



MARUPIARA

REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO DE ESTUDOS
SUPERIORES DE PARINTINS

BIOTECNOLOGIA; EM CASA: OBTENÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE EMPREGANDO ESTERCO E RESÍDUOS DE ALIMENTOS

Menilson Azevedo dos Santos ¹
Raimundo Gracival de Almeida dos Santos ²
Arelis Abalos Rodríguez ³

Resumo

Na pecuária e na fabricação e venda de alimentos são geradas quantidades apreciáveis de resíduos orgânicos biodegradáveis que ao serem depositados junto ao lixo comum ou amontoados sem tratamento. Esses resíduos podem ser valorizados se utilizada a digestão anaeróbia para produzir biogás e biofertilizantes. O presente trabalho tem como objetivo comprovar que é possível aproveitar o esterco de gado bovino e alimentos para a obtenção de biogás e biofertilizante em digestores caseiros e sua aplicação em pequenas comunidades rurais. A metodologia do trabalho consistiu em desenhar e fabricar um digestor caseiro simples para a obtenção de biogás, a ser empregado como combustível para cozinhar alimentos e o lodo digerido no cultivo de cebolinha. Desenhou-se dois digestores de 5 l de capacidade cada, nos quais se ocupou 70% do volume do reator com esterco bovino e resíduos de alimentos. Em 45 dias de experimentação foram obtidos 30,23 l e 7,05 l de metano respectivamente. Em 5 dias se observou o broto das sementes no canteiro fertilizado e em 45 dias as cebolinhas alcançaram 32 cm de altura, estando aptas para a colheita e emprego na elaboração de alimentos.

Palavras chave: resíduos sólidos; biogás; digestão anaeróbia; biofertilizante.

Abstrac

In livestock production and processing and sale of food appreciable amounts of biodegradable waste to be deposited in the untreated waste contribute to the proliferation of vectors and diseases occur. These residues can be measured by anaerobic digestion to produce biogas and bio fertilizer. This paper aims to use waste food for cattle and produce biogas and biofertilizers in simple home digesters for use in small rural communities. The methodology consisted in designing a simple digester from recycled material. The biogas produced is used as fuel for cooking food and digested sludge fertilization chives. 5L two digesters were used, using the 70 % volume of the reactor with manure and foods. In 45 days of the experiment were obtained 30.23 L and 7.05 L of methane respectively. At 5 days germinated seeds in fertilized plots, reaching 32 cm in height at 45 days , being harvested for use in food preparation

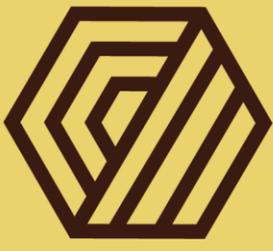
Key words: solid waste; biogás; anaerobic digestion; biofertilizer.

Introdução

¹ Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Centro de Estudos Superiores de Parintins (CESP), Parintins-AM,

² Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Centro de Estudos Superiores de Parintins (CESP), Parintins-AM,

³ Universidad de Oriente, Santiago de Cuba; Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Centro de Estudos Superiores de Parintins (CESP); e-mail – aabalos@cnt.uo.edu.cu



MARUPIARA

REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE PARINTINS

A destinação inadequada de resíduos sólidos está se tornando, cada vez mais, um problema para o meio ambiente e a economia (TAGHIZADEH et al., 2012), sendo que os resíduos sólidos podem ser valorizados utilizando-se sistemas biológicos com desenhos simples. Entretanto, a pobre cultura de reciclagem e reutilização dos resíduos, além da falta de uma sólida infraestrutura para a gestão de resíduos sólidos de maneira adequada no interior do município favorecem a acumulação de lixo e a perda de recursos com valores econômicos, além do problema meio-ambiental que se cria (FRIAS, 2009; DOS SANTOS e GARCÍA 2009).

Parintins, município do estado do Amazonas, destaca-se pela atividade agropecuária, sendo o segundo maior produtor de gado no estado. Não menos importante é a atividade de fabricação e venda de alimentos na cidade, que também gera quantidade considerável de resíduos orgânicos biodegradáveis que ao serem depositados junto ao lixo comum contribuem para a proliferação de vetores, enfermidades e mau cheiro durante sua decomposição (IBGE, 2013).

A utilização da digestão anaeróbia no tratamento dos resíduos sólidos contribui para a redução da poluição e também agrega valor ao processo. A biodigestão tem como produtos finais o biofertilizante utilizado para fertirrigação e o biogás utilizado com recurso energético (VALDERRAMA, 2013; XAVIER & LUCAS JUNIOR, 2010); tendo assim um impacto positivo tanto no meio ambiente como na economia e na sociedade (MONTALVO E GUERRERO, 2003).

Neste trabalho se apresenta a experiência de laboratório caseiro, da disciplina Introdução à Biotecnologia (curso de Química CESP-UEA), na obtenção de biogás e biofertilizante em digestores simples a partir de esterco e restos de alimentos.

Metodologia de trabalho

A metodologia de trabalho consistiu em duas etapas: primeiro o desenho de um digestor caseiro para obtenção de biogás e segundo o emprego do biogás obtido como combustível e o sólido digerido (lodo) no cultivo de cebolinha.



MARUPIARA

REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO DE ESTUDOS
SUPERIORES DE PARINTINS

Desenho do digestor: Todos os materiais utilizados foram resíduos obtidos nas casas dos estudantes matriculados na disciplina Introdução na Biotecnologia. Utilizaram-se garrafas de água de 5L de capacidade, mangueiras de borracha, duas torneiras para água e uma garrafa de refrigerante (gasômetro) para medir a produção de gás (Figura 1) pelo volume de água deslocada (CENDALES, 2011). Empregaram-se dois reatores: R1: esterco bovino (obtido no matadouro da cidade) e R2 com resíduos de alimentos. Nos dois casos os digestores são carregados em 70% de sua capacidade ($4,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$) utilizando um volume útil de reator de $3,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. O reator R1 foi carregado com 3,5kg de esterco bovino (17% de sólidos totais e 83% de água), o reator R2 foi carregado com 3kg de restos de alimentos (85% de água e 15% sólidos totais) + 1 litro de água em cada reator. Em ambos os casos se trabalhou à temperatura ambiente ($35 - 37^\circ\text{C}$) e o pH inicial 6,7 unidades.



Figura 1: Reatores desenhados para a digestão anaeróbia de resíduos sólidos. R1 esterco bovino, R2 mescla de resíduos de alimentos com esterco bovino. Na parte inferior se observam os gasômetros de água de cada reator.

Fonte: Autores.

Aplicação do biofertilizante: Foram preparados dois canteiros para a aplicação do biofertilizante obtido no reator R1. Na construção, foram empregados resíduos de madeira da Casa Siriane e sua capacidade foi de $19,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ de terra. Os canteiros foram constituídos



da seguinte forma: um canteiro controle (sem biofertilizante) e o outro com biofertilizante (5% da capacidade total do canteiro). Utilizaram-se sementes de cebolinha para avaliar o biofertilizante. Em cada canteiro foram semeadas 8 plantas em duas colunas de 4 plantas cada uma. Avaliou-se tempo de broto (dias) e altura da planta (cm). As mudas de cebolinha foram regadas a cada 2 dias com 1L de água.

Resultados e discussões

O desenho do digestor foi feito considerando-se um reator de primeira geração. Nesses reatores a biomassa ativa se encontra em suspensão ou sedimentada com um mínimo de contato com o substrato (MONTALVO e GUERRERO, 2003). Levou-se a cabo uma fermentação anaeróbia em uma só etapa usando uma alimentação em lote ou batch, quer dizer carregaram-se os digestores de uma só vez até que se observou diminuição da produção de gás. O biogás produzido foi medido diariamente pelo volume de água deslocada no gasômetro. A produção de metano se comprova ao queimar o gás em um fogão corrente de duas bocas adaptado, onde foi vedada a entrada de oxigênio, que é essencial na queima de gás liquefeito usado em fogões de cozinha. Os restos de alimentos utilizados refletem os hábitos alimentares da comida no baixo Amazonas, a qual se baseia no consumo de arroz, feijão, macarrão, carne ou peixe e hortaliças (alface, cenoura, tomate e couve) fundamentalmente.

As figuras 2 e 3 mostram os resultados obtidos durante o processo de digestão anaeróbia dos resíduos sólidos.

Como se observa na figura 2, a produção de biogás foi detectada nas primeiras 24h de arranque do reator, embora as quantidades produzidas nos primeiros 10 dias não tenham ultrapassado os 4 litros nos dois reatores. No caso do reator R1 (esterco bovino) alcançou-se uma produção de biogás de 43,18L em 44 dias de experimentação, para uma produção média diária de 0,98 l. No décimo dia se observou a combustão do gás (Figura 2), pela formação de uma chama azul intensa, evidenciando que a concentração do metano, gás combustível do biogás, aumentou. Quando se incrementa a produção de metano diminui a concentração de CO₂ e ocorre a combustão. Em outros trabalhos se descreve um aumento da produção de CH₄ aos 10-11 dias aproximadamente (FORSTER-CARNEIRO et al. 2007).



MARUPIARA

REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO DE ESTUDOS
SUPERIORES DE PARINTINS

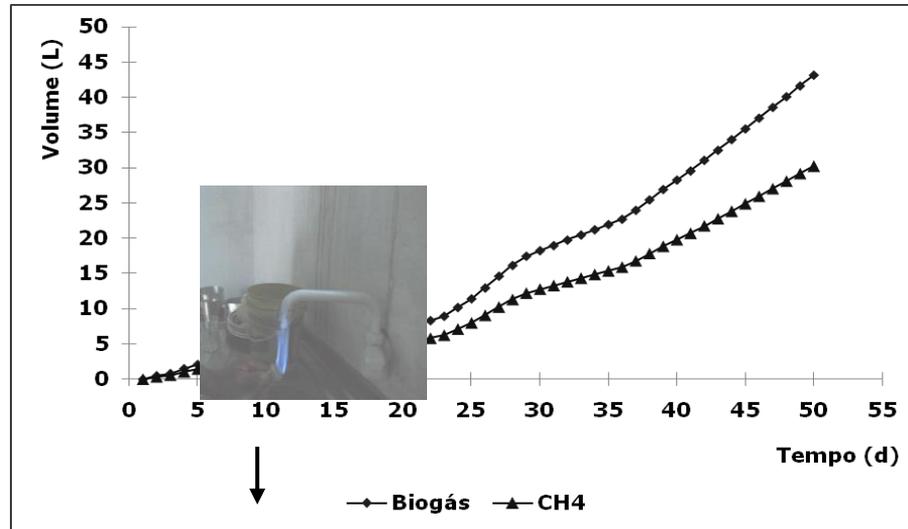


Figura 2: Produção acumulada de biogás e metano no reator R1 utilizando esterco como substrato. A seta indica o momento em que se detectou a chama à saída do conduto de gás.

O cálculo para estimar a quantidade de metano produzida se fez considerando que 60-80% do biogás é metano (GROPPELI e GIAMPAOLI, 2001). Neste trabalho se estimou que o conteúdo de metano no biogás é de 70% (valor médio) e com base nisso a produção de metano alcançada foi de 30,23 litros equivalente a 0,69 l/d aproximadamente. Entretanto, o sistema ainda não está estabilizado e continua a produção de metano (Figura 2).

Na figura 3 pode-se observar que a produção de metano empregando resíduos de alimentos e esterco foi mais baixa. Para o mesmo tempo de experimentação foram obtidos 10,07 l de biogás e só 7,05 l de metano, isto é, uma produção de metano 23 vezes mais baixa que no reator R1 (esterco de gado bovino). A partir do 30º dia se observou uma tendência à estabilização do sistema, não se produzindo incrementos apreciáveis na produção de metano.

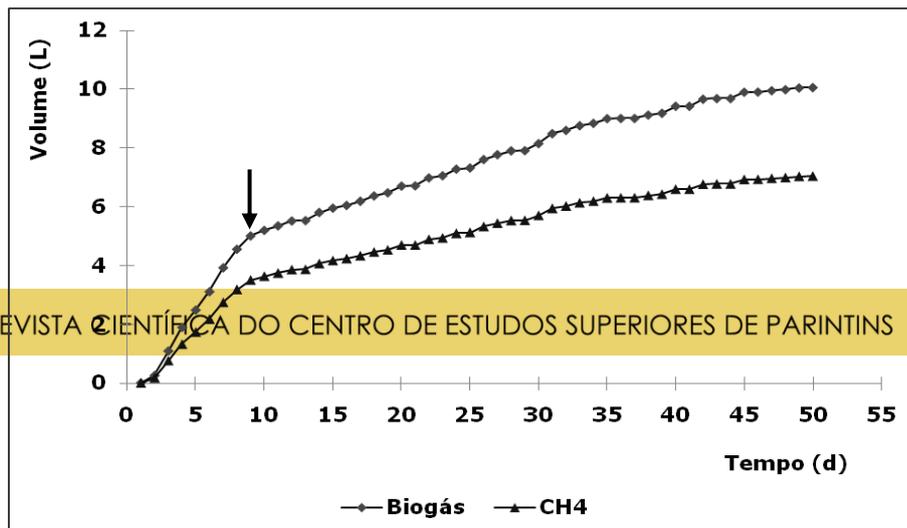




Figura 3: Produção acumulada de biogás e metano no reator R2 utilizando resíduos de alimentos como substrato. A seta indica o momento em que se detectou a chama à saída do conduto de gás.

A baixa produção pode ser atribuída vários fatores: tamanho de partícula da biomassa no reator (Figura 1), o qual não favorece a homogeneidade do substrato, conteúdo de gorduras considerando a procedência do substrato empregado; relação C/N, pH do sistema, entre outros. Uma alternativa que frequentemente se emprega é a co-digestão do esterco com restos de mantimentos, já que além de melhorar a eficiência do processo se alcançam relações C/N aceitáveis (13,9-19,6) e maiores volumes de biogás (ZHANG et al, 2013).

Em geral, as matérias orgânicas ricas em C produzem mais gás que as ricas em nitrogênio, assim mesmo é mais rápida a geração de gás a partir de matérias primas nitrogenadas (esterco, Figura 2) que as ricas em carbono (talos, folhas).

O pH ótimo para a produção de metano oscila entre 6,5 e 7,5. Quando abaixo de 5 ou acima de 8, o processo fermentativo pode ser inibido e inclusive detido, finalizando a produção de biogás. Para o reator R1 (esterco) o pH se manteve entre 6,5 e 7 unidades, o que favorece o processo de produção de metano. O emprego de esterco em reatores anaeróbios não precisa do controle do pH já que a própria dinâmica do processo ajusta o pH (GUEVARA, 1996). Para o reator R2 (alimentos) o pH diminuiu a 5,5 unidades a partir de 22 dias de fermentação, tempo a partir do qual não se produzem volumes apreciáveis de biogás e metano no sistema (Figura 3). A diminuição do pH significa que o reator se acidifica pela acumulação de ácidos gordurosos voláteis, provocando a diminuição da atividade metanogênica e a inibição do processo de digestão (VAN LIER et al, 2001).

Aplicação do biofertilizante no cultivo de cebolinha

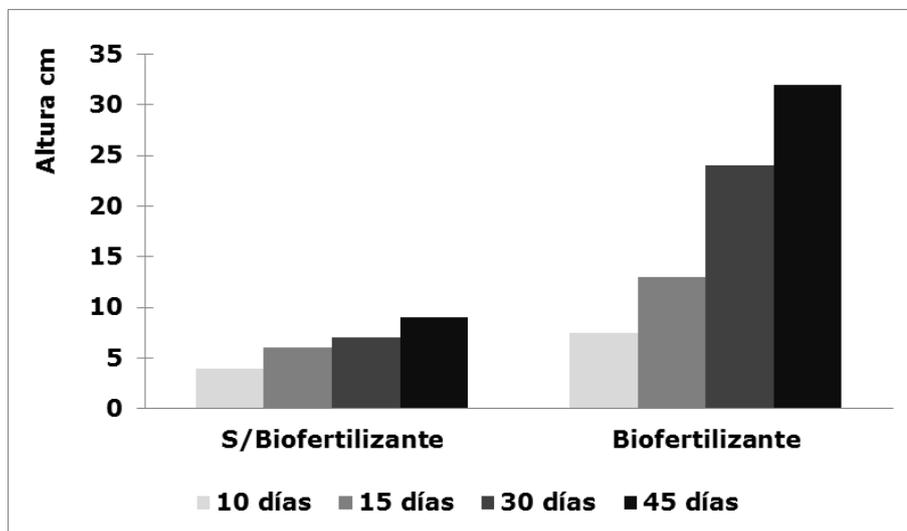


MARUPIARA

REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO DE ESTUDOS
SUPERIORES DE PARINTINS

Aplicou-se 5% do biofertilizante obtido no reator R1 (esterco) em um canteiro de cebolinha, uma hortaliça muito utilizada na cozinha parintinense, cujo cultivo se estende em toda a região.

Observou-se o broto das sementes no canteiro fertilizado aos 5 dias de cultivo e aos 45 dias as plantas alcançaram 32 cm de altura (Figura 4), estando prontas para a colheita e utilização na elaboração de alimentos. As sementes começaram a brotar aos 5 e 6 dias nos canteiros com e sem fertilizantes respectivamente. Mas, as plantas onde se aplicou o tratamento desenvolveram o dobro do tamanho das plantas onde não se aplicou o



biofertilizante.

Figura 4: Tamanho alcançado pelas plantas de cebolinha aplicando biofertilizante de digestão anaeróbia do esterco bovino (R1).

O biosólido obtido da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos, e em particular da bovinocultura, retém um conteúdo de nitrogênio e fósforo procedente da matéria prima do processo entre 5-6 g/L e 0,6-0,8 g/L. Estes dois nutrientes são indispensáveis para o desenvolvimento das plantas. Os valores de potássio estão ao redor dos 0,3g/L (NOVAIS et al, 2012). Na figura 5 se mostram as plantas após 50 dias de semeadas, já prontas para a colheita.



Figura 5: Plantas de cebolinha com biofertilizante aos 50 dias de cultivo.



Fonte: Autores

Aplicação de biogás

O biogás obtido foi utilizado para ferver água para o preparo de chá. Para isso se adaptou um fogão convencional de duas bocas. A adaptação consistiu no fechamento da entrada de oxigênio para provocar a combustão do metano à saída do queimador e evitar acidentes. A água (500 ml) ferveu após 5 minutos, o que quando se utiliza gás liquefeito ocorre após 3 minutos.

Conclusões

Os problemas ambientais tomam conta das discussões na atualidade. A preocupação com os resíduos sólidos produzidos nas cidades é cada vez maior e o tema tem sido objeto de discussão na sociedade e no meio acadêmico. Em Parintins a preocupação com o destino final do lixo tem levado a academia a buscar soluções para esse problema. O laboratório de química do CESP/UEA pode servir como referencia para o estudo e o aprofundamento de metodologias que podem ajudar o meio ambiente e também na redução das despesas individuais das famílias.

Obtiveram-se 30,23 litros e 7,05 litros de metano em digestores anaeróbios com esterco e restos de alimentos respectivamente. As sementes germinaram em 5 dias e em 45 dias foram



MARUPIARA

REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO DE ESTUDOS
SUPERIORES DE PARINTINS

colhidas as plantas com 32cm de altura. Atualmente, a experiência é empregada como prática de laboratório na disciplina Introdução à Biotecnologia no CESP-UEA.

Refêrencias

- CENDALES, E. D. **Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable**. 82f. Dissertação (Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ingeniería Mecánica). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2011
- DOS SANTOS, E. G.; GARCIA, F. Resíduos sólidos no meio rural: o caso do assentamento queimadas no município de Remígio/PB. **I Congresso paraibano de gestão do lixo “Educação Ambiental e sustentabilidade”**, 2009, João Pessoa. **Anais...** 2009, p. 1-7.
- FORSTER-CARNEIRO, T.; ROMERO, M.; PÉREZ, L. I. Biometanización de residuo sólido urbano: escala de laboratorio y planta piloto. **HOLOS Environment**. Vol 7, 87-104, 2007.
- FRÍAS, J. Potencial y oportunidades de desarrollo de biocombustibles a partir de materiales no alimenticios en Guanajuato. **Ide@s CONCYTEG**, Núm. 54, 1271-1286, 2009.
- GROPPELLI, E.; GIAMPAOLI, O. **El camino de la biodigestión. Ambiente y Tecnología Socialmente Apropiada**, Ed. Centro de Publicaciones, Secretaría de Extensión, UNL, 2001.
- GUEVARA, A. **Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaerobios rurales. Producción de gas y saneamiento de efluentes**. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima, Perú, 1996
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. Disponível no site: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>, acessado em jan/2013.
- MONTALVO, S.; GUERRERO, L. **Tratamiento anaerobio de residuos. Producción de biogás**. Universidad Técnica Federico Santa Maria. Chile, 2003.
- NOVAIS, E. E.; SOUZA, C. F; ANTONY, K. R. Produção de biogás e biofertilizante a partir da biodigestão da torta de mamona com adição dejetos de animais. **Engenharia na Agricultura**, VIÇOSA - MG, Vol.20, 493-500, 2012.



MARUPIARA

REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO DE ESTUDOS
SUPERIORES DE PARINTINS

TAGHIZADEH, S.; GHASSEMZADEH, H. R.; VAHED, M. M.; FELLEGARI, R. Solid waste characterization and management within university campuses case study: university of Tabriz. **Elixir Pollution**. Vol 43, 6650-6654, 2012.

VALDERRAMA, A. **Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso del bioabono como acondicionador del suelo**. 54f. Dissertação (Trabajo para optar al título de Especialista en Biotecnología). Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de Ingenierías, Medellín, 2013.

VAN LIER, J. B; TILCHE, A.; AHRING, B. K.; MACARIE, H.; MOLETTA, R.; DOHANYOS, M.; HULSHOFF POL, L.W.; LENS, P.; VERSTRAETE, W. New perspectives in anaerobic digestion. **Rev. Water Science and Technology**. Vol. 43, 1-18, 2001.

XAVIER, C. de N.A.; LUCAS JUNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inoculo. **Engenharia Agrícola**. Vol.30, 212-223, 2010.

ZHANG, C.; XIAO, G.; PENG, L.; SU, H.; TAN, T. The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. **Bioresource Technology**. Vol 129, 170–176, 2013.

Trabalho apresentado em 05/11/2014

Aprovado em 15/03/2015