



## GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GMA

### SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE SUBSTRATOS RURAIS

**FERNANDA FAJARDO NACIF PETRAGLIA(1);CRISTIANE DE SOUZA SIQUEIRA PEREIRA(1);SANDRO PEREIRA RIBEIRO(1);FERNANDO LUIZ PELLEGRINI PESSOA(2);ADRIANA LAU DA SILVA MARTINS(3) UNIVERSIDADE DE VASSOURAS(1);SENAI CIMATEC(2);FUNDACAO EDUCACIONAL ROSEMAR PIMENTEL(3)**

#### RESUMO

Com a grande disponibilidade de biomassa, o Brasil possui capacidade de se tornar um dos maiores produtores de biogás, mas devido à escassa disseminação e ser uma tecnologia inovadora, corresponde a apenas 1,5% do potencial nacional. O biometano produzido a partir de substratos rurais possuem grandes vantagens, devido ao baixo teor de enxofre e destinação para o subprodutos. O estudo teve por objetivo validar um modelo do processo de produção de biogás a partir de substrato rural utilizando-se o simulador de processos (SuperPro Designer®). Após a simulação do processo, pode-se observar viabilidade técnica da geração de biometano quando comparado à taxa de alimentação diária.

#### PALAVRAS-CHAVE

Biometano; Bioprocessos; Simulador de Processos

#### 1.0 INTRODUÇÃO

O biogás é um combustível gerado através de reações enzimáticas que convertem matéria orgânica em um gás cuja sua composição possui metano e gás carbono, além de baixas concentrações de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>). A utilização dessa energia alternativa detém grande apelo ambiental, uma vez que os subprodutos da geração possuem aplicação na agricultura como fertilizante orgânico atrelado à conservação do meio ambiente promovendo a economia sustentável (Zilber e Koga, 2008).

Material orgânico de qualquer natureza é a principal matéria prima do biogás, no entanto, resíduos sem valor econômico, como substratos rurais, são mais interessantes ambientalmente, em função da destinação para os dejetos animais e as palhas de vegetais. Dentre as vantagens da produção a partir desses materiais a redução dos custos de energia elétrica e o uso de recursos próprios nas fazendas ganham destaque, além de ter baixo teor de enxofre.

Para que usinas geradoras de biogás atuem de forma plena, estudos prévios e testes em diferentes escalas de produção são realizados, o que demanda tempo e investimento financeiro. Visto isso, a aplicação de simuladores de processos se torna opções viáveis para viabilidade de fluxograma, ajustes nos projetos e reorganização de maquinário em curtos períodos a baixos custos (RODRIGUES, 2020). Outro benefício vinculado a esses softwares é nas atividades acadêmicas desempenhadas nas Engenharias.

O simulador comercial de processos *SuperPro Designer*® é um software de código fechado presente em mais de 1000 universidades em todo mundo, fortalecendo o ensino de diversos custos e apoiando pesquisas nas áreas (Intelligen, 2020). Por meio do seu uso, uma rota para síntese de biogás foi analisada, assim como as proporções de alimentação da planta. Com isso, o estudo teve por objetivo validar um modelo do processo de produção de biogás a partir de substrato rural utilizando-se o simulador de processos *SuperPro Designer*®.

#### 2.0 METODOLOGIA

A produção do biogás no simulador se iniciou com a descrição dos substratos rurais, esterco seco e palha de vegetal, os quais foram extraídos de Yu et al. (2013). Os compostos foram pesquisados no banco de dados e os

aqueles que não estavam presentes foram criados. Uma vez criados, os substratos foram registrados, assim como compostos químicos que são formados durante a síntese, como amônia, álcool e enxofre elementar.

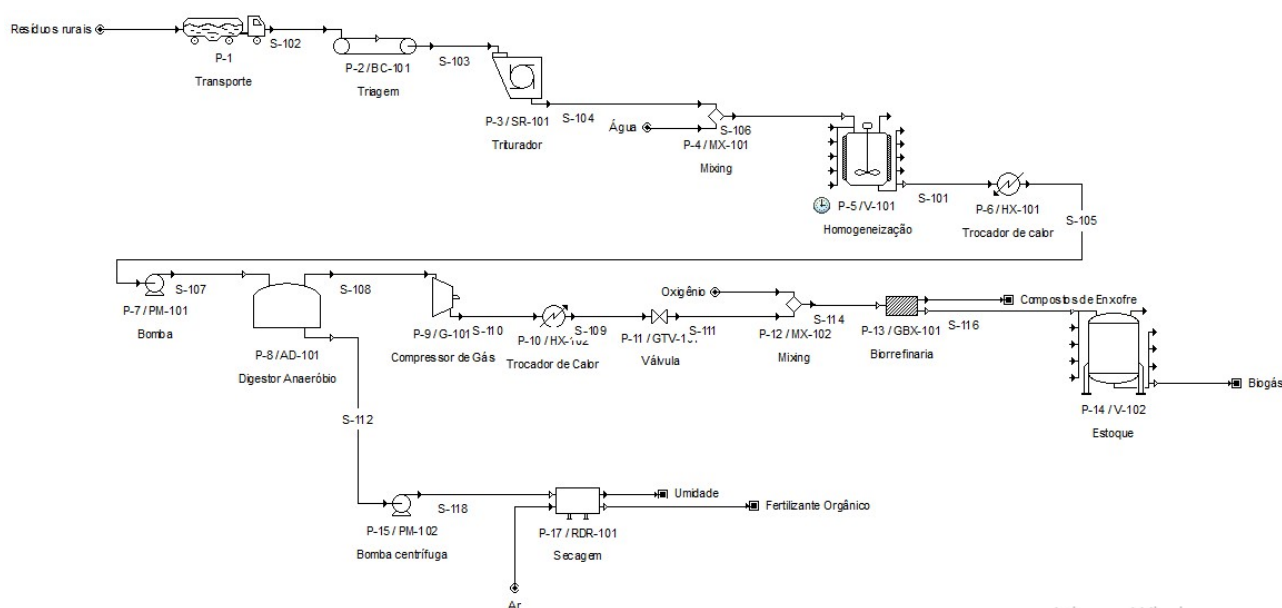
A primeira operação da simulação foi o transporte de materiais, em que uma corrente de 112,5 kg de substratos alimentou uma esteira seletora para qualquer resíduo não orgânico fosse removido, evitando futuros gargalos de produção. A etapa seguinte foi realizada em um triturador e teve como intuito aumentar a área de contato dos substratos com as enzimas produtoras de biogás. A corrente de saída desta operação foi direcionada para uma caixa de mistura para a homogeneização com a 112,5 kg de água por um período de 30 minutos.

Para uma maior taxa de conversão dos substratos, um trocador de calor foi inserido previamente ao biodigestor para que a corrente de mistura fosse aquecida a 37°C antes de ser transportada para a próxima etapa. No biodigestor, enzimas foram responsáveis pelas reações heterogêneas e homogêneas que produziram o gás. Após um período de retenção de 720 horas, os produtos formados foram direcionados a duas saídas, uma contendo o biogás bruto e outra os subprodutos.

A corrente rica em gases passou por um compressor a temperatura ambiente e uma pressão de 12 bar, seguiu por um trocador de calor com um fluido refrigerante e então para o refino do biogás bruto. O gás possui riscos químicos e físicos, com propriedades asfixiantes, corrosivas e tóxicas (KUNZ, 2019), com isso, passa por duas torres para retirada de compostos de enxofre. Uma vez purificado, o biogás foi encaminhado a um reservatório, onde pode ser armazenado e destinado para diferentes fins, como refrigeração, geração de energia elétrica, iluminação (JUNQUEIRA, 2014).

A corrente de substratos proveniente do biodigestor foi bombeada para um secador com o auxílio de uma bomba centrífuga a temperatura ambiente e 0,1 atm de pressão. Nesta etapa, toda umidade foi removida do subproduto à 70°C e o fertilizante orgânico pode ser formado. A simulação completa pode ser observada na Figura 1 e a composição do biogás refinado na Figura 2.

**Figura 1:** Simulação completa de biogás a partir de substratos rurais



Fonte: SuperPro Designer®

**Figura 2:** Composição da corrente de saída de biogás refinado

Stream S-117 (P-14 --> OUTPUT)

Composition, etc. Physical State Env. Properties Comments

Stream Contents ☒ Total ☐ Liquid/Solid ☐ Vapor

Composition Data

	Component	Flowrate (kg/day)	Mass Comp. (%)	Concentration (g/L)	Extra-Cell (%)
1	Carb. Dioxide	46,69582	69,4211	0,839598	100,00
2	Hydr. Sulfide	0,00750	0,0111	0,000135	100,00
3	Methane	18,06422	26,8555	0,324797	100,00
4	Nitrogen	1,91779	2,8511	0,034482	100,00
5	Oxygen	0,56344	0,8376	0,010131	100,00
6	Water	0,01585	0,0236	0,000285	100,00

Total Flowrates

Mass Flow 67,265 kg/day

Volumetric Flow 55616,901 L/day

Temperature 25,00 °C

Pressure 1,013 bar

Enthalpy 3,510 kW-h/day

Activity 0,00 U/mL

Units Mass kg Vol. L Composition % Conc. g/L Enthalpy kW-h

Time Reference for Flows ☐ Batch ☐ Steady Cycle ☐ Distillation Cycle ☒ Time Average day

OK Cancelar Ajuda

Fonte: SuperPro Designer®

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela a seguir apresenta o balanço de massa das correntes de entrada e saída durante a simulação do processo de síntese de biogás a partir de substratos rurais.

Tabela 1: Balanço de massa das correntes do processo (kg/dia)

Correntes	Entrada	Saída
Resíduos Rurais	112,5	0
Água	112,5	0
Oxigênio	2,5	0
Ar	443,885	0
Compostos de Enxofre	0	0,035
Umidade	0	532,662
Fertilizante Orgânico	0	71,411
Biogás	0	67,265

Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 1, é possível analisar o fluxo diário de substrato requerido para produção de biogás, além da taxa de conversão. As correntes “fertilizante orgânico” e “biogás” representam os

produtos formados após a digestão, sendo os fertilizantes os resíduos o material não convertido associado aos compostos intermediários formados na síntese, tais como amônia, álcoois e biomassa.

O gás formado é constituído principalmente por metano e gás carbono e a temperatura ambiente possui densidade igual a  $0,72 \text{ kg/m}^3$  (Portal do Biogás, 2021). Visto isso, considerando-se a corrente de saída do biogás de 67,265 kg, o volume formado, diariamente, na simulação foi de  $93 \text{ m}^3$ . O outro produto gerado na síntese foi o fertilizante orgânico, que possui destinação nas próprias fazendas das regiões rurais.

O emprego do software de simulação de processos *SuperPro Designer*® foi satisfatório na análise de viabilidade de produção de biogás, mesmo com adaptação de algumas operações, pois foi possível considerar diferentes taxas de alimentações e diferentes equipamentos para melhores resultados. Ademais, o simulador pode ser utilizado em outros processos e no ensino da engenharia química e áreas relacionadas.

#### 4.0 CONCLUSÃO

O estudo foi baseado na realidade industrial, no entanto adaptações foram feitas para se adequar ao software, desse modo, foi possível analisar o potencial de geração de biogás em regiões rurais. Através do simulador de processos foi viável testar diferentes composições de matéria prima, avaliar as condições dos equipamentos e operações unitárias alternativas para produção de gás, que pode ser utilizado na geração de energia elétrica e como combustível.

Vale ressaltar a importância de softwares na engenharia, os quais aproximam os discentes da realidade e através deles é possível prever condições operacionais, reduzir custos e agilizar processos. Além disso, é interessante uma comparação dos resultados obtidos a uma planta industrial, para que os parâmetros sejam validados e efetivar, assim, a confiabilidade do software. Para estudos futuros é proposta análises de novos resíduos agropecuários, assim como uma avaliação econômica para a implantação de uma planta.

## REFERÊNCIAS

INTELLIGEN. SuperPro Designer Overview. Simulation, Designer, and Scheduling Tools for the Process Manufacturing Industries. 2020. Disponível em: <<https://www.intelligen.com/products/superpro-product-features/>> Acesso em: 14 out. 2021.

JUNQUEIRA, SLCD. Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na fazenda aterrado. Universidade do Rio Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica DEM/POLI/UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

KUNZ, Ailton; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; DO AMARAL, André Cestonaro. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. **Embrapa Suínos e Aves – Livro científico (ALICE)**, 2019.

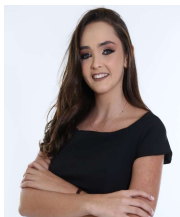
RODRIGUES, G. V. S. Otimização de processos industriais para a competitividade do negócio. CERTI, março de 2020. Disponível em: <<https://certi.org.br/blog/otimizacao-de-processos-industriais/>> Acesso em: 31 out. 2021.

YU, Liang et al. Mathematical modeling in anaerobic digestion (AD). **J Bioremed Biodeg S**, v. 4, n. 2, 2013.

ZILBER, Silvia Novaes; KOGA, Eduardo. Mercado de créditos de carbono no Brasil no contexto das empresas. **XXV Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. Anais... Brasília**, 2008.



## DADOS BIOGRÁFICOS



Graduanda em Engenharia Química pela Universidade de Vassouras. Integrante do Projeto de Pesquisa Prestabilidade Ambiental, Reciclagem, Obtenção, Estudo, Otimização e Avaliação no Uso de Biodiesel Derivado do Óleo de Fritura em Motores à Diesel.

(2) CRISTIANE DE SOUZA SIQUEIRA PEREIRA

Doutora em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Química Industrial pela Universidade de Vassouras. É Professora Adjunta do curso de Engenharia Química e do Mestrado Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Tem experiência na área de processos químicos e bioquímicos com ênfase nas áreas de biocombustível, meio ambiente e simulação de processos.

(3) SANDRO PEREIRA RIBEIRO

Doutor em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Mestrado em Tecnologia Química pelo Instituto Militar de Engenharia e graduação em Licenciatura Química e Química Industrial pela Universidade de Vassouras. É professor de Química da Secretaria Estadual de Educação, do curso de Engenharia Química da Universidade de Vassouras, do Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Vassouras. Supervisor de Estágio do curso de Engenharia Química e Ambiental da Universidade de Vassouras. Tem experiência na área de tecnológica Química e em Química Analítica, biocombustíveis e cosméticos.

(4) FERNANDO LUIZ PELLEGRINI PESSOA

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia (1981), especialização em Engenharia Petroquímica (CENPEQ-PETROBRAS/UFBA), especialização em Processos de Separação pelo Equilíbrio (COFIC / UFBA), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1987) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade de Lyngby (Dinamarca) (1992). Professor Voluntário da EQ/UFRJ e Professor Titular do Centro Universitário SENAI CIMATEC. Foi agraciado como Pesquisador 1A (CNPq) e Cientista do Estado do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Termodinâmica Aplicada e em Engenharia de Processos.

(5) ADRIANA LAU DA SILVA MARTINS

Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.