



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

IMPLEMENTAÇÃO DE BIODIGESTOR DE BAIXO CUSTO EM PROPRIEDADE RURAL EM CAVALCANTE- GO.

LUIZA ODILIA DE OLIVEIRA LOPES

Planaltina – DF
Fevereiro de 2021



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

LUIZA ODILIA DE OLIVEIRA LOPES

**IMPLEMENTAÇÃO DE BIODIGESTOR DE BAIXO CUSTO EM
PROPRIEDADE RURAL EM CAVALCANTE- GO.**

Trabalho de Conclusão de Curso do IFB-
Campus Planaltina, como parte das exigências
à obtenção do grau de Tecnólogo em
Agroecologia.
Orientador: **Ivan Medeiros Lustosa Júnior**

Planaltina – DF
Fevereiro de 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

TERMO DE APROVAÇÃO DO TCC

TERMO DE APROVAÇÃO

LUIZA ODÍLIA DE OLIVEIRA LOPES

IMPLEMENTAÇÃO DE BIODIGESTOR DE BAIXO CUSTO EM
PROPRIEDADE RURAL EM CAVALCANTE- GO

**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC,
aprovado como requisito parcial para obtenção
do grau de Tecnólogo em Agroecologia do
Instituto Federal de Brasília, pela seguinte
banca examinadora:**



Ilvan Medeiros Lustosa
Junior Prof. Dr. em
Ciências Florestais



Viviane Evangelista dos Santos Abreu
Andrade Prof.^a MSc. em Educação



Rômulo Davi Albuquerque
Prof. Dr. em Química

Planaltina - DF, 08 de fevereiro de 2021.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

AGRADECIMENTOS

Foi um percurso longo e cheio de obstáculos até concluir esta etapa tão sonhada e importante em minha vida.

Agradeço primeiramente à minha família, sobretudo à minha mãe Kátia, por sempre acreditar no meu sonho e me motivar a todo o momento.

Agradeço muitíssimo ao meu pai Paulo, ao meu irmão Pedro, à minha cunhada Haia, à minha afilhada Vitória e à minha querida avó Francisca Aparecida, por sempre torcerem por mim e vibrarem com minhas realizações.

Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador Dr. Ilvan Medeiros Lustosa Júnior e ao professor Dr. Rômulo Davi Andrade de Albuquerque, por acreditarem no potencial do projeto desde o princípio, e por sempre estarem dispostos a transmitir seus conhecimentos, solucionar dúvidas, somando para a construção de um processo de aprendizado leve e agradável.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado, muito obrigada!



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

RESUMO

O Brasil possui uma grande expressão no setor agropecuário, desde a produção, ao beneficiamento e exportação dos mais variados produtos, movimentando uma das principais atividades econômicas do país. Apesar de sua fundamental importância socioeconômica, na geração de empregos, fomento às pesquisas científicas, e principalmente na manutenção da vida de milhares de famílias, as atividades agrícolas impactam negativamente tratando-se a respeito da geração de resíduos altamente poluentes, que contribuem para as emissões de gases do efeito estufa, contaminação do solo e cursos d'água, diminuindo a qualidade de vida dos seres e meio ambiente em que habitam. Com isso, produtores rurais brasileiros estão cada vez mais abertos a dialogarem com tecnologias que se encaixem em sua realidade e integrem a produção com soluções sustentáveis, que visam possibilitar melhorias ao sistema como um todo. Neste contexto, o presente trabalho consiste em analisar a construção de um biodigestor anaeróbio, inspirado no modelo chinês, para o tratamento de dejetos bovinos produzidos dentro de uma propriedade rural em Cavalcante-GO, utilizando-se materiais de baixo custo e acessíveis, em busca de demonstrar o potencial e viabilidade de sua implementação. O protótipo se mostrou satisfatório no processo de fermentação anaeróbica e geração de biogás, podendo atuar como fonte de energia alternativa e biofertilizante para a manutenção das espécies vegetais presentes no local, diminuindo os custos, proporcionando ganhos ambientais e contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Biogás; digestão anaeróbica; tecnologias sociais.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

ABSTRACT

Brazil has a great expression in the agricultural sector, from the production, to the processing and export of the most varied products, moving one of the main economic activities in the country. Despite its fundamental socioeconomic importance, in generating jobs, promoting scientific research, and especially in maintaining the lives of thousands of families, agricultural activities have a negative impact when dealing with the generation of highly polluting residues, which contribute to emissions greenhouse gases, soil contamination and water courses, reducing the quality of life of beings and the environment in which they live. With this, Brazilian rural producers are increasingly open to dialogue with technologies that fit their reality and integrate production with sustainable solutions, which aim to enable improvements to the system as a whole. In this context, the present work consists of analyzing the construction of an anaerobic digester, inspired by the Chinese model, for the treatment of bovine manure produced inside a rural property in Cavalcante-GO, using low cost and accessible materials, in search demonstrate the potential and feasibility of its implementation. The prototype proved to be satisfactory in the process of anaerobic fermentation and biogas generation, being able to act as an alternative energy source and biofertilizer for the maintenance of plant species present on the site, reducing costs, providing environmental gains and contributing to sustainable development.

Keywords: Biogas: anaerobic digestion; social technologies

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Geral.....	4
2.2 Específicos	4
3. DESENVOLVIMENTO	5
3.1 Área de estudo.....	12
3.2 Procedimentos.....	14
3.2.1 O biodigestor.....	14
3.2.2 Construção do protótipo.....	17
3.2.3 Etapas da construção.....	19
3.2.4 Abastecimento e acompanhamento.....	24
3.2.5 Formação do biogás.....	26
4. RESULTADOS OBSERVADOS	22
4.1 Tempo de Retenção Hidráulica (TRH).....	28
4.2 Produtividade do biodigestor.....	29
4.3 Biofertilizante.....	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6. REFERÊNCIAS.....	37
ANEXO (ANÁLISE DO BIOFERTILIZANTE)	

1. INTRODUÇÃO

O setor agrícola brasileiro possui grande relevância a nível mundial na produção de alimentos, levando-se em consideração que o país possui vantagens em relação ao clima, disponibilidade hídrica, solo e relevo, por exemplo, proporcionando uma série de benefícios socioeconômicos para o país.

Apesar disso, todo o trabalho ligado à agricultura e à pecuária, convencional ou familiar, quando realizado de forma incoerente, no que diz respeito ao conceito de sustentabilidade, se torna passível de gerar graves consequências ambientais.

O modelo tradicionalmente considerado pelas comunidades humanas para desenvolvimento das atividades industriais, agropecuárias, comerciais e domésticas deteriora a qualidade ambiental e incompatibiliza-se com o conceito de desenvolvimento sustentável, na medida em que são geradas altas quantidades de resíduos, com o agravante de serem estes, geralmente, dispostos indiscriminadamente no meio. (STEIL, 2002).

Para que haja a implantação de sistemas agropecuários, em geral, inicia-se com o desmatamento de extensas áreas, com o uso de maquinários e, muitas vezes, do fogo. Com isso, a supressão da cobertura vegetal causa a redução da biodiversidade, ameaças à extinção de espécies animais e vegetais, redução dos nutrientes do solo, erosão, podendo levar à desertificação.

Falando-se especificamente da pecuária, além da substituição da cobertura vegetal pelas pastagens, outro agravante é a compactação do solo gerada pelo caminhar dos rebanhos. O solo compactado dificulta a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, podendo acarretar em erosões, muitas vezes irreversíveis.

Além disso, os animais, através da ruminação e posterior liberação de dejetos, são responsáveis por elevadas taxas de emissão de GEE, gases de efeito estufa, como por exemplo, o monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio e clorofluorcarbonos, havendo uma contribuição direta para o aquecimento global.

O manejo inadequado dos dejetos dentro da propriedade, pode ser responsável pela poluição de águas superficiais e subterrâneas, bem como pela emissão de gases com alto potencial de causar efeito estufa e pelo acúmulo nos solos, devido ao alto teor de matéria orgânica e agentes patogênicos do dejetos.

O destino final dos dejetos, na maior parte dos casos, é a aplicação direta no campo, não seguindo qualquer critério técnico para esta operação, que além de contaminar águas superficiais, proporciona a infiltração de águas residuárias no lençol freático, o desenvolvimento de moscas e gases malcheirosos, que provocam desconforto, tanto animal quanto humano, além de contribuírem para o efeito estufa. (MACHADO, 2011)

Diversas propriedades rurais no Brasil manejam os resíduos de forma errônea fazendo com que percam grande parte de suas características fertilizantes e energéticas. Assim sendo, o ideal seria que todas as unidades de produção tivessem estruturas adequadas para coletar, transportar, armazenar, tratar e, somente depois, utilizar os dejetos resultantes (MERKEL, 1981).

Entre as possibilidades viáveis para o tratamento de dejetos, a biodigestão anaeróbia representa uma alternativa, pois permite redução do potencial poluidor, geração de biogás e efluente para fertilização de espécies vegetais.

No Brasil, os resíduos de origem animal constituem-se importante fonte de obtenção da biomassa, e a sua utilização em sistemas biointegrados para fins energéticos mostra-se favorável sob aspectos econômicos e ambientais. (CALZA, et.al. 2015).

Diante da necessidade de se produzir de forma saudável no campo, atendendo à população, e contribuindo para um desenvolvimento sustentável, é fundamental que tecnologias ecológicas sejam implantadas no setor agropecuário, de forma que seja possível reduzir os problemas ambientais provocados pelas atividades que o engloba. A consciência crescente de que o tratamento de resíduos produzidos pelas diferentes atividades humanas é de vital importância para a saúde pública e para o combate à poluição das águas de superfície e subterrâneas, tem levado à necessidade de se desenvolver sistemas que combinem alta eficiência e custos baixos de construção e de operação (STEIL, 2002).

De acordo com Callaghan et al., 1999; Lettinga & Van Lier, 1997 citados por STEIL et al., 2002, o tratamento anaeróbio de resíduos pode ser considerado um dos principais métodos de proteção ambiental e preservação de recursos, podendo os resíduos tornarem-se importantes fontes de nutrientes, condicionadores do solo e, também, fonte de energia.

Os biogeradores, ou biodigestores, são atualmente, protagonistas em matéria de geração de biogás, energia produzida com matéria-prima, que até então, era descartada erroneamente ou apenas ignorada (Levandoski, 2020, P. 4).

Em busca por tecnologias que gerem benefícios ao meio ambiente e sociedade, objetivou-se, por meio deste trabalho, construir um equipamento no qual possibilitasse obter a geração de biogás dentro da propriedade, tendo como matéria prima um resíduo que estaria no local apenas causando cada vez mais prejuízos ao ambiente, e transformando-a em um bem muito valioso e essencial a vida: energia.

Neste sentido, propõe-se um modelo de implantação de um biodigestor em pequena escala, que possa funcionar como um equipamento capaz de atuar em substituição ao GLP, gás liquefeito de petróleo, além de biofertilizante, possibilitando a geração de diversos benefícios ambientais e socioeconômicos.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Implementar um biodigestor utilizando-se de materiais acessíveis e de simples construção, adequado à realidade do produtor, levantar orçamento de materiais e calcular custos;

2.2 Específicos

- Avaliar resultados quantitativos e qualitativos durante a execução do projeto, tomando-se como base pesquisas na literatura;
- Discorrer acerca de seu funcionamento por meio de testes, cálculos matemáticos e observações, bem como, da experiência vivenciada durante todo o processo.

3. DESENVOLVIMENTO

Foi construído um biodigestor inspirado no modelo Chinês em uma propriedade rural na cidade de Cavalcante, localizada no nordeste do estado do Goiás, nas coordenadas geográficas de latitude 13°50'29.7"S e longitude 47°28'02.7"W. A vegetação local é composta pelo bioma Cerrado.

O Cerrado caracteriza-se por possuir duas estações bem definidas, invernos secos e verões chuvosos.

As chuvas são praticamente concentradas de outubro a março e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C (RIBEIRO E WALTER, 1998).

O Cerrado está localizado basicamente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma do país em área, apenas superado pela Floresta Amazônica (RIBEIRO E WALTER, 1998).

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. Em sentido fisionômico, floresta representa áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo.

O termo savana refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de dossel contínuo. Já o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem (RIBEIRO E WALTER, 1998). No Cerrado são descritos onze tipos fitofisionômicos gerais, enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo-Campo Rupestre e Campo Limpo), muitos dos quais apresentam subtipos (RIBEIRO E WALTER, 1998).

3.1 Área de estudo

A fazenda na qual foi implementado o protótipo, possui área total de 1.000 ha e atualmente trabalha com foco principal no ecoturismo, funcionando como uma pousada há cerca de 15 anos. Situa-se em uma região próxima aos limites do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, sendo possível observar a presença de diversas fitofisionomias do Cerrado, com uma enorme diversidade florística e riqueza de fauna,

além disso o local possui belas cachoeiras, nove ao todo, atraindo milhares de turistas anualmente. Além do foco no setor turístico, existe no local, há aproximadamente 30 anos, atividades com pecuária extensiva, na qual consiste na criação de gado de corte à pasto em grandes áreas, não havendo elevados investimentos, pois a dieta dos animais baseia-se exclusivamente na forragem e em suplementação mineral em épocas de seca, que na região são mais rigorosas entre os meses de junho a setembro. Até o momento do presente estudo, haviam na propriedade 80 cabeças de gado.

A atividade gera vantagens econômicas para a família, porém, pelo fato de serem ocupadas amplas áreas de terra, para que haja a nutrição animal, também acarreta em impactos ambientais, muitas vezes irreversíveis. Existem áreas que foram desmatadas, para a implantação do pasto, sem os devidos cuidados e controles, levando à degradação do solo, com a presença de compactação, erosão.

Outra questão de suma importância no que diz respeito aos impactos ambientais, sendo o foco desde trabalho, é a constante deposição de dejetos bovinos no solo, que além de atingirem cursos d'água e lençol freático com elementos contaminantes, afetam diretamente toda a questão climática do planeta, ocorrendo a emissão de elevadas concentrações de gases de efeito estufa para atmosfera diariamente, contribuindo cada vez mais para o aquecimento global.

Haja vista que se trata de um local de extrema importância ecológica, após algumas conversas onde foi exposto o conceito do projeto, o proprietário se dispôs a aceitar a proposta para implementar a tecnologia do uso de um biodigestor para o tratamento dos dejetos bovinos que são produzidos diariamente na fazenda, com o intuito de promover melhorias sanitárias, ambientais e econômicas.

O Brasil é o segundo país que mais exporta carne em todo o mundo, o que torna esse um setor de grande relevância também para o biogás, porém, somente 10% da criação de gado no país é intensiva – passível de geração de biogás – e parte relevante dos produtores é de perfil familiar ou de pequeno porte, o que traz desafios únicos para esse setor (ABiogás, 2020).

Apesar da criação dentro da propriedade ser para comercialização regional, a informação se mostra bastante significativa, expondo que a questão da logística de coleta da matéria-prima se torna um dos maiores desafios.

Mas ainda sim, pelo fato de haver diariamente grandes deposições de dejetos à pasto, enxergou-se um grande potencial para a realização deste trabalho, buscando uma alternativa para o tratamento e uso

Na figura a seguir se encontra uma imagem de satélite da sede da propriedade, incluindo especificamente o local da implementação do biodigestor.

A imagem também aponta o local onde situa-se a cozinha da pousada, tendo em vista que o projeto visa a utilização do biogás como substituto do GLP, gás liquefeito de petróleo, para a cocção dos alimentos.

Figura 1: Local do experimento em Cavalcante- GO.



Fonte: Google Maps ©, 2020.

3.2 Procedimentos

Buscou-se priorizar sua instalação nas proximidades do restaurante da pousada, tendo em vista que um dos objetivos do estudo é fornecer o biogás como fonte alternativa ao uso do gás de cozinha convencional, oriundo de fontes fósseis não renováveis.

O local escolhido situa-se a exatos 12 metros de distância da cozinha e em uma área mais elevada, estando de acordo com características básicas para um bom funcionamento do equipamento, facilitando o transporte do biogás até o fogão através de tubulação com canos ou mangueiras, mas também garantindo a segurança de todos, tendo em vista que se trata de um gás inflamável.

3.2.1 O biodigestor

É um equipamento no qual a fermentação da matéria orgânica ocorre de modo controlado, proporcionando a redução do impacto ambiental e a geração de combustível de baixo custo. (BARICHELLO, 2010).

Existem na atualidade diversos modelos de biodigestores, estando mais presentes na literatura, o indiano, o chinês e o canadense.

O modelo indiano funciona com sua pressão de operação nivelada, ou seja, à medida em que o volume de gás é produzido, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, e quando utiliza-se do gás a campânula passa a se deslocar para baixo, reduzindo o volume de gás, com isso, mantendo a pressão no interior deste constante (DEGANUTTI et al., 2002).

Segundo Deganutti et al., 2002, este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, que pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação.

O abastecimento desse modelo caracteriza-se por ser contínuo, ou seja, geralmente é alimentado por dejetos bovinos, suínos, ou outro tipo de material orgânico, que apresentam certa regularidade no fornecimento desse material devendo apresentar uma concentração de sólidos totais não superiores a 8%, facilitando a circulação pelo interior da câmara de fermentação, evitando entupimentos dos canos de entrada e saída do material (DEGANUTTI et al., 2002).

Apresenta-se de fácil construção, contudo, uma das desvantagens é o preço da construção da campânula que normalmente é moldada em ferro. (SGANZERLA, 1983 APUD GASPAR, 2003.)

Modelo chinês, caracteriza-se por apresentar uma câmara cilíndrica para a fermentação, com teto abobadado, impermeável, com função de armazenamento do biogás. Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior como consequência do acúmulo de biogás resultara no deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão (DEGANUTTI et al., 2002).

De acordo com Deganutti, et al., 2002, o modelo chinês, muitas vezes é construído quase totalmente em alvenaria, e dispensa o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo os custos, entretanto é exigido que se tenha atenção com relação à vedação e impermeabilização da câmara de fermentação, caso contrário, haverá grandes perdas de biogás e conseqüentemente uma ineficiência do sistema.

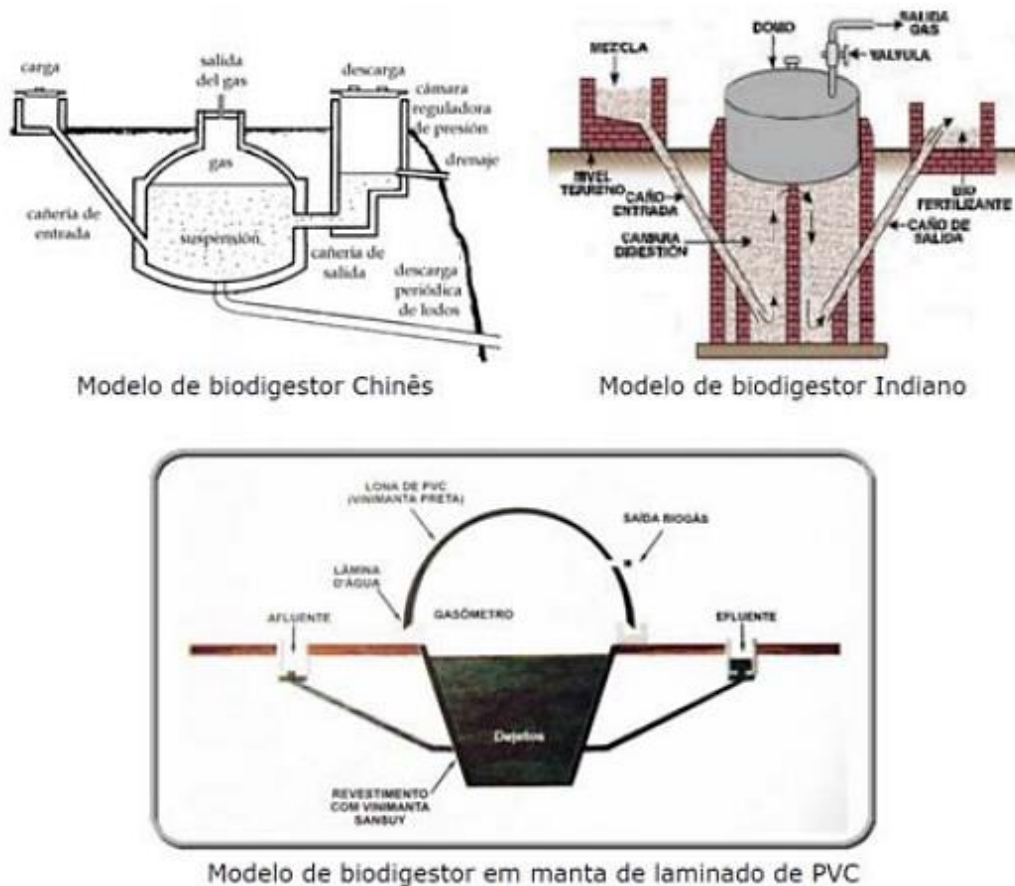
Neste tipo de biodigestor uma parcela do gás formado na caixa de saída é liberada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás, por este motivo as construções de biodigestor tipo chinês não são utilizadas para instalações de grande porte. Assim como o modelo indiano, o biodigestor chinês também se caracteriza por ser de abastecimento contínuo. (DEGANUTTI et al., 2002).

O modelo Canadense ou Batelada, trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional. Sua instalação poderá ser apenas um tanque anaeróbio, ou vários tanques em série. Esse tipo de biodigestor é abastecido de uma única vez, portanto não é um biodigestor contínuo, mantendo-se em fermentação por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de produção de biogás (DEGANUTTI et al., 2002).

Enquanto, os modelos chinês e indiano prestam-se para atender propriedades em que a disponibilidade de biomassa ocorre em períodos curtos, permitindo coleta diária de biomassa, que deve ser encaminhada ao biodigestor, o modelo em batelada adapta-se melhor quando essa disponibilidade ocorre em períodos mais longos, como ocorre em granjas avícolas de corte, cuja a biomassa fica a disposição após a venda dos animais e limpeza do galpão. (DEGANUTTI et al., 2002).

Na figura abaixo encontram-se os principais modelos de biodigestores anteriormente citados.

Figura 2: modelos de biodigestores



Fonte: Oliver et al., 2008.

3.2.2. Construção do biodigestor

O modelo que inspirou o projeto em questão, foi o chinês, levando em consideração a sua facilidade de construção em relação ao indiano, por não possuir campânula, e devido ao fato de ser de abastecimento contínuo, diante da disponibilidade constante de dejetos na propriedade.

Apesar dos biodigestores modelos chineses serem em sua maioria construídos em alvenaria, este fato não torna uma obrigação a ser seguida nas elaborações das plantas de biodigestores.

Foi escolhido para funcionar como a câmara biodigestora, um tanque de água de 2.000 litros, da marca Fortlev®, fabricado em polietileno, possuindo grande resistência e vedação completa em suas paredes. Foi feita esta escolha, tendo em vista o fato de não possuir no momento em que o biodigestor foi implementado, mão de obra disponível para a construção da câmara de fermentação.

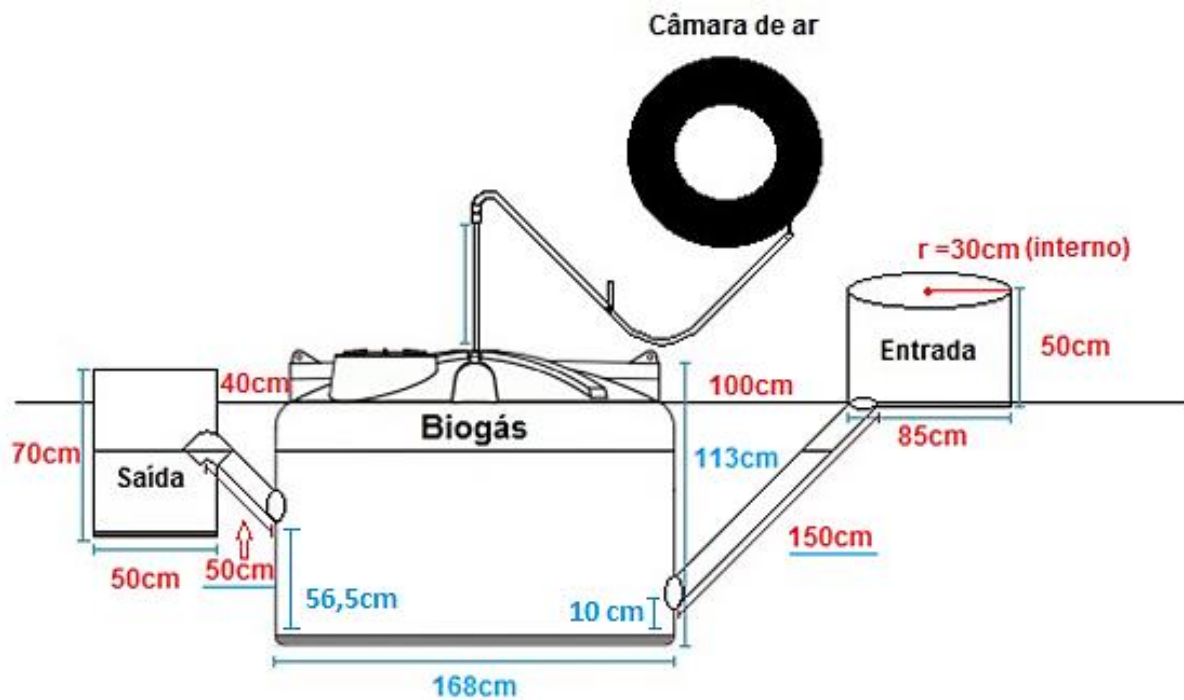
O biodigestor é construído basicamente por três compartimentos:

- Caixa de entrada: reservatório de alimentação e homogeneização dos resíduos;
- Câmara biodigestora: câmara de fermentação hermeticamente fechada, responsável pela formação do biogás, na ausência de oxigênio;
- Caixa de saída: reservatório de descarga onde estará disponibilizado o biofertilizante.

Foi realizado um esboço do projeto, contendo seus compartimentos e devidas medidas essenciais para a sua construção, além de servir como base para um posterior desenho técnico ser elaborado. O desenho técnico do tanque foi retirado do manual de instalação do Tanque de água Fortlev® de 2.000L, disponível no site oficial da empresa.

A seguir apresenta-se o esboço do protótipo construído na propriedade, e seus valores de dimensionamento.

Figura 3: esboço e dimensionamento do biodigestor



Fonte: Autora, 2020.

O projeto foi financiado e executado de forma totalmente independente, e por isso optou-se por buscar materiais mais acessíveis para a sua construção, porém de qualidade, para que fosse realizado de forma a se obter os resultados almejados. Com o objetivo de fornecer o máximo de informações a respeito do orçamento final do projeto, foi construída uma tabela contendo todos os materiais utilizados para a construção do protótipo.

Tabela 1: tabela de materiais/custos de construção do biodigestor

Materiais	Quantidade	Custo unitário	Custo total
Tanque de água Fortlev® (2.000 L)	1 (un.)	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00
Tubo soldável (75mm)	3 metros	R\$ 45,00	R\$ 135,00
Flange soldável (75mm)	2 (un.)	R\$ 123,71	R\$ 239,84
Joelho soldável 45 ° (75mm)	2 (un.)	R\$ 45,00	R\$ 90,00
Tubo soldável (25mm)	1 metro	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Flange soldável (3/4)	1 (un.)	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Joelho roscável (1/2)	1 (un.)	R\$ 6,00	R\$ 6,00
Nípel roscável (1/2")	1 (un.)	R\$ 4,00	R\$ 4,00
Espigão de plástico roscável (1/2")	4 (un.)	R\$ 6,50	R\$ 26,00
Mangueira comum de jardim	15 metros	R\$ 29,90	R\$ 29,90
Registro de esfera (metal)	2 (un.)	R\$ 14,90	R\$ 29,80
Veda rosca	1 (un.)	R\$ 6,00	R\$ 6,00
PUFix (Tekbond®)	4 (un.)	R\$ 15,90	R\$ 63,60
Câmara de ar (aro 16)	1 (un.)	R\$ 49,90	R\$ 49,90
Mangueira de nível	1 metro	R\$ 2,20	R\$ 2,20
Abraçadeira 1/2"	15 (un.)	R\$ 1,30	R\$ 19,50
Lixa (folha)	3 (un.)	R\$ 1,50	R\$ 4,50
Cola adesiva para PVC (175g)	1 (un.)	R\$ 21,90	R\$ 21,90
Vedalit®	1 litro	R\$ 10,40	R\$ 10,40
Emenda Para Mangueira "T" (1/2")	1 (un.)	R\$ 27,62	R\$ 27,62
Spray preto	2 (un.)	R\$ 14,90	R\$ 29,80
Valor total	-----	-----	R\$ 1.923,86

Fonte: Pesquisa de campo, 2020.

3.2.3. Etapas de construção

Para a execução do trabalho de implementação do biodigestor na propriedade rural em Cavalcante- GO, houve inicialmente uma conversa entre os envolvidos, incluindo o proprietário e os funcionários, para que houvesse um diálogo a respeito dos fundamentos do projeto, bem como sua estruturação e importância para questões ambientais e sociais.

Neste primeiro momento surgiram diversas dúvidas, mas que foram sanadas ao longo de sua construção, e principalmente, em conjunto, pois todos os envolvidos tinham algo a contribuir.

Após o momento de diálogo, no mesmo dia, foi iniciada a escavação do local do tanque de fermentação anaeróbia. O fato de o tanque ser enterrado, o torna menos susceptível a variações bruscas na temperatura, devido à ventos e chuvas, por exemplo. Tal equilíbrio na faixa de temperatura cria um ambiente ideal para ação das bactérias metanogênicas na formação de biogás.

Os funcionários que se dispuseram a contribuir na implantação do biodigestor, se chamam Marcelo e Felipe, são tio e sobrinho, respectivamente e trabalham na Fazenda há aproximadamente 4 anos. Ambos possuem conhecimento a respeito de construção civil, e foram fundamentais para que a parte prática da construção das caixas em alvenaria fosse realizada de acordo com o projeto idealizado.

Durante a escavação, notou-se a presença de algumas rochas de tamanho significativo no solo, este fato acabou dificultando a perfuração do poço, porém foi solucionado com sucesso, após bastante esforço.

As dimensões foram de 1,70 m de diâmetro e 1,15 m de profundidade, para que o tanque pudesse se encaixar no poço com o mínimo de distanciamento possível das paredes com o solo, a fim de se evitar possíveis deformações em sua estrutura.

Juntamente com o poço, foi feita a escavação das valas laterais, onde situam-se os canos de entrada e saída.

Por fim, foi realizado o nivelamento do fundo do poço, com o uso de areia fina, evitando possíveis perfurações na caixa no momento de sua instalação. Nas figuras a seguir encontram-se as etapas descritas anteriormente.

Figura 4: Marcelo e Felipe (da direita para a esquerda) iniciando a escavação do poço.



Figura 5: poço devidamente escavado



Figura 6: instalação do tanque no poço



Fonte: Autora, 2020.

Após realizado o encaixe do tanque dentro do poço, devidamente nivelado, foram instalados os canos soldáveis de 75mm, juntamente de seus flanges.

Os canos de entrada e saída, foram alocados em lados opostos, exatamente de frente um para o outro, porém com diferença em relação à altura. Para a realização dos furos na parede do tanque, utilizou-se de uma furadeira elétrica e serra-copo, sendo feito um furo com 75 mm com o auxílio do gabarito, onde foram instalados os flanges.

Recomenda-se o uso de furadeira elétrica para que os furos com serra-copo sejam abertos sem que se faça pressão sobre o material do tanque, evitando causar alguma rachadura.

O tanque Fortlev® veio, de fábrica, com instalação de um flange de 50 mm com altura de 10 cm a partir do chão, na qual foi reaproveitada para ser alocado o cano de entrada dos dejetos, sendo necessário apenas a ampliação de seu tamanho para 75 mm. Já o cano de saída foi instalado a 56,5 cm de altura, estando exatamente na metade da altura total do tanque.

Os canos foram colados e após a secagem, assentados cuidadosamente com terra, para que não ocorra a movimentação dos canos e possíveis danos no equipamento.

O próximo passo consistiu na construção das caixas de entrada e saída, feitas em alvenaria, com tijolos, cimento e areia já presentes na fazenda.

Os materiais que incluem, tijolos, areia e cimento, foram disponibilizados pelo proprietário e não constam na lista de custos demonstrada anteriormente. O valor referente à mão de obra também não está presente na tabela pois, neste projeto, o trabalho foi executado na forma de voluntariado, com o objetivo de adquirir conhecimento para futuras aplicações do mesmo.

As imagens a seguir apresentam a construção das caixas de entrada e saída, sendo interessante possuir domínio a respeito de construção com tijolos, para que seja feita uma estrutura resistente e durável.

Figuras 7 e 8: Marcelo executando a construção das caixas de entrada e saída, da esquerda para a direita, respectivamente.



Fonte: Autora, 2020

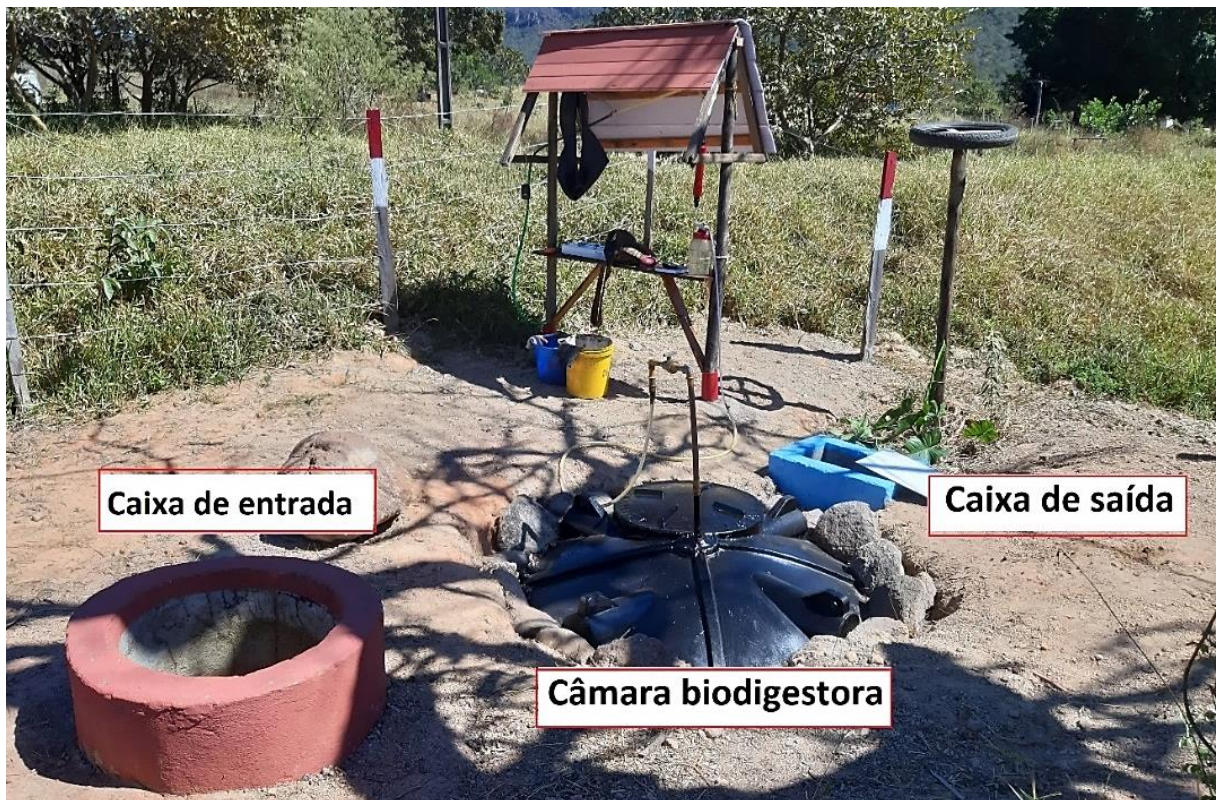
Com todos os compartimentos essencialmente devidamente construídos, o próximo passo se deu em função da instalação do sistema de saída de gás, com os devidos materiais listados na tabela anteriormente demonstrada, consistindo em registro de esfera e mangueira.

Foi realizada a vedação completa da tampa do tanque, sendo extremamente necessário, para que não ocorra perdas de gás através de vazamentos, e conseqüentemente um mau desempenho do biodigestor. Para tal, utilizou-se o PUfix TekBond®, funcionando como um excelente adesivo multiuso que adere a diversos tipos de matérias, como por exemplo o polietileno, além de possuir resistência a condições atmosféricas como: chuva, vento e aos raios UV. Também foi realizada a pintura da superfície da câmara biodigestora, com spray de cor preta, com o intuito de favorecer a absorção de calor e, conseqüentemente, manter o equipamento na faixa ideal de temperatura, proporcionando condições ideais para um bom funcionamento, havendo o acompanhamento dos valores a partir de um termômetro, instalado dentro do biodigestor, com leitor digital externo.

Aguardou-se dois dias para que ocorresse a vedação da tampa de forma correta, respeitando o tempo de secagem do produto, e então o equipamento se encontrou pronto para o primeiro abastecimento.

A figura abaixo apresenta o protótipo devidamente construído e preparado para receber seu primeiro abastecimento com dejetos bovinos para que haja a produção de biogás.

Figura 9: Biodigestor pronto para ser abastecido



Fonte: Autora, 2020.

3.2.4. Abastecimento e acompanhamento

O primeiro abastecimento deve ser feito até que a mistura de esterco e água chegue até o nível da caixa de saída. A cada 1kg de esterco, é necessário adicionar 1litro de água. O primeiro abastecimento deverá ter em média 1.000 quilos da mistura, sendo 500 litros de água e 500 quilos de esterco.

Para realizar a coleta dos 500 kg de dejetos, os animais foram levados até o curral no final do dia para que ao amanhecer houvesse uma maior disponibilidade de dejetos frescos e com a finalidade de facilitar a logística.

De acordo com Leite et al. (2009), a presença de água favorece a condução de enzimas e de outros metabólitos microbianos e, portanto, o metabolismo dos microorganismos, no processo de biodecomposição. Assim sendo, a umidade pode ser considerada como um fator de muita importância nos processos de tratamento de resíduos sólidos orgânicos (ROCHA, 2016).

Para que a adição dos dejetos e água pudesse ocorrer de acordo com as recomendações, foi improvisado um tubo de spray, o mesmo que foi utilizado para pintar a superfície do tanque de fermentação, havendo um encaixe perfeito entre a tubulação. Após a realizada a mistura corretamente, retirou-se o “tampão” para que o material fosse levado até a câmara biodigestora, via gravidade.

Recomenda-se tampar o cano da caixa de entrada, logo em seguida ao abastecimento, afim de se evitar principalmente a entrada de oxigênio, mas também de água, decorrente de possíveis chuvas.

O processo de digestão anaeróbica se iniciou a partir do primeiro abastecimento, sendo necessário aguardar um determinado tempo para formação do biogás.

Figuras 10 e 11: Coleta dos dejetos para o 1º abastecimento no curral.



Fonte: Autora, 2020.

Figura 12: Abastecimento do biodigestor



Fonte: Autora, 2020.

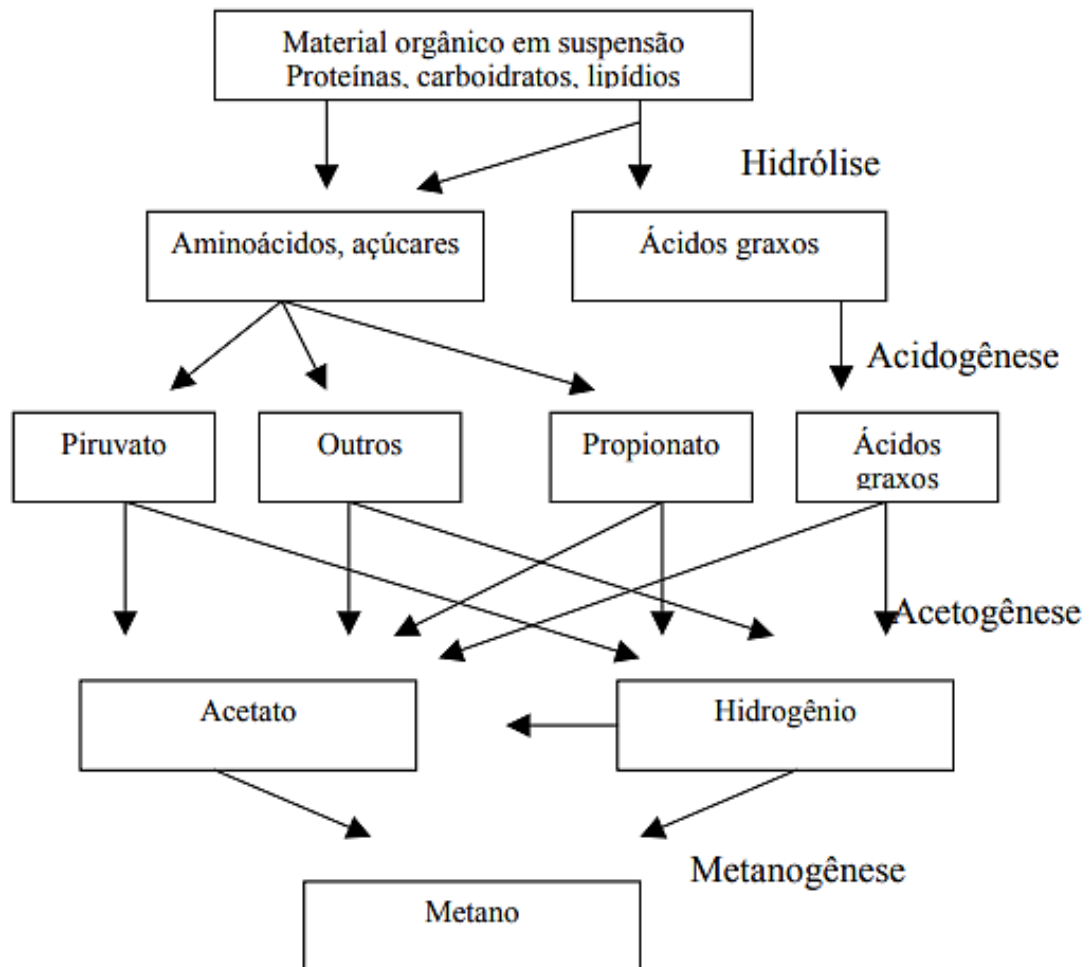
3.2.5. Formação do biogás

A formação do biogás ocorre após a conclusão de 4 etapas fundamentais, sendo um processo dinâmico, havendo a interação de vários microrganismos distintos.

Estas etapas são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

A figura a seguir simplifica o que ocorre com a matéria orgânica até desencadear na formação de biogás.

Figura 11: etapas da digestão anaeróbia até a formação do biogás



Fonte: FORESTI *et al.*, 1999

A primeira etapa tem início com a ação das bactérias fermentativas hidrolíticas em um processo chamado de hidrólise onde o material orgânico presente em partículas no sistema é convertido em compostos solúveis de menor peso molecular (LUSTOSA, 2014). Posteriormente, tais compostos são hidrolisados a simples monômeros que serão utilizados pelas bactérias fermentativas da próxima etapa (METCALF E EDDY, 1991). As proteínas são degradadas em peptídeos, os carboidratos em açúcares solúveis e os lipídeos, em ácidos graxos de cadeia longa e glicerol (REIS, 2012).

Na segunda etapa, a acidogênese, os produtos solúveis (aminoácidos, açúcares, gorduras) gerados na hidrólise são absorvidos e metabolizados no interior das células das bactérias acidogênicas fermentativas, em substâncias orgânicas mais simples que são posteriormente excretadas (Substratos orgânicos servem tanto quanto doadores quanto aceptores de elétrons (LUSTOSA, 2014).

Os principais produtos gerados na fermentação são acetato, hidrogênio, dióxido de carbono e ácidos graxos voláteis como o propionato e o butirato. Estes últimos, após fermentados também produzem hidrogênio, dióxido de carbono e acetato (METCALF E EDDY, 1991).

A terceira etapa é conhecida como acetogênese, onde há a produção de acetato e hidrogênio através do metabolismo das substâncias produzidas pelas bactérias hidrolíticas fermentativas (LUSTOSA, 2014).

Nessa etapa, alguns produtos da fase anterior como o etanol, propionato, butirato, valerato e lactato, em baixa pressão do gás hidrogênio, são oxidados a acetato, havendo a formação de dióxido de carbono e hidrogênio (SOUZA, 1984; METCALF, 1991).

Os produtos gerados pelas bactérias acetogênicas são apropriados para as Archaea metanogênicas (METCALF, 1991)

No último estágio da digestão anaeróbia, a metanogênese, ocorre a formação de metano a partir da redução de ácido acético pelas Archaea metanogênicas acetotróficas ou a partir da redução de dióxido de carbono, pelas Archaea metanogênicas hidrogenotróficas (STEIL, 2001).

A fase de produção do metano (CH₄) deve estar extremamente isenta de ar, pois as bactérias dessa fase são anaeróbias restritas (LUSTOSA, 2014).

4. RESULTADOS OBSERVADOS

4.1. Tempo de Retenção Hidráulica

De acordo com Orrico Júnior et al. (2010), o tempo de retenção hidráulica representa o período necessário para a mistura ser digerida no biodigestor, o que ocorre quando a produção de biogás é máxima, definindo assim o ponto de melhor qualidade do biogás no processo de biodigestão anaeróbia (MATOS, 2016).

Segundo Diesel et al. (2002), o tempo de retenção necessário para degradar a matéria orgânica pode demorar de 20 a 50 dias (MATOS, 2016).

Equação 1: (ROCHA, 2016)

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Onde:

TRH = Tempo de detenção hidráulica;

V = Volume útil do reator (m³);

Q = Vazão (m³/dia)

Exatos 25 dias após o primeiro abastecimento, foi realizada a abertura do registro e constatou-se a presença de gás e de sua chama inflamável.

Após o período da digestão concluído também pôde ser realizada a retirada do biofertilizante, substrato líquido o qual foi destinado a plantios diversos na propriedade e posteriormente encaminhado para análise química em laboratório.

Substituindo-se o valor do TRH pelo tempo observado no experimento, que foi de 25 dias, podemos encontrar o valor exato de material a ser acionado diariamente para que a formação de biogás seja contínua.

Logo:

$$Q = 0,04 \text{ m}^3$$

- 0,04 m³ de substrato por dia equivalem a 40 litros. Sendo composto por, em média, 20 kg de dejetos adicionados 20 litros de água.

4.2. Produtividade do Biodigestor

É recomendável a determinação de parâmetros específicos para cada propriedade que se deseja estimar o potencial de biogás e estes dados são obtidos através de ensaios laboratoriais. No entanto, como na maioria das vezes isto não é possível devido aos custos e mão de obra especializada exigida para desempenhar esta função, a alternativa é utilizar parâmetros pré-estabelecidos na literatura (Embrapa, 2018).

A partir dos estudos realizados pela Embrapa em parceria com a CiBiogás, intitulado “Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil”, pôde-se compreender a respeito de diversos métodos para obtenção de dados referentes à produção de biogás a partir do uso de dejetos em biodigestores.

Foi escolhida a metodologia desenvolvida por Kunz e Oliveira (2006), devido à proposta estabelecer uma relação direta para estimar o potencial teórico de produção de metano e compreender cálculos de simples execução, envolvendo a capacidade máxima de produção de metano e sólidos voláteis (B_0 e SV) com o volume de dejetos produzidos diariamente, conforme as Equações apresentam.

Equação 2: Cálculo da estimativa da produção diária de metano conforme Kunz.

$$PrM = B_0 \cdot SV \cdot Q$$

Onde:

PrM ($\text{m}^3 \text{CH}_4 \text{ dia}^{-1}$) = produção diária de metano;

B₀ ($\text{m}^3 \text{CH}_4 \text{ kgSV}^{-1}$) = capacidade máxima teórica de produção de metano pelo dejetos;

SV (SV/L^{-1}) = concentração de sólidos voláteis; e

Q ($\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$) = volume total de dejetos produzidos ao dia.

Foram utilizados valores médios pré-estabelecidos no trabalho utilizado como referência para a execução dos cálculos. Os valores médios são relativos à categoria de bovino de corte, e dizem respeito à capacidade máxima de produção de metano por animal, bem como os valores de sólidos voláteis.

São estes:

B₀ → Valor médio = 0,17 ($\text{m}^3 \text{CH}_4 \text{ kgSV}^{-1}$)

SV → Valor médio = 51,41 ($\text{g}^{\text{sv}}/\text{L}^{-1}$)

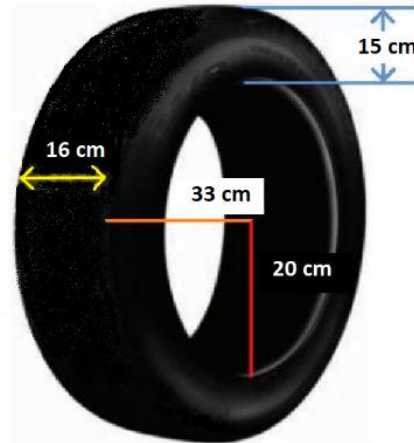
Substituindo-se os valores, tem-se:

- Produção diária de biogás produzida pelo biodigestor equivale a aproximadamente **0,349 m³ por dia**.

O biogás gerado foi armazenado na câmara de ar, que estava acoplada ao protótipo de biodigestor, para posteriormente ser queimado.

A seguir pode-se observar uma ilustração no qual encontram-se as dimensões da câmara de ar utilizada no projeto, bem como os cálculos para a obtenção do valor aproximado do volume de biogás armazenado.

Figura 12: ilustração da câmara de ar e suas medidas



Adaptado: Caderno do professor: Matemática, ensino médio- 2ª série, volume 4.

Medidas da câmara de ar contendo biogás:

- Raio exterior (R1): 33 cm
- Raio interior (R2): 20 cm
- Largura (L): 16 cm
- Altura (H): 15 cm

Para realizar o cálculo da capacidade de armazenamento de biogás da câmara de ar, foi necessário aguardar o total preenchimento da mesma. Dado isto, foram realizadas as medidas das dimensões da câmara de ar para realização do cálculo do volume utilizando-se da fórmula abaixo:

Equação 3: Volume de gás na câmara de ar:

$$V = \pi (R1)^2 \cdot L - \pi (R2)^2 \cdot H$$

Tem-se: $V = 35.871 \text{ cm}^3$

Convertendo para litros, sabe-se que a câmara de ar possui capacidade de armazenar aproximadamente 35 litros de biogás, ou seja, apenas cerca de 10% do volume total produzido diariamente pelo reator anaeróbio.

A câmara de ar não possui um dimensionamento compatível com a capacidade de biogás gerado pelo protótipo, sendo recomendável a utilização de uma câmara de ar de trator agrícola para armazenamento do gás produzido diariamente, por possuir maior área. Com isso, se torna possível obter um maior controle da pressão da chama, no momento da queima, bem como constatar de forma simples e visível quanto de biogás ainda resta para ser utilizado.

Fazendo uma simples análise de equivalência entre o biogás e outros combustíveis, é possível compreender qual foi o resultado gerado pelo equipamento. Abaixo encontra-se uma tabela com as devidas equivalências.

Tabela 2: comparação entre o biogás e outros combustíveis

Combustíveis	1m ³ de biogás equivale à
Gasolina	0,613 litros
Querosene	0,579 litros
Óleo Diesel	0,553 litros
Gás de Cozinha GLP	0,454litros
Lenha	1,536 litros
Álcool Hidratado	0,790 litros
Eletrecidade	1,428 kwh

Fonte: Barrera, 1993, p.10.

A partir dos dados obtidos na tabela anterior, é possível calcular a economia gerada com a utilização do biodigestor dentro da propriedade, substituindo-se o gás de cozinha (GLP) pelo biogás.

Em um dia ocorre a produção de 0,349 m³ CH₄, logo em um ano tem-se a produção de 127,38 m³ CH₄.

Se 1 m³ biogás (CH₄) equivale a aproximadamente 0,454 litros de GLP, anualmente, o biodigestor é capaz de produzir, em média, 57,83 litros de GLP.

Este valor significa aproximadamente 4,5 botijões de gás de cozinha sendo substituídos pelo biogás.

Na cidade de Cavalcante- GO, o preço do botijão de gás custa R\$80,00 e foi informado pelo proprietário que são utilizados aproximadamente 15 botijões por ano para a cocção dos alimentos na cozinha da pousada, sendo gastos cerca de R\$1.200,00.

A partir da produção do biogás através do biodigestor construído, é possível obter uma economia de 30%, cerca de R\$360,00 deixando de ser gastos com o GLP dentro da propriedade anualmente.

Segundo informações fornecidas no manual da empresa BGS Equipamentos, um fogão para uso de biogás com queimador duplo possui uma taxa de consumo de 0,45 m³/h de biogás por queimador (ROCHA, 2016).

Com o volume de 0,349 m³ de biogás produzidos diariamente, é possível manter a chama de um queimador acesa durante aproximadamente 46 minutos ininterruptos.

A apesar da produção de biogás através da biodigestão ter ocorrido corretamente, a mesma não é capaz de suprir toda a demanda diária no consumo energético para a cocção de alimentos ao longo do dia. No entanto, mesmo havendo uma baixa produção em comparação à demanda diária de gás de cozinha dentro da propriedade, o biodigestor implementado se mostrou eficiente de acordo com a realidade de sua capacidade.

Sendo a proposta de implementação considerada uma alternativa de baixo custo, de acordo com o levantamento de materiais realizado, existe a possibilidade de se diminuir mais os gastos, utilizando-se de materiais que atendam a realidade de cada um, seguindo os princípios básicos para sua construção.

O biodigestor funcionou à uma temperatura ideal para a manutenção e ação das bactérias responsáveis pela formação biogás, variando na faixa entre 30 e 58.

A temperatura é um dos principais fatores físicos no processo de biodigestão, pois influencia diretamente a velocidade de reação. Em função do tipo de bactéria, o processo pode ocorrer numa faixa de 20 à 70 °C (LUCAS JÚNIOR; SANTOS, 2000).

A imagem abaixo demonstra a chama produzida a partir da queima do biogás, em um momento experimental.

Figura 13: Chama produzida a partir da queima do biogás.



Fonte: pesquisa de campo, 2020.

4.3. Biofertilizante

A produção de biofertilizante a partir do biodigestor instalado se mostrou uma excelente alternativa ao uso dos adubos químicos, com grande potencial, tendo em vista que sua disponibilização ocorre diariamente, cerca de 20 litros, podendo ser utilizado na adubação das diversas espécies vegetais no local, e inclusive passível de comercialização, resultando em uma renda extra para a família.

O uso continuado de biofertilizantes em aplicações foliares confere aos cultivos uma maior resistência aos patógenos e amplia a possibilidade de absorção de elementos essenciais para a nutrição das plantas. Por outro lado, o uso em solo pode favorecer a maior riqueza de microrganismos e promover melhor disponibilidade de nutrientes para as raízes (SILVA, et al. 2007).

Foram realizadas aplicações experimentais em algumas plantas, no local e notou-se um excelente desenvolvimento de todas as espécies que receberam doses do

biofertilizante. Um plantio de abóbora Jerimum ocorreu em setembro de 2020, e se mostrou em excelentes condições de crescimento ao longo do tempo.

No dia 22 de janeiro de 2021, o proprietário enviou uma imagem de sua colheita e demonstrou grande contentamento com o resultado.

As análises para caracterização do biofertilizante foram realizadas pelo Laboratório Soloquímica, em Brasília-DF.

A caracterização do material efluente do biodigestor, conhecido como biofertilizante, foi realizada segundo a Instrução Normativa nº 25, de 28 de julho de 2009, vigente, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, responsável por aprovar as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

Os resultados da análise se mostraram satisfatórios em relação aos macronutrientes e micronutrientes essenciais às plantas e solo, bem como ao valor neutro do pH.

A seguir encontram-se algumas imagens que ilustram a coleta e uso do biofertilizante resultante do funcionamento do biodigestor.

Figuras 14, 15 e 16: biofertilizante na caixa de saída; biofertilizante coletado e engarrafado para facilitar a diluição; e plantio de abóbora Jerimum (out.2020), da esquerda para a direita.



Fonte: pesquisa de campo, 2020.

Figuras 17, 18 e 19: plantio de abóbora Jerimum sendo adubado com o biofertilizante, Fruto em desenvolvimento (nov. 2020) e a colheita da abóbora realizada pelo proprietário (jan. 2021), da esquerda para a direita.



Fonte: pesquisa de campo, 2020/2021.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biodigestor proposto foi implementado com êxito e pôde-se obter resultados positivos em relação ao seu funcionamento e aplicabilidade. No que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, pode-se comprovar que através do uso de dejetos bovinos, que poderiam ser erroneamente descartados, torna-se possível obter uma energia limpa e renovável, além da produção de um excelente adubo orgânico ao final do processo.

Se fez explícito o enorme potencial a respeito de estudos que envolvam o universo dos biodigestores na agroecologia. Através deste, pôde-se compreender que os produtos gerados pelo sistema possuem grande valia para a sociedade, além de exemplificar a necessidade de existirem, cada vez mais, incentivos acerca desta temática, para que ações que promovam a manutenção da vida alinhada à preservação ambiental sejam executadas.

6. REFERÊNCIAS

ABIOGAS, Associação Brasileira do Biogás e do Biometano. Proposta de Programa Nacional do Biogás e do Biometano, 2018. Disponível em: < <https://abiogas.org.br/>>. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

BARCELLOS, L. A. R. Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos. 1991. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1991.

BARICHELLO, R. O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: Um estudo de caso da região noroeste do Rio Grande do Sul. Santa Maria, RS: UFSM, 2010.

BARRERA, Paulo. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural. São Paulo. Ícone. 1993, p 11.

BUENO, C. F. H. Produção e manejo de esterco. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 135/136, p. 81-85, 1986.

CADERNO DO PROFESSOR: Matemática, ensino médio- 2ª série, volume 4, 2009, página 30.

CALLAGHAN, F. J.; WASE, D.A.J.; THAYANITY, K.; FORSTER, C.F. Co-digestion of waste organic solids: batch studies. Bioresource Technology, v. 67, p. 117-22, 1999.

CALZA, Lana F. et al. Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. Eng. Agrícola, Jaboticabal, 2015.

CIBIOGÁS. Nota Técnica: N° 002/2010 – Panorama do Biogás no Brasil em 2019. Foz do Iguaçu. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

CIBIOGAS – Centro Internacional de Energias Renováveis. (2015) produção de biogás por substrato. Disponível em < <https://www.cibiogas.org/>> Acesso em 15 de nov. 2020.

COSTABEBER, José Antônio. Transição agroecológica: do produtivismo à ecologização. Disponível em <<http://www.ufsm.br/desenvolvimentorural/textos/32.pdf>.> Acesso em: 9/02/2021.

DEGANUTTI, R. P.; M.C.J.P. PALHACI; M. ROSSI et al. Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada. UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, São Paulo, 2002.

DIAS, Maria Isabel Alencar et al. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia. *Energia na Agricultura*, v. 28, n. 3, p. 155-164, 2013.

FERRAZ, José Maria Gusman; MARRIEL, Ivanildo Evodio. Biogás: uma fonte alternativa de energia. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS. Circular técnica 03. 1980.

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, Cap. 2, p. 29-52. 1999.

GENEROSO, F. B. Quantificação e caracterização de dejetos produzidos em propriedade com exploração leiteira para uso em biodigestores e reciclagem de nutrientes. 2001. 66 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estud. av.*, São Paulo, v. 21, n. 59, pág. 7-20, abril de 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142007000100003&lng=en&nrm=iso>. acesso em 22 de janeiro de 2021.

HARDOIM, P. C. Efeito da temperatura de operação e da agitação mecânica na eficiência da biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. 1999. 88 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

LEITE, V. D. et. al. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 13: 190, 2009.

LETTINGA, G.; FIELD, J.; VAN LIER, J.; ZEEMAN, G.; HULSHOFF POL, L. W. Advanced anaerobic wastewater treatment in the near future. *Water Science and Technology*, v. 35, n. 10, p. 5-12, 1997.

LEVANDOSKI, BRENDA, et al. Geração de biogás e aluguel de biodigestores. Departamento de Tecnologia Industrial – CEPLAN / UDESC. 2020.

LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: SIMPÓSIO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, Concórdia, 2000.

LUSTOSA, G.N; MEDEIROS, I.H.B. Proposta de um biodigestor anaeróbio modificado para produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos sólidos orgânicos. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

MAFACIOLLI, D. Produção de Biogás através do processo de digestão anaeróbia utilizando dejetos de aves de postura com suplementação de glicerina bruta. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2012.

MARIANI, Leidiane. Biogás: diagnóstico e propostas de ações para incentivar seu uso no Brasil. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. 2018

MATOS, Camila Ferreira. Produção de biogás e biofertilizante a partir de dejetos de bovinos, sob sistema orgânico e convencional de produção. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

METCALF, L., EDDY, H. P. Eddy. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5ª edição. 2015.

MERKEL, J. A. Managing livestock wastes. Connecticut: AVI Publishing, 419 p. 1981.

MITO, J. Y. de L.; KERKHOFF, S.; SILVA, J. L. G.; VENDRAME, M. G.; STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A. Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 52 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 196), 2018.

OLIVER, A. de P.M; SOUZA NETO, A de A.; QUADROS, D. G. de, VALLADADRES, R. E. Manual de Treinamento em Biodigestão. Salvador – BA: Instituto Winrock – Brasil, 2008.

REIS, Alexsandro. Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos em Biodigestor Anaeróbio. Dissertação de Mestrado. Caruaru, 2012.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. DE (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89–166, 1998.

ROCHA, Camila Marçal. Proposta de Implantação de um Biodigestor Anaeróbio de Resíduos Alimentares. Trabalho de Conclusão de Curso. Juiz de Fora, 2016.

RORATTO, Lucas. Análise e Construção de um Biodigestor para Pequenas Propriedades Rurais. Trabalho de Final de Curso, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Horizontina. Horizontina, 2014. Acesso em: 15 de agosto de 2020.

SGANZERLA, Edílio. Biodigestores: uma solução. Porto Alegre. Agropecuária, 1983.

SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. C. A.; SILVA, M. S. L.; MATOS, A. N. B. Preparo e uso de biofertilizante líquido. Petrolina: EMBRAPA Semiárido. (Comunicado Técnico, 30) , 2007.

STEIL, L., Lucas Jr., J., Oliveira, R.A. Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos. Engenharia Agrícola, v. 22, n. 2, p. 146-159, Jaboticabal, 2002.

.

ANEXO- Análise biofertilizante



Análises de Solos, Folha, Adubos, Ração, Corretivo, Sal Mineral,
Águas, Efluentes, Sedimentométricas

CRS 511 Sul, Bloco B, n° 49 – CEP: 70.361-520 – Brasília – DF

(61) 3346-3611, 3346-1622



INTERESSADO:	LUIZA ODILIA DE OLIVEIRA LOPES	Página 1 de 2
PROPRIEDADE:		
MUNICÍPIO:		
BOLETIM N°:	ADUBO ORGÂNICO LIQUIDO - 19/10	

INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 26, de 31/8/2005, do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA e ABASTECIMENTO

RESULTADO DE FERTILIZANTES ORGÂNICOS OU ORGANOMINERAIS DESTINADOS À APLICAÇÃO FOLIAR, CULTIVO HIDROPÔNICO, FERTIRRIGAÇÃO,
APLICAÇÃO VIA SEMENTE E DAS SOLUÇÕES PARA PRONTO USO.

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: **ADUBO ORGÂNICO LIQUIDO - 19/10**
LOTE DO PRODUTO: **X**

RESULTADOS EM PORCENTAGEM - %

NITROGÊNIO SOLÚVEL EM ÁGUA - N	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-1.1	0,10
FÓSFORO SOLÚVEL EM H ₂ O - P ₂ O ₅	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-2	0,13
POTÁSSIO SOLÚVEL EM ÁGUA - K ₂ O	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-4.2	0,03
ENXOFRE SOLÚVEL EM ÁGUA - S-SO ₄	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-6	0,08
CÁLCIO SOLÚVEL EM ÁGUA - Ca	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-5.2	0,20
MAGNÉSIO SOLÚVEL EM ÁGUA - Mg	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-5.2	0,02

RESULTADOS EM g/Kg

BORO SOLÚVEL EM ÁGUA - B	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-7	<0,001
COBRE SOLÚVEL EM ÁGUA - Cu	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-8	2,34
FERRO SOLÚVEL EM ÁGUA - Fe	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-8	74,27
MANGANÊS SOLÚVEL EM ÁGUA - Mn	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-8	5,23
ZINCO SOLÚVEL EM ÁGUA - Zn	MAPA 2017 - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-8	10,32

Curso Superior Tecnologia em Agroecologia

DETERMINAÇÕES ESPECIAIS

PREPARO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO A-2	AGITAÇÃO
CARBONO ORGÂNICO - % m/m	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-16	21,8
EXTRATO HÚMICO - % m/m	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-17	x
EXTRATO FÚLVICO - % m/m	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-17	x
EXTRATO HÚMICO TOTAL - % m/m	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-17	x
CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS - C.T.C, mmol _e /kg	MAPA - CAPÍTULO III, MÉTODO E-15	320
pH DA SOLUÇÃO EM CaCl ₂ 0,01 M, sem unidade	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-15	7,0
DENSIDADE ABSOLUTA, g/mL	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-18	0,91
ÍNDICE SALINO, %	MAPA - CAPÍTULO II, MÉTODO D-14	x
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA A 25° C - CE, dS/m	MAPA - CAPÍTULO IV, MÉTODO D-13	x

MAPA = MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS OFICIAIS PARA FERTILIZANTES E CORRETIVOS, ANO 2017.

Paulo Cesar

PAULO CESAR V. FURTADO
Responsável Técnico Físico Químico
CRQ 12100079

Documento Digitalizado Público

Trabalho de conclusão de curso retificado Luiza Odília

Assunto: Trabalho de conclusão de curso retificado Luiza Odília
Assinado por: Edimilson Caldas
Tipo do Documento: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

■ **Edimilson de Sousa Caldas, ASSISTENTE DE ALUNO**, em 22/03/2021 12:35:53.

Este documento foi armazenado no SUAP em 22/03/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 209193

Código de Autenticação: 9263b5918f

