

CPS - Centro Paula Souza
Etec Padre José Nunes Dias
Técnico em Agropecuária

BIODIGESTOR

Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia¹

Eliani Ferreira Lopes²

Jorge Luis De Melo Garcia³

Maria Eduarda Lopes Da Costa⁴

Thamires Caldeira Neres⁵

Verônica Cristina Prestes Bueno⁶

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre o manejo de dejetos suínos por meio de biodigestores, visando à produção de energia, fertilizantes e à prevenção da poluição ambiental, evitando também a geração de resíduos. Os primeiros biodigestores do mundo foram inventados em 1806, na Inglaterra, por Humphrey Davy. Ele identificou a produção de um gás rico em carbono e dióxido de carbono como resultado da decomposição de dejetos animais em ambientes úmidos. Um biodigestor é composto essencialmente por uma câmara fechada contendo biomassa, a qual passa por fermentação anaeróbica, sem a presença de ar. Esse processo resulta na liberação de biogás e na produção de biofertilizante. Atualmente, o modelo mais difundido no Brasil é o chamado 'Modelo canadense', fabricado em manta de PVC. Esse modelo oferece menor custo e instalação mais simples em comparação com os modelos antigos, sendo viável para propriedades de diferentes tamanhos. A digestão anaeróbica ocorre no biodigestor anaeróbico, um processo de degradação, transformação e decomposição da matéria orgânica. O resultado desse processo é o biogás, uma fonte aproveitável de energia, e o biofertilizante, um recurso valioso para a fertilização do solo.

PALAVRAS-CHAVE: biodigestor; biogás; biofertilizante.

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas são um problema atual, as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) alteram as propriedades físicas e químicas da atmosfera e ameaçam o equilíbrio natural da biosfera e a qualidade de vida no planeta. A busca por fontes renováveis e limpas surge como uma alternativa para prevenir, controlar e aliviar os problemas causados pelos gases de efeito estufa. A biomassa é uma das maiores fontes de energia disponíveis nas áreas rurais e agroindustriais (COLATTO; LANGER, 2011).

Os problemas ambientais gerados com o descarte de restos animais "*in natura*" no interior das propriedades rurais residem no fato de terem deliberado por explorações em regime de confinamento e o volume total de dejetos produzidos, que antes eram distribuídos na área destinada a exploração extensiva, foi limitada a pequenas áreas. Resíduos que podem ser facilmente descartados com a implantação de um biodigestor, servem como destino para esses resíduos, onde são tratados e obtidos para outros fins dentro do empreendimento rural. Além disso, aumentou a demanda por produtos de origem animal e aumentou o uso de tecnologia (mecanização das operações, melhor alimentação do rebanho, controle mais eficaz de doenças, etc.), o que resultou em um aumento no número de rebanhos, acompanhado por um crescimento muito alto de produtividade (SILVA et al, 2014).

A utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o tratamento dos dejetos de animais, pela sua estabilização através da ação de microrganismos anaeróbicos, o que cria um sistema ecológico delicadamente equilibrado onde cada microrganismo tem a sua função essencial. Além de produzir gás, que pode ser convertido em eletricidade, o biodigestor também produz biofertilizante. Além disso, reduz potencialmente a poluição ambiental, redução de odores, moscas e parasitas (FRIGO, 2015). Para este tipo de fermentação podem ser utilizados dejetos humanos, bovinos, suínos, equinos, caprinos, aves, efluentes domésticos, vinhaça, plantas herbáceas, resíduos agrícolas e capins em geral. Nesse sentido, as bactérias trabalham silenciosamente em benefício do progresso e conforto humano, produzindo energia, fertilizando o solo e evitando a contaminação da água e do solo (ALVES, PAULA, apud ARRUDA et al, 2002).

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

Uma opção de produção de energia de baixo custo que tem apresentado resultados favoráveis e já é difundida em diversos países é o biogás. Embora os processos de obtenção de biogás sejam conhecidos há muito tempo, apenas recentemente eles foram desenvolvidos em maior escala sem objetivos práticos, com o objetivo de utilizá-lo como fonte de energia. A partir de 1976, intensificaram-se os estudos relacionados ao seu uso (DEGANUTTI et al., 2002).

2. OBJETIVO

O projeto de pesquisa tem como objetivo geral apresentar informações e levantamentos técnicos sobre o uso do biodigestor no Brasil e no mundo e possui como objetivos específicos demonstrar técnicas de elaboração do mesmo, explicar sua importância econômica, tornando assim um assunto de extrema importância, relevância e pertinência para o curso de Agropecuária e para o mercado consumidor.

Quanto ao objetivo, percebe-se que foi realizado um levantamento bibliográfico, a fim de descrever os conhecimentos mais atuais já catalogados pela ciência sobre as técnicas de desenvolvimento do biodigestor, que é o assunto principal da pesquisa.

3. METODOLOGIA

O presente artigo tem como finalidade descrever os processos referentes a Biodigestores utilizando diferentes dejetos animais e humanos e comparar os resultados por meio da utilização de artigos científicos, extraídos dos devidos canais de busca na internet como Google acadêmico, Scielo e governo federal redigidos no período entre 2002 à 2022, buscando através de referencial teórico e experimental desenvolver técnicas de transformações da matéria-prima em biomassa e biogás, bem como a história por trás do processo e sua finalidade. O projeto foi desenvolvido na escola Etec - Padre José Nunes Dias, no município de Monte Aprazível.

4. DESENVOLVIMENTO

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

4.1 Histórico dos biodigestores no Brasil e no mundo

Em 1630 o primeiro registro científico do biogás foi atribuído a Jan Baptista Van Helmont, que descobriu o desenvolvimento de gases inflamáveis pela decomposição de matéria orgânica. Alguns evidenciam que Thomas Shirley realizou essa descoberta em 1667, no Reino Unido, qual denominou de biogás ou gás dos pântanos. Anos mais tarde identificou-se que suas descobertas foram baseadas nos estudos de Van Helmont. (LOSSEL, 2011 Apud AQUINO, 2013). No entanto, a presença de metano no gás só foi reconhecida um século depois pelo físico italiano Alessandro Volta. No século XIX, Ulysse Gayon, aluno de Louis Pasteur, realizou uma fermentação anaeróbica de uma mistura de esterco e água a 35 °C, que conseguiu obter 100 litros de gás por metro cúbico de massa (CORREA, 2018).

Nogueira (1986) Apud Palhares (2007) relata que os primeiros biodigestores do mundo foram inventados em 1806 na Inglaterra pelo químico inglês Humphrey Davy, onde identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, produzido pela decomposição de dejetos animais em locais úmidos. Observa-se que os chineses buscaram nessa tecnologia o biofertilizante necessário para a produção de alimentos. Já naquela época, os indianos precisavam de biodigestores para cobrir o enorme déficit de energia. Segundo Palhares (2008) Apud Almeida (2008) pesquisadores como Fisher e Schrader em 1857 na Alemanha e Grayon na França, entre outros, estabeleceram os fundamentos teóricos e experimentais da biodigestão anaeróbia. Mais tarde, em 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para a cidade de Exeter, na Inglaterra, o gás produzido foi utilizado para iluminação pública.

Segundo Correa (2018), em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar as pesquisas e experimentos de seus alunos à Academia de Ciências, considerou que essa fermentação poderia ser uma fonte de aquecimento e iluminação. Na Índia, a ideia do uso do metano já era uma realidade em 1859, quando foram realizadas as primeiras experiências com o uso direto do biogás no país.

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

O desenvolvimento de biodigestores começou na Índia em 1939; O Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola em Kanpur criou a primeira usina de energia movida a gás usando esterco como matéria-prima. Graças a esse sucesso, os indianos continuaram suas pesquisas e em 1950, criaram o Gobar Gas Institute, responsável pelo desenvolvimento do modelo indiano de biodigestor, que produz mais biogás e aumenta o aproveitamento do material utilizado. Esses resultados espalharam a mensagem de que um biodigestor seria a solução para vários problemas humanos, pois a tecnologia utiliza dejetos orgânicos para produzir biogás e abastece o produtor com fertilizante para adubar as lavouras, promovendo assim um ciclo sustentável. (TOLEDO; PROENÇA, 2022).

Esse tema passou a ser discutido com mais destaque apenas na década de 1940, impulsionado pela crise energética provocada pela Segunda Guerra Mundial. Durante e após os conflitos, alemães e italianos desenvolveram técnicas de extração de biogás a partir de estrume e resíduos de colheitas. Nas últimas décadas, o biogás passou a ser visto não apenas como um subproduto da digestão anaeróbia, mas tornou-se alvo de intensas pesquisas impulsionadas pelo aquecimento da economia nos últimos anos e pelo forte aumento dos preços dos combustíveis fósseis. (CORREA, 2018).

4.1.1 Tipos de biodigestores

4.1.1.1 Biodigestor Indiano

Sendo construído totalmente por alvenaria e estando quase que no solo é considerado o mais rústico entre os biodigestores. (GASPAR 2003 Apud FILHO; SOUZA, 2019). O modelo indiano tem umas das maiores vantagens sobre o biodigestor chinês, pois ele não apresenta limites nas condições do solo, sendo capaz de ser inserido em solo pedregoso e encharcado. (DEGANUTTI et al. 2002 Apud BEZERRA, et al, 2014).

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

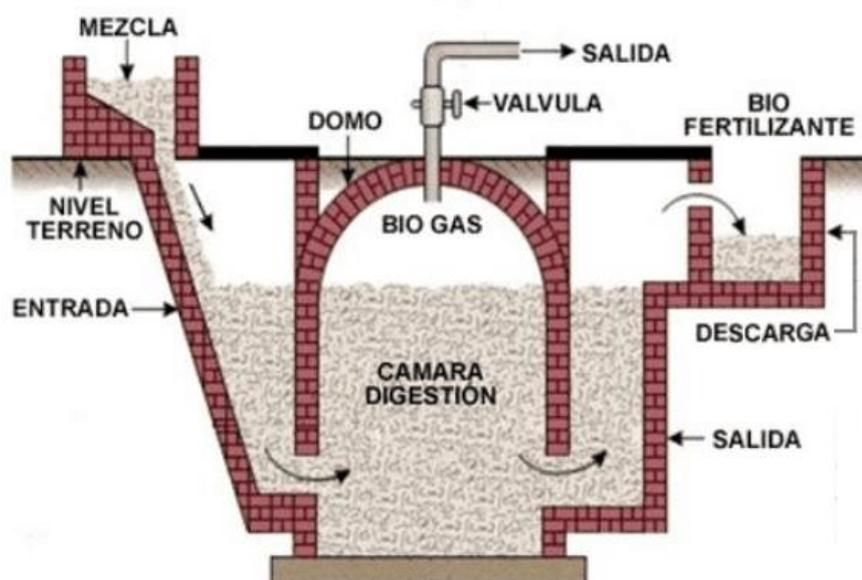


Figura 1. <https://www.engquimicasantosp.com.br/2012/07/biodigestores.html>

O Modelo indiano é distinguido pela sua tampa conhecida por gasômetro, que será capaz de ser mergulhada na biomassa no interior da câmara de fermentação ou acima da lâmina d'água externa. (ARAÚJO, 2017).

O modelo indiano tem pressão de operação constante, ou seja, como o volume de gás produzido não é consumido imediatamente, o medidor de gás tende a se mover verticalmente e aumentar seu volume, mantendo assim a pressão interna constante. O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano deve ter uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8% para facilitar a circulação do resíduo dentro da câmara de fermentação e evitar o entupimento das linhas de entrada e saída do material. (DEGANUTTI; et al, 2002).

Ele é estruturado de maneira muito simples e rápida, mas devido ao gasômetro ser de metal tem um custo mais alto, além do mais a distância da propriedade pode complicar, assim, alterando o valor e se tornando mais caro o deslocamento impedindo a implantação desse modelo. (JORGE e OMENA, 2012 Apud FRIGO et al 2015).

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

4.1.1.2 Biodigestor Batelada

O biodigestor batelada consiste em cilindros, medidores de gás flutuantes e estruturas guias de medidores de gás, que podem ser sistema de trava e polia. Sua instalação pode ser apenas uma lagoa anaeróbica ou vários tanques são conectados em série. Quando a biomassa está disponível para por períodos mais longos, por exemplo, frangos de corte podem fornecer sua biomassa depois de vender os animais e limpar o galpão. No modo batch, a produção de biogás aparece na forma de picos, um abastecimento, maior tempo de fermentação (FRIGO et al 2015).

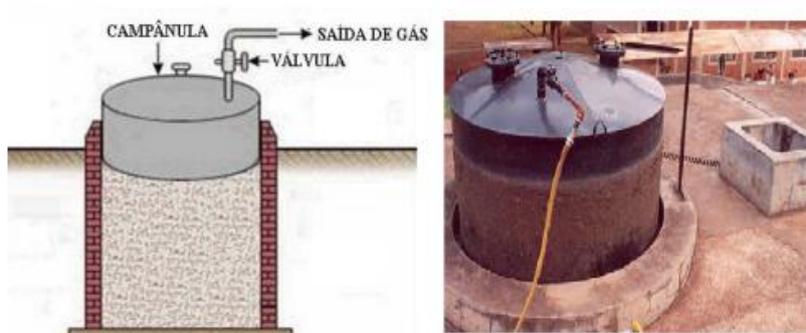


Figura2 https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153157/marcucci_lw_me_bot.pdf?sequence

≡3

Esse tipo de biodigestor usa um método que é a reciclagem semelhante a compostagem que se constitui na formação da decomposição de matéria orgânica, podemos a chamar de biodigestão anaeróbica ou fermentação anaeróbica, esse processo é realizado por consorcio de microrganismos (MARCUCCI, 2018).

São mantidos fechados por um certo tempo adequado, tornando-se a matéria orgânica fermentada descarregada em seguida. Exige um simples trabalho operacional. Seu estabelecimento poderá ser um tanque anaeróbico ou em diversos tanques, mas antes de tudo dependera das demandas de biogás, da flexibilidade e da qualidade da matéria-prima que será utilizada (QUEIROZ, 2003).

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

4.1.1.3 Biodigestor Chinês

O biodigestor chinês é construído quase inteiramente em alvenaria. É constituída por uma câmara cilíndrica onde decorre a fermentação, tem uma cobertura abobadada, impermeável e destina-se ao armazenamento de biogás. Seu funcionamento é baseado no princípio de uma prensa hidráulica, deste modo, aumentos de pressão no interior do biogás resultarão em deslocamentos dos efluentes na câmara de fermentação para a caixa de saída (ALVES; et al, 2014).

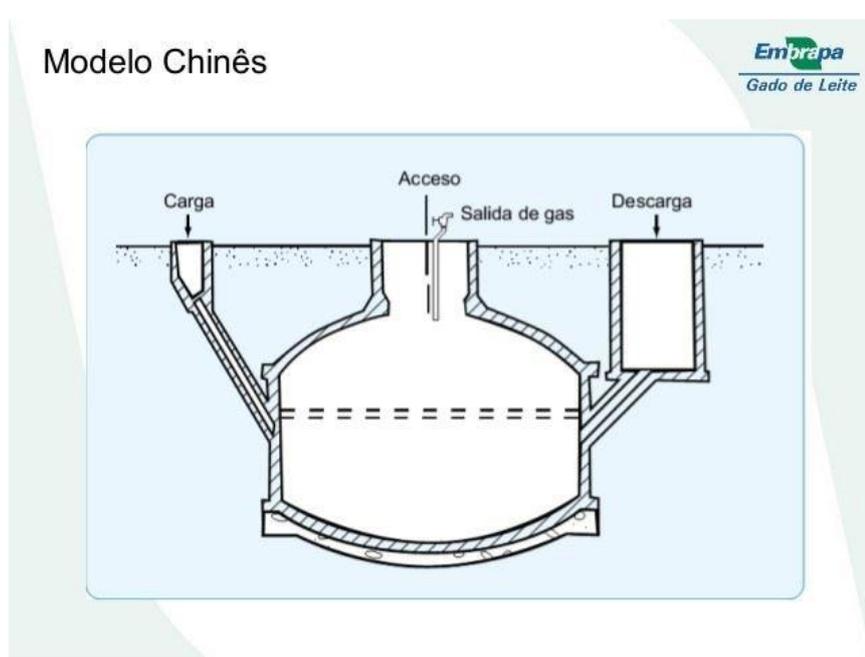


Figura 3 <https://www.educapoint.com.br/blog/pecuaria-geral/modelos-biodigestores-viabilidade-economica/>

Ele se torna inferior ao modelo indiano por não utilizar o gasômetro e usar materiais de baixo custo. (NISHIMURA, 2009).

Similar ao modelo indiano, os dejetos devem ser providos continuamente, sua concentração total de sólidos deve ser em torno de 8%, para prevenir entupimentos no seu sistema de entrada e favorecer a circulação do material (SILVA, 2016).

4.1.1.4 Biodigestor Canadense

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

O modelo canadense é atualmente o mais utilizado nas propriedades agrícolas brasileiras. É um modelo do tipo horizontal com maior largura e menor profundidade que o indiano, resultando em uma área maior de luz solar. Pode ter uma caixa de entrada e saída que direciona os resíduos de acordo com a vazão necessária. (MACEDO, 2013).



Figura 4 <https://slideplayer.com.br/slide/49617/>

Este modelo se representa por haver uma base retangular construída de alvenaria e um gasômetro em manta flexível de PVC, se estabiliza sobre uma valeta de água que se envolve em sua base. Sua cobertura se baseia em geomembrana sintética de polietileno de alta densidade (PEAD), apoiado ao redor do perímetro de todo o biodigestor (CALZA, 2015).

Por sua cúpula ser maior em comparação a outros modelos tende a ter uma exposição solar superior, fazendo com que sua produção de gás seja melhor em dias quentes. É um modelo que não exige um tipo específico de solo, por sua construção ser feita em horizontal não exige solos mais profundos, seu digestor pode ser desenvolvido enterrado, mas também pode ser construído sobre a superfície da terra (MATOS; SANTOS; BATISTA, 2017).

Esse modelo tem suas vantagens que são:

- Não tem preferência de solo;
- Por ter sido elaborada com alvenaria se evita entupimentos;

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

- A exposição solar facilita a produção do gás. (THUMS, 2017).

4.2 Utilização no Brasil e no mundo

O uso de energia renovável é um tema discutido mundialmente devido a preocupações ambientais. Dentre as fontes renováveis de energia, a biomassa se destaca pela excelente disponibilidade. A matéria orgânica é abundante e tem grande potencial energético no que diz respeito a novas fontes de energia. Devido a preocupações com a produção de energia renovável. O biogás obtido pelo processo de digestão anaeróbica será convertido em energia térmica ou elétrica pela oxidação térmica do metano, ou seja, pela queima do mesmo. Assim, temos equipamentos que, além de destinar adequadamente a matéria orgânica descartada diariamente e reduzir a poluição ambiental, evitam a emissão de metano na atmosfera e produzem gás capaz de substituir as fontes convencionais de energia. O processo de digestão biológica será aprimorado por meio de técnicas construtivas e pela inclusão de elementos que permitirão um desempenho mais eficiente do biodigestor (LUSTOSA; MEDEIROS, 2014).

A produção de biogás no Brasil teve início em 1979, durante a crise do petróleo, como alternativa energética. Um dos primeiros biodigestores foi construído em 1982, em Brasília com materiais simples e baratos para áreas rurais. Em 2008, foi assinado um memorando entre a UNIDO (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial), Itaipu Binacional e Eletrobrás para apoiar o desenvolvimento de energias renováveis e em 2009 foi assinado um projeto de modelagem de laboratório de biogás no Parque Tecnológico Itaipu (PTI), que posteriormente foi implementado em colaboração com a EMBRAPA. Em 2015, foi criado o Projeto Mobilidade a Biometano para reduzir o consumo de combustíveis fósseis e em 2016, o Ministério de Minas e Energia lançou o RenovaBio, que foi aprovado pelo Conselho Nacional de Política Energética em 2017 e o decreto oficial foi assinado em 2018. A Unidade Demonstrativa de Biogás e Biometano foi implantada em 2017 e esse projeto envolveu o aproveitamento de resíduos orgânicos de

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

restaurantes do complexo de Itaipu para produção de biometano e utilização como combustível em veículos e biofertilizante na recuperação de áreas degradadas (LAMPERT, 2021).

A tecnologia de biodigestores existe há pelo menos duas décadas no Brasil. Tudo começou com modelos da China e da Índia. No entanto, o Brasil possuiu algumas dificuldades de implementação, fazendo com que a tecnologia caísse em descrédito no meio rural. Nessas duas décadas, houve avanços tecnológicos significativos que possibilitaram a solução de diversos problemas. As finalidades dos biodigestores podem variar de um lugar para outro, elas podem ser usadas para obter combustível de alta qualidade para áreas rurais, preservando o valor do fertilizante; pode atingir o duplo objetivo de produzir energia e tratar os resíduos, principalmente de animais de produção, o que permite o manuseio de materiais inodoros. O Brasil tem condições climáticas favoráveis (lugar de clima tropical, onde a temperatura é praticamente constante, com média acima de 20°C, os digestores não necessitam de sistemas de aquecimento adicionais) para utilizar a imensa energia obtida com dejetos animais e vegetais e liberar o gás de botijão e combustíveis líquidos (querosene, gasolina, diesel) para a população urbana, desobrigando o país de parte significativa da importação de derivados de petróleo (BRASIL, 2021).

Cabe destacar que dentre os diversos usos, os biodigestores rurais podem ser projetados com o objetivo principal de atender uma ou mais instalações. Para o efeito, são propostos vários modelos que diferem principalmente nas tecnologias relacionadas para obter melhores rendimentos e nas características que os tornam mais adequados ao tipo de resíduo a utilizar e a frequência com que são obtidos, monitorizando também a forma que os biodigestores serão operados. Uma contribuição para viabilizar a tecnologia dos biodigestores é o desenvolvimento de projetos profissionais que funcionem bem. Devem ser construídos para atender às exigências e conforto de seus usuários, ao mesmo tempo que sejam modernos e simples, economicamente acessíveis, fáceis de operar e manter. Os biodigestores devem ser operados de forma consistente, obedecer a critérios técnicos, caso contrário não funcionarão satisfatoriamente, não serão adequados. É importante

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

observar que o processo de digestão anaeróbia depende das condições climáticas locais (ANDRADE, et al, 2002).

4.3 Benefícios

Um biodigestor funciona decompondo a matéria orgânica em um ambiente anaeróbico (sem oxigênio). Produz biogás, que pode ser utilizado como fonte de calor, combustível e energia. Biodigestores podem ser projetados para tratar efluentes humanos e animais em larga escala, em áreas urbanas e rurais (IPESA, 2021).

Faz bem para o meio ambiente - O biodigestor contribui para a proteção ambiental. Com ele, não é preciso buscar lenha na mata para cozinhar e o metano liberado pela decomposição natural do esterco animal não é mais lançado na atmosfera, pois é queimado no fogão. Isso contribui para reduzir o desmatamento e o impacto das mudanças climáticas em nosso planeta.

Faz bem para saúde - O biogás não emite fumaça quando queimado no fogão, como ocorre na queima de lenha e carvão. Isso evitará problemas respiratórios que afetam mulheres, crianças e idosos que passam mais tempo em casa expostos a fumaça. Também há cuidado com a saúde dos animais, pois o biodigestor deve ser abastecido diariamente com seus dejetos. Dessa forma, a limpeza dos currais e baias dos animais é permanente e a infestação de vermes e moscas é reduzida, o que melhora significativamente a saúde dos animais.

Faz bem para o bolso - Com o biodigestor economiza-se um botijão e meio de gás butano por mês, pois não é mais necessário comprá-lo; além disso, produz adubo orgânico e biofertilizante. O Biodigestor ajuda assim na economia da família e garante toda a produção de biogás necessário à preparação dos alimentos.

Faz bem para a agricultura - O biodigestor também produz biofertilizante e esterco curtido, que são fertilizantes naturais que podem aumentar a fertilidade do solo e melhorar a produção e a saúde das plantas.

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

Por essas razões, o biodigestor é uma tecnologia socialmente justa, pois é economicamente viável porque tem baixo custo de instalação e gera uma economia mensal em torno de 10% do salário-mínimo; é ambientalmente sustentável porque evita a deflorestação, contribui para a redução das emissões de gases do efeito de estufa e protege o bem-estar das pessoas ao remover a fumaça e a fuligem do carvão, além de reduzir drasticamente as infestações dos animais por vermes e moscas (COPASA, 2019).

4.4 Pontos a melhorar

Um dos problemas do biodigestor é a proteção do meio ambiente e é uma necessidade premente e global. A utilização de biodigestores anaeróbicos pode satisfazer adequadamente a proteção do meio ambiente, mas caso o processo de operação do biodigestor seja complexo, ou seja, de difícil manuseio, o agricultor pode abandoná-lo, na qual irá impactar o meio ambiente. O desenvolvimento de biodigestores com mais facilidade de manuseio para os agricultores pode vir a diminuir as estatísticas de abandono de biodigestores.

Outro problema é a utilização de biodigestores para a produção de biogás como combustível, devido o elevado poder calorífico do gás produzido. O processo anaeróbico de produção do biogás com utilização de matéria orgânica como matéria prima, requer cuidados maiores por conta de ser questões microbiológicas, porém, mantidas corretamente nas suas condições operacionais, ele é um processo eficiente.

Outro processo importante é a escolha do local para a colocação do biodigestor, onde é necessário analisar se o local escolhido tem o tamanho adequado e se o solo é correto para a atividade e se mais que possível livre de contaminação.

Um fator para produtores ou até moradores rurais que queiram confeccionar um pequeno biodigestor para gerar energia apenas para um ambiente ou até mesmo gás para sua cozinha. Instalando um biodigestor moderno pode custar caro ou até mesmo a questão de não ter espaço, nesse caso a dica é separar os materiais que tiver, como canos, lonas e tipos de recipientes, onde irá reduzir o custo.

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

5. CONCLUSÕES

Um biodigestor é o melhor método para utilizar os excrementos dos porcos com o propósito de diminuir os problemas causados na natureza pelos resíduos que antes eram jogados fora diretamente em rios sem nenhum tratamento, causando sérios problemas de poluição. O biogás é um combustível gasoso similar ao gás natural que é procedente dos resíduos e pode ser reaproveitado na produção de eletricidade dentro da própria fazenda para iluminação das instalações. O biofertilizante é o que resta da biodigestão que tem tanta relevância quanto o biogás e é um grande adubo para fins agrícolas, além do baixo custo e outros suportes crescimento da colheita. Os biodigestores são soluções sustentáveis para o problema de esterco de porco, para renovação pastagens degradadas, para melhorar a fertilidade de terras e plantações.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcio Antonio Nogueira et al. Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002. <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/030.pdf>

AQUINO, GERISMAR TOMAZ DE. O USO DO BIOGÁS EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS COMO PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. 2013. <https://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/629/1/AQUINO%2c%20G.%20T.%20-%20O%20USO%20DO%20BIOG%2c%20EM%20PEQUENAS%20PROPRIEDADES%20RURAIS%20COMO%20PROPOSTA%20DE%20SUSTENTABILIDADE%20AMBIENTAL.pdf>

ARAÚJO, Ana Paula Caixeta et al. Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico. 2017. <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20292/3/Produ%C3%A7%C3%A3oBioq%C3%A1sRes%C3%ADduos.pdf>

ARRUDA, Mariliz H. et al. Dimensionamento de biodigestor para geração de energia alternativa. **Revista científica eletrônica de agronomia**, v. 1, n. 2, p. 1-8, 2002. http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/UJqa0lfuzJr4Wud_2013-4-24-15-59-33.pdf

BEZERRA, Keyla Luiza Pereira et al. Uso de biodigestores na suinocultura. **Nutritime, Viçosa, Mg**, v. 11, n. 275, p. 3714-3722, 2014. <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-275.pdf>

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

BRASIL, Ambiente. Biodigestores. 2021.
https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/biodigestores.html#:~:text=A%20tecnologia%20de%20biodigestores%20j%C3%A1,no%20descr%C3%A9dito%20no%20meio%20rural

CALZA, Lana F. et al. Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 990-997, 2015.
<https://www.scielo.br/j/eagri/a/ngnkXvLLKcpYg4RM4nBZcRR/?format=pdf&lang=pt>

COLATTO, Luciulla; LANGER, Marcelo. Biodigestor–resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Unoesc & Ciência–ACET, Joaçaba**, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2011.
https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Langer/publication/267200547_Biodigestor_-_residuo_solido_pecuario_para_producao_de_energia/links/568d1b7208aec2fdf6f66916/Biodigestor-residuo-solido-pecuario-para-producao-de-energia.pdf

COPASA. 12 passos para construir um biodigestor. Copasa. 2019
<https://www.fbb.org.br/images/Editais/COPASA/2019/Biodigestor%20Sertanejo.pdf>

CORREA, Poliana Cristina. Histórico do Biogás. 2018.
<https://webradioagua.pti.org.br/2018/05/01/historico-do-biogas-2/>

DA SILVA, ANTONIO JACKSON M. et al. CURSO SUPERIOR EM TECNOLOGIA–SISTEMAS ELÉTRICOS. 2016. <http://www.ifto.edu.br/palmas/campus-palmas/ensino/biblioteca/Acervo/trabalhos-academicos/engenharia-eletrica/2016/antonio-jackson-miranda-da-silva.pdf>

DE ALMEIDA, GUSTAVO VILLAS BÔAS PIRES. Biodigestão anaeróbica na suinocultura. 2008. <https://arquivo.fmu.br/prodisc/medvet/gvbpa.pdf>

DE AZEVEDO FRIGO, Késia Damaris et al. Biodigestores: seus modelos e aplicações. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2015. <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/12528/8708>

DE ENERGIA, UMA ALTERNATIVA NA PRODUÇÃO. CAROLINE SCHMITT THUMS. <http://agronomia.ifc-riodosul.edu.br/wp-content/uploads/2018/07/PRODU%C3%87%C3%83O-DE-BIOG%C3%81S-UMA-ALTERNATIVA-NA-PRODU%C3%87%C3%83O-DE-ENERGIA.pdf>

DE MOURA LAMPERT, Clarissa et al. Um estudo sobre o uso de biodigestores no Brasil. 2021.
https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/45158/3/Um%20estudo%20sobre%20o%20Uso%20de%20biodigestores%20no%20Brasil_Clarissa%20Lampert.pdf

DE OLIVEIRA ALVES, Marceluci et al. Biodigestores-fonte renovável de energia. **VII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica 21a**, v. 24, 2014.
https://www.unicesumar.edu.br/mostra-2014/wp-content/uploads/sites/92/2016/07/marceluci_de_oliveira_alves.pdf

DE SOUZA, Ivan Fernandes et al. ENERGIA RENOVÁVEL A PARTIR DE UM BIODIGESTOR INDIANO. In: **VIII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica**. 2019.

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIIJTC/VIIIJTC/paper/viewFile/1819/2359>

DEGANUTTI, Roberto et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002. <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/031.pdf>

IPESA. Ipesa lança vídeo educativo que ensina comunidades a construir biodigestores. 2021. https://ipesa.org.br/ipesa-lanca-video-educativo-que-ensina-comunidades-a-construirem-biodigestores/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=biodigestor&gclid=EAlaIqobChMI0qDJ1OTO_QIVY-hcCh0kfwCvEAAYAAEgLqH_D_BwE

LUSTOSA, Gleidson Neres; MEDEIROS, Ícaro Hendrix Borges de. Proposta de um biodigestor anaeróbio modificado para produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos sólidos orgânicos. 2014. https://bdm.unb.br/bitstream/10483/12346/1/2014_GleidsonNeresLustosa_IcaroHendrixBorgesdeMedeiros.pdf

MACEDO, Flávia Junqueira de et al. Dimensionamento de biodigestores para tratamento de dejetos da produção suína. 2013. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/125072/TCC%20FI%c3%a1vi a%20Junqueira%20de%20Macedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARCUCCI, Leandro Willian. Otimização da produção de biogás em biodigestores batelada. 2018. https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153157/marcucci_lw_me_bot.pdf?sequence3

MATOS, CAROLINA ANTUNES DE et al. ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR NA FAZENDA BOA VISTA NO MUNICÍPIO DE CARAÍ-MG. 2017. <https://dspace.doctum.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4386/1/Monografia%20Carolina%20Nerissa%20Taina.pdf>

NISHIMURA, Rafael. Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional. 2009. <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/655/1/Rafael%20Nishimura.pdf>

PALHARES, Julio Cesar Pascale. Biodigestores, a solução?. 2007. <file:///C:/Users/User/Downloads/digitalizar0006.pdf>

QUEIROZ, Simone de Castro. Modelagem da produção acumulada de biogás em biodigestores tipo batelada segundo a porcentagem de inóculo adicionada utilizando os modelos de regressão não-linear de Gompertz e exponencial. 2003. https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101926/queiroz_sc_dr_botfca.pdf?sequence=1

SILVA, Gaspar Ferreira da et al. BIODIGESTOR EM PROPRIEDADES RURAIS: SISTEMA AGROECOLÓGICO DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ANIMAIS. In: **5ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO**. 2014. <https://propi.ifto.edu.br/index.php/jice/5jice/paper/viewFile/6412/3240>

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.

TOLEDO, Henrique Otávio Passos; PROENÇA, Marcos Baroncini. Justiça social, tecnologia e sustentabilidade. **Caderno Progressus**, v. 2, n. 3, p. 67-74, 2022. <file:///C:/Users/User/Downloads/gpilletti,+6.+JUSTI%C3%87A+SOCIAL,+TECNOLOGIA.pdf>

¹ Cleiton José Ferreira Rodrigues Garcia - Técnico em Agropecuária, cleiton.garcia@etec.sp.gov.br.

² Eliani Ferreira Lopes - Técnico em Agropecuária, eliani.lopes@etec.sp.gov.br.

³ Jorge Luis de Melo Garcia - Técnico em Agropecuária, jorge.garcia@etec.sp.gov.br.

⁴ Maria Eduarda Lopes da Costa - Técnico em Agropecuária, maria.costa456@etec.sp.gov.br.

⁵ Thamires Caldeira Neres - Técnico em Agropecuária, thamires.neres@etec.sp.gov.br.

⁶ Verônica Cristina Prestes Bueno - Técnico em Agropecuária, veronica.bueno@etec.sp.gov.br.