



Evento: XXIX Seminário de Iniciação Científica

MODELAGEM MATEMÁTICA E COMPUTACIONAL DE UM BIODIGESTOR ¹

MATHEMATICAL AND COMPUTATIONAL MODELLING OF A BIODIGESTER

Pedro Pasqualetto Schmaedecke², Luana Obregon³, Mauricio de Campos⁴, Marcia de Fatima Brondani Binelo⁵, João Manoel Lenz Vianna da Silva ⁶

¹ Trabalho de IC de projeto pesquisa desenvolvido na Unijui

² Bolsista PIBIC Unijui

³ Aluna de mestrado do PPGMMC

⁴ Professor do PPGMMC

⁵ Professor do PPGMMC

⁶ Professor do PPGMMC

RESUMO

Ao longo das últimas décadas intensificou-se a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para a produção de energia de forma menos agressiva ao meio ambiente. Isto porque o uso de combustíveis fósseis contribui de forma acentuada para a geração de gases do efeito estufa e outros problemas ecossistêmicos, além de ser um recurso não renovável. Neste contexto, o uso de biodigestores como forma de produção de energia limpa e renovável é de extrema relevância. Neste projeto se buscou trabalhar com modelagem matemática em biodigestores anaeróbios a fim de encontrar os parâmetros que otimizam a produção e rendimento do gás para que, futuramente, fomentando assim a montagem e aplicação de digestores na região do noroeste do estado do rio grande do sul. É importante salientar que a utilização de tal processo tem um viés ambientalmente sustentável e energeticamente econômico, sendo um processo com grande potencial de popularização.

Palavras-chave: Biodigestão anaeróbica. Modelagem matemática. Biodigestor de batelada. MathWorks® MATLAB. Química orgânica.

INTRODUÇÃO

Após o advento da segunda revolução industrial e com a popularidade que os combustíveis fósseis adquiriram, estudos foram sendo realizados com objetivo de achar alternativas viáveis de produção de energia limpa. No contexto atual, uma das descobertas mais factíveis é o chamado biogás. Para a produção de biogás é necessário um sistema fechado, chamado de biodigestor, que é composto de uma estrutura física conhecida como câmara onde se tem o processo de degradação da matéria orgânica (OLIVER, 2008).

Uma das possíveis maneiras de verificar as taxas de produção e rendimento de um biodigestor é a partir da realização da modelagem matemática, assim se torna possível simular



computacionalmente o processo de produção de biogás em um sistema fechado utilizando-se modelos matemáticos que descrevem esse processo (ORO, 2017). Na literatura são encontrados diferentes modelos matemáticos aplicados ao processo de produção de biogás, dentre esses, o modelo ideal considera a dinâmica não linear do processo de biodigestão e explora a taxa de variação da biomassa existente no mesmo (TANAKA, 2017). Na análise realizada, utilizamos especificamente do modelo matemático de biodigestor contínuo de Finn Aakre Haugen, adaptado para o uso na forma de batelada, a fim de expandir os possíveis parâmetros e espécies de digestores a serem utilizados durante o estudo.

METODOLOGIA

O estudo aqui demonstrado foi feito utilizando de múltiplos e variados levantamentos bibliográficos, buscando artigos que tratassem da biodigestão como processo físico, da modelagem matemática em um biodigestor e também de aplicações reais em que ocorreria significativa produção de metano no recipiente em questão. Para o levantamento do referencial bibliográfico foram utilizadas teses e dissertações e as bases Elsevier, ResearchGate, IWA Publishing e IEEEExplore.

Para as simulações foi necessário o uso de ferramentas de programação, especificamente, o MathWorks® MATLAB e Simulink. O MATLAB (MATrix LABoratory) caracteriza um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. O mesmo integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente intuitivo de usar, onde problemas e soluções são escritos matematicamente. Já o simulink é uma ferramenta criada pelos desenvolvedores do MATLAB que tem como objetivo a modelagem, simulação e análise de sistemas dinâmicos. Com o advento da modelagem matemática se viu necessário trabalhar, também, com a área da programação, utilizando da lógica computacional e de certas ferramentas (programação em blocos por exemplo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de encontrar os parâmetros ideais e o rendimento efetivo em um biodigestor, trabalhou se com o modelo matemático de biodigestor contínuo de Finn Haugen, adaptado para o uso na forma de batelada. Dentre as características do programa citado destacamos o



uso de substrato de bovinos, com 25% da sua composição em água. Segundo (FAGUNDES, 2015), o tempo de retenção hidráulica do substrato dentro do recipiente que compreende o digestor é o fator que mais contribui para a produção do metano ao final do processo. Com isso em mente, buscamos trabalhar em nosso modelo adaptado de haugen para encontrar o melhor tempo de permanência do substrato a fim de render a maior quantidade possível de biogás no menor intervalo de tempo possível. Abaixo, na tabela 1, vemos a relação entre o tempo de manutenção do substrato no biodigestor (em dias), e o rendimento de metano (em litros), em uma amostra de 100 litros de substrato:

Tabela 1 - Tempo de biodigestão e rendimento encontrados no modelo

Tempo de retenção (dias)	Metano produzido (litros)
30	160.4
45	197.3
60	204.1
90	210.7

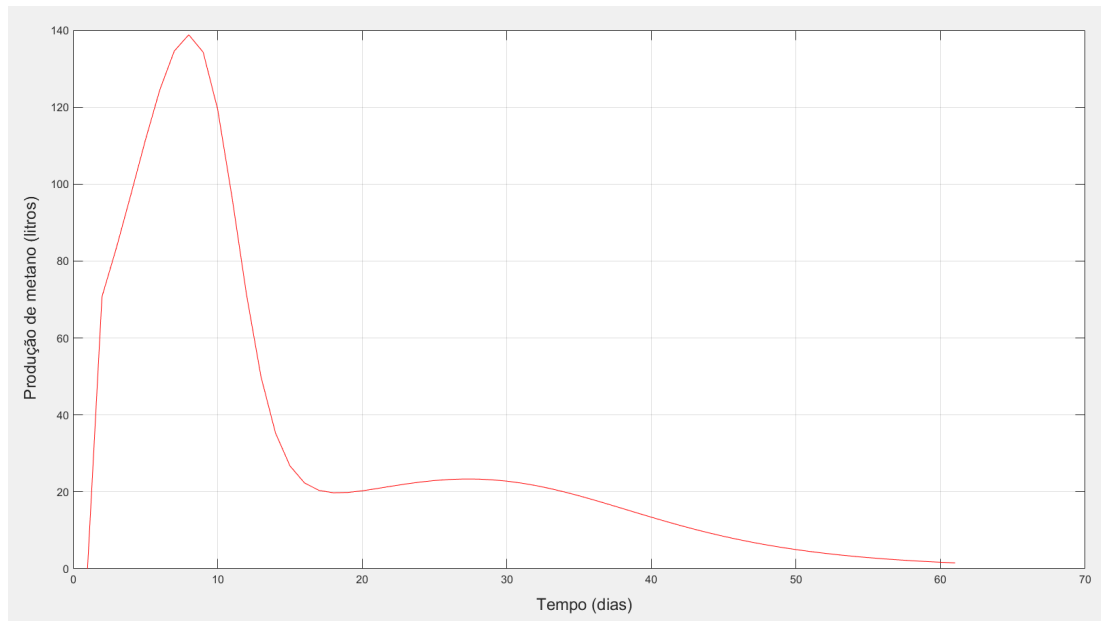
(Fonte: Pedro Schmaedecke, 2021)

Com base no experimento de simulação realizado, notamos que o tempo ideal de retenção para um modelo contínuo de produção de biogás seria de 45 dias, pois, até tal momento vemos que há significativa produção de metano, contudo, posteriormente a produção do mesmo decai. Depois de realizado o experimento computacional inicial, e tendo encontrado o tempo ideal de retenção, ponderou-se que o modelo estudado era do tipo contínuo, e que, economicamente, esse tipo de biodigestor é mais custoso e não tão comum entre os produtores de biogás. Considerando tal aspecto, buscamos adaptar o mesmo para algo mais palpável e presente em nosso meio, um modelo de batelada.

A fim de alterar a aplicação do modelo em questão, se modificou primeiramente o tempo de alimentação inicial, de forma que poderíamos escolher um tempo qualquer, em horas. Concluída a parte inicial foram mudados também os parâmetros da digestão que diziam respeito a continuidade da mesma, efetivamente tornando o processo antes constante, em um modelo com interrupções, cujas seriam os intervalos de tempo para a remoção do biogás que seria produzido. Abaixo, na Figura 1, observamos a curva gráfica relacionando a produção do

hidrocarboneto em litros com o tempo em dias, usando de 100 litros de substrato derivado de gado leiteiro:

Figura 1 - Gráfico da produção de metano (y) em relação ao tempo de retenção (x)



(Fonte: Pedro Schmaedecke, 2021)

Como podemos observar no gráfico exposto acima, o ápice de produção de metano ocorre em torno do décimo dia de retenção, contudo ainda há produção do mesmo até o octogésimo dia. Assim, chegamos a conclusão de que o tempo ideal de permanência do substrato no interior do espaço que compõe o biodigestor é, em torno de, 15 dias a partir do abastecimento do mesmo, considerando os parâmetros do biodigestor conforme (HAUGEN, 2014). Observamos ainda, na última instância da modelagem, um empecilho que diz respeito à composição do substrato utilizado. No modelo de Haugen se trabalhou com dejetos de bovinos já em nossa ideia inicial, se buscava trabalhar com substrato suíno, em função desse ser bem mais abundante na região sul do Brasil, além de amplamente mais utilizado nessa parte do país. Com isso em mente, se buscou adaptar novamente o programa computacional, a fim de alcançar resultados ainda mais assertivos. Contudo, segundo (ORRICO, 2009) a composição dos dejetos varia muito de animal para animal, tornando inviável a modelagem matemática sem a devida experimentação e coleta de amostra em campo, especialmente considerando as restrições devido à pandemia.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados encontrados, e com base nas literaturas tidas como referência, chegamos a conclusão de que, na atual situação brasileira, e tendo em mente o relativamente alto custo para a produção de energia elétrica no país, os biodigestores tem tudo para se tornar uma tecnologia popular e cada vez mais comum nos campos ao redor do país. A modelagem exibida neste relatório mostrou que é possível se ter boa produção do gás metano em um período de tempo não muito extenso, trazendo à tona a efetividade dos biodigestores. Mesmo trabalhando com a limitação relacionada à composição da matéria orgânica utilizada, se observaram resultados promissores, que, ao terem o devido acompanhamento tecnológico e amostral, podem criar modelos matemáticos com significativamente maior precisão em sua suputação final, tornando o uso dos mesmos algo ainda mais confiável e viável em diversos estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a bolsa PIBIC/Unijuí utilizada no projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAGUNDES, Daísa. **Mathematical models of anaerobic digestion for the treatment of swine effluents**. Goiania, 2015.

HAUGEN, Finn. **Optimal design, Operation and Control of an Anaerobic Digestion Reactor**. Telemark, Noruega, 2014.

OLIVER, André Moniz. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. Espanha, 2008.

ORO, Neusa. **Modelagem e simulação do processo de produção de biogás num biodigestor urbano**. Ijuí, 2017.

ORRICO JUNIOR, Marco. **Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 2009.

TANAKA, Gustavo. **Um Modelo Matemático de Biodigestores, Análise do Ponto Crítico e Estabilidade Assintótica**. São José do Rio Preto, 2017.