



## Tratamento do resíduo orgânico residencial urbano através da biodigestão anaeróbia

**Fabiane Granzotto<sup>1</sup>, Minéia Johann Scherer<sup>2</sup>, Éverton Aluicio Weise<sup>3</sup>, Eduarda Holz Bracher<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>UFSM/Universidade Federal de Santa Maria (fabianegranzotto@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>UFSM/Universidade Federal de Santa Maria (mineiaarq@gmail.com)

<sup>3</sup>UFSM/Universidade Federal de Santa Maria (evertoneletrecista@hotmail.com)

<sup>4</sup>UFSM/Universidade Federal de Santa Maria (eduardabracher@yahoo.com.br)

### Resumo

A quantidade de resíduos gerados atualmente é um reflexo do aumento populacional e consumismo, muitas vezes, até desnecessários das pessoas. Os resíduos orgânicos são a maioria entre os resíduos sólidos urbanos gerados. Esses resíduos precisam ser tratados adequadamente para evitar problemas ao ambiente e a saúde das pessoas. O objetivo deste trabalho foi tratar o resíduo orgânico residencial urbano e verificar a eficiência na transformação em biogás e biofertilizante. Foi utilizado um biodigestor tipo indiano no município de Nova Palma, Rio Grande do Sul. A pesquisa ocorreu no período de três anos tendo um acompanhamento diário. A produção média de biogás foi maior no verão para os três anos e foi mais estável no terceiro ano nas diferentes estações. Não houve reagente para coliformes. O estudo apontou que a biodigestão anaeróbia tem potencial em tratar o resíduo orgânico.

Palavras-chave: Resíduo orgânico. Biodigestão anaeróbia. Energias renováveis.

Área Temática: Tecnologias Limpas

## Treatment of urban residential organic waste through anaerobic digestion

### Abstract

*The amount of waste generated nowadays is a reflection of population growth and consumerism, many times, unnecessary by people. Organic waste is the most part of the solid waste generated. This waste need to be treated adequately to avoid environmental problems and health problems in people. The objective was to treat urban residential organic waste and to verify the efficiency of the transformation into biogas and bio fertilizers. A digester of the Indian type was used in Nova Palma, Rio Grande do Sul. The research was developed in the period of three years with a daily monitoring. The average biogas production was higher in the summer for three years and it was more stable in the third year in different seasons. There were no reagents to coliforms. The study found that anaerobic digestion has potential in treating organic waste.*

Key words: Organic residue. Anaerobic digestion. Renewable energy.

Subject Area: Clean Technologies



## 1 Introdução

Nos últimos anos têm aumentado a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) significativamente. Esse crescimento deve-se ao aumento populacional e consequentemente das indústrias e da produção nos mais diferentes setores. Por conta desse crescimento populacional e do consumismo tem-se falado muito no desenvolvimento sustentável neste século. No entanto, se as pessoas e os setores produtivos não estão conseguindo diminuir a geração dos seus resíduos é preciso buscar alternativas para tratá-los. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2012) foram gerados 29,07 bilhões de toneladas de RSU no Brasil no ano 2012, desses 51,4 % foram de matéria orgânica. Nesta fonte foi citado que a maioria dos municípios brasileiros geram 50 % de fração orgânica do total dos RSU e, alguns casos chegam a 60 %. De acordo com, Lino & Ismail (2012), os RSU, em geral, são compostos de matéria orgânica degradável (restos de alimentos, papéis e outros), material orgânico não degradável (plásticos) e material inorgânico (vidro, metal e outro). Percebe-se, com isso, uma grande heterogeneidade de resíduos gerados nas cidades. Neste sentido, o tratamento e a disposição inadequada desses materiais pode gerar muitos problemas entre eles os ambientais e os de saúde pública.

No Brasil as principais formas de tratar o resíduo orgânico são a incineração, a compostagem e a biodigestão anaeróbia. Enquanto que, a disposição final mais utilizada é o aterro sanitário.

Neste trabalho optou-se por usar a biodigestão anaeróbia como forma de tratamento para a matéria orgânica residencial urbana. A escolha desse tipo de tratamento deu-se em função da grande quantidade de resíduo orgânico gerado atualmente, da falta de tratamento e ou destino adequado para esses resíduos e pela busca de fontes alternativas de energias com a produção de biogás.

A biodigestão anaeróbia é um processo fermentativo no qual a matéria orgânica é transformada em biogás e biofertilizante, na ausência de oxigênio. Conforme Jain, et al. (2015) o biogás produzido pode alcançar níveis entre 60 % e 70 % de metano e 30 % e 40 % de dióxido de carbono além de formar um resíduo sólido estável.

O trabalho teve por objetivo tratar o resíduo orgânico residencial urbano e verificar a eficiência na transformação de biogás e biofertilizante.

## 2 Referencial Teórico

A biodigestão anaeróbia é a forma mais adequada para o tratamento de resíduos orgânicos quando se deseja obter como produtos o biogás e o biofertilizante. Esse tipo de tratamento envolve diferentes micro-organismos e reações bioquímicas, sendo dividido em quatro principais sequências de degradação: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (FONSECA & TEIXEIRA, 2007).

Qualquer tipo de material orgânico, na presença de bactérias metanogênicas, tem a capacidade de gerar biogás. A temperatura, o pH, a relação carbono/nitrogênio e a qualidade de cada material é que irão definir a quantidade de biogás a ser produzido, (SGANZERLA, 1983). Além desses, fatores é possível encontrar na literatura trabalhos que consideram, também, como fatores interferentes no processo de biodigestão anaeróbia a composição, tamanho e toxicidade do resíduo; a alcalinidade; o teor de umidade; o tempo de detenção hidráulica, o tempo de retenção hidráulica e o tipo e quantidade de inóculo utilizado.

Os aparelhos biodigestores não produzem biogás, mas propiciam as condições para que um grupo de bactérias metanogênicas degradem o material orgânico e liberem, principalmente, gás metano. O biogás é um gás incolor, inodoro, altamente combustível. Essa combustão apresenta uma chama azul-lilás e, às vezes, com pequenas manchas vermelhas. Sua chama não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano,

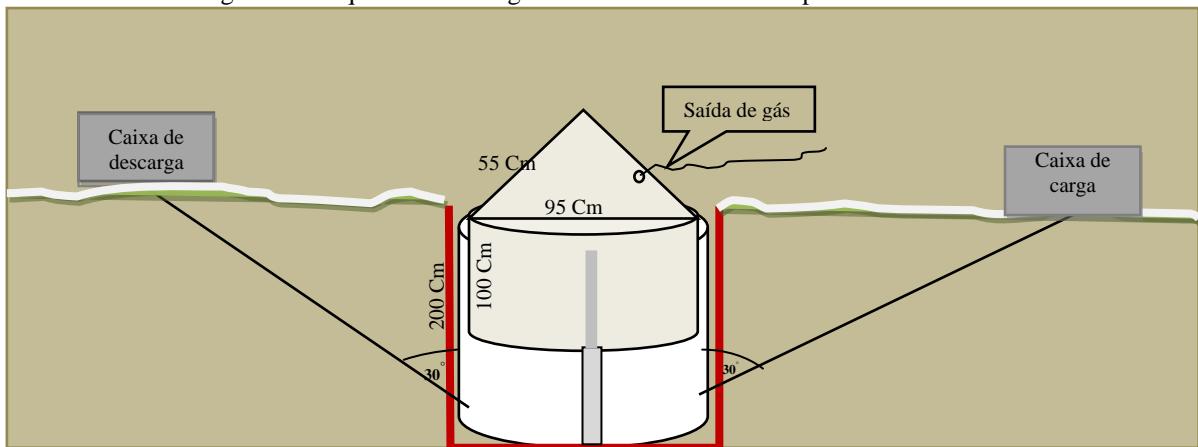


presente no gás de cozinha, (GASPAR, 2003). De acordo com Arruda et al. (2002), a produção do biogás, a partir da biomassa, começa a se processar por volta de 20 dias, aumentando até chegar ao máximo na terceira semana e consequentemente diminuindo lentamente durante o período de fermentação. Para Lucas Junior, Souza & Lopes (2009) o tempo de retenção hidráulica para a produção de biogás ocorre entre 10 e 20 dias e a produção de biofertilizante ocorre entre 50 e 60 dias.

### 3 Metodologia

A pesquisa científica de campo foi realizada no município de Nova Palma, Rio Grande do Sul e consistiu num estudo transversal com pesquisa qualitativa e quantitativa de caráter descritivo. A pesquisa foi realizada durante três anos, abrangendo todas as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno), para melhor avaliar a eficiência do material orgânico residencial urbano na geração de biogás e biofertilizante. Foi construído um biodigestor modelo indiano seguindo a metodologia de Lucas Júnior, Souza & Lopes (2009) com adaptações, conforme esquema da figura 1. O volume útil do biodigestor era de  $0,59\text{ m}^3$  e capacidade de armazenamento de biogás era de  $0,77\text{ m}^3$  com uma necessidade diária de 25 kg de material orgânico para operar na sua capacidade máxima. O funcionamento do biodigestor deu-se em temperatura ambiente.

Figura 1 – Esquema do biodigestor indiano com suas respectivas dimensões



Foi utilizado inóculo de esterco bovino para inocular bactérias metanogênicas e acelerar o início da produção de biogás. O material orgânico foi misturado com água na proporção 1:1 e não foi feita a Trituração do material. O resíduo utilizado era constituído de restos de comida, cascas de frutas e resíduos de horta doados por residências familiares vizinhas. A água adicionada na mistura foi coletada da chuva, pois deve ser livre de sabões e cloro que podem causar à morte das bactérias e prejudicar a produção de biogás.

A quantidade produzida de biogás diariamente foi obtida através da medida da altura de movimentação do gasômetro. Após era efetuada a queima do biogás cronometrando o tempo de queima. Já o biofertilizante era retirado semanalmente e sua quantidade era medida em litros. Durante os três anos de funcionamento do biodigestor indiano foram feitas algumas análises do efluente como o de pH de forma quinzenal. Foi determinado no primeiro e no terceiro ano o número mais provável de coliformes (NMP), em triplicata, seguindo a metodologia de Macedo (2003). No terceiro ano foram feitas análises, em triplicata, de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ),



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), óleos e graxas (O & G) e sólidos totais (ST) para melhor avaliar a eficiência do equipamento no tratamento do resíduo utilizado.

### 4 Resultados e Discussão

A produção de biogás, no primeiro ano, foi observada a partir do vigésimo dia de funcionamento do biodigestor. Enquanto que a queima contínua do biogás ocorreu após quarenta dias do início da produção. Essa demora pela queima contínua do biogás é explicada por Oliveira (1994), onde salienta que nas primeiras semanas a quantidade de gás carbônico é bem superior a do metano e que, aos poucos, tal desproporção acaba desaparecendo. A retirada de biofertilizante começou a ser feita dois meses após o início da queima contínua do biogás (o processo de saída do biofertilizante ocorreu naturalmente conforme a degradação do material orgânico e capacidade do biodigestor). Na sequência o biofertilizante foi retirado semanalmente e abastecido com a biomassa diariamente. Na figura 2 podem ser visualizados o biodigestor indiano seguido da movimentação do gasômetro cheio de biogás, da saída do biofertilizante pela caixa de descarga e a queima do biogás.

Figura 2 – (A) Biodigestor, (B) movimentação do gasômetro, (C) biofertilizante e (D) queima biogás.



Os trabalhos de instalação e abastecimento do biodigestor, assim como, o início da produção de biogás e biofertilizante ocorreram na estação do ano primavera do ano de 2012.

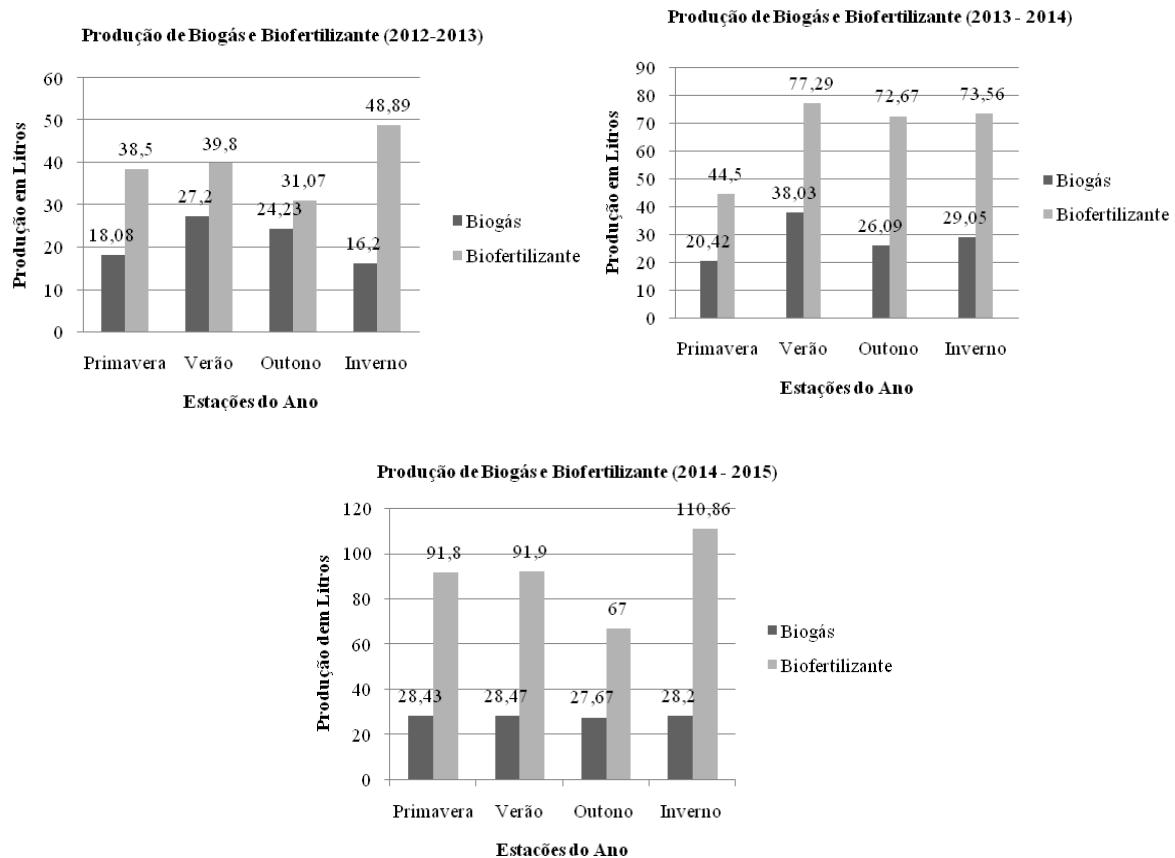
A produção de biogás e biofertilizante durante os três anos de acompanhamento, nas diferentes estações do ano, podem ser observadas na figura 3.



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

Figura 3 – Produção de biogás e biofertilizante nas diferentes estações do ano.



Através dos gráficos é possível observar que no segundo e no terceiro ano obteve-se uma maior produção tanto de biogás quanto de biofertilizante. Isso pode ter influencia do tempo de aclimatação tanto dos micro-organismos quanto do próprio funcionamento do biodigestor no seu primeiro ano de operação. A produção total de biogás no primeiro ano foi de 77,71 L, no segundo ano foi de 113,59 L e no terceiro ano foi de 112,77 L. Enquanto que a produção total de biofertilizante no primeiro ano foi de 158,26 L, no segundo ano foi de 268,02 L e no terceiro ano foi de 361,56 L. A produção de biogás foi mais estável no terceiro ano nas diferentes estações observadas. Foi verificado a interferência das estações do ano na produção de biogás e biofertilizante. Porém, a estação do ano com maior produção de biogás durante os três anos foi o verão. No primeiro e no terceiro ano a estação do outono foi a mais homogênea na produção de biogás e biofertilizante. Amorim, Lucas Junior & Resende (2004), estudaram a produção de biogás a partir de dejetos de caprinos com um biodigestor modelo batelada nas diferentes estações do ano e observaram influência dos tempos climáticos. Nesse estudo os autores verificaram que a produção de biogás era antecipada ou retardada no início da produção de biogás sendo que, obtiveram os melhores resultados de produção para as estações do ano verão e outono e as piores inverno e primavera.

O pH apresentou maior acidez no primeiro ano de funcionamento, principalmente, nas estações da primavera, início do funcionamento do equipamento, e no inverno em função do tipo de material utilizado (mais cítricos) e das baixas temperaturas. Nesse primeiro ano, nessas estações do ano o pH variou de 5,0 a 5,8. Durante o primeiro ano o pH variou de 5,0 a 7,5.

A estabilidade maior do pH ocorreu no terceiro ano de operação do equipamento variando de 6,5 a 7,8. Essa fase metanogênica mais homogênea do pH pode ter influenciado a



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

maior estabilidade de produção de biogás nas diferentes estações do ano desse ano. Para Liu, et al. (2008), as bactérias metanogênicas são mais sensíveis à variação de pH e a faixa ótima para biodigestão anaeróbia varia de 6,5 a 7,6.

A média para os parâmetros avaliados no terceiro ano foram de para: NTK 329 mg.L<sup>-1</sup>, DQO foi de 705 mg.L<sup>-1</sup>, DBO<sub>5</sub> 492 mg.L<sup>-1</sup>, O&G 278 mg.L<sup>-1</sup>, ST 4425,13 mg.L<sup>-1</sup>. Os valores encontrados são satisfatórios. Porém, se for observada as resoluções tanto do CONAMA nº. 357/2005 quanto a do CONSEMA nº. 128/2006 esses valores do efluente ainda são considerados altos para serem lançados, por exemplo, em águas superficiais dentro do estado do Rio Grande do Sul. Em relação ao teor de óleos e gaxas os autores Angelidaki & Ahring (1992) consideram como concentração ideal até 200 mg.L<sup>-1</sup> para que o funcionamento da biodigestão anaeróbia ocorra. Neste trabalho o valor médio para óleos e graxas foi um pouco acima do considerado ideal pelos autores Angelidaki & Ahring (1992) mas, não se acredita que isso tenha influenciado no funcionamento do processo.

Já o número mais provável de coliformes avaliado no primeiro e no terceiro ano não apresentou reagentes.

Durante a pesquisa o biogás foi queimado e usado para aquecer água e o biofertilizante foi aplicado em flores e frutíferas.

## 5 Conclusões

Neste estudo, pode-se concluir que o material orgânico residencial urbano mesmo apresentando grande heterogeneidade de material é eficiente na produção de biogás e biofertilizante. Com o passar dos anos observou-se que a produção tanto de biogás quanto de biofertilizante aumentaram o que pode indicar uma maior estabilidade do funcionamento do equipamento. Foi observado que as estações do ano influenciam no processo de biodigestão anaeróbia e que para garantir um bom funcionamento desse processo é necessário acompanhamento diário. Desta forma, a biodigestão anaeróbia é um tipo de tratamento que pode ser utilizado para melhor destinar o resíduo orgânico residencial urbano e gerar biogás e biofertilizante.

## Referências

- ANGELIDAKI, I. & AHRING, B. K., 1992. Effects of free long - chain fatty acids on thermophilic anaerobic digestion. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 37, 808 - 812.
- AMORIM A. C.; LUCAS JUNIOR, J. & RESENDE, K. T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.16-24, jan./abr. 2004.
- ARRUDA, M. H, et al. Dimensionamento de biodigestor para geração de energia alternativa. **Revista Científica de Agronomia** da Faculdade de Agronomia e engenharia florestal, Garça, ano I. nº 2, dez. 2002.
- ABRELPE. (2012), Associação de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, p. 116.
- FONSECA, M. M. & TEIXEIRA, J. A. **Reactores Biológicos fundamentos e aplicações**. Editora: Lidel, p. 520, 2007.



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestor em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor:** um estudo de caso na região de Toledo, PR, 2003. 106 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.

JAIN, S., et al., (2015). A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 52, 142–154.

LINO, F. A. M., & ISMAIL, K. a R. (2012). Analysis of the potential of municipal solid waste in Brazil. **Environmental Development**, 4(1), 105–113.

LIU, C., et al. Prediction of methane yield at optimum pH for anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. **Bioresource Technology**. v. 99, p. 882–888, 2008.

LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C. F. & LOPES, J. D. S. **Construção e operação de biodigestores.** Viçosa, MG, CPT, 2009. 158p.

MACEDO, J. A. B. (2003). **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas.** Belo Horizonte: Macêdo, p. 172-181.

OLIVEIRA, P. A. V. Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos. In: Simpósio Latino-americano de Nutrição de Suínos, 1994. **Anais....**, p. 27-40.

SGANLERLA, E. **Biodigestor:** uma solução. Porto Alegre, Agropecuária, 1983, 88p.