

Universidade Federal de Minas Gerais  
Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos

Clarissa de Moura Lampert

**Um estudo sobre o uso de biodigestores no Brasil**

Belo Horizonte  
2021

Universidade Federal de Minas Gerais  
Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos

Clarissa de Moura Lampert

### **Um estudo sobre o uso de biodigestores no Brasil**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sustentabilidade em cidades, edificações e produtos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade em cidades, edificações e produtos.

Área de concentração: Arquitetura e sustentabilidade

Orientador: Dr. José Eustáquio Machado de Paiva

Belo Horizonte  
2021




UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA - FAUFMG  
Rua Paraíba, 687 - Funcionários  
30130-140 - Belo Horizonte - MG - Brasil

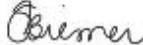
Telefone: (031) 3409-8823

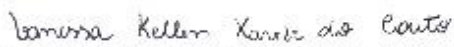
FAX (031) 3409-8822

**ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA CLARISSA DE MOURA LAMPERT, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.....**

Às dezesseis horas do dia oito de março de 2021, reuniu-se remotamente, através plataforma *Google Meet*, a Comissão Examinadora composta pelo Professor Dr. José Eustáquio Machado de Paiva, Orientador-Presidente, pela Professora Dra. Cynara Fiedler Bremer e pela Arquiteta e Urbanista Especialista Vanessa Kellen Xavier do Couto, designados pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos para avaliação da monografia intitulada "Um Estudo sobre o Uso de Biodigestores no Brasil", de autoria da aluna Clarissa de Moura Lampert, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu pela sua aprovação, atribuindo-lhe a nota 85 (oitenta e cinco), ressaltando que a monografia deverá ser ajustada conforme as orientações da Comissão Examinadora, atendendo, assim, às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso. A Comissão recomenda também que seja encaminhado um exemplar da monografia para a Biblioteca da Escola de Arquitetura. Às dezessete horas e vinte minutos o Presidente deu por encerrada a reunião. Belo Horizonte, 08 de março de 2021.....

  
Professor Dr. José Eustáquio Machado de Paiva  
Presidente

  
Professora Dra. Cynara Fiedler Bremer

  
Arquiteta e Urbanista Esp. Vanessa Kellen Xavier do Couto



Copieie a Imagem para verificar a autenticidade do documento  
Hash SHA256 do PDF original #80444212b199c7ae92e097949/c414ffb0e2eaf3c408a5689a2effaca38daf6  
<https://peine.autentique.com.br/documentos/bbe39ef99/cbbe994330c5cded549/f71ed90/ff0438890e>



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao programa e aos professores pelos aprendizados adquiridos durante o curso de especialização.

Ao meu orientador Dr. José Eustáquio Machado de Paiva, pelo apoio e dedicação.

À Deus, à família e aos amigos pelo incentivo e companheirismo.

## RESUMO

A pesquisa teve como objetivo estudar o uso de biodigestores no Brasil, considerando os tipos mais utilizados, suas finalidades, desempenhos e condições de aquisição. Os problemas ambientais, causados pela queima de combustíveis fósseis e a destinação inadequada de dejetos no meio rural, demandam soluções sustentáveis que sejam viáveis, como o uso de biodigestores. Os biodigestores utilizam a biomassa (matéria orgânica) para produzir o biogás (que pode ser utilizado como alternativa elétrica, térmica, combustível e injeção na rede de gás) e o biofertilizante (utilizado na agricultura). No Brasil, a implantação dos biodigestores foi de forma progressiva, pois não haviam incentivos e informações suficientes. A iniciativa de algumas parcerias público privadas e ONG's possibilitaram a disseminação do uso dos biodigestores aos pequenos produtores rurais. Dessa forma, foi possível concluir que essa tecnologia, que permite o uso de biogás e biofertilizante, representa ganhos significativos para os produtores rurais e para o meio ambiente, ao reduzir a emissão de gases de efeito estufa e minimizar a poluição dos solos e das águas.

Palavras-chave: Biodigestor. Biogás. Biofertilizante. Biomassa. Meio ambiente.

## **ABSTRACT**

The research aimed to study the use of biodigesters in Brazil, considering the most used types, their purposes, performance and acquisition conditions. Environmental problems, caused by the burning of fossil fuels and the improper waste disposal in rural areas, demand sustainable solutions that are viable, such as the use of biodigesters. Biodigesters use biomass (organic matter) to produce biogas (which can be used as electrical, thermal, fossil fuel and cooking gas alternatives) and produce biofertilizer (to be used in agriculture). In Brazil, the implementation of biodigesters was progressive, for there were not enough information and incentives. The initiative of some public-private partnerships and NGOs made it possible to disseminate the use of biodigesters to small rural producers. Thus, it was possible to conclude that this technology, which allows the use of biogas and bio-fertilizer, represents significant gains for rural producers and for the environment, by reducing greenhouse gases emission and minimizing soil and water pollution.

Keywords: Biodigester. Biogas. Biofertilizer. Biomass. Environment.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Funcionamento do Biodigestor .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Tipos de biodigestores mais utilizados.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Usos e desempenhos dos biodigestores.....</b>	<b>8</b>
<b>3.4</b>	<b>Biodigestores no Brasil .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Histórico do Biodigestor no Brasil .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Plantas de biogás em operação, manutenção ou reforma no Brasil .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Como o uso dos biodigestores são viabilizados no Brasil .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Cenário atual dos biodigestores no Brasil.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>MÉTODOS E TÉCNICAS .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Etapas de Trabalho e Fluxograma .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Avaliação de Desempenho .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Como construir um biodigestor em pequena propriedade rural .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Como financiar o biodigestor.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Análise dos resultados e quadro referencial .....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O agravamento dos problemas ambientais, com destaque para o aquecimento global, demanda soluções sustentáveis que abrangem técnicas físicas, químicas e/ou sociais. A poluição do ar tem impacto mundial, com a redução da camada de ozônio e o efeito estufa, no qual o metano (CH<sub>4</sub>) é um dos principais gases de efeito estufa e é liberado, em grande escala, pelos dejetos dos animais nas propriedades rurais (Barbosa e Langer, 2011). O descarte incorreto dos dejetos animais em propriedades rurais também contamina o solo e as águas superficiais e subterrâneas. Estes impactos, podem ser minimizados com tecnologias para o tratamento dos dejetos, que tenham custos acessíveis para os produtores rurais, como os biodigestores. O uso de biodigestores contribui com a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável ao reduzir a poluição do ar, do solo e das águas e ser uma alternativa energética (Moraes, 2017).

Este trabalho tem como objetivo analisar a experiência brasileira no uso do biodigestor para geração do biogás, produção de biofertilizante, e o tratamento dos resíduos de origem animal, que contribui com a diminuição da poluição ambiental.

O curso de especialização despertou o interesse pelo estudo de fontes de energias renováveis, com destaque para o biodigestor, pois é uma alternativa pouco difundida no Brasil e viável aos pequenos produtores rurais. No Brasil, grande produtor rural, especialmente na criação de gado bovino, o uso de biodigestores pode trazer grandes benefícios para os produtores rurais, com o fornecimento de energia, especialmente o biogás, e para o meio ambiente.

Para dar início ao desenvolvimento deste trabalho, foi realizado o contato com a responsável pela ONG Diaconia, que compartilhou cartilhas e documentos que descrevem como foram os trabalhos com o biodigestor em pequenas propriedades rurais no Brasil (desde a mobilização social, a construção até o consumo final da energia gerada).

No segundo semestre de 2019, foi possível contato com a proprietária de uma fazenda em Corinto/MG que concordou em financiar e construir um biodigestor. O objetivo



inicial era construir esse biodigestor como projeto piloto, para apresentar para outros produtores rurais, com o intuito de replicar essa tecnologia no cerrado de Minas Gerais. Dessa forma, conseguiria reunir informações sobre como construir, testar a eficácia e analisar as vantagens e desvantagens do uso do biodigestor em pequenas propriedades rurais.

Porém, no início de 2020 houve um grande volume de chuva, que prejudicou a plantação dessa fazenda e fez com que a proprietária não tivesse condições de financiar o biodigestor naquele momento. Logo após, a pandemia impediu qualquer possibilidade de construção deste biodigestor, além de inviabilizar viagens para visitas de campo à biodigestores já implantados.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi alterado, e o tema definido foi: Um Estudo Sobre o Uso de Biodigestores no Brasil. A nova formulação metodológica, baseia-se em elaborar uma análise de desempenho, com os dados dos tipos de biodigestores mais utilizados no Brasil, condições de aquisição (financiamento, construção e tempo), condições de funcionamento (insumos, versatilidade) e rendimento.

O biodigestor é um método de tratamento de resíduos que, em um reservatório estanque, utiliza a biomassa para produção de biogás. A biomassa é proveniente de materiais orgânicos, que são decompostos pela ação de diferentes tipos de microrganismos sob condições específicas que incluem: temperatura, PH, umidade, presença ou não de oxigênio. No biodigestor, o biogás é produzido a partir da decomposição da matéria orgânica de forma anaeróbica, ou seja, sem oxigênio, e é composto por uma mistura de gases, sendo eles, principalmente, o gás metano e o dióxido de carbono (Araújo, 2017).

Os biodigestores têm sido utilizados em três principais vertentes, sendo elas o tratamento de efluentes, o uso energético do biogás e o uso do biofertilizante produzido. O biogás também pode ser utilizado para combustão direta, aproveitamento térmico, injeção na rede de gás e como combustível (Morais, 2017).

A origem do biodigestor se deu a partir de várias pesquisas, após a descoberta do gás Metano produzido pela decomposição de restos vegetais confinados. Com isso, em

1939 na cidade de Kampur, na Índia, foi fundado o Institute Gobár Gás (Instituto de Gás de Esterco), onde foi construído a primeira usina de gás de esterco com objetivo de tratar os dejetos animais, obter o biogás e aproveitar o biofertilizante. A utilização do biogás como fonte de energia na Índia serviu de motivação para a China, que adotou essa tecnologia a partir de 1958, e em 1972 já havia construído aproximadamente 7,2 milhões de biodigestores (Morais, 2017).

No Brasil, a crise do petróleo em 1973 impulsionou a implantação de fontes alternativas de energia, sendo a principal a hidrelétrica. Além disso, a problemática dos resíduos sólidos e o aumento da preocupação com a poluição ambiental, influenciou a implantação e a disseminação do uso dos biodigestores. Porém, devido à falta de informações e de incentivo do governo, o avanço do uso dessa tecnologia foi de forma progressiva (CIBiogás).

Os biodigestores podem ser divididos em dois tipos: produção descontínua e produção contínua (Morais, 2017):

- Produção descontínua (ou batelada): a biomassa é colocada no recipiente totalmente fechado, e é aberto somente após a produção do biogás, em aproximadamente noventa dias, que poderá ser higienizado e carregado novamente para um novo ciclo de produção de biogás;
- Produção contínua: a biomassa é colocada no biodigestor ao mesmo tempo que o biofertilizante é retirado e o biogás é produzido.

Os biodigestores mais difundidos no Brasil, e também no mundo, são de produção contínua, sendo eles dos modelos Indiano e Chinês. O modelo Chinês é mais rústico, em alvenaria, que funciona geralmente com alta pressão que varia de acordo com a produção e consumo do biogás. Já o modelo Indiano, mais utilizado no Brasil devido sua funcionalidade e facilidade de construção, é constituído por um poço e uma campânula que controla a pressão do gás (Rocha, 2016).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Estudar o uso dos biodigestores no Brasil e desenvolver uma análise, com base nos tipos de biodigestores mais utilizados, finalidades, desempenho e condições de aquisição (construção e possibilidades de financiamento).

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Estudar o funcionamento do Biodigestor;
- Levantar os tipos de biodigestores mais utilizados no Brasil;
- Analisar os usos e desempenhos dos biodigestores;
- Estudar o histórico do uso de biodigestores no Brasil;
- Levantar as plantas de biogás em operação, manutenção ou reforma no Brasil;
- Verificar como o uso dos biodigestores são viabilizados e as fontes de financiamento;
- Analisar o cenário atual dos biodigestores no Brasil;
- Apresentar as etapas de trabalho, através de fluxograma;
- Elaborar a avaliação de desempenho com base no que foi estudado;
- Análise dos resultados, com construção de quadro referencial.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Funcionamento do Biodigestor

O biodigestor é composto por três partes fundamentais: a caixa de carga, onde a matéria prima é misturada à água; o tanque de fermentação, onde o biogás é produzido; e caixa de descarga, onde é retirado o biofertilizante. A matéria prima pode ser dejetos de animais, resíduos orgânicos urbanos e restos de alimentos (Morais, 2017).

O biogás pode ter composição variável, de acordo com o tipo e a quantidade de biomassa que é inserida no biodigestor, o tamanho deste e os fatores climáticos. A temperatura ideal para que os micro-organismos façam o processo de digestão anaeróbia é entre 25°C a 45°C (vinte e cinco a quarenta e cinco graus Celsius), temperaturas compatíveis com as predominantes no Brasil (Zanandréa, 2010). A constituição típica do biogás, em linhas gerais, pode ser definida de acordo com a Tabela 1:

*Tabela 1 - Composição do Biogás*

<b>Elemento</b>	<b>Porcentagem</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	50 a 75
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	25 a 40
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	1 a 3
Azoto (N <sub>2</sub> )	0.5 a 2.5
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0.1 a 1
Sulfureto de Hidrogênio (H <sub>2</sub> S)	0.1 a 0.5
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	0.1 a 0.5
Monóxido de Carbono (CO)	0 a 0.1
Água (H <sub>2</sub> O)	Variável

*Fonte: Neto, 2010*

De acordo com Barbosa e Langer (2011), a decomposição bacteriana anaeróbia é dividida em três fases. Na fase de hidrólise enzimática, as bactérias liberam enzimas

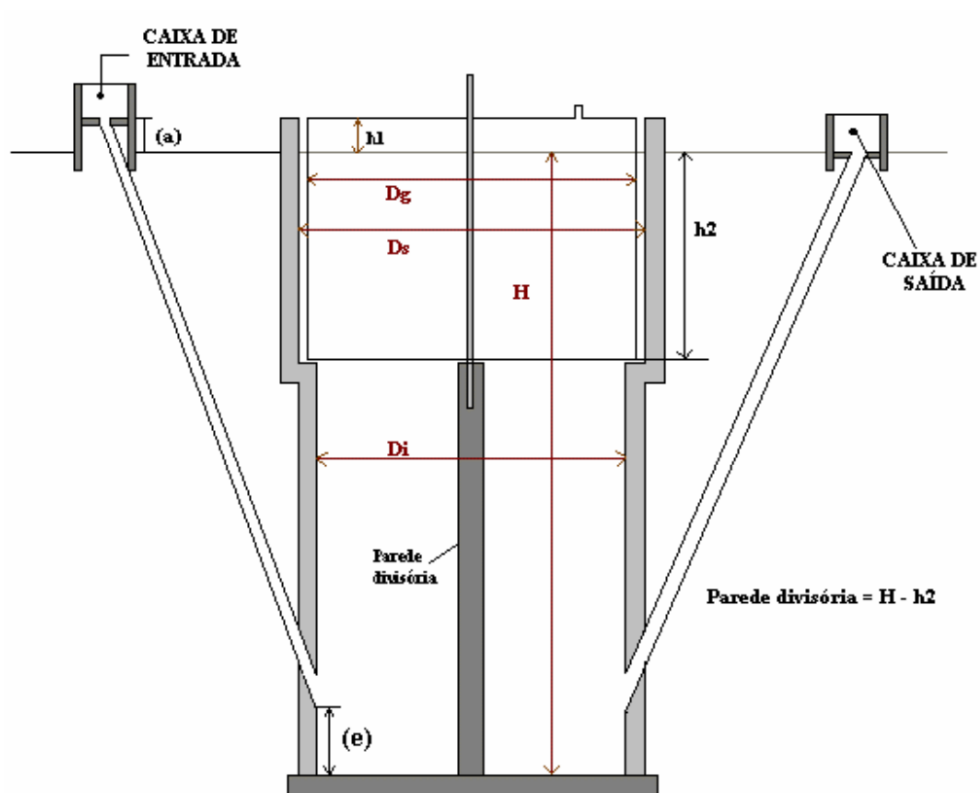
que fazem a hidrólise das partículas. Na fase ácida, as bactérias que produzem ácidos fazem a transformação de moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos (lático e butílico) etanol, amônia, hidrogênio, dióxido de carbono, entre outros. Na fase metagênica, as bactérias metanogênicas agem sobre o dióxido de carbono e o hidrogênio transformando-os em metano (CH<sub>4</sub>). Nessa fase, devido a formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno da bactéria metanogênica, esta é isolada do contato direto com a mistura, e assim a velocidade da cadeia de reações é limitada, o que torna recomendável a agitação através de movimentos giratórios do gasômetro ou com pás no biodigestor.

### **3.2 Tipos de biodigestores mais utilizados**

Os principais tipos de biodigestores utilizados no Brasil e no mundo são do modelo Indiano e o Chinês devido ao baixo custo, alto rendimento e fácil manuseio.

O biodigestor modelo Indiano, mais utilizado no Brasil devido sua funcionalidade e facilidade de construção, é composto por uma campânula como gasômetro, que pode estar imergido sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide em duas câmaras o tanque de fermentação e permite que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. A pressão de operação neste tipo de biodigestor é constante, pois conforme o gás é produzido, o gasômetro desloca-se verticalmente, aumentando o volume e mantendo a pressão constante. Para evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material e facilitar a circulação do resíduo, a concentração de sólidos totais (ST) deve ser de até 8% (oito por cento). O fornecimento dos dejetos deve ser contínuo, e como geralmente é alimentado por dejetos bovinos e/ou suínos, possui certa regularidade. Este biodigestor é de fácil construção e de baixo custo, porém o gasômetro de metal e a distância entre a propriedade e o biodigestor podem encarecer o custo final (Deganutti, 2002). As figuras 1, 2 e 3 são imagens que representam o biodigestor do modelo Indiano:

Figura 1 - Modelo de Biodigestor Indiano



Fonte: Deganutti, 2002

Sendo:

$H$ : altura do nível do substrato;

$D_i$ : diâmetro interno do biodigestor;

$D_g$ : diâmetro do gasômetro;

$D_s$ : diâmetro interno da parede superior;

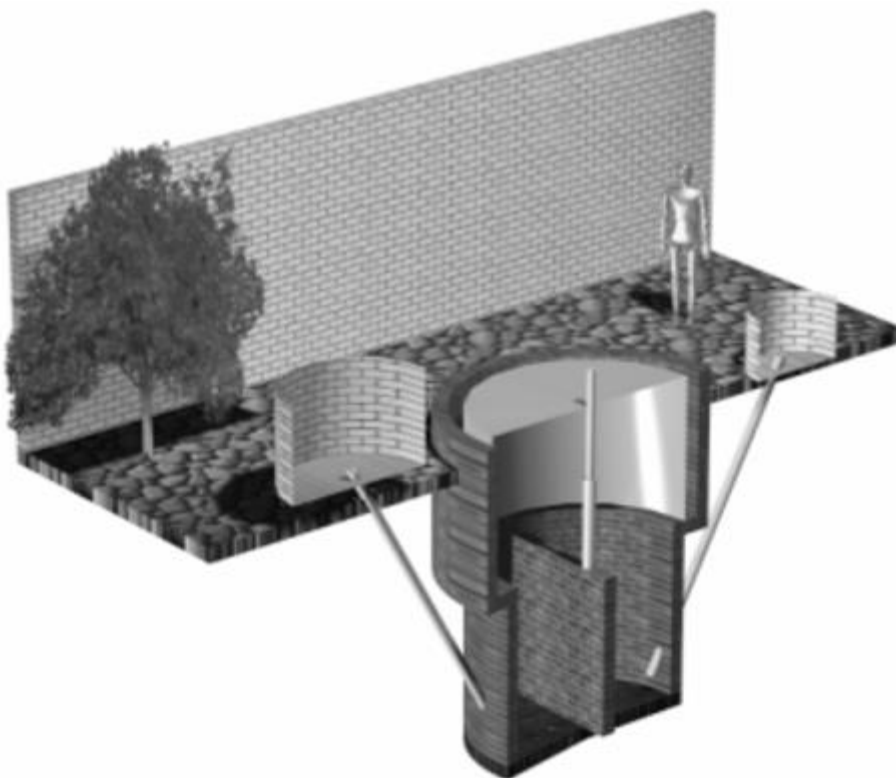
$h_1$ : altura ociosa (reservatório do biogás);

$h_2$ : altura útil do gasômetro;

$a$ : altura da caixa de entrada;

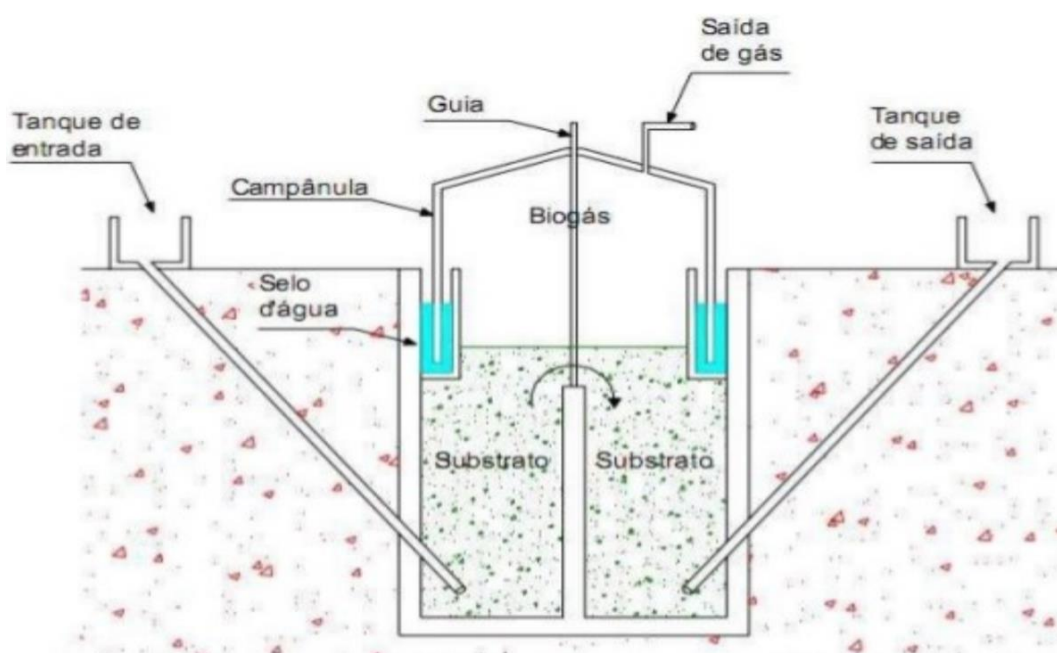
$e$ : altura de entrada do cano com o afluente.

Figura 2 - Modelo de Biodigestor Indiano



Fonte: Deganutti, 2002

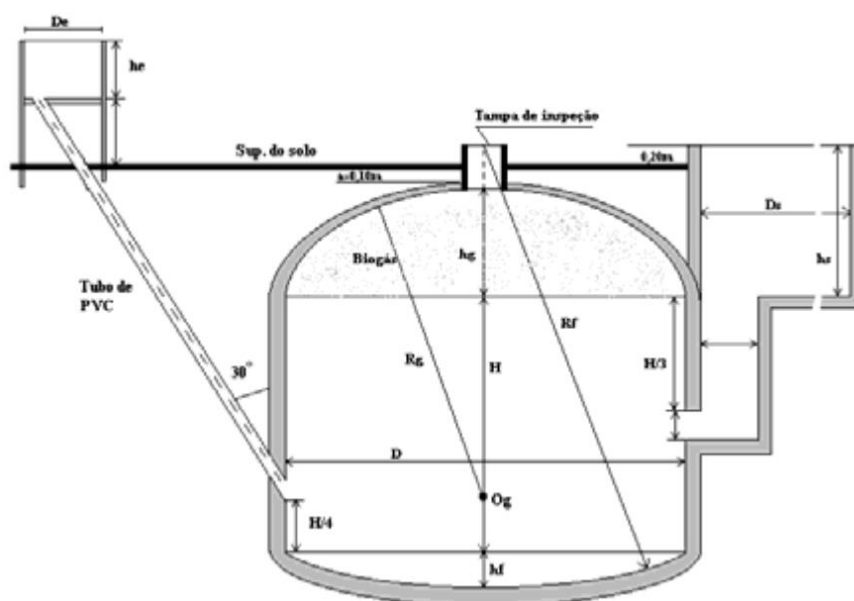
Figura 3 - Modelo de Biodigestor Indiano



Fonte: Araújo, 2017

O biodigestor modelo Chinês, mais rústico, é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria onde a fermentação é realizada, com teto em forma de abóbada destinado ao armazenamento do biogás. O funcionamento é com base no princípio de prensa hidráulica, no qual o aumento da pressão, resultante do acúmulo de gás, faz com que haja deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário na descompressão. Este sistema é constituído quase totalmente em alvenaria, que exige boa vedação e impermeabilização para evitar vazamento do biogás. Esse tipo de biodigestor não é utilizado para instalações de grande porte pois uma parcela do gás produzido na caixa de saída é liberada para a atmosfera, reduzindo a pressão interna. O custo em comparação com o biodigestor indiano é menor pois não possui o gasômetro em chapa de aço. Assim como no modelo indiano, os resíduos devem ser fornecidos continuamente e ter concentração de sólidos totais em torno de 8% (oito por cento) (Deganutti, 2002). As Figuras 4, 5 e 6 são imagens que representam o biodigestor do modelo Chinês:

Figura 4 - Modelo de Biodigestor Chinês

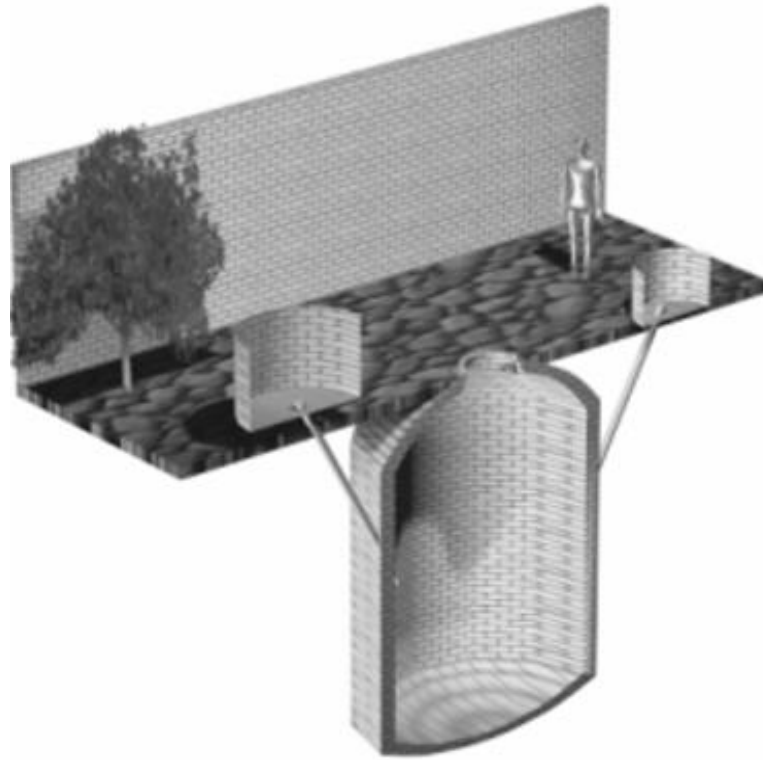


Fonte: Deganutti, 2002

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| D: diâmetro do corpo cilíndrico;        | gasômetro;                        |
| H: altura do corpo cilíndrico;          | He: altura da caixa de entrada;   |
| Hg: altura da calota do gasômetro;      | De: diâmetro da caixa de entrada; |
| Hf: altura da calota do fundo;          | Hs: altura da caixa de saída;     |
| Of: centro da calota esférica do fundo; | Ds: diâmetro da caixa de saída;   |
| Og: centro da calota esférica do        | A: afundamento do gasômetro;      |

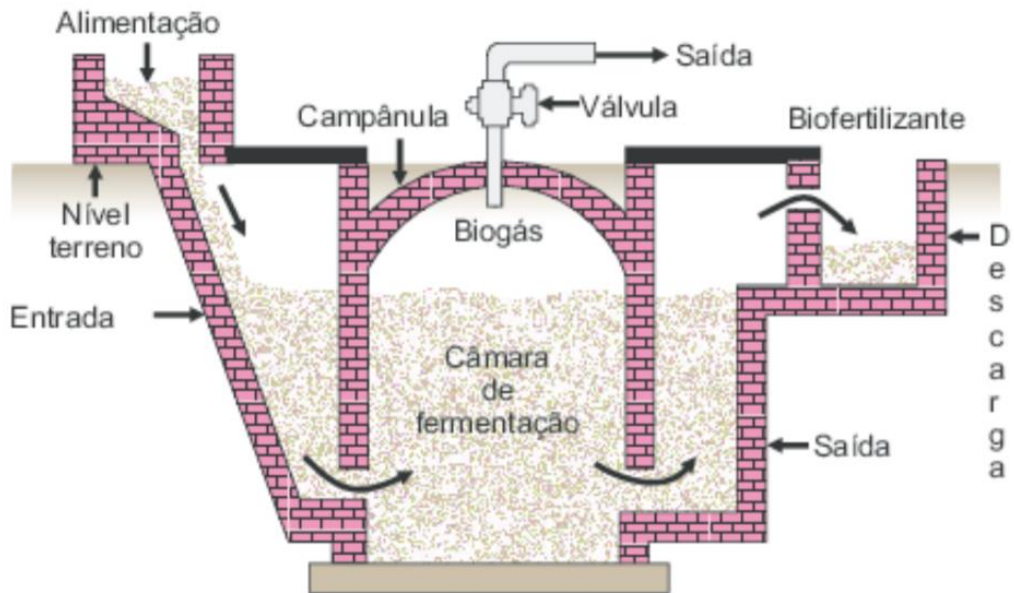


Figura 5- Modelo de Biodigestor Chinês



Fonte: Deganutti, 2002

Figura 6- Modelo de Biodigestor Chinês



Fonte: Araújo, 2017

Em comparação, os biodigestores Chinês e Indiano têm desempenho semelhante, embora o Indiano tenha apresentado eficiência ligeiramente maior em determinados casos quanto a produção de biogás e redução de sólidos no substrato, conforme a Tabela 2 (Deganutti, 2002).

*Tabela 2- Comparativo Modelo Indiano e Chinês*

	Biodigestor	
	Chinês	Indiano
Redução de Sólidos (%)	37	38
Produção média ( $m^3 \cdot dia^{-1}$ )	2,7	3,0
Produção média ( $l \cdot m^{-3}$ de substrato)	489	538

*Fonte: Deganutti, 2002*

### 3.3 Usos e desempenhos dos biodigestores

O biogás pode ser utilizado para diferentes finalidades, sendo elas: combustão direta, aproveitamento térmico, aproveitamento elétrico, injeção na rede de gás e como combustível (Rocha, 2016).

Para que o biodigestor sertanejo tenha um bom desempenho, os responsáveis deverão manter algumas operações de manejo, sendo elas (Barbosa e Langer, 2011):

- Manter os animais presos no curral durante uma parte do dia ou à noite;
- Coletar esterco pela manhã e depositar na caixa de entrada;
- Adicionar água na proporção correta;
- Misturar e liberar para o biodigestor;
- Retirar e aplicar o biofertilizante nas hortas;
- Utilizar o biogás para cozinhar, ligar motores, etc.

O volume de carga diária, composta da mistura dos dejetos com água, deverá ser calculado para garantir o funcionamento adequado do biodigestor. Segundo Barreira (2003), para produzir um metro cúbico de biogás é necessário:

- 25 kg de esterco fresco de vaca ou;
- 5 kg de esterco seco de galinha ou;
- 12 kg de esterco de porco ou;
- 25 kg de plantas ou cascas de cereais ou;
- 20 kg de lixo.

A eficiência de transformação do biogás em energia elétrica, segundo Barbosa e Langer (2011), é obtida através da razão entre a energia produzida em kwh pela equivalência de 1m<sup>3</sup> (um metro cúbico) de biogás. Considera-se que 1m<sup>3</sup> de biogás equivale a 6,5kwh. Considera-se que 1m<sup>3</sup> de biogás gera aproximadamente 2kwh de energia elétrica:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{energia produzida} \frac{\text{kwh}}{\text{m}^3}}{6,5 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^3}} \times 100$$

$$\text{Eficiência} = \frac{2,0 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^3}}{6,5 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^3}} \times 100$$

$$\text{Eficiência} = 30\%$$

A produção de energia elétrica a partir do biogás é estimada pela multiplicação do potencial energético do biogás, vezes o rendimento do gerador, vezes o poder calorífico inferior (22.320kJ/m<sup>3</sup>) (Rocha, 2016).

Pode-se comparar a relação de 1m<sup>3</sup> de biogás com outras fontes de energia de acordo com a Tabela 3:

*Tabela 3- Equivalência Energética de 1m<sup>3</sup> de Biogás*

Combustível (t = 25°C; P = 1 atm)	Volume equivalente a 1 m <sup>3</sup> de biogás (t = 25°C; P = 1 atm)
Querosene	0,342 L
Lenha (10 % de umidade)	1,450 kg
GLP	0,396 L
Óleo diesel	0, 358 L
Gasolina	0, 312 L

*Fonte: Rocha, 2016*

A utilização de biodigestores no meio rural é vantajosa devido a abundância de matéria prima, a proximidade do consumo do biogás na própria propriedade rural e o manejo dos dejetos dos animais de forma a não poluir o meio ambiente (Fundação Banco do Brasil, 2019).

Como exemplo, o biodigestor construído em Minas Gerais, de modelo Indiano, com apoio da Fundação Banco do Brasil e a COPASA, mostrado na Figura 7, tem capacidade de produção de 26kg de biogás ao mês, o que equivale ao consumo médio mensal de uma família de até cinco pessoas em fogões domésticos (Fundação Banco do Brasil, 2019). O custo, incluindo mão-de-obra, para implantação desse tipo de biodigestor é por volta de dois mil e oitocentos reais. O abastecimento diário é composto por dez quilos de esterco misturados com dez litros de água. Os dejetos podem ser de:

- Dois bovinos adultos ou;
- Dez suínos ou;
- Vinte caprinos ou;
- Cem aves.

*Figura 7- Biodigestor*

*Fonte: Fundação Banco do Brasil*

Além do biogás produzido pelo biodigestor, o biofertilizante é obtido pela biodigestão, resultado da fermentação anaeróbica da biomassa. O biofertilizante é um líquido rico em matéria orgânica e possui alto teor de nutrientes que proporciona na utilização como adubo na agricultura. Por não ser de origem química, não agridem o meio ambiente quanto a acidez e degradação do solo (Moraes, 2017).

### **3.4 Biodigestores no Brasil**

#### **3.4.1 Histórico do Biodigestor no Brasil**

A produção do biogás no Brasil teve início em 1979, na crise do petróleo, como alternativa energética. Segundo o CIBiogás, um dos primeiros biodigestores foi construído em Brasília, e em 1982, os materiais simples e de baixo custo para construção de biodigestores em área rurais, estimularam o governo federal a criar o Programa de Mobilização Energética (PME). Em 1984, a EMATER/PR estima que haviam 3.000 biodigestores construídos no Brasil, porém devido à falta de informação e de mão de obra especializada os biodigestores não supriam as necessidades dos produtores rurais e com isso entrou em desuso.

A partir da década de 90 o biogás voltou a ser discutido como alternativa para redução das emissões de gases de efeito estufa através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e os Créditos de Carbono, com a participação mais ativa do governo federal e das empresas privadas. Assim, foi possível construir novos biodigestores em propriedades rurais, com dejetos de animais para a produção de biogás, contabilizando, aproximadamente, mil biodigestores construídos entre 2005 e 2013 no Brasil (CIBiogás).

Em 2008 foi assinado um memorando entre a UNIDO (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial), a Itaipu Binacional e a Eletrobrás para incentivar o desenvolvimento das energias renováveis, e em 2009 foi assinado o projeto para modelagem do laboratório de Biogás no Parque Tecnológico Itaipu (PTI), que mais tarde foi implantado em parceria com a EMBRAPA, mostrado na Figura 8.

*Figura 8- Barragem de Itaipu, Foz do Iguaçu (PR)*



*Fonte: CIBiogás*

Em 2010 foi implantado o programa de Aplicações de Energias Renováveis em Geração Distribuída, homologada pela ANEEL, e a primeira granja no Brasil a utilizar o biogás para geração distribuída foi a Granja São Pedro, da família Colombari (CIBiogás).

Para estudar a viabilidade do uso de fontes renováveis de energia foi instituído a Assessoria de Energias Renováveis, que resultou na criação do Observatório de Energias Renováveis para América Latina e Caribe em 2011. Também em 2011, foi dado o primeiro Curso em Atualização de Energias de Biogás, pelo CIBiogás.

Foi aprovada em 2012 a resolução que autoriza os brasileiros gerarem energia elétrica para consumo próprio através de alternativas renováveis e foi lançada a Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) (CIBiogás).

O Centro Internacional de Energias renováveis, o CIBiogás, e a Associação Brasileira de Biogás e Biometano (ABiogás) foram inaugurados em 2013 e contribuíram para incentivar o Brasil na produção de energia através de resíduos.

Em 2015 foi criado o Projeto Mobilidade a Biometano para redução do consumo de combustíveis fósseis e em 2016 o Ministério de Minas e Energia lançou o RenovaBio que foi aprovada em 2017 pelo Conselho Nacional de Política Energética e o decreto oficial foi assinado em 2018. Ainda em 2016, foi realizado o projeto que contemplava o estudo do uso integrado de biogás, biofertilizantes e organominerais, obtidos através de dejetos animais.

A Unidade de Demonstração de Biogás e Biometano foi implantada em 2017 e este projeto contemplava o uso dos resíduos orgânicos dos restaurantes do complexo Itaipu para produzir biometano e utilizar como combustível nos veículos e biofertilizante na recuperação de áreas degradadas.

Em 2018 foi lançado o projeto de aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira, durante o Fórum Sul Brasileiro de Biogás e Biometano, e sancionada uma lei que incentiva e regula os investimentos da geração de energia renovável. Entre 2015 e 2018, a produção do biogás mais que dobrou, passando de 1,5 milhão para 3,1 milhões de metros cúbicos ao dia.

Com os avanços e incentivos para fomentar o uso de energias renováveis, em 2019 foram divulgados relatórios com o panorama das Tecnologias Aplicadas no Agronegócio de Biogás e Biometano. Neste ano também foi inaugurada a Minicentral Termelétrica de Biogás, que proporciona debates para regulamentações e desenvolvimento do uso do biogás. Na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 25), em Madrid, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), lançou a plataforma de Sistemas de Tratamento de Dejetos Animais (TODA-Map). Este sistema acessa os dados e emite relatórios sobre o

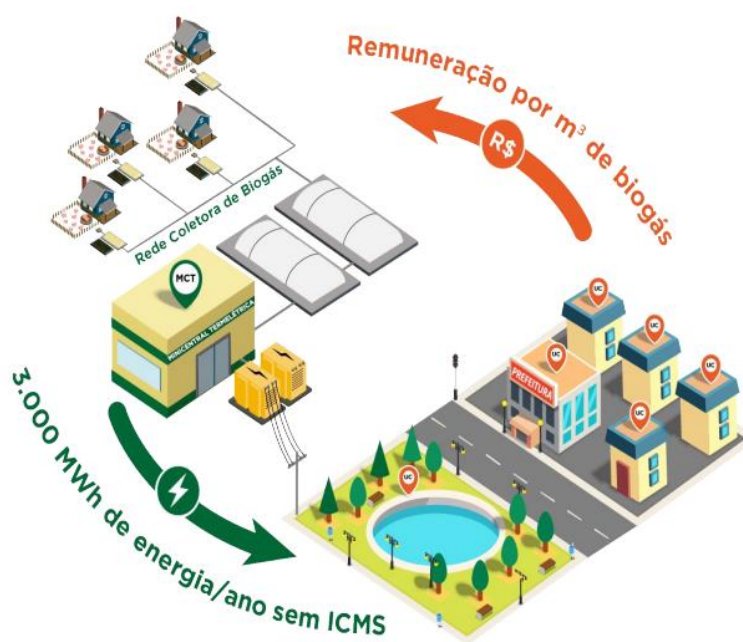


tratamento de dejetos animais, com uso de tecnologias de biodigestão ou compostagem, com intuito de contribuir com a baixa emissão de carbono na agricultura, referente ao plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono.

Para o estabelecimento de metas anuais de descarbonização para o setor de combustíveis, existe o programa nacional RenovaBio. A meta para 2020 era de “195,7 milhões de tCO<sub>2</sub> em 28,7 milhões de CBIOS (unidades de Créditos de Descarbonização)” (CIBiogás, 2019). De acordo com o economista e diretor do Departamento de Biocombustíveis do Ministério de Minas e Energia (MME), Miguel Ivan Lacerda de Oliveira, “o RenovaBio representa uma grande oportunidade de mais geração de renda distribuída ao País”.

Em 2019 foi inaugurada a Minicentral Termelétrica de Biogás, no município de Entre Rios do Oeste (PR). Esta usina é capaz de abastecer sessenta e seis prédios públicos com o tratamento dos dejetos da suinocultura, na qual a utilização do biogás é esquematizada conforme a Figura 9 (CIBiogás, 2019). Com a construção desta usina, espera-se que seja utilizada como modelo e replicada em outras regiões do país.

Figura 9- Esquema de uso do Biogás



Fonte: CIBiogás

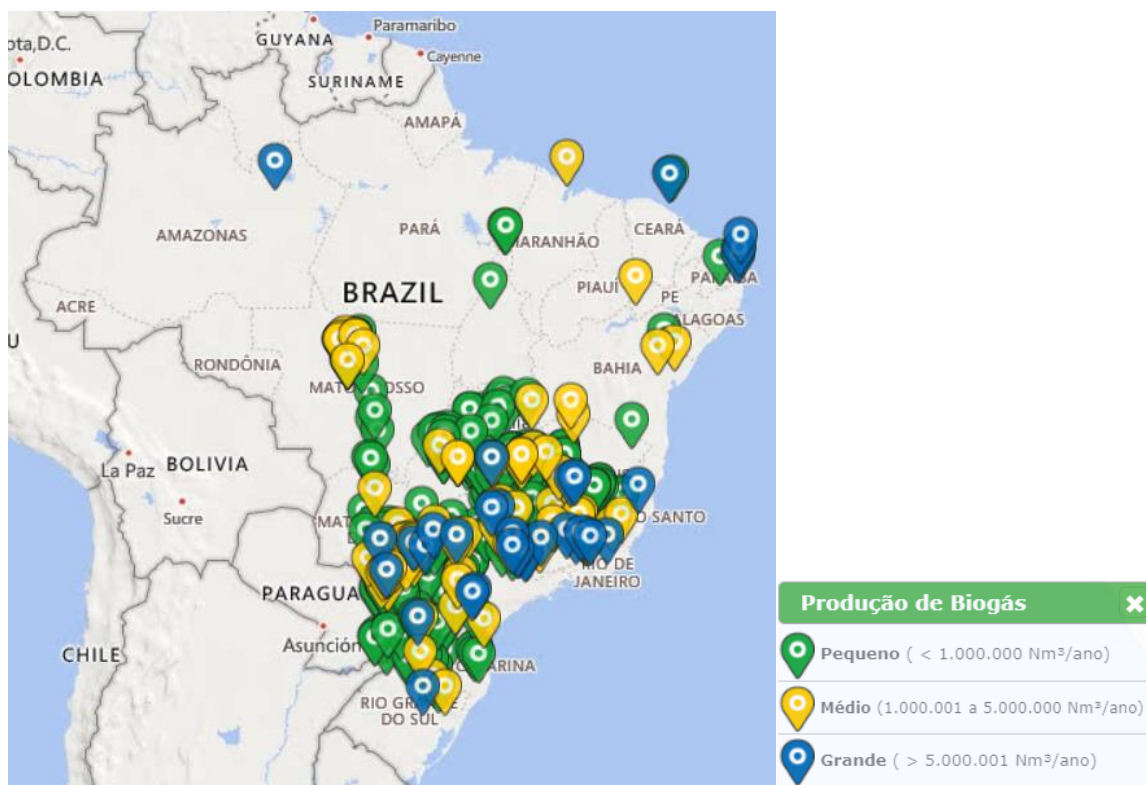


De 2010 a 2019, o Brasil conseguiu tratar 38,3 milhões de metros cúbicos de dejetos animais, resultando em “391 milhões de tCO<sub>2</sub>eq (toneladas de dióxido de carbono equivalente) de mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), montante 57 vezes maior que a meta estipulada pelo plano (6,9 milhões de tCO<sub>2</sub>eq)” (CIBiogás, 2019).

### 3.4.2 Plantas de biogás em operação, manutenção ou reforma no Brasil

O mapa da Figura 10, BiogásMap, interativo e atualizado pelo CIBiogás, permite a visualização das unidades de produção e do uso energético de biogás no Brasil. Através deste mapa, pode-se perceber que o uso de biodigestores está concentrado nas regiões centro-sul no país. A pesquisa engloba dados de plantas de biogás para geração de energia elétrica, calor, mecânica e produção de biometano.

Figura 10- Mapa de Biodigestores no Brasil



Fonte: CIBiogás

### 3.4.3 Como o uso dos biodigestores são viabilizados no Brasil

Para a construção de biodigestores no Brasil, parcerias público-privadas são realizadas para o financiamento, para dar incentivo à preservação do meio ambiente e apoiar os pequenos produtores rurais ao proporcionar alternativas econômicas e ambientais.

A Fundação Banco do Brasil e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) fazem parcerias para reaplicação de tecnologias sociais, sem fins lucrativos. Em 2019, habilitaram entidades em 112 (cento e doze) municípios mineiros, com previsão de dois milhões de reais para dar continuidade ao programa Pró-Mananciais, que foi desenvolvido pelo governo de Minas Gerais, por meio da Copasa. A Figura 11 mostra uma das famílias beneficiadas com o biodigestor.

*Figura 11- Biodigestor*



*Fonte: Fundação Banco do Brasil*

A Caixa Econômica Federal possui um fundo financeiro específico, o Fundo Socioambiental Caixa (FSA CAIXA) com objetivo de proteção, conservação e eficiência ambiental. As origens dos recursos, de acordo com o guia de orientações do FSA CAIXA, são:

- Até 2% do lucro líquido ajustado da CAIXA, relativo ao ano anterior;
- Doações e transferências efetuadas à CAIXA para as finalidades do FSA CAIXA;
- Repasses de fundos externos, públicos e privados, nacionais e internacionais;
- Rendimentos de qualquer natureza, decorrentes de aplicações das disponibilidades sujeita à remuneração;
- Retorno de aplicações reembolsáveis;
- Outras fontes aprovadas pelo Comitê de Sustentabilidade e Responsabilidade Socioambiental da CAIXA – Comitê de RSA.

O FSA CAIXA apoia financeiramente projetos socioambientais que são desenvolvidos e executados por instituições públicas e/ou privadas, denominados Agentes Executores (AEX). Essa parceria é feita mediante celebração do Acordo de Cooperação Financeira (ACF) ou pelo Acordo de Cooperação Técnica (ACT).

Estes projetos atendem, prioritariamente, a população de baixa renda, em situação de vulnerabilidade socioambiental e o acesso aos recursos se dá mediante apresentação e seleção de propostas de projeto.

Os projetos que são apoiados pelo FSA CAIXA são custeados pelos recursos do próprio Fundo e obrigatoriamente com recursos de contrapartida oferecida pelo proponente, que será o AEX do projeto.

A ONG Diaconia, a partir do princípio da mobilização social, realizou o Projeto “Biodigestor: Uma Tecnologia Social no Programa Nacional de Habitação Rural”, com o apoio do FSA CAIXA e parceria de sete Entidades Organizadoras localizadas em Pernambuco, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Tabela 4). Sindicatos, Associações dos Trabalhadores e Trabalhadores Rurais, prefeituras e principalmente as famílias beneficiadas, foram fundamentais para a consolidação

deste projeto.

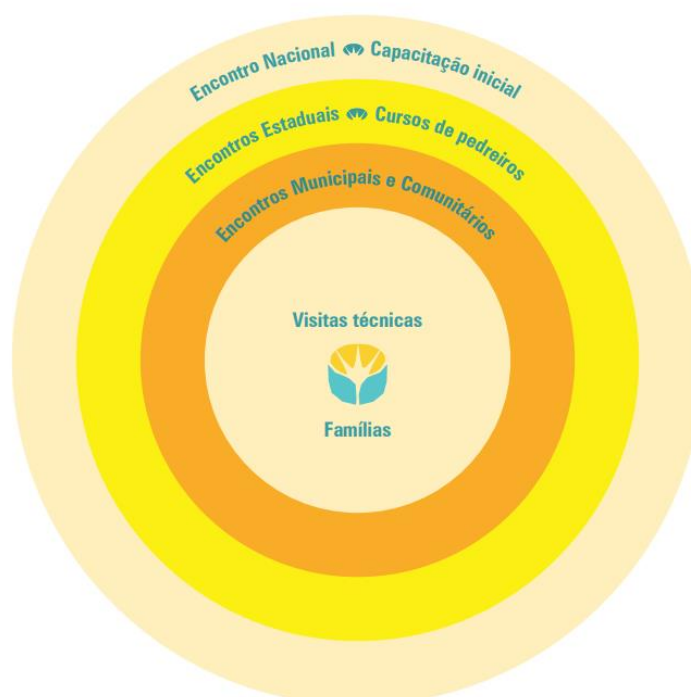
*Tabela 4- Locais onde os biodigestores foram implantados*

<b>ESTADOS</b>	<b>MUNICÍPIOS</b>
Pernambuco	Bom Conselho, Jupi, São Bento do Una, Caetés e Afogados da Ingazeira
Bahia	Várzea do Poço, Ipirá e Serra Preta
Goiás	Itaberaí, Guaraíta, Itapuranga, Piracanjuba e Pontalina
Minas Gerais	Caparaó, Espera Feliz, Divino, Orizânia, Tombos, Pedra Dourada e Caiana
Santa Catarina	Anitápolis, São Martinho, Armazém, Santa Rosa de Lima, Seara, Itá, Dionísio Cerqueira
Rio Grande do Sul	Santo Antônio das Missões, São Luiz Gonzaga, Rolador, São Nicolau, Roque Gonzales, Garruchos, Bossoroca, Porto Xavier, Itatiba do Sul, Constantina, Santo Ângelo e Entre-Ijuís

*Fonte: ONG Diaconia*

Para que fosse possível a execução desse projeto, a Diaconia contou com uma metodologia de execução baseada em: capacitação de técnicos, pedreiros, das famílias; monitoramento dos processos de construção dos biodigestores, com encontros e visitas técnicas (Figura 12):

*Figura 12- Planejamento para implantação dos Biodigestores*



*Fonte: ONG Diaconia*



Foram 395 (trezentas e noventa e cinco) famílias beneficiadas diretamente, que ao utilizar o biogás para gás de cozinha, puderam ter a preparação dos alimentos facilitada, a eliminação de gastos com a compra de gás e melhorias na saúde devida a não inalação de fumaça provenientes de lenha e carvão. Em relação aos benefícios no meio ambiente, evitou a emissão de mais de 73.944m<sup>2</sup> de metano e gás carbônico na atmosfera, a preservação de cerca de 100 hectares de mata e a produção de pelo menos 2.800 toneladas de adubo orgânico e biofertilizante. Além disso, a capacitação das pessoas da própria comunidade favoreceu a remuneração por este trabalho e possibilitou a geração de trabalho e renda. A construção do biodigestor é mostrada nas Figuras 13 e 14, e na Figura 15 como é feita a identificação e sinalização dos biodigestores.

*Figura 13- Construção do biodigestor*



Evento de mobilização e disseminação do Biodigestor em Santo Antônio das Missões/RS

*Fonte: ONG Diaconia*

Figura 14- Construção do biodigestor



Curso de Pedreiros em Divino/MG

Fonte: ONG Diaconia

Figura 15- Identificação dos Biodigestores



Placa de obra

Todos os biodigestores identificados com Placa

Fonte: ONG Diaconia

Em Minas Gerais, a EMATER-MG (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais) apoia a construção de biodigestores em municípios localizados no Vale do Rio Doce, orientando e incentivando os pequenos agricultores.



Na região nordeste do Brasil o Projeto Dom Helder Câmara obteve êxito no uso de biodigestores, com objetivos de promover a sustentabilidade como alternativa energética e utilização no gás de cozinha através de biodigestores abastecidos com esterco bovino (Rocha, 2016). Este projeto atende aproximadamente quinze mil famílias nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.

A Embrapa desenvolveu o projeto “Produção de Energia Elétrica A Partir de Dejetos gerados na Pecuária Leiteira”. Foi construído em Coronel Pacheco-MG um biodigestor, na fazenda experimental da Embrapa, que apresenta que a digestão anaeróbia, em condições tropicais, e com uso de dejetos bovinos é uma tecnologia viável para a produção de biogás, tendo ainda como produto final um biofertilizante (Rocha, 2016).

Na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), no campus Pampulha, os resíduos de alimentos do restaurante são transformados em biogás e, posteriormente, em energia térmica e elétrica e em biofertilizante que pode ser utilizado no próprio campus (site UFMG, 2016). Este projeto tem capacidade para tratar quinhentos quilos de resíduos por dia, através de um reator de metanização de resíduos orgânicos, conforme Figura 16.

*Figura 16- Reator de metanização de resíduos orgânicos da UFMG*



*Fonte: site UFMG*

#### **3.4.4 Cenário atual dos biodigestores no Brasil**

O uso dos biodigestores no Brasil tem crescido de forma significativa devido a disseminação das práticas sustentáveis com o auxílio da propagação das informações referentes ao acesso e aos benefícios econômicos que podem ser adquiridos (CIBiogás).

O Brasil possui 276 (duzentos e setenta e seis) plantas de biogás em operação, sendo 13 (treze) no Rio Grande do Sul (RS). Uma das unidades ativas no RS é a Fazenda Trevisan, de Farroupilha, na Serra. Esta fazenda possui cerca de 500 (quinhentas) vacas, que geram aproximadamente 33 (trinta e três) mil litros de dejetos por dia, que através do biodigestor, transformam em energia elétrica. Para implementação do sistema, a família investiu dois milhões de reais, sendo três equipamentos construídos, que produzem cerca de dois mil metros cúbicos de biogás por semana, que resultam em 4,5 megawatts-hora, suficiente para abastecer 15% da propriedade que economiza até sete mil reais na conta de luz (CIBiogás).

Além das usinas que estão em operação, outras noventa estruturas tinham previsão de serem concluídas em 2019, e assim a produção do combustível teria aumento de 4,7 milhões de metros cúbicos ao dia. A expectativa de crescimento no setor de biodigestores é muito grande, com perspectiva de aumento de mais de 200% nos próximos três anos, ultrapassando os dez milhões de metros cúbicos ao dia, segundo o coordenador do projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira, do CIBiogás.



## 4 MÉTODOS E TÉCNICAS

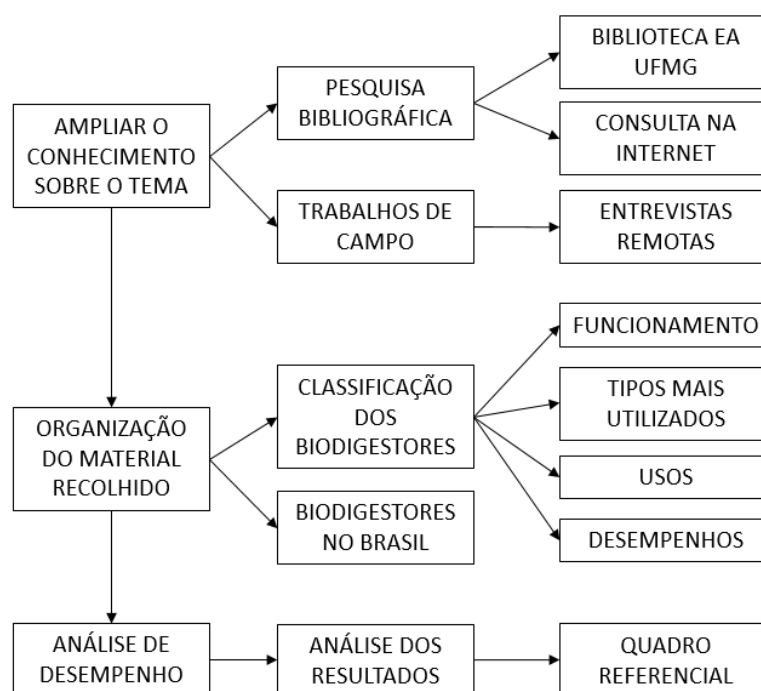
### 4.1 Etapas de Trabalho e Fluxograma

Este trabalho constituiu-se de uma revisão da literatura, através de pesquisa bibliográfica, na biblioteca da Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG e consulta na internet, relacionada a funcionalidade e usos dos biodigestores, com foco nos usos no Brasil, finalidades, desempenho e condições de aquisição, além de contato com pessoas e instituições dedicadas a construção de biodigestores no Brasil.

Através de trabalhos de campo (entrevistas remotas com instituições que promovem o uso do biodigestor no Brasil) e o estudo bibliográfico, para ampliar o conhecimento sobre o tema, foi possível organizar o material recolhido para basear a construção do quadro referencial e a análise dos resultados.

O fluxograma apresentado na Figura 17, esquematiza as etapas de trabalho que foram realizadas para a elaboração desta monografia.

Figura 17- Fluxograma Etapas de Trabalho



Fonte: Autoria própria

## 4.2 Avaliação de Desempenho

Com base nos estudos e nas entrevistas remotas realizadas, foi possível analisar a experiência brasileira no uso de biodigestores, e assim concluir sobre os benefícios para os produtores rurais e para o meio ambiente. A avaliação de desempenho é feita através da análise desde a construção até os resultados, sintetizados em um quadro referencial.

### 4.2.1 Como construir um biodigestor em pequena propriedade rural

A ONG Diaconia desenvolveu uma técnica construtiva para replicar o biodigestor em pequenas propriedades rurais, para utilização do biogás como gás de cozinha, que necessita de apenas doze passos:

- Passo 1:

É importante que o biodigestor fique a uma distância entre quinze a vinte e cinco metros da cozinha, à luz do sol.

- Passo 2:

Cavar a uma profundidade de um metro e oitenta centímetros, com diâmetro de três metros e meio, conforme Figura 18.

*Figura 18- Escavação para instalar o biodigestor*



Fonte: ONG Diaconia

- Passo 3:

Confeccionar cinquenta e quatro placas que serão para o tanque de fermentação e mais quatro placas para a caixa de descarga, conforme Figura 19. Para isto, é necessário argamassa com doze carros de mão de areia e quatro sacos de cimento. A forma tem dimensões de cinquenta por cinquenta centímetros. Duas placas terão um furo de cem milímetros, feito com um cano PVC, que servirão para a entrada das canaletas.

*Figura 19- Confeção das placas*



*Fonte: ONG Diaconia*

- Passo 4:

Após nivelar o fundo do vão, preparar a argamassa com três carros de mão de areia grossa (dez latas), dois carros de mão de brita (seis latas) e um saco de cimento para construir o piso, conforme Figura 20.

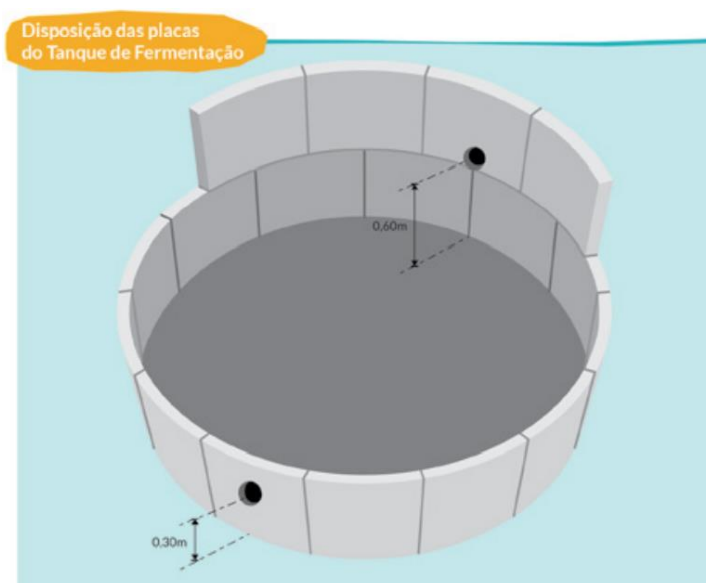
*Figura 20- Nivelando o piso*



*Fonte: ONG Diaconia*

Para a construção do piso, será necessário uma camada de três centímetros de concreto e uma grade circular de ferro de  $\frac{1}{4}$  com dois metros e trinta centímetros de diâmetro, e depois acrescentar mais quatro centímetros de concreto. Após o piso pronto, assentar as placas em fileira, que terão juntas de dois centímetros. As duas primeiras fileiras terão duas placas furadas, conforme Figura 21.

Figura 21- Disposição das placas



Fonte: ONG Diaconia

Após assentar as placas, amarre as fileiras com arame galvanizado número doze, conforme Figura 22.

Figura 22- Amarração das placas



Fonte: ONG Diaconia

Construir os batentes no fundo do tanque, com três tijolos de oito furos, formando uma mureta com sessenta centímetros de altura, conforme Figura 23. Os batentes são para evitar que a caixa de fibra encoste no fundo do tanque, para permitir a entrada e a saída do esterco.

Figura 23- Batentes com tijolos



Fonte: ONG Diaconia

Após rebocar as paredes, chumbe no centro do piso o cano guia, que é um cano de ferro de quarenta milímetros com três metros e meio de comprimento, conforme Figura 24.

Figura 24- Cano guia chumbado



Fonte: ONG Diaconia



- Passo 5:

Construir a caixa de carga, com quatro placas assentadas sobre uma base de cimento, conforme Figura 25. O piso deverá ficar a vinte centímetros de altura acima do nível da borda do tanque de fermentação. A ligação desse caixa com o tanque será feita com um cano de cem milímetros, medindo três metros de comprimento.

Figura 25- Caixa de carga

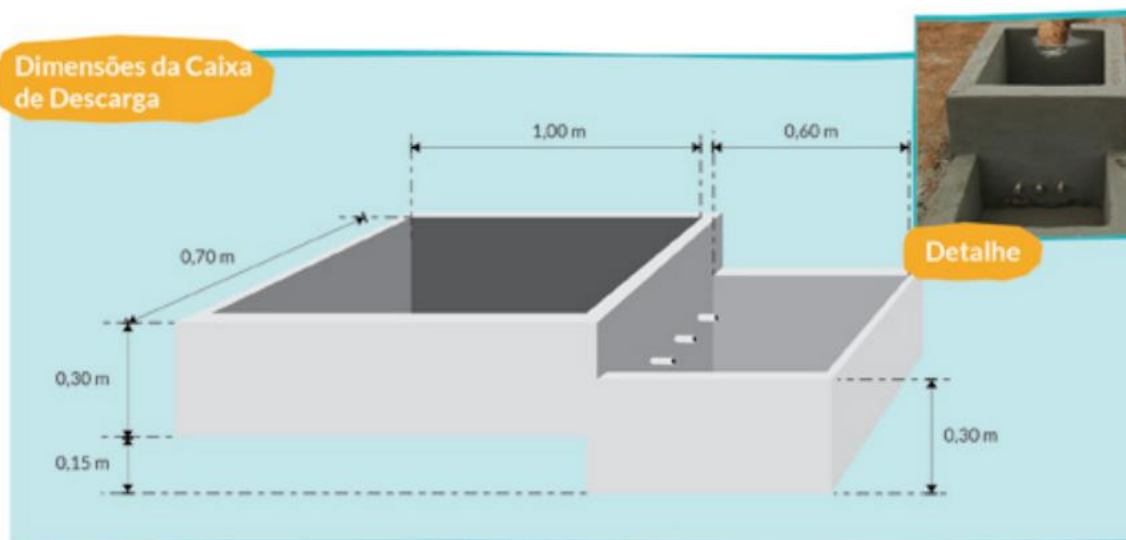


Fonte: ONG Diaconia

- Passo 6:

Construir a caixa de descarga. A caixa de descarga é retangular, de tijolos, e a borda da caixa deve ficar a vinte centímetros abaixo do nível da borda do tanque de fermentação. As dimensões são conforme Figura 26.

Figura 26- Dimensões caixa de descarga



Fonte: ONG Diaconia

- Passo 7:

A câmara de armazenamento do gás é uma caixa de fibra de vidro de três mil litros. Deve ser feito um furo com serra copo no centro da caixa de setenta e seis milímetros de diâmetro. Neste furo passa o cano guia que permite que a caixa suba e desça. A caixa sobe quando está cheia de biogás e desce à medida que ele vai sendo usado. A vinte e cinco centímetros da borda da caixa, faça o segundo furo com vinte milímetros de diâmetro, onde passará o cano para a saída do biogás. Fixe uma tábua de madeira e perfure o centro, conforme Figura 27.

Figura 27- Cano guia e tábua



Fonte: ONG Diaconia

Deve-se fazer um anel de zinco para a câmara de armazenamento, de acordo com a Figura 28.

Figura 28- Caixa com anel de zinco

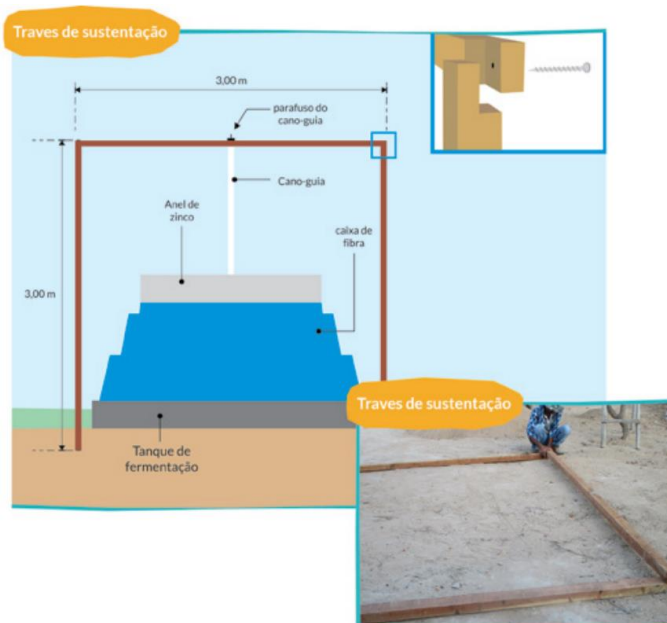


Fonte: ONG Diaconia

- Passo 8:

Com três barrotes de madeira, faça uma trave de sustentação, conforme Figura 29.

Figura 29- Trave de sustentação

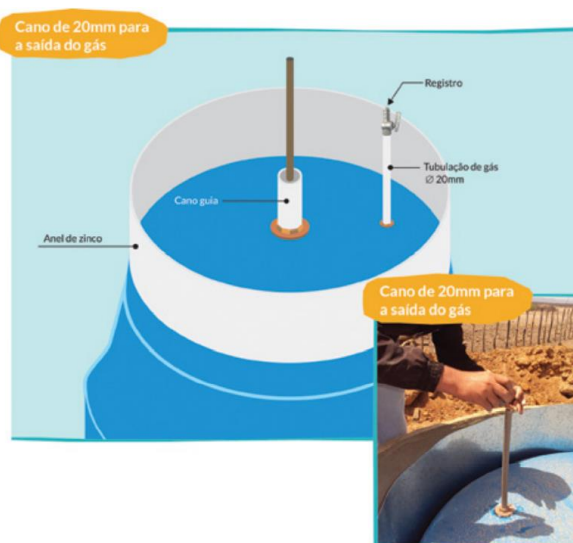


Fonte: ONG Diaconia

- Passo 9:

Preparar a tubulação de saída de gás. Colocar um cano de vinte milímetros, medindo trinta centímetros de comprimento e na extremidade do cano instalar um registro de gaveta, de acordo com a Figura 30.

Figura 30- Cano de saída



Fonte: ONG Diaconia



- Passo 10:

Instalar o filtro de impurezas, responsável por eliminar o mau cheiro do biogás, ao passar pela água em um recipiente fechado. Para isto é necessário um garrafão de água mineral de vinte litros, que será perfurado em dois locais no fundo para o encaixe dos flanges de vinte milímetros, um para entrada e outro para a saída do gás. Encaixe um cano PVC, de vinte centímetros de comprimento e vinte milímetros de diâmetro, em um dos flanges pelo lado interno do garrafão, que será responsável pela filtragem e entrada do biogás. O cano deverá ser instalado pela boca do garrafão, e após instalado, fechar a boca do garrafão que ficará posicionado para baixo. Adicione água por cima do garrafão, pelo flange de entrada de gás, e o cano ficará mergulhado em torno de quatro centímetros na água. Deve-se instalar uma união logo após o registro de gaveta e em seguida o cano para conexão da mangueira flexível, conforme Figura 31.

*Figura 31- Instalação dos canos no garrafão*

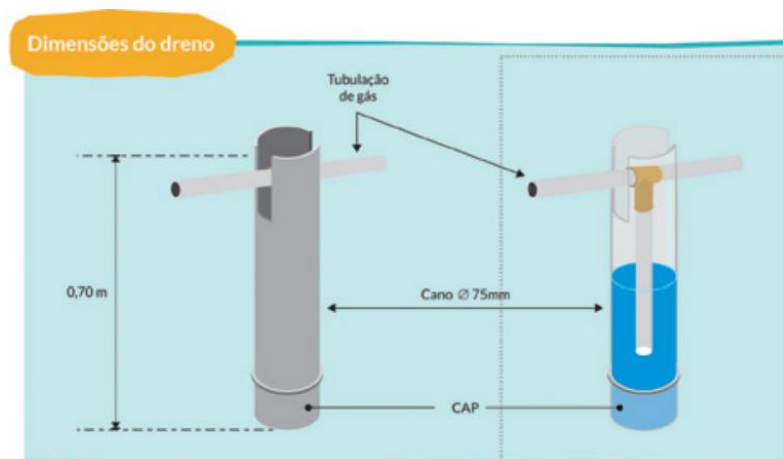


*Fonte: ONG Diaconia*

- Passo 11:

Para construir o sistema de drenagem, deve-se cavar um orifício de setenta centímetros de profundidade e oitenta e cinco milímetros de diâmetro no ponto mais baixo da tubulação de gás, para instalação do dreno. Pegue um cano de setenta e cinco milímetros de diâmetro e setenta centímetros de comprimento e tampe uma das extremidades com um “CAP”, conforme Figura 32.

*Figura 32- Dreno*



*Fonte: ONG Diaconia*

A tubulação de gás é enterrada do biodigestor até a cozinha. Deve-se instalar uma mangueira flexível com registro para fechar ou abrir a passagem do gás para o fogão.

- Passo 12:

O fogão deve ser adaptado, aumentando o furo dos giclês com uma broca de um milímetro e meio, para a saída da chama, conforme a Figura 33.

*Figura 33- Furar os giclês do fogão*



*Fonte: ONG Diaconia*

O primeiro abastecimento do biodigestor deve ser feito até que os insumos (para cada um litro de esterco utilize um litro de água) chegue ao nível da caixa de descarga. Em média, este primeiro abastecimento tem 6800 quilos da mistura. Na câmara de fermentação o esterco não entra em contato com o ar, sendo uma reação anaeróbica.

O manejo dos insumos deve ser feito diariamente e o biofertilizante produzido na caixa de descarga pode ser utilizado na agricultura ou floricultura.

#### **4.2.2 Como financiar o biodigestor**

No Brasil existem parcerias público-privadas que viabilizam os financiamentos para a construção de biodigestores. Quando existe a parceria com ONG's, estas fazem a mediação e participa de um processo de avaliação e aprovação, para ser certificada e receber os auxílios necessários. Estas ONG's têm interesse em disseminar as propostas que levam benefícios sociais e ambientais, apresentando as soluções as famílias carentes (Fundação Banco do Brasil).

O acesso aos recursos do Fundo Socioambiental CAIXA é a partir da seleção das propostas de projetos apresentadas, de acordo com o Plano de Aplicação vigente e as seguintes modalidades:

- Seleção pública: os projetos são selecionados a partir dos critérios que são divulgados em editais específicos;
- Apoio a políticas internas: os projetos estratégicos que são propostos por entidades externas, doadores ou repassadores de recursos ao FSA CAIXA, que também são enquadrados nos eixos de atuação e nas linhas temáticas definidas no Plano de Aplicação;
- Incentivo financeiro a negócios sustentáveis: tem o intuito de fortalecer a oferta de crédito com condições diferenciadas para assim promover soluções que possuam adicionalidades socioambientais.

Os regulamentos das seleções são divulgados no Diário Oficial da União (DOU) e no site da CAIXA (CAIXA).

### 4.2.3 Análise dos resultados e quadro referencial

O uso do biodigestor, além dos benefícios ao meio ambiente, impacta de forma positiva na vida das famílias das pequenas propriedades rurais, com uma metodologia reaplicável, desenvolvida através da mobilização social, da formação das pessoas, da interação da comunidade, da valorização da mão de obra local e dos recursos naturais (ONG Diaconia).

Como o biogás passa a ser o combustível dos fogões das cozinhas, as famílias não precisam mais de lenha, carvão ou botijão de gás. Com isso, a saúde das famílias é preservada ao evitar a inalação da fuligem que é gerada ao usar lenha e carvão, evitando problemas respiratórios.

Para o meio ambiente, a não extração da madeira contribui com a diminuição do desmatamento e o manejo dos dejetos animais reduz a emissão do gás metano de efeito estufa. Além disso, com a limpeza de currais e chiqueiros a saúde dos animais também é protegida contra doenças e verminoses.

O biofertilizante produzido é um adubo natural que aumenta a fertilidade do solo e a saúde das plantações. Dessa forma, não é preciso gastar com fertilizantes químicos, além de contribuir com o meio ambiente

Em relação aos custos, o investimento inicial é em média de R\$2.800,00 (dois mil e oitocentos reais). A utilização do biogás permite uma economia de um botijão e meio por mês (considerando que é este o consumo em média de uma família). Assim, a família economiza no ano cerca de R\$1.350,00 (mil trezentos e cinquenta reais) (considerando que o botijão de gás custa setenta e cinco reais), e o retorno financeiro do investimento inicial é obtido em dois anos e dois meses.

Em resumo, foi possível elaborar um quadro referencial (Tabela 5) com as principais informações referentes a avaliação de desempenho:

*Tabela 534- Quadro referencial*

TIPOS	BIODIGESTOR CHINÊS
	BIODIGESTOR INDIANO
	BIODIGESTOR DIACONIA
AQUISIÇÃO	EDITAIS FINANCIAMENTO
	PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS
	ONG'S
INSUMOS	DEJETOS ANIMAIS
	RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS
	RESTOS DE ALIMENTOS
	ORGÂNICOS AGRICULTURA
RENDIMENTO	26KG DE BIOGÁS POR MÊS
	ECONOMIA DE 1,5 BOTIJÃO/MÊS
	ECONOMIA DE R\$1.350,00 NO ANO
	RETORNO FINANCEIRO (INVESTIMENTO INICIAL R\$2.800,00) EM 2 ANOS E 2 MESES

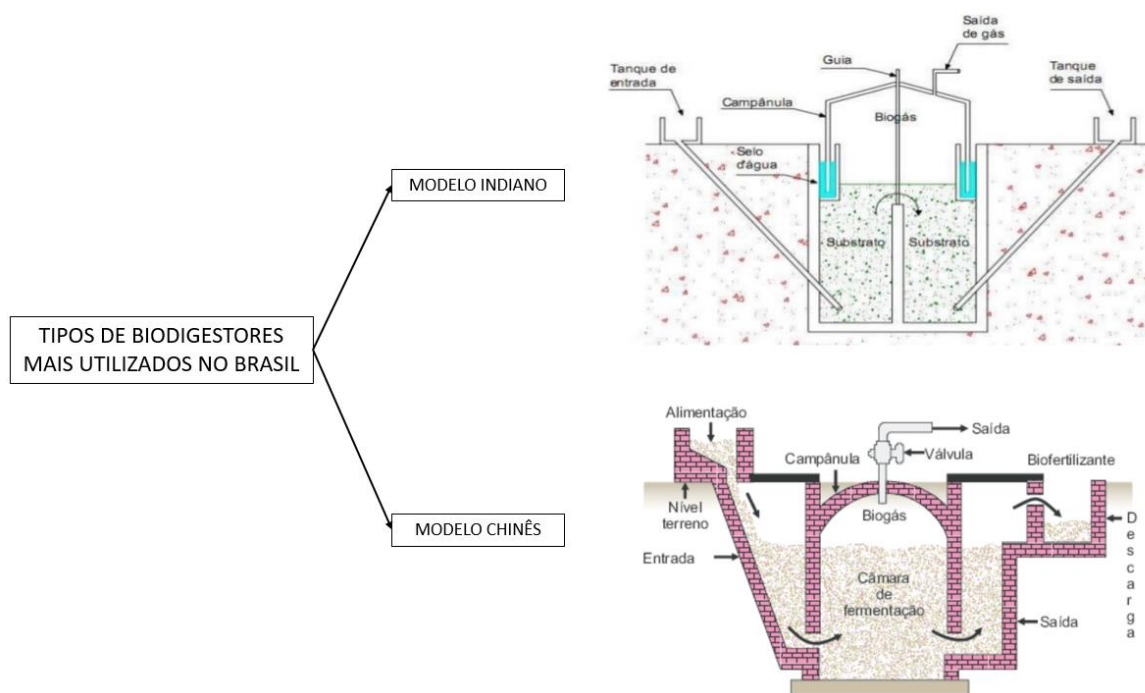
*Fonte: Aatoria Própria35*

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de biodigestores representa um avanço importante na preservação do meio ambiente ao reduzir a queima de combustíveis fósseis e contribuir com a não poluição dos solos e das águas.

De acordo com o estudo realizado, foi possível concluir que os biodigestores de Modelo Indiano e Chinês são os mais utilizados no Brasil e no mundo, sendo o Modelo Indiano mais difundido no Brasil devido a facilidade de construção (poço com uma campânula, e o Chinês é todo construído em alvenaria) (Deganutti, 2002), mostrados na Figura 17.

Figura 36 - Tipo de Biodigestores

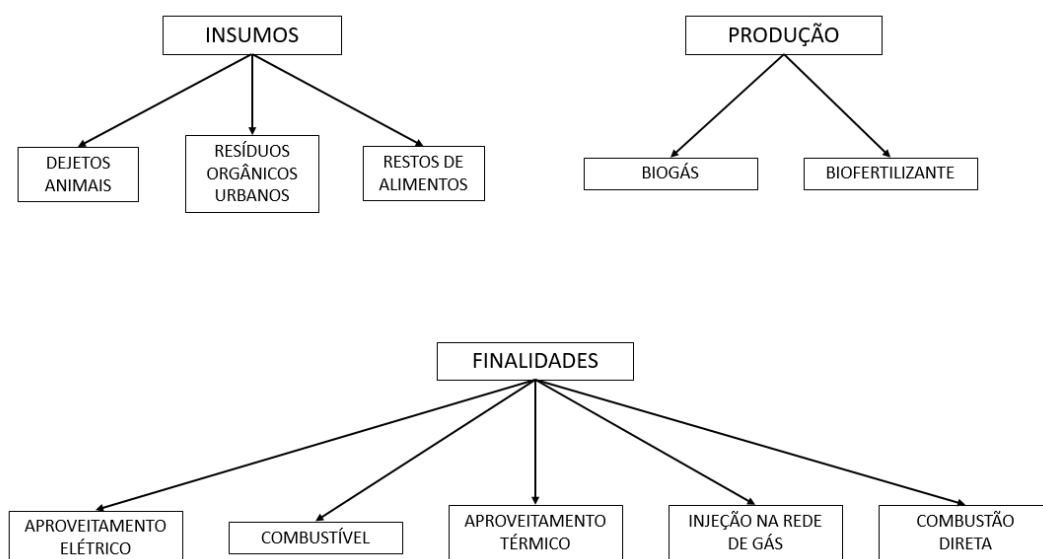


Fonte: Adaptado autoria própria



Em relação aos insumos possíveis para a produção do biogás e do biofertilizante, pode-se utilizar dejetos de animais, resíduos orgânicos urbanos e restos de alimentos. As finalidades do biodigestor incluem o aproveitamento térmico, combustível, aproveitamento térmico, injeção na rede de gás e combustão direta (CIBiogás), conforme Figura 18.

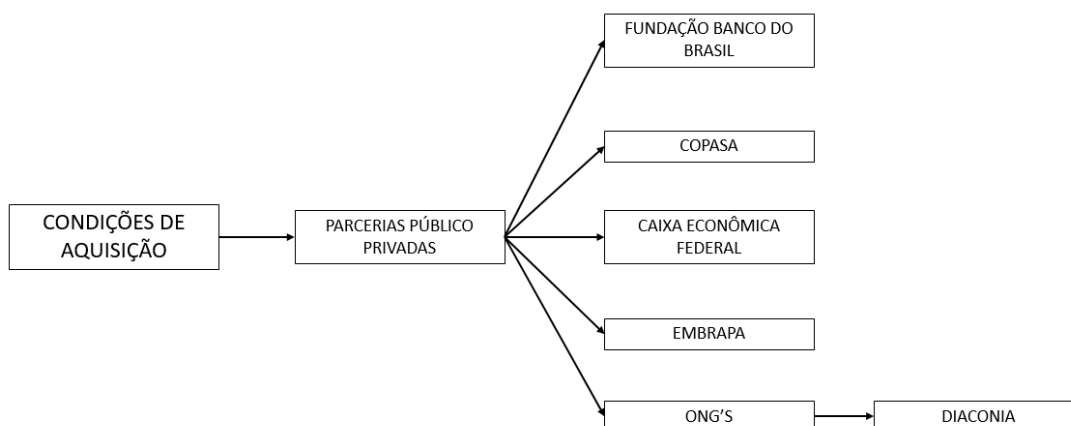
Figura 37- Insumos, produção e finalidade do biodigestor



Fonte: Autoria própria

As condições de aquisição para construção do biodigestor no Brasil, como apoio aos pequenos produtores rurais, são realizadas através de parcerias público-privadas, como os exemplos da Figura 19:

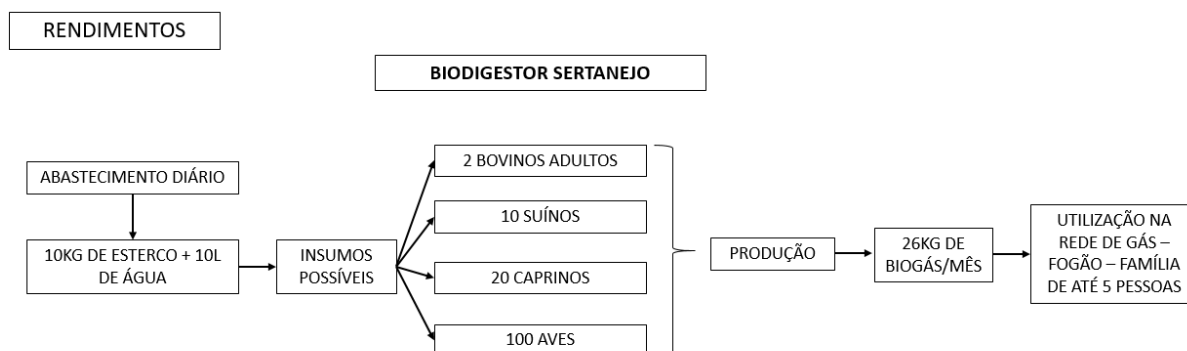
Figura 38- Condições de aquisição do biodigestor



Fonte: Autoria própria

Um biodigestor sertanejo, com custo de implantação por volta de dois mil e oitocentos reais, incluindo mão-de-obra, é abastecido diariamente com dez quilos de esterco adicionado a dez litros de água, produz vinte e seis quilos de biogás por mês (Fundação Banco do Brasil), conforme esquema da Figura 20:

Figura 39- Rendimento do biodigestor



Fonte: Autoria própria

Ao comparar um metro cúbico de biogás com outras fontes energéticas, temos conforme Figura 21 (Rocha, 2016):

Figura 40- Comparação energética

Combustível (t = 25°C; P = 1 atm)	Volume equivalente a 1 m <sup>3</sup> de biogás (t = 25°C; P = 1 atm)
Querosene	0,342 L
Lenha (10 % de umidade)	1,450 kg
GLP	0,396 L
Óleo diesel	0,358 L
Gasolina	0,312 L

1m<sup>3</sup> de biogás equivale a:

Fonte: Adaptado Rocha, 2016

De acordo com o estudo realizado, foi possível concluir que o uso de biodigestores proporciona significativos benefícios, tanto para o meio ambiente, ao tratar de forma adequada os dejetos ou resíduos orgânicos, quanto para os pequenos produtores rurais, que podem utilizar o biofertilizante na agricultura, e o biogás como gás de cozinha e energia elétrica. Além disso, o baixo custo, a facilidade de construção e manuseio, e as parcerias que incentivam e viabilizam o uso de biodigestores no Brasil aos pequenos produtores rurais, são fatores que proporcionam soluções e possibilidades de desenvolvimento socioeconômico e ambiental no país.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, L.H; COSTA, L. M; LEITE, L.H.M; NASCIMENTO, P.H; NETO, E.D.D; SILVEIRA, R.Z. **Implementação e Avaliação de um Biodigestor de Produção Descontínua**. Belo Horizonte/MG, 2010.

ARAÚJO, A. P. C. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. Uberlândia/MG, 2017.

BARBOSA, G; LANGER, M. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental**. Joaçaba/SC, 2011.

BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural**. São Paulo/SP, 2003.

CIBiogás. Disponível em: <https://cibiogas.org/>

DEGANUTTI, R; PALHACI, M. C. J. P; ROSSI, M; TAVARES, R; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. Baurú/SP, 2002.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão do Estado de Minas Gerais. Disponível em: [http://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite\\_pagina\\_interna&id=23368&fbclid=IwAR1TKWgEqbdIVKwludRWC9ecXp7YdoK1n7cA1PfFVfpFSLoZDLyxQ7cJyMQ](http://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite_pagina_interna&id=23368&fbclid=IwAR1TKWgEqbdIVKwludRWC9ecXp7YdoK1n7cA1PfFVfpFSLoZDLyxQ7cJyMQ)

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/216197/disseminacao-ampliacao-e-aplicabilidade-da-fossa-septica-biodigestora-como-tecnologia-social-de-saneamento-basico-rural>

Fundação Banco do Brasil. Disponível em: <https://www.fbb.org.br/pt-br/ra/tag/biodigestor>

Fundo Socioambiental Caixa. Disponível em:  
<https://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/investimentos-socioambientais/fundo-socioambiental-caixa/Paginas/default.aspx>

MORAES, F. T. L. **Biodigestor: uma tecnologia sustentável**. Sumé/PB, 2017.

ONG Diaconia

Portal do Biogás. Disponível em: <https://www.portaldobiogas.com/tecnologias-utilizadas-em-biodigestores/>

Portal dos Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/o-mercado-privado-de-residuos-solidos/>

ROCHA, C. M. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares**. Juiz de Fora/MG, 2016.

Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em:  
<https://www.ufmg.br/online/arquivos/042538.shtml>

ZANANDRÉA, V. **Análise do uso da tecnologia de biodigestores para fins energéticos em propriedades rurais**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Dois Vizinhos/PR, 2010.