º e o 34º dia. A clara e a gema de ovos são constituídas majoritariamente por proteínas, lipídeos e água, conferindo degradação mais lenta e, assim, o desempenho dos reatores contendo ovos, sem casca e com a casca triturada (OL e OT) foi inferior ao do substrato anterior. O ritmo de degradação do OT pode ter se sobressaído levemente em relação ao OL pela composição da película interna que reveste a casca, por conter glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos (Ornellas, 2001 *apud* MEDEIROS e ALVES, 2014). O substrato DO apresentou comportamento intermediário por se tratar de uma mistura dos substratos citados anteriormente. Já o reator bruto indicou que a atividade metanogênica devida unicamente ao lodo de ETE equivale a 2,03 mL CH₄/gSSV.d.

No tocante às análises físico-químicas, o Gráfico 2 mostra que o potencial hidrogeniônico de todos os reatores fora reduzido ao final do experimento. Associa-se este fato a uma acidificação do meio ocorrida quando bactérias acidogênicas superaram as arqueobactérias metanogênicas na competição por alimento. A maior redução de pH ocorreu na dupla de reatores OL1 e OL2 (12,31% e 21,70%, respectivamente), seguida da dupla DO1 e DO2. (9,34% e 12,35%, respectivamente). Já as menores variações ocorreram para a dupla OT1 (5,82%) e OT2 (6,84%), possivelmente devido à alcalinidade gerada com íons provenientes da degradação de CaCO₃, componente majoritário na casca de ovo de galinha como afirmado por Ornellas (2001 *apud* MEDEIROS e ALVES, 2014), conferindo-lhes maior resistência à variação de pH e, assim, menor acidificação do meio

comparado com os demais substratos. A variação intermediária do pH pelo substrato D pode ser devida aos íons de nitrogênio amoniacal provindos da degradação de proteínas dos dejetos, que podem aumentar a alcalinidade do meio.

Os resultados obtidos nos ensaios de DQO, que avaliaram a degradação da porção da matéria orgânica que é oxidada quimicamente, apenas se comportaram conforme o esperado para os substratos D e DO, sendo exibidos na Tabela 2 juntamente com a eficiência adquirida na remoção de DQO.

Tabela 2 – Resultados obtidos para o ensaio de Demanda Química de Oxigênio com a amostra filtrada

Substrato	DQO inicial filtrada (mg/L)	DQO final filtrada (mg/L)	Eficiência (%)
D	2346,2	1204,2	48,7%
DO	3732,2	1905,6	48,9%

Constatou-se que a eficiência de remoção da matéria orgânica degradável biologicamente e quimicamente (representada pela DQO) nos reatores citados fora de menos de 50%. Este fato está diretamente relacionado à finalidade deste estudo, já que as condições de laboratório propiciadas para o experimento foram controladas para haver maior produção do gás metano, sem incluir processos adicionais com o conteúdo dos reatores. Assim, este experimento não é voltado a fins de tratamento dos resíduos coletados.

Conclusões

A decomposição anaeróbia de resíduos de avicultura de postura se mostrou mais eficiente com o dejetos avícola como substrato, pois houve uma transição mais rápida da fase lag para a produção de biogás, além de um maior volume acumulado de metano gerado. Os ovos de galinha, compostos por lipídeos, água e principalmente proteínas, apresentaram degradação num ritmo mais lento, contudo a acidificação foi menor para os ovos triturados. Estes tiveram uma estabilização de produção de metano mais tardia em relação aos demais, observando-se assim que a matéria orgânica levou mais tempo para ser degradada. A mistura de dejetos com ovos assumiu produção de metano intermediária. O teor de carboidratos, lipídeos e proteínas contidos no estrume e no ovo definiu a velocidade de degradação, levando em conta a oferta de alimento para a biomassa e as condições de operação. A casca dos ovos triturados, por sua vez, pode ter exercido efeito tampão dentro dos respectivos reatores, estando presente nos substratos DO e OT, enquanto que a acidificação do meio reacional foi maior nos reatores onde a casca estava ausente, especialmente para o conteúdo interno de ovos.

As eficiências de remoção de DQO obtidas confirmam o objetivo da pesquisa - as condições dos reatores foram estabelecidas de modo a induzir à conversão da matéria orgânica em biogás, sem processos adicionais que caracterizassem tratamento dos resíduos afluentes dos reatores.

Referências bibliográficas

- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.
- AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTI, E.; SANTOS, M. L. F.; MONTEGGHIA, L. O. **Metodologia para determinação da atividade metanogênica (AME) em lodos anaeróbios**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v.12, n.2, p.192-201, 2007.
- AUGUSTO, Karolina V. Z. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia**. 2007. xiii, 132 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/99612>>. Acesso em jan. 2018.
- FLORENTINO, H. O.; BISCARO, A. F. V.; PASSOS, J. R. S. **Sigmoidal functions applied in the determination of specific methanogenic activity - SMA**. Rev. Bras. Biom., São Paulo, v.28, n.1, p.141-150, 2010.
- CALLAGHAN, F.J.; WASE, D.A.J. *et al.* **Co-digestion of waste organic solids: batch studies**. Bioresource Technology. Elsevier.1999. p. 117-122
- KELLEHER, B.P; LEAHY, J.J. *et al.* (2002). **Advances in poultry litter disposal technology – a review**. Bioresource Technology, vol. 83, Issue 1, p. 27-36, ISSN 0960-8524.
- KOBASHIGAWA, E; MURAROLLI, R.A; GAMEIRO, A.H. **Destino de resíduos de incubatórios da avicultura no Estado de São Paulo: adequação à legislação e possibilidade de uso econômico**. 2008. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo. Pirassununga – SP. Brasil.
- LI, R. *et al.* **Anaerobic co-digestion of chicken manure and microalgae *Chlorella* sp.: Methane potential, microbial diversity and synergistic impact evaluation**. Waste Management, p. 120-127.2017
- MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M. **Qualidade de ovos comerciais**. Revista Eletrônica Nutritime 2014, 11, 3515.
- SCHOLZ, Miklas. **Water Treatment**. In: SCHOLZ, Miklas. Wetlands for Water Pollution Control. 2. ed.: Elsevier Science, 2016. cap. 2, p. 9-11.