

### **III-427 - POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS: CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA COM EFLUENTE DE SUINOCULTURA, DOMÉSTICO E ÁGUA**

**Fábio Val de Assis<sup>(1)</sup>**

Gestor Ambiental pela Universidade Norte do Paraná. Projetista de Equipamentos Agroindustriais pela SolidMinas. Coordenador de Pesquisa pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPQ. Diretor de projetos na empresa Ecosoluções Assessoria e Consultoria em Desenvolvimento Sustentável.

**Samilly Bianca Zanith Almeida<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa.

**Marcos Alves de Magalhães<sup>(3)</sup>**

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor de Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade e do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Caratinga (UNEC)

**Marcela Prado<sup>(4)</sup>**

Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Oraida Mendes Castro, 6000/ Parque Tecnológico Viçosa – Novo Silvestre - Viçosa – Minas Gerais - CEP:36570-000 - Brasil - Tel: +55 (31) 38851992 - e-mail: [fabio@ecosolucoes.net](mailto:fabio@ecosolucoes.net)

#### **RESUMO**

O avanço tecnológico, associado a um intenso processo de urbanização, tem contribuído para o crescimento do consumo de bens e serviços, e tem como pilar de sustentação a capacidade de fornecimento de energia. A utilização de combustíveis fósseis tem como consequência a emissão de gases poluentes, em especial de CO<sub>2</sub>, e ainda, de óxidos de nitrogênio e de enxofre. Nesse cenário, a busca por fontes alternativas de energia, especialmente as que sejam renováveis, tem sido tema em pesquisas em todo o mundo. Dentre as soluções para um possível impasse energético futuro, destacam-se as que se baseiam no processo de biodigestão da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU).

Sabe-se que os resíduos sólidos orgânicos constituem uma importante reserva de energia, pois são constituídos, em grande parte, por hidratos de carbono e carboidratos. Dentre os resíduos sólidos orgânicos podem-se distinguir algumas fontes de energia com potencial energético considerável, tais como a madeira, os resíduos agrícolas, os resíduos sólidos urbanos, os resíduos da indústria alimentícia, as plantas aquáticas e as algas. Dentre estes, o aproveitamento energético de resíduos sólidos orgânicos é uma alternativa promissora para a expansão da oferta de energia, ao lado dos evidentes benefícios ambientais, sanitários e sociais proporcionados.

Sendo assim o presente trabalho, pretendeu avaliar a produção de biogás a partir da digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU) em biodigestores de fluxo em batelada. Os testes foram feitos em 3 biodigestores horizontais com capacidade de 300kg cada, no município de Viçosa/MG, com o resíduo orgânico triado na unidade de triagem municipal. Durante o processo, avaliou-se o pH das amostras de resíduo antes da inoculação, temperatura do ar externo e interno ao biodigestor e da massa e volume e teor de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do biogás gerado, foram testados três concentrações diferentes de líquido em conjunto com a fração orgânica, água pura, efluente doméstico e efluente de suinocultura.

Os experimentos mostraram que entre as três variações testadas a que melhor otimizou o sistema de geração de biogás foi a concentração de água pura em conjunto com a fração orgânica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodigestão, Digestão Anaeróbia, Resíduo sólido orgânico, energia.

#### **INTRODUÇÃO**

Atualmente o com o grande consumo energético, faz-se necessário a busca por novas fontes de energia limpa e renovável, fato que tem sido temas de discussão nos mais diversos órgãos internacionais e igualmente no Brasil, país em que grande parte da matriz energética advém de usinas hidrelétricas.

A geração de resíduos, assim como o consumo energético, vem apresentando um enorme crescimento, em especial a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU). Sabe-se que a FORSU constitui uma importante reserva de energia, por serem constituídos, em grande parte, por hidratos de carbono e carboidratos. O presente trabalho buscou investigar o potencial energético da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU), visando otimizar a digestão anaeróbia dos resíduos e consequentemente aumentar o biogás gerado no sistema. O projeto objetivava desenvolver uma matriz energética renovável e limpa para o país e consequentemente uma nova forma de tratamento para a fração orgânica dos resíduos urbanos, que atualmente representa um grave problema de saneamento para o país.

Diante do estudo pode-se, concluir que é possível otimizar o sistema de digestão anaeróbia da FORSU, utilizando apenas concentração de água, fato que permite aumento da concentração de gás metano e diminui a existência de outros gases presentes no biogás como amônia e gás sulfídrico, que são prejudiciais ao potencial de queima do mesmo.

O experimento foi realizado na usina de triagem do município de Viçosa, Minas Gerais, e contou com parceria da FINEP (2009), Universidade federal de Viçosa (UFV) e Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Viçosa.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREAS DE ESTUDO**

O processo de biodigestão foi realizado nos biodigestores contidos na Central protótipo de tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos com ênfase energética (Figura 1) localizada na BR120 em Viçosa-MG, próximo a usina de triagem do município, na qual o resíduo orgânico a ser utilizado no processo era triado. O efluente doméstico foi coletado na caixa de captação do Departamento de Engenharia Agrícola e o efluente de suinocultura foi coletado no Departamento de Zootecnia, ambos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).



**Figura 1: Central protótipo de tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos com ênfase energética**

### **ANÁLISES QUANTITATIVAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

A composição quantitativa do resíduo sólido orgânico foi fundamentada no trabalho de Liseté et al. (2002) e ainda, na experiência de trabalho do corpo técnico do projeto. A composição gravimétrica foi realizada durante quatro semanas nos meses de julho e agosto de 2010, a fim de se conhecer a variação da composição dos resíduos. Primeiramente, determinou-se a densidade dos resíduos sólidos orgânicos, pesando-os em tambores de 200 litros, completamente cheios com o material levemente compactado. Posteriormente, a matéria orgânica foi disposta em uma lona de triagem para que fosse possível analisar separadamente as seguintes frações: Cascas e frutas, legumes e verduras e outros (massas, arroz, feijão, farinha, pães, etc.).

## **ANÁLISES QUALITATIVAS DA FRAÇÃO ORGÂNICA DO RESÍDUO SÓLIDO**

Homogeneizou-se a massa orgânica e coletou-se amostras de diferentes pontos. Posteriormente, as amostras foram colocadas em caixa isoladas termicamente e levadas imediatamente ao laboratório para que não houvesse sua degradação, o que alteraria sua composição e prejudicaria as análises. Foram analisadas as seguintes características: teor de umidade, pH, sólidos totais, sólidos voláteis totais, carbono orgânico, teores de fósforo, nitrogênio, enxofre e metais pesados.

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de matéria orgânica da Universidade Federal de Viçosa (UFV) de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, normas da ABNT e adaptações do laboratório responsável.

## **ANÁLISE DO EFLUENTE**

Para correção do teor de umidade da massa orgânica, utilizou-se efluente de suinocultura e doméstico, além de água. Amostras dos efluentes foram coletadas em frascos de borossilicato estéreis, resfriadas e enviadas imediatamente para análise das seguintes características: pH, coliformes totais, nitrogênio total, fósforo, alcalinidade, amônia e metais pesados. As análises foram feitas no Laboratório de análises de águas residuárias do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV e foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, normas da ABNT e adaptações do laboratório responsável.

## **ANÁLISE DOS PRODUTOS DA BIODIGESTÃO**

### **BIOGÁS**

As análises do biogás foram realizadas utilizando-se o Kit de análise de biogás com biofoto, desenvolvido pela EMBRAPA. Para coleta das amostras o kit contém uma mini-bolsa de polietileno com um tubo prolongado, o qual deve ser inserido no ponto de amostragem da tubulação de biogás e retirada a amostra a ser utilizada nas análises. As características analisadas incluem as concentrações de metano (CH<sub>4</sub>), de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), de gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e de amônia (NH<sub>3</sub>).

## **EFLUENTE DOS BIODIGESTORES ANAERÓBIOS**

Ao final do período de biodigestão obtêm-se uma massa homogênea estabilizada de aspecto líquido, a qual deve passar por um processo de separação líquido – sólido por um período de 35 dias. Dessa maneira, deposita-se o resíduo em um leito de secagem, onde a separação ocorre por gravidade, devido a uma declividade existente nas extremidades do tanque.

## **COMPOSTO ORGÂNICO**

Após a separação líquido – sólido, obtêm-se uma massa ainda com alto teor de umidade, por isso, realizou-se um processo de compostagem. A massa foi levada para o pátio de compostagem e foi disposta em leiras para passar pelos processos de maturação, por um período de aproximadamente 60 dias. Ao final do processo, obtêm-se uma massa que pode ser utilizada como fertilizante agrícola, para isso, investigou-se suas propriedades. Retirou-se amostras desse composto, as quais foram encaminhadas ao Laboratório de matéria orgânica da UFV. A partir dos resultados, foi possível comparar o fertilizante obtido com os fertilizantes comercializados normalmente.

## **PROCESSO DE BIODIGESTÃO DA USINA PILOTO**

A Central protótipo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos com ênfase energética constitui-se de 3 biodigestores anaeróbios em batelada, com capacidade de 300 kg cada um, leito de secagem, pátio de compostagem e sistema de geração de energia elétrica.

Para carregamento dos biodigestores, primeiramente, realizou-se a fragmentação dos resíduos, os quais ainda passaram por processo de pré-digestão, no qual o resíduo triturado permanece em repouso com água por aproximadamente cinco dias. Posteriormente, a massa orgânica foi inserida no biodigestor, o qual foi fechado hermeticamente, para que o processo se desenvolvesse de forma anaeróbia e houvesse a geração do biogás. A

temperatura do processo foi monitorada através de termômetros, e manômetros auxiliaram na quantificação do biogás gerado.

## GERAÇÃO DE ENERGIA

Após a geração do biogás ele é conduzido através de tubulações para o primeiro filtro que contém limalha de ferro, permitindo a retirada de gás sulfídrico, e após este, o gás é conduzido a outro filtro, de lavagem de gás que contem uma solução alcalina para extração de outras impurezas. Após a passagem por este, o biogás é conduzido para o tanque de armazenamento onde é comprimido para aumentar sua pressão, e posteriormente é direcionado ao motor de explosão, onde é queimado e com a queima o motor de explosão ocorre a transformação de energia mecânica em elétrica através do acoplamento com gerador de energia.

## RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

O resíduo orgânico triado no município de Viçosa apresentou peso específico de aproximadamente 600 Kg/m<sup>3</sup> sendo sua composição de acordo com o apresentado na Tabela 1.

**Tabela1. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos orgânicos do município de Viçosa.**

Fração	Porcentagem em massa (%)				
	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Análise 4	Média (%)
<b>Cascas e Frutas</b>	36,27	20,27	16,12	14,52	21,79
<b>Legumes e Verduras</b>	15,68	26,57	19,25	17,32	19,71
<b>Outros</b>	48,05	53,16	64,64	68,16	58,50
<b>Total</b>	100	100	100	100	100

Observou-se que o processo de biodigestão apresentou duração de aproximadamente 30 dias. Notou-se que o período de geração de biogás é compreendido da seguinte forma, baixa geração nos 5 primeiros dias de incubação, pico de geração no período compreendido entre os 5º dia e o 21º primeiro dia, período de estabilização que compreende do 22º dia, no qual a atuação dos micro-organismos decompositores é quase nula.

A proporção na qual obteve-se a maior geração de biogás ao longo do projeto foi 40% de matéria seca e 60% do. Cada biodigestor recebeu uma fração líquida distinta, água pura, efluente doméstico e efluente de suinocultura. Sendo que o biodigestor que teve adicionado à massa orgânica água apresentou melhores condições para geração do biogás, com um período mais curto para iniciar a sua geração. Além disso, a geração de biogás foi maior e apresentou menor teor de ácido sulfídrico e amônia.

## CONCLUSÕES

O experimento realizado na Central protótipo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos com ênfase energética permitiu concluir que a adição de água pura apresentou-se como a melhor alternativa para aceleração do processo de biodigestão. O que pode ser visto como uma vantagem, pois este efluente pode ser encontrado em praticamente todas as regiões, possibilitando a instalação da Central de tratamento.

A metodologia proposta proporciona ganhos ambientais, sociais e econômicos em todo território nacional, através do tratamento da dos resíduos sólidos orgânicos, com biodigestão acelerada com água pura, gerando energia elétrica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARNEIRO, Pedro Henrique. Efeito da adição de lodo ao inóculo de reator anaeróbio híbrido sólido-líquido tratando fração orgânica de resíduos sólidos urbanos. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
2. Ministério de Minas e Energia (MME) – Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2008. Aproveitamento Energético de RSU em Campo Grande, MS. Nota Técnica DEN 06/08 – Série Recursos Energéticos, Rio de Janeiro, 73 pp.
3. PICANÇO, A. P. Influência da recirculação de percolado em sistemas de batelada de uma fase e híbrido na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos. São Carlos, Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento, USP, 2004. Tese de doutorado, 135p.