

Desenvolvimento de uma unidade biodigestora doméstica automatizada

Development of an automated domestic biodigester unit

RESUMO

Luana Roberta Rabello
luanar@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

Michele Di Domenico
micheled@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

Vinicius Fröner Lacerda
vinlac@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

A problemática causada entre o crescimento populacional e o consumo desenfreado da sociedade atual é o aumento do consumo de energia e também do descarte de resíduos. O grande aumento do descarte de resíduos faz com que seja necessária uma maior área nos aterros sanitários além do desenvolvimento de tratamentos específicos para cada tipo de resíduo gerado. Existe ainda a necessidade de produzir cada vez mais energia para suprir as demandas tanto industriais, comerciais quanto as domésticas. Os biodigestores são equipamentos que possuem solução para ambos os problemas, tem grande função social além de serem altamente sustentáveis. Esses equipamentos são responsáveis pela diminuição de rejeitos encaminhados aos aterros sanitários e a minimização dos impactos ambientais, além da geração de gases que podem ser utilizados em diversos setores, como aquecimento e até mesmo para queima, como o gás de cozinha. Nesta vertente sócio-econômica, os biodigestores são responsáveis pela geração de renda devido ao consumo e utilização dos produtos gerados no processo de biodigestão. Logo, este trabalho traz como objetivo o projeto e desenvolvimento de um biodigestor de nível doméstico, o qual apresente baixo custo, fácil manuseio e que seja automatizado.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor. Automatização. Biogás

Recebido: 03 set. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The problem caused between population growth and the rampant consumption of today's society is the increase in energy consumption and also in waste disposal. The large increase in waste disposal makes it necessary to have a larger landfill area in addition to specific treatment for each type of waste generated. There is also a need to produce more and more energy to suppress both industrial, commercial and domestic demands. Biodigesters are devices that have a solution to both problems, have a great social function and are highly sustainable. This equipment is responsible for the reduction of waste sent to landfills and the minimization of environmental impacts, in addition to the generation of gases that can be used in various sectors, such as heating and even for burning as cooking gas. In this socio-economic aspect, the biodigesters are responsible for generating income due to the consumption and use of products generated in the biodigestion process. Therefore, this work aims to design and develop a biodigester of domestic level, which presents low cost, easy handling and which is automated.

KEYWORDS: Biodigester. Automation. Biogas



INTRODUÇÃO

No século XX, o Brasil experimentou grandes mudanças estruturais nos processos de urbanização, metropolização, conurbação, industrialização e, principalmente, no crescimento populacional (FRESCA, 2007). Todos esses processos levaram a um aumento na produção e no consumo de bens, e a consequente geração de resíduos.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) criada e aprovada pelo congresso em 2010 foi o marco de regulamentação do chamado “ciclo do lixo”, no qual se dispõe de punições e das obrigações em toda esta esfera. A PNRS (2010) trouxe a exigência da separação, acomodação, coleta seletiva, tratamento do resíduo, sua disposição final e/ou sua reciclagem, além de classificar os tipos de resíduos através de suas atividades produtivas, como por exemplo, os resíduos sólidos urbanos, domiciliares, comerciais, industriais, de construção civil, hospitalares, dentre outros.

Os resíduos destinados à reciclagem são integrados a um novo processo industrial, no qual podem servir de matéria-prima para a elaboração de novos produtos e seu posterior consumo. Já os resíduos orgânicos necessitam de um processo de tratamento de estabilização (fermentação) antes de sua destinação final. Neste processo há a geração de gases, os quais, podem ser utilizados como fonte energética.

Parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) são provenientes de residências, prédios e condomínios, sendo estes chamados de resíduos domiciliares. Esse tipo de resíduo pode variar de muitas formas, e, segundo Manzano (2016), são restos de alimentos, papéis, plásticos, vidros, metais e resíduos sanitários.

Observa-se cada vez mais uma necessidade de meios de tratamento de resíduos e rejeitos e da manutenção e obtenção matrizes energéticas para suprimento dos processos produtivos. Atualmente, a utilização de painéis solares tornou-se o destaque para sustentabilidade. Entretanto, a geração de energia através de outros meios pode ser tão vantajosa quanto a geração de energia solar. Uma solução que pode ser altamente competitiva com a geração solar é a geração de energia por meio da biodigestão, uma vez que esta trata os resíduos gerando o biogás.

A destinação ecológica da matéria orgânica, seja ela proveniente de animais ou vegetais, pode ser feita através de câmaras de fermentação e/ou compostagem. A utilização de biodigestores é uma solução para o melhor aproveitar todos os produtos e resíduos deste processo. Segundo a Alves et al., (1980) o biodigestor dá um melhor destino aos materiais, não só para a obtenção de gás de forma bastante econômica, mas também pela produção de adubo orgânico para fertilização do solo.

De acordo com Deganutti et al. (2002), o biogás é o produto resultante da fermentação, na ausência do ar, de dejetos animais, resíduos vegetais e de lixo orgânico industrial ou residencial, em condições adequadas de umidade. A reação desta natureza é denominada digestão anaeróbica. Os microrganismos são responsáveis pela fermentação, ou seja, degradam os substratos (resíduos), liberam gases metanogênicos e produzem produtos altamente nutritivos para solos e plantas (adubo). O biogás produzido em biodigestores é obtido através de

fermentações anaeróbicas por bactérias, o qual apresenta um altíssimo saldo energético, uma vez que não é necessário a realização de gasto de energia para obtenção da bioenergia.

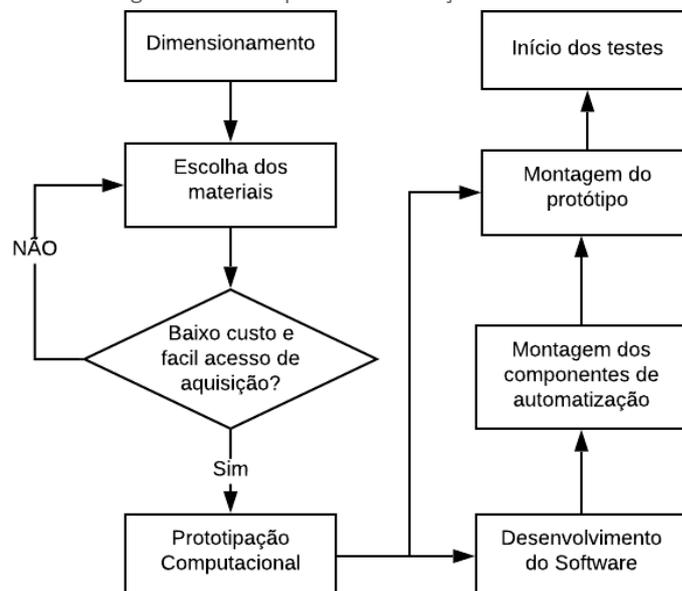
Os biodigestores são preparados para operarem com diversos resíduos. O tratamento utilizando biodigestores evita que ocorra contaminação de solos e corpos hídricos, sendo possível tratar desde dejetos, esgoto e até restos de frutas, carcaças de animais, folhas e troncos. Segundo Metz (2013) o biodigestor apresenta vantagens interessantes para a questão ambiental. No Brasil, os biodigestores estão presentes em sua maioria, no meio rural, onde apresentam como vantagens a degradação da matéria orgânica dos currais, redução dos odores, diminuição de moscas no local, redução de coliformes superior a 99%, bem como a possibilidade de aproveitamento do biogás produzido como combustível e uso do lodo como fertilizante.

A motivação deste trabalho dá-se pela facilidade da construção de unidades biodigestoras e sua difusão como solução para o tratamento de pequenas quantidades de resíduos domiciliares os quais podem ser tratados para geração de biogás e biomassa, diminuindo o volume lançado nos aterros sanitários. Logo, o objetivo deste estudo é o projeto e desenvolvimento de uma unidade biodigestora automatizada e inteligente de baixo custo que possibilite a monitoração e controle de fatores importantes para a geração de biogás. Ainda, é desejado que a unidade ocupe o menor espaço possível nas residências e possibilite a fácil utilização de seus produtos como matriz energética individual, assim como na geração de energia por placas solares.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste projeto, inicialmente foi criado um fluxograma (Figura 1) contendo as etapas necessárias para que a concepção do produto final – o biodigestor – com características de baixo custo, portabilidade e alta eficiência.

Figura 1 – Fluxograma das etapas de elaboração da unidade biodigestora.



Fonte: Autoria própria (2020)

O dimensionamento do biodigestor foi realizado utilizando a Eq. (1) descrita por Santos et al. (2016). Esta equação utiliza da carga diária de matéria orgânica alimentada na unidade e o tempo de retenção médio do substrato (tempo que o substrato demora para ser degradado) para dimensionar o melhor volume para a unidade e a realização da estimativa de viabilidade do projeto.

$$VB = VC \cdot TRH \quad (1)$$

Na qual VB é o volume do biodigestor (m³), VC é o volume de carga diária de matéria orgânica + água (m³/dia) e TRH é o tempo de retenção hidráulica (dias).

A estimativa de produção potencial de biogás pela unidade biodigestora foi calculada utilizando a Eq. (2) também descrita no trabalho de Santos et al. (2016), levando em consideração a quantidade de matéria seca e a quantidade de água.

$$V = (VC \cdot VM)/VB \quad (2)$$

Na qual os parâmetros VB e VC se repetem da Eq. (1), VM é o volume de biogás produzido para cada 1 m³ de biomassa e V é o volume de biogás produzido (m³).

Para a escolha dos materiais utilizados na construção da unidade biodigestora, foi realizada uma pesquisa de mercado local com os possíveis materiais para cada um dos componentes do equipamento, levando em conta sua qualidade comercial e seu custo associado.

A elaboração (projeto) da unidade biodigestora foi realizada através de um desenho industrial do produto utilizando o *software* Autodesk Fusion 360® o qual trouxe os parâmetros para elaboração da unidade de biodigestão caseira de baixo custo. O desenho tomou como base as dimensões dos materiais escolhidos.

O sistema de automação e monitoramento da unidade utiliza como central de controle uma placa Raspberry Pi a qual é uma placa muito difundida e com tecnologia *opensource*. Esta tecnologia facilita ainda mais o acesso a esse tipo de componente e a futuras atualizações além de a placa apresentar comunicação de rede, responsável pela leitura, registro e comando dos sensores e componentes embarcados.

O *software* de IA (inteligência artificial) foi desenvolvido em Java com comunicação a um banco de dados em MySQL, o qual possui as tabelas de registro de cada variável de controle do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cálculos de dimensionamento do biodigestor levaram em conta os dados da pesquisa de desperdício de alimentos realizada pela Embrapa (2018) considerando esse volume diário como alimentação do biodigestor além de volume equivalente de água, sendo este aproximadamente 0,00066 m³ de alimento. O tempo de retenção hidráulica foi considerado o tempo médio de 40 dias, sendo assim foi encontrado o volume ideal de 0.0528m³ para o biodigestor.

A estimativa potencial de produção de biogás foi feita utilizando os dados da pesquisa de Kretzer et al. (2017), que traz a produção de biogás para diversos alimentos, sendo adotado neste trabalho o tratamento no qual houve a maior diversidade de resíduos. O volume médio de produção de gás por quantidade de

alimento foi considerado como sendo igual a $0,0063 \text{ m}^3$, sendo assim o volume de biogás esperado é de aproximadamente $0,252 \text{ m}^3$.

Os materiais escolhidos para a construção do protótipo foram àqueles de fácil acesso e de baixo custo de aquisição. O desenho do projeto (Figura 2) com base nos materiais adquiridos para elaboração da unidade biodigestora descritos na Tabela 1 serve como guia de montagem da unidade, o qual poderá posteriormente ser adaptado para melhorias do projeto.

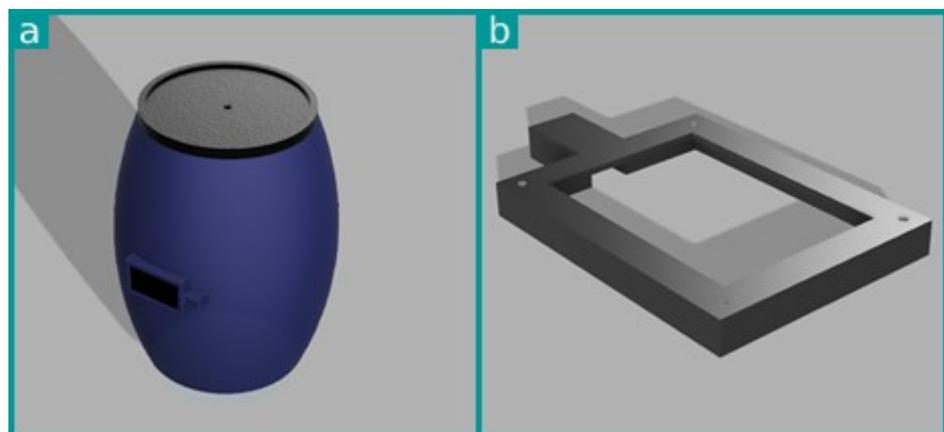
Tabela 1 – Materiais escolhidos para construção da unidade biodigestora.

Componente	Quantidade	Preço
Adaptador de rosca solda	2	1,35
Raspberry Pi	1	35,75
Bombona PVC	1	120,00
Câmara de ar	1	15,00
Componentes embarcados	4	43,00
Flange PVC	4	3,60
Joelho PVC	6	0,95
Mangueira de silicone	2	4,00
Registro de gás	1	60,00
Registro em PVC	1	7,00
Solda PVC	1	20,00
Terminal cap PVC	3	0,80
Tubulação PVC	1	6,50

Fonte: Próprio autor (2020).

A elaboração da unidade biodigestora foi feita de uma modelagem de produto 3D através do *software* Autodesk Fusion 360® (Figura 2) o qual trouxe os esquemas de montagem da unidade de biodigestão caseira de baixo custo.

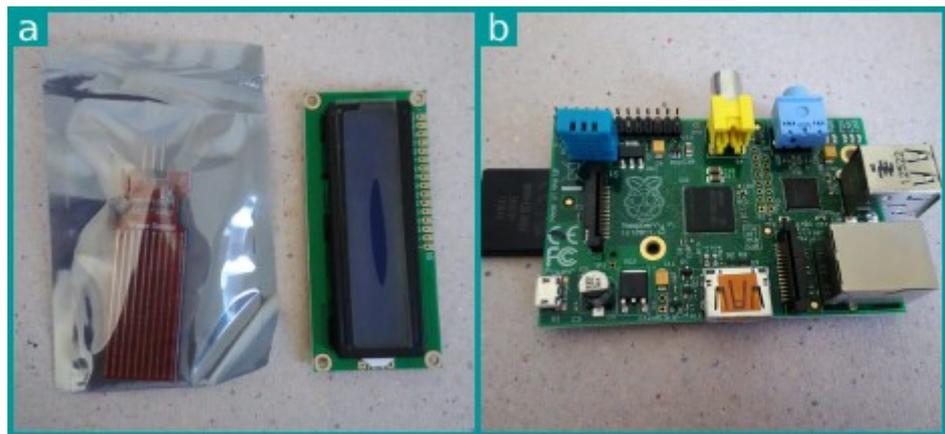
Figura 2 – (a) Protótipo digital do biodigestor (b) Caixa de comando em ABS



Fonte: Autoria própria (2020)

Os sensores de temperatura, pressão, gasômetro e umidade, os quais ficarão acoplados no interior da unidade biodigestora para realizar as medições dos parâmetros, são mostrados na Figura 3 (a) o sensor de umidade e o *display LCD*. A placa lógica central mostrada na Figura 3 (b) será acoplada na face externa do biodigestor, com caixinha impressa em 3D com filamento ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e espaço para o *display LCD* analógica para visualização rápida dos parâmetros.

Figura 3 –(a) Sensor de água (umidade) a direita e *display LCD* a esquerda (b) Placa lógica (Raspberry PI).



Fonte: Autoria própria (2020)

O *software* de comunicação foi desenvolvido em linguagem Java, o qual se comunica com um banco de dados estruturado em MySQL, possibilitando o registro temporal de cada um dos parâmetros e suas impressões gráficas (Figura 4). O sistema ainda dá a possibilidade da comunicação via rede local podendo ser conectada a *smartphones* e a outros sistemas de geração de energia, como os *softwares* de energia solar.

Figura 3 – Imagem do protótipo do aplicativo de leitura de dados



Fonte: Autoria própria (2020)

Por conta da pandemia causada pelo Sars-CoV-2 e ao fechamento das instalações laboratoriais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, de forma temporária, por motivos de segurança, a montagem do protótipo físico e início dos testes de funcionamento serão realizados em trabalhos futuros. Os empecilhos causados pela pandemia valida ainda mais a necessidade de equipamentos como o proposto neste projeto para auxiliar na redução dos resíduos, uma vez que segundo Araújo e Silva (2020) a geração de resíduos sólidos domiciliares aumentou de 15 a 25% neste período, enquanto que em unidades de atendimento de saúde o aumento foi de 10 a 20%.

Como perspectiva futura, espera-se ainda a integração direta a central de gás para a utilização deste combustível para os fins de aquecimento e queima doméstica (fogão).

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a grande importância do uso e necessidade da construção de biodigestores de pequeno porte voltado para residências urbanas. A unidade biodigestora pode elucidar diversos problemas que vão desde o acondicionamento até a deposição final dos rejeitos orgânicos domésticos, além de auxiliar na geração de energia pelas matrizes energéticas. Dos diversos tipos de biodigestores domésticos existentes, o equipamento desenvolvido neste trabalho apresenta como inovação o quesito da automação e controle. Mesmo no meio rural onde o uso de grandes biodigestores é difundido existe uma pequena parcela destes que trabalham com sistemas automatizados. Pensando a nível doméstico, um sistema automatizado e monitorado pode auxiliar no cotidiano do indivíduo, uma vez que mesmo para pessoas mais leigas o sistema ajuda na tomada de decisões. A construção do protótipo em nível computacional não apresentou grandes dificuldades, entretanto, sua construção física pode trazer alguns problemas, como por exemplo, a diversificação de bombonas encontradas, a resistência dos materiais utilizados, bem o correto funcionamento do sistema de controle projetado.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. D. O. et al. **Biodigestores – Fonte renovável de energia**. VII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, Unicesumar, Maringá, 21 a 24 Outubro 2014.

ALVES, S. D. M.; DE MEIO, C. F. M.; WISNIEWSKI, A. **Biogás, Uma alternativa de energia no meio rural**. EMBRAPA-CPATU, Miscelânea 4, Belem, 1980

ARAÚJO, E. C. D. S.; SILVIA, V. F. **A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do COVID-19**. GeoGraphos. Revista Digital para Estudantes de Geografía y Ciencias Sociales., v. 11, n. 129, Agosto 2020. ISSN 2173-1276

DEGANUTTI, Roberto et al. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.

EMBRAPA. Pesquisa revela que família brasileira desperdiça 128 quilos de comida por ano. Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37863018/pesquisa-revela-que-familia-brasileira-desperdica-128-quilos-de-comida-por-ano>. Acesso em: 27 Agosto 2020.

FRÉSCA, Fábio Rogério Carvalho. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KRETZER, S. G. et al. **Produção de biogás com diferentes resíduos orgânicos de restaurante universitário**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 5, n. 4, p. 551 - 565, 2017.

MANZANO, M. C. R. **Classificação e tipos de resíduos sólidos**. Info Escola, 2016. Disponível em: <https://www.infoescola.com/ecologia/residuos-solidos>. Acesso em: 29 Agosto 2020.

METZ, HUGO LEONARDO. **Construção de um biodigestor caseiro para demonstração de produção de biogás e biofertilizante em escolas situadas em meios urbanos**. Tese (Pós Graduação) Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PNRS, B. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm#:~:text=L12305&text=LEI%20N%C2%BA%2012.305%20C%20DE%202%20DE%20AGOSTO%20DE%202010.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,1998%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 25 agosto 2020.

dos Santos, S. J., Santos, E. L., Santos, E. L., Barbosa, J. H., Junior, D. A. P., da Conceição Pontes, E., Santana Filho, E. **Construção de um biodigestor caseiro como uma tecnologia acessível a suinocultores da agricultura familiar**. Pubvet, v. 11, p. 207-312, Maringá, 2016.