

Avaliação e projeção de biodigestor caseiro acessível para pequenos produtores rurais

Eduardo Ribeiro da Silva Ávila, Mauro de Oliveira Prates
Departamento de Engenharia Elétrica (DEL)
UFV – Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, Minas Gerais
eduardo.r.avila@ufv.br

Resumo— Cerca de 5% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro advém dos pequenos Produtores rurais através da agricultura familiar. São aproximadamente 4,1 milhões de brasileiros que possuem uma incontestável relevância para o país. Aliado a isso, no Brasil as pesquisas acerca do potencial energético e sustentável da biomassa tem atraído cada vez mais atenção científica. A partir dessas premissas, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um projeto de biodigestor caseiro que seja viável à pequenos produtores rurais. Para isso foi avaliado um caso modelo em uma pequena propriedade rural localizada no extremo norte do Espírito Santo, no qual os animais são criados em sistema semi-intensivo recebendo manejo adequado. Em um dia obteve-se a coleta de dejetos que foi utilizada como parâmetro nas análises de projeção apresentadas. O desenvolvimento do biodigestor caseiro possui capacidade de obter ganhos reais dentro das residências rurais, tal como para utilização de fogão a gás, iluminação e até mesmo banho quente. Além, do tratamento de dejetos e formação de um biofertilizante capaz de trazer ganho econômico e ambiental.

Palavras chaves — *biodigestor, rural, biomassa, energia, projeto.*

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a utilização das fontes de energia elétrica renováveis cresceu de forma considerável no mundo, chegando a representar mais de 20% do total de energia gerada ao longo do ano [2]. Tais fontes vem recebendo tamanho destaque por serem capazes de oferecer, além de eficiência energética, formas de produção de energia limpa de forma diversa e abundante.

No Brasil, cerca de 80% da oferta interna de energia elétrica são de fontes renováveis de energia [3]. Dentre elas, as fontes hídricas são as principais, representando 61,75% de toda a matriz nacional na geração de energia elétrica. Destarte, entre as fontes renováveis exploradas no Brasil, a biomassa possui enorme potencial sendo ainda pouco explorado. Ela já vem sendo utilizada na geração de eletricidade, chegando a apresentar 7,12% de todas as fontes que foram utilizadas para a geração de eletricidade no Brasil. Dentro desse valor está incluso os sistemas de cogeração (a geração simultânea de energia térmica e elétrica). Ademais, até o fim do século 21, a estimativa é que a biomassa represente até 20% da energia elétrica gerada no mundo [4].

A se tratar do potencial brasileiro na geração de biomassa, os resíduos da produção da bovinocultura podem ser utilizados como fonte para geração e cogeração de energia. O rebanho dedicado a bovinocultura de leite nacional chegou a 37 milhões de cabeças [5] e, dentro desse contexto, temos que em 2019 cerca de 38% dos produtores produziam para consumo próprio/familiar, enquanto cerca de 62% desses produtores venderam ou beneficiaram leite [6].

Porém, apesar de todos esses números, elaborar e difundir formas tecnológicas de utilização da biomassa por pequenos produtores rurais ainda é uma grande dificuldade. Há pouco investimento hoje em programas voltados a esse público, tal como deficiências generalizadas no sistema de apoio técnico que é desenvolvido por órgãos como o SENAR (Sistema Nacional de Aprendizagem Rural) [1]. Levando assim ao fato de que esse público precisa encontrar, na maior parte das vezes, a saída por conta própria.

Um dos caminhos para atender essa necessidade e auxiliar os pequenos produtores rurais a produzirem energia limpa através de suas próprias matrizes é a construção de biodigestores [1]. Contudo, o conteúdo acerca deles que é difundida é principalmente sobre grandes tanques com capacidade de armazenamento centenas de metros cúbicos. Dessa maneira, sendo uma saída energeticamente, sustentavelmente e economicamente viável, mas que não atende aos pequenos produtores rurais, surge a discussão sobre os biodigestores caseiros.

De forma objetiva, biodigestores são equipamentos capazes de conter a biomassa e, através da atuação de bactérias metanogênicas no processo orgânico de decomposição anaeróbico, produzem biogás. Sendo seu subproduto o biofertilizante. Logo, sua função é propiciar o melhor ambiente possível para tal processo.

A produção de biogás através do uso de dejetos animais além de ser economicamente viável, é uma saída que traz benefícios ambientais por utilizar resíduos orgânicos que por vezes trazem impacto negativo ao meio no qual são destinados [7]. Sendo assim, surge a capacidade de milhares de produtores de produzir energia elétrica limpa através de uma fonte gratuita e que podem levar a ganhos não só econômicos, mas ambientais.

Um biodigestor caseiro pode ser desenvolvido por qualquer produtor rural, pois possui baixo custo e trata-se de uma tecnologia de fácil desenvolvimento e manutenção, além de poder gerar um impacto positivo para a agricultura familiar. Logo, sendo um dos principais caminhos para fornecer ao pequeno produtor rural uma fonte de energia limpa, capaz de ser utilizada tanto no contexto residencial (iluminação, fogão a gás, etc.) [8] quanto no contexto produtivo através da substituição de adubos químicos pelo biofertilizante [9].

Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é fornecer um método de construção de um biodigestor caseiro para o tratamento de resíduos orgânicos advindos da bovinocultura de leite de uma propriedade localizada no município de Pedro Canário, extremo norte do Espírito Santo, que servirá de parâmetro para atestar que seu uso é viável e que pode ser replicado em diversas outras propriedades rurais.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Fontes alternativas de energia e Fontes renováveis de energia

A busca por fontes de energia alternativas e renováveis tem se intensificado nos últimos anos, impulsionada pela necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais da produção de energia. No Brasil, o potencial dessas fontes é considerável, e o país tem se destacado na matriz energética mundial por sua alta participação de fontes renováveis.

As fontes de energia renováveis, como a solar, eólica, hidrelétrica e biomassa, são abundantes na natureza e se renovam em um curto período. A energia solar, por exemplo, é a mais abundante do planeta e pode ser convertida em eletricidade através de painéis fotovoltaicos. A energia eólica, por sua vez, aproveita a força dos ventos para mover turbinas e gerar eletricidade. A energia hidrelétrica, tradicionalmente a principal fonte de energia renovável no Brasil, utiliza a força da água para mover turbinas e gerar eletricidade. Já a biomassa engloba uma variedade de materiais orgânicos, como resíduos agrícolas e florestais, que podem ser convertidos em energia através da queima ou da fermentação.

A relação entre produção de energia e alimentos é um aspecto crucial a ser considerado, especialmente no contexto da biomassa. É fundamental garantir que a produção de biocombustíveis não entre em conflito com a produção de alimentos, evitando assim a elevação dos preços dos alimentos e a intensificação da exploração de terras [10]. Nesse sentido, a eficiência energética se torna um fator determinante para garantir a sustentabilidade do sistema energético.

O Brasil possui um grande potencial para a geração de energia a partir de fontes renováveis, com destaque para a energia solar, eólica e biomassa. A região Nordeste, por exemplo, possui um dos maiores potenciais eólicos do mundo, enquanto a região Norte possui vastas áreas com recursos hídricos e biomassa.

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) [12, 13] tem sido fundamental para estimular a diversificação da matriz energética brasileira, incentivando a instalação de novas usinas de geração de energia

a partir de fontes renováveis. No entanto, o custo do programa tem aumentado significativamente nos últimos anos, em função do crescimento da demanda por energia e da expansão do mercado livre de energia.

Apesar dos avanços alcançados, o Brasil ainda enfrenta desafios para consolidar sua posição como líder mundial em energias renováveis [14]. A infraestrutura de transmissão de energia, por exemplo, precisa ser modernizada para atender à crescente demanda por energia proveniente de fontes renováveis, que muitas vezes estão localizadas em regiões remotas. Além disso, é necessário investir em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar as tecnologias existentes e desenvolver novas soluções para os desafios da transição energética explorando mais o potencial da Biomassa, por exemplo.

Definição de Biomassa

A Biomassa é proveniente de todo e qualquer material que possui a capacidade de se decompor de forma biológica, ou seja, com a ação de diferentes bactérias num processo orgânico. Desta maneira, a biomassa em si, é a massa total de matéria orgânica que está acumulada em um determinado espaço vital, tal como plantas ou animais, sendo uma matriz abundante e capaz de suprir a antiga necessidade energética mundial, sendo a principal fonte energética até o início do século XX [15].

A forma como a biomassa é utilizada nesse processo de produção é dada por sua conversão primária em biocombustíveis sólidos, líquidos ou gasosos através de tecnologias distintas ao longo do tempo que, por conseguinte, são transformados em energia térmica, mecânica e elétrica, caracterizando um processo de cogeração de energia [16]. A energia obtida no fim desse processo é conhecida como Bioenergia.

A Biodigestão

A biodigestão é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbicas (sem a presença de oxigênio), [17] realizado por uma comunidade de microrganismos especializados.

Em termos mais simples: tendo um ambiente controlado, as bactérias e outros micro-organismos digerem a matéria orgânica (como restos de comida, esterco, plantas) e, através dela, produzem, como resultado, biogás e biofertilizante.

De forma geral, o processo envolve as seguintes etapas:

- Hidrólise: Grandes moléculas orgânicas são quebradas em moléculas menores;
- Acidogênese: As moléculas menores são convertidas em ácidos graxos voláteis;
- Acetogênese: Os ácidos graxos são convertidos em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono;
- Metanogênese: Os produtos da etapa anterior são convertidos em metano e dióxido de carbono.

Biodigestores

A descoberta de que a matéria orgânica possui digestão anaeróbica é antiga. Alessandro Volta, químico italiano do século XVIII, ainda em 1776 foi o primeiro a identificar metano presente no gás de pântanos [18]. Ao longo das décadas seguintes, outros pesquisadores também foram capazes de identificar a presença de metano, carbono e dióxido de carbono durante longos processos de decomposição de restos ou dejetos animais ou vegetais.

Contudo, foi em Bombaim, na Índia, no ano de 1857 que a primeira instalação operacional com o objetivo de produzir gás combustível foi enfim construída. Além disso, a Índia em si foi o país com maior impacto de pesquisa acerca deste tema, sendo responsável, em 1939, através do Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola de Kanpur, pela elaboração e construção da primeira usina de gás de esterco do mundo. O êxito em suas ações levou a Índia a criação do *Gobar Gás Institute* (1950), centro de pesquisa ligadas a obtenção de biogás, uso de biodigestores e a utilidade do produto final, o biofertilizante. Mumbai (cidade da Índia) é considerado como sede precursora do biodigestor, sendo nela projetado e ativado o primeiro biodigestor de sistema contínuo, no ano de 1950 [19]. Ademais, foram implantados cerca de quinhentos mil biodigestores ao longo do interior da Índia, graças as pesquisas desenvolvidas ao norte do país.

Alguns eventos históricos foram responsáveis por impulsionar a utilização de biodigestores ao longo do globo terrestre. Foram durante as décadas de 50 e 60, com a Guerra Fria que a China, temendo um ataque nuclear, iniciou uma ação de descentralização energética. Desta forma, ao longo de últimos 60/70 anos, a implementação de biodigestores na China obteve numerosa proporção [19].

Desta forma, junto à Índia, a China foi um país pioneiro na utilização e produção de biodigestores, o que implica que são hoje os países que melhor dominam a tecnologia acerca deles. Contudo, entre eles existem objetivos distintos que geraram formas diferentes de produção: enquanto a China buscou abranger uma tecnologia capaz de gerar o biofertilizante que fosse útil e produtivo para metas de produção de alimentos capazes de suprir a população; a Índia, por sua vez, possuía uma carência enorme de energia. Cada objetivo distinto levou a dois modelos diferentes de biodigestores: O chinês, simples e econômico, e o indiano, capaz de possuir uma eficiência de produção maior, mas, para isso, ser mais técnico e robusto. Contudo, trata-se de modelos muito robustos e com o passar dos últimos anos, na busca por maior simplicidade e facilidade de construção, se popularizou o modelo canadense. Trata-se de um biodigestor contínuo, com uma câmara de digestão sob o solo, mas sua principal diferença é que utiliza um gasômetro de lona, na parte superior [20].

Os biodigestores são equipamentos projetados para propiciar um ambiente no qual a biomassa possa ser biodigerida e ocorra, dessa maneira, a decomposição anaeróbica de matéria orgânica em um ambiente controlado. Logo, de forma simplificada, o biodigestor é a câmara utilizada para gerar o ambiente adequado para o processo de biodigestão. Os produtos da biodigestão são: o biogás liberado pelas bactérias e outros micro-organismos e o biofertilizante, advindo do que “resta” da biomassa, riquíssimo em muitas vitaminas que enriquecem o solo.

Para poder cumprir seu papel, os biodigestores são construídos basicamente de duas partes distintas, o tanque digestor e o gasômetro. O tanque digestor é responsável por alojar a biomassa em si enquanto o gasômetro é responsável pelo armazenamento do biogás. Além disso, eles possuem dois tipos de sistema de funcionamento: o contínuo e o intermitente.

O contínuo é o mais comumente utilizado nos projetos de biodigestores já desenvolvidos. Seu funcionamento se dá pela recepção de cargas diárias ou periódicas e descarrega o biofertilizante de forma automática, sendo assim tem uma melhor adaptação a um maior tipo de biomassas. Já o sistema intermitente se dá para períodos muito maiores, recebendo toda a biomassa de uma vez e quando dá fim ao processo o biodigestor é recarregado para ser preenchido novamente, sendo assim é um sistema específico para biomassas cujo processo de decomposição é mais lento [19].

Por fim, e em contraposição aos modelos contínuos de biodigestão apresentados, caracterizados por um fluxo constante de substrato, existe o biodigestor modelo batelada que apresenta uma dinâmica operacional mais simples [21]. Sua configuração, que dispensa a necessidade de equipamentos complexos e sistemas de controle automatizados, o torna uma opção viável para propriedades de menor porte. A flexibilidade na gestão do substrato e a possibilidade de adaptação a diferentes condições locais são outras vantagens deste sistema. A Figura 1 oferece uma visão abrangente da estrutura do biodigestor em batelada.

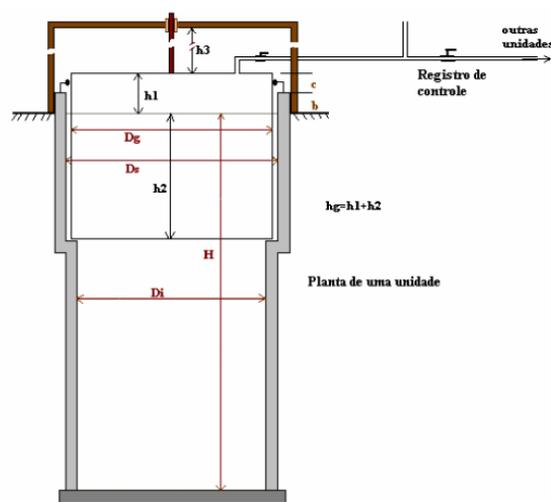


Figura 1 Biodigestor modelo batelada [21].

Observando a Figura 1, temos que:

- D_i é o diâmetro interno do biodigestor;
- D_s é o diâmetro interno da parede superior;
- D_g é o diâmetro do gasômetro
- H é a altura do nível do substrato;
- h_1 é a altura ociosa do gasômetro;
- h_2 é a altura útil do gasômetro;
- h_3 é a altura útil para deslocamento do gasômetro;

- b é a altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato;
- c é a altura do gasômetro acima da parede do biodigestor.

Como será abordado posteriormente, o modelo de biodigestor escolhido para o presente trabalho foi o apresentado na Figura 1, pelos motivos supracitados de facilidade e simplicidade de montagem, podendo ser adaptado para materiais com menor custo, além da sua simplicidade de funcionamento e manutenção.

Produção e composição de Biogás

Como sabemos, os biodigestores têm como principal produto o biogás. Trata-se de um gás natural resultante da fermentação anaeróbica, com ausência de ar, de diferentes tipos de matriz: dejetos animal, resíduo vegetal, etc. Contudo, trata-se da mistura de gases, tal como o metano (CH₄) que é um de seus principais constituintes junto ao dióxido de carbono (CO₂), o primeiro, respectivamente, compõe cerca de 65% do biogás e o segundo, compõe o resto cerca de 45%. Entre esses outros gases, existem o hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico entre outros, contudo, eles representam cerca somente de 1-5% do biogás. Na tabela 1, temos a relação de cada componente com seu percentual:

Tabela 1 Relação de gases presentes no biogás [22].

Gases	Percentual (%)
Metano	55-65
Gás Carbônico	35-45
Nitrogênio	0-3
Hidrogênio	0-1
Oxigênio	0-1
Gás sulfídrico	0-1

Por ser constituído principalmente por metano, há então a possibilidade do uso do biogás como recurso energético, isso se dá graças ao poder calorífico inferior (PCI) propiciado por tal gás. Desta forma pode-se comparar a outros tipos de combustíveis, pois apresentam conteúdo energético parecido, assim como do gás natural. Desta forma, existem distintas aplicações para esse tipo de produto. A Figura 2 evidencia, de forma esquemática, as possíveis aplicações do biogás.

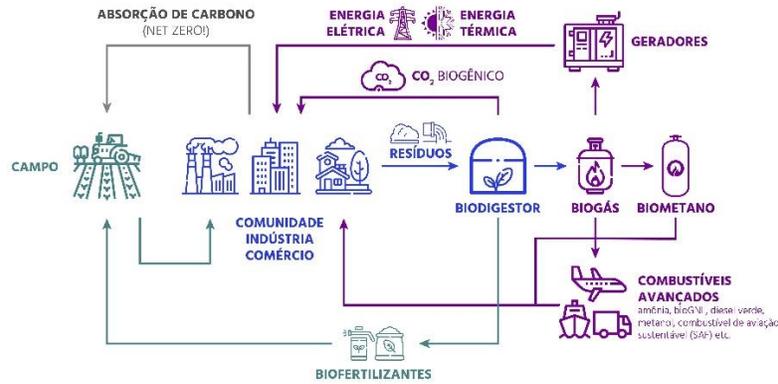


Figura 2 Ciclo do biogás [23].

Por possuir grande potencial de geração de renda e economia, o biogás vem despertando um crescimento no interesse na aplicação dessa tecnologia [24]. Desta forma, utiliza-se do biogás como insumo capaz de exercer diversas atividades distintas.

Cogeração de energia elétrica

Uma das principais utilizações do biogás está na cogeração de energia elétrica, tal como citado anteriormente. Trata-se da produção combinada de calor e eletricidade, gerando então, nesse caso, energia térmica, mecânica e elétrica. Nesses sistemas, levando em conta a energia inicial que está presente no biogás, a eficiência de conversão em energia elétrica costuma variar entre 25-38%, enquanto a energia que continua contida no biogás, cerca de 62-75%, acaba sendo convertida em energia térmica. Contudo, em casos de sistemas motor-gerador essa eficiência acaba sendo reduzida.

A bioenergia é atualmente responsável por mais de 9% de toda energia gerada no Brasil, o que vem levando a inúmeras pesquisas acerca da utilização do biogás como combustível em sistemas de cogeração não só em áreas rurais, mas, também em áreas industriais, como é o caso das usinas de cana-de-açúcar que utilizam o bagaço que sobra no processo de produção de álcool e/ou açúcar como matéria prima para a geração de energia elétrica [25]. A cogeração é uma das melhores opções energéticas que o Brasil possui, segundo alguns estudos, sendo nomeada por algum deles como sendo extremamente promissora.

Ao longo das últimas décadas, inúmeras pesquisas estimaram, simularam, projetaram e descreveram a utilização de sistemas de cogeração no contexto rural. Como exemplo, tem-se o trabalho de Anderson Coldebella (2006), feito em Cascavel (PR) no qual descreve um sistema responsável pela produção de energia elétrica para abastecimento do motor responsável pela irrigação de piquetes em uma propriedade rural de bovinocultura de leite, através de uma unidade de cogeração com média de produção de 9,56 W/dia/vaca [11].

Biofertilizante

O biofertilizante é a parte de biomassa fermentada que permanece no interior do biodigestor. Possui geralmente estado líquido e é riquíssimo em nutrientes, entre eles, principalmente,

o nitrogênio, fósforo, potássio e húmus (material orgânico). Desta forma, pode ser utilizado como fertilizante de solo com qualidade biológica superior aos fertilizantes químicos. O que significa que, mesmo que possa ser substituída por eles, este possui determinada vantagem de uso, além de não apresentar riscos por excesso [19].

Por conseguinte, o biofertilizante possui grande capacidade de fertilização e, sabendo da importância da preservação da integridade do solo, sua utilização traz vantagem ao consumidor. O principal fator responsável por tal característica se dá que, com a ação do biodigestor, há uma diminuição drástica de carbono presente na biomassa que é liberado através do biogás fazendo com que o biofertilizante concentre bem mais nitrogênio e outros nutrientes [19].

Durante o uso do biofertilizante há uma diminuição na solubilidade excessiva presente em adubos químicos levando a uma alta taxa de fixação na planta/solo. Fazendo com que haja uma maior nutrição, sendo os sais os principais responsáveis. E, por sua vez, beneficia até mesmo a textura do solo fazendo com que seja mais fácil o seu manejo e, em contrapartida, estabiliza os agregados fazendo com que o solo resista a ação degradadora da água [19].

Ainda se referindo ao solo, o biofertilizante é capaz de gerar um crescimento exponencial das bactérias no solo. Sendo as bactérias capazes, por sua vez, de fixar o nitrogênio atmosférico e transformá-lo em sais minerais (os principais responsáveis pela nutrição da/o planta/solo), trazendo saúde ao solo e a planta.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi executado através dos dados levantados por meio da bovinocultura leiteira presente em uma propriedade rural localizada no município de Pedro Canário, Espírito Santo. Para isso, foi projetado um biodigestor anaeróbico, tipo batelada, contínuo e de fabricação caseira conforme recomendações adaptadas do Doutor Roberto Deganutti [21], tal como apresentado no tópico anterior para o biodigestor em questão. Os parâmetros apresentados são com base em estudos já desenvolvidos, sendo que o único dado de entrada exclusivo desse caso é o volume de dejetos produzidos na fazenda em questão.

Os dejetos a serem utilizados, provenientes da bovinocultura leiteira, provieram a partir de vinte vacas com composições sanguíneas das raças Gir e girolando, de diferentes idades. Os animais eram criados em sistema semi-intensivo, através do manejo com piquetes, recebendo ração a base de milho e farelo de soja uma vez ao dia, de maneira adequada. Com base nessas informações, considera-se que os dados considerando o esterco bovino levantados de outros estudos se aplicam ao material em questão.

Além disso, propõe-se uma matéria orgânica não-sólida, ou seja, com a adição de água. Para isso, nos cálculos feitos, considerou-se uma proporção de 1:1, dessa forma, para cada quilograma de dejetos foi calculado o uso de um litro de água.

O dimensionamento do biodigestor caseiro seguiu as recomendações do Paulo Armando V. De Oliveira, especialista em suínos e aves da Embrapa [26]. Sua contribuição em específico foi publicada no Manual de Boas práticas acerca das

tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos (2004). Mesmo sendo destinado primordialmente para a suinocultura, esse manual contém muitos tópicos que são generalistas e de uma profunda riqueza de informações.

Por conseguinte, para calcular o volume ideal do biodigestor, lugar onde será armazenada a biomassa, empregou-se a seguinte equação:

$$V_{est} = V_{eflu} + V_{seg} \quad (1)$$

Onde:

V_{est} : Volume estimado do biodigestor (m³);

V_{eflu} : Volume total de efluentes (matéria orgânica + água) (m³/dia);

V_{seg} : Volume de segurança estimado (m³).

Contudo, o volume de segurança estimado aplica-se apenas em casos nos quais há possibilidade de entrada de água proveniente de chuvas no interior do biodigestor. Para o caso em questão não foi considerado o mesmo, já que o projeto visa utilizar de um componente que não possibilitaria a hipótese. Dessa maneira, tem-se:

$$V_{est} = V_{eflu} \quad (2)$$

$$V_{eflu} = T_a * V_{dej} \quad (3)$$

Onde:

T_a : Tempo de armazenamento (dias);

V_{dej} : Volume de dejetos produzido diariamente (m³/dia).

Segundo Aline Torres (2012), para que o processo de fermentação ocorra de maneira eficiente, a partir do dejetos de bovinocultura, são necessários um período de 30 dias [27]. Logo:

$$T_a = 30 \text{ (dias)} \quad (4)$$

A partir dos animais analisados nesse estudo, citados anteriormente, foram recolhidos em um dia na fazenda cerca de 47,5 Kg de dejetos. Mesmo que seja possível a inserção de outras fontes de biomassa, para fins de análise foi considerado apenas a quantidade de dejetos animal. Nessa análise, considerando o dejetos fresco, estimasse a análise de quilo e litro como 1:1, para se ter uma margem segura. Sendo assim, considerando dejetos e água, tem-se:

$$V_{dej} = 0,0475 * 2 \quad (5)$$

Logo, utilizando as equações (4) e (5) em (3) e, posteriormente, em (2), tem-se:

$$V_{est} = 0,095 * 30 = 2,85 \quad (6)$$

Sendo assim, segundo o cálculo realizado, seria necessário um tanque com capacidade de 2,85 m³, desde que o produtor consiga manter o abastecimento diário do biodigestor afim de fazer com que ele esteja sempre produzindo. Isso afetará diretamente a lista de componentes que foi montada neste estudo.

Em suas pesquisas, Barreira (2011) desenvolveu uma tabela de dados levando em conta a quantidade de biogás produzido a partir de determinado número de matéria prima, conforme apresentado pela tabela 2. Entre eles, o índice que nos interessa é a relacionada com o esterco bovino, denotado na primeira linha.

Tabela 2 Equivalência de biogás e matéria-prima [28].

Biogás	Matéria-prima
1m ³	25 Kg de esterco bovino
1m ³	5 Kg de esterco de galinha
1m ³	12 Kg de esterco suíno
1m ³	20 Kg de plantas

Destarte, para calcular o volume de biogás diário foram utilizadas informações advindas da BGS Equipamentos para Biogás, a primeira empresa brasileira especializada em kits de biodigestores de pequeno porte para uso rural e urbano.

Segundo uma de suas publicações de 2013 [29], tem-se a seguinte equação que nos fornece o dado desejado:

$$V = N * Qd * Bb \quad (7)$$

Onde,

V: Volume de biogás diário (m³/dia);

N: quantidade de animais;

Qd: Massa de matéria prima produzido diariamente (dejetos apenas; Kg);

Vb: volume de biogás produzido por Kg de matéria-prima (m³).

Com base na equação (7) a capacidade de produção de biogás diário através da matéria prima analisada nesse estudo, considerando proporções diárias similares ao analisado, seria de 1,9 m³ por dia.

Para analisar a viabilidade de aplicação diária na rotina de pequenos produtores rurais, foram utilizados dados de Oliveira

(2004) acerca de consumo de biogás para atividades residenciais representados na tabela 3.

Tabela 3 Consumo de biogás em diferentes atividades específicas [26].

Atividade	Especificação	Consumo/biogás
Cozimento	Pessoa/dia	0,34 a 0,42 m ³ /h
Iluminação	Lâmpada/100W	0,13 m ³ /h
Motor a gasolina ou diesel	Biogás/HP (25% eficiência)	0,45 a 0,51 m ³ /h
Eletricidade	KWh	0,62 m ³ /h

Através dos dados da tabela 3, comparando com o resultado obtido através da equação (7), tem-se algumas estimativas e considerações mais palpáveis. Levando em conta a residência rural do fazendeiro que cedeu os dados para a pesquisa: sua família é composta por 3 membros, sua residência composta por 7 cômodos (4 deles com apenas 1 lâmpada e 3 com 2 lâmpadas) sendo que a média em que cada uma fica ligada é variante.

IV. RESULTADOS

A. Cozimento

Considerando 03 pessoas, com consumo de biogás máximo por pessoa, como apresentado na tabela 3, tem-se um consumo de 1,26 m³ por dia. Levando em conta o volume de biogás que pode vir a ser produzido com o insumo diário médio apresentado anteriormente, há um remanescente de 0,64 m³ de biogás.

Sendo assim, há viabilidade na construção do biodigestor para utilização do biogás para o cozimento, no caso em questão. Com um atendimento de 150,8% do consumo máximo diário na residência em questão.

B. Iluminação

Na residência em questão, havia 10 lâmpadas de 100W, sendo que pelo menos 4 delas ficavam ligadas por 3h diárias, para outras 2 delas a estimativa foi de 1h diária, enquanto para as 4 demais foi de 0,5h diária. Sendo assim, tem-se um consumo diário de 16 horas de lâmpadas ligadas.

Considerando os dados da tabela 3, tem-se que para o consumo em questão seriam necessários 2,08 m³ de biogás. Ou seja, há uma carência de 0,18 m³ de biogás diários para que o biodigestor supra a necessidade máxima diária dessa família.

Contudo, se levarmos em consideração os dias em que a família consumiria menos energia em casa ainda pode chegar a ser viável utilizar do biodigestor para a alimentação da rede de iluminação de sua residência ou, pelo menos, de parte dela. Com um atendimento de 91,35% do consumo máximo diário na residência em questão. É possível que essa análise também seja feita analisando a conta de luz específica dessa residência, mas,

para que a análise seja mais generalista optou-se por manter os parâmetros médios fornecidos pela Tabela 3.

Para os demais tópicos não foram considerados estudos comparativos com as entradas do caso em questão, por se tratar de um biodigestor de pequeno porte, no qual sua produção de biogás diária é relativamente pequena.

Como foi comprovado com as análises feitas, para essa propriedade rural em questão seria viável o uso do biogás tanto para uso na cozinha quanto na iluminação residencial. Sendo assim, foram levantados os itens necessários para a construção de um biodigestor caseiro.

O primeiro passo para a confecção do biodigestor caseiro é a escolha do tanque que será utilizado para armazenamento da matéria-prima. É importante lembrar que essa é uma escolha de muito impacto no projeto, já que o tanque precisa ser capaz de armazenar todo dejetos que será depositado nele. Para o nosso caso específico, como calculado anteriormente, seria necessário um tanque capaz de atender uma demanda de 2,85 m³. Sendo assim, recomenda-se a utilização de um tanque de 3000 L, levando em conta que é o mais próximo que teríamos do valor necessário.

Para a confecção do biodigestor caseiro, o primeiro passo é a realização dos furos para a entrada dos canos. Serão, ao todo, três furos: 1 (um) para a entrada de dejetos; 1 (um) para a saída de gás e 1 (um) para a saída de biofertilizante. No projeto em 2D representado na Figura 3, cada um dos furos está sendo dimensionado pelos itens 5, x e y, respectivamente. As medidas recomendadas para cada estão contidas na tabela 4.

É necessário frisar que durante a construção do biodigestor todas as frestas devem ser devidamente vedadas, já que o material a ser trabalhado trata-se de um gás. Para isso, recomenda-se a utilização de um material vedante, tal como um veda calhas (item 11).

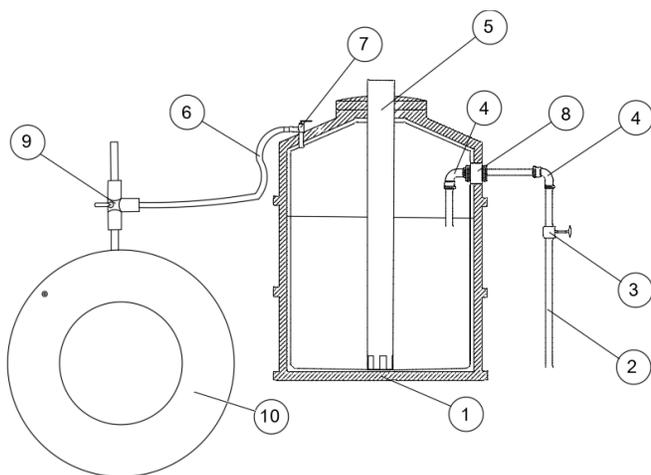


Figura 3 Projeto em 2D do biodigestor caseiro

Tabela 4 Lista de itens

Referência	Lista de itens
1	Tanque de 3000 L
2	Cano PVC 50mm
3	Registro de 50mm
4	Curvas 90° de 50mm
5	Cano PVC 100mm
6	Mangueira
7	Válvula Esfera 90°
8	Flange de 50 mm
9	Válvula três vias
10	Câmara de ar
11	Veda calhas

Sendo assim, com os furos feitos, é então iniciada a inserção dos itens, para isso recomenda-se que seja seguida a sequência a seguir:

A. Sistema de saída do biofertilizante.

Para isso, é feita a colação dos canos, descritos pelo item 2, com o registro e os joelhos de PVC, itens 3 e 4. A utilização desse sistema na parte interna do biodigestor é indispensável, para que não haja desperdício algum de gás. E, para fazer a conexão da tubulação interna e externa, recomenda-se a utilização de um flange (item 8).

É importante frisar que as medidas aqui utilizadas não são tidas como obrigatórias, podendo ser adaptadas para cada cenário em questão.

B. Sistema de saída do biogás.

Para isso, recomenda-se a utilização de uma válvula esfera 90° (item 7) para fazer a conexão entre o tanque (item 1) e a mangueira que será utilizada para o transporte de gás no sistema (item 6). Existem outras maneiras distintas de desenvolver esse sistema, tal como com a utilização de uma torneira de jardim, ou válvula pneumática simples, entre outros.

C. Sistema de alimentação

Por fim, tem-se o tubo de alimentação (item 5). Por ele será inserida a matéria-prima que abastecerá o biodigestor. Contudo, deve-se ter atenção na parte inferior do tudo, pois em seu formato original a saída dos dejetos seria impossível e, por causa disso, se faz necessário uma adaptação. Uma sugestão é fazer recortes no tubo, tal como descrito na Figura 3, para que seja possível a passagem de dejetos.

D. Sistema de distribuição do biogás.

O biogás produzido no biodigestor pode ser utilizado de diversas formas. No presente estudo, visando atender a uma demanda diária variável, foi implementado um sistema de

distribuição que permite tanto o uso imediato do biogás quanto seu armazenamento temporário.

Para tanto, foi empregada uma válvula de três vias (item 9) com a função de direcionar o fluxo do biogás. Quando o biogás está sendo utilizado, a válvula direciona o fluxo para o primeiro canal (canal de uso). No entanto, em momentos que não haja demanda, o fluxo é direcionado para o segundo canal (canal de armazenamento), onde o biogás é armazenado em uma câmara de ar.

Para o armazenamento do biogás produzido, optou-se pela utilização de uma câmara de ar de pneu de trator (aro 30). Considerando o consumo diário previsto, não se fez necessária a implementação de um sistema de armazenamento de grande capacidade. Dessa forma, a câmara de ar escolhida atende às demandas do projeto, garantindo um volume adequado para o armazenamento temporário do biogás.

O projeto em questão abrangeu apenas a projeção do biodigestor, sendo que ele em si não é necessariamente o fim do processo. Existem filtros que podem ser utilizados para fazer com que o biogás obtenha propriedades e projeções distintas.

Por conseguinte, com o intuito de quantificar os investimentos necessários à implementação do biodigestor, foi realizado um estudo de viabilidade financeira que contemplou a estimativa dos custos de todos os materiais e insumos necessários. É importante ressaltar que, considerando a natureza do projeto – construção de um biodigestor caseiro para residências rurais –, os custos associados a serviços não foram considerados, uma vez que se pressupõe que a realização de boa parte das atividades construtivas seja feita pelo próprio proprietário.

Tabela 5 Resumo de custos [30] à [40].

Itens	Unid.	Qntd.	Valor unitário	Valor total
1	Un	1	R\$ 1.543,00	R\$ 1.543,00
2	M	1,8	R\$ 22,99	R\$ 41,38
3	Un	1	R\$ 27,00	R\$ 27,00
4	Un	2	R\$ 3,89	R\$ 7,78
5	M	1,6	R\$ 28,20	R\$ 45,12
6	M	30	R\$ 2,96	R\$ 88,80
7	Un	1	R\$ 41,80	R\$ 41,80
8	Un	1	R\$ 12,55	R\$ 12,55
9	Un	1	R\$ 46,60	R\$ 46,60
10	Un	1	R\$ 17,00	R\$ 17,00
11	Un	1	R\$ 342,47	R\$ 342,47
			Acessórios	R\$ 50,00
			Valor material total (V _{mt})	R\$ 2.263,50

Houve o acréscimo de acessórios, levando em conta os materiais que o executante precisará para construção e uso do biodigestor, sendo eles: um balde (para realizar a alimentação),

luvas descartáveis, cola para canos, lâmina de serra manual, braçadeiras para fixação das mangueiras. Sendo que, não foram considerados outros custos que não envolvam o biodigestor em si, tal como o sistema receptor para possível geração de energia ou a da câmara de ar, para casos em que seja necessário o armazenamento.

Com os dados obtidos, é possível realizar uma análise de viabilidade econômica do projeto, estimando o período de retorno do investimento (*payback simples*). Considerando a aplicação do biogás para fins culinários, que atende à demanda do produtor rural, realizamos os cálculos necessários. Vale ressaltar que, embora seja recomendada a filtragem do CO₂ para otimizar a combustão, a utilização do biogás bruto para cozimento é tecnicamente viável, considerando as dimensões do biodigestor e a demanda do usuário.

Considerando um consumo médio mensal de GLP por habitante de 4 m³ (equivalente a aproximadamente 3,2 kg) [41], uma família de três pessoas consome cerca de 13 kg de GLP a cada 41 dias, correspondendo a um botijão padrão.

Com base em um custo médio de R\$ 120,00 por botijão, a família desembolsa cerca de R\$ 1.068,30 anualmente com a compra de gás. Admitindo um investimento inicial de R\$ 2.263,50 para a implementação do biogás como uma solução alternativa ao gás de cozinha, o período de retorno (*payback*) pode ser calculado, já que [42]:

$$\text{Payback} = \text{investimento inicial} / \text{Ganho do investimento} \quad (8)$$

Sendo, então, de 2,12 anos. A partir desse parâmetro, a adoção dessa solução demonstra-se economicamente viável, com retorno do investimento em curto prazo (até 03 anos).

Para fazer uma análise comparativa, foi utilizado o método do Valor Presente Líquido (VPL). O objetivo é determinar se o valor de entrada (nesse caso, de retorno) de caixa futuro, gerados pelo projeto, é suficiente para compensar o investimento inicial, considerando uma taxa de desconto específica. O período adotado foi de 10 anos e o comparativo foi feito com a poupança, método muito utilizado por toda a população brasileira.

Dados do Problema:

- **Investimento inicial:** R\$ 2.263,50
- **Fluxo de caixa anual:** R\$ 1.068,30
- **Taxa de desconto:** 8,03% ao ano
- **Período de análise:** 10 anos

Cálculo do Valor Presente Líquido:

Para calcular o VPL, descontamos cada fluxo de caixa futuro para o presente utilizando a taxa de desconto e somamos todos os valores presentes. Por estar sendo comparado a poupança, utilizou-se da taxa de rendimento anual da Poupança no ano de 2023 [43]. Para o cálculo, foi utilizada a equação [44]:

$$V_{PL} = \sum (F_t / F_d) - \text{Investimento Inicial}$$

Onde:

Σ : Somatório;

F_t: Fluxo de caixa em cada período (1068,3/ano);

F_d: Fator de desconto

Sendo que,

$$F_d = (1 + i)^{-t}$$

Onde,

i: Taxa de desconto (taxa mínima de atratividade);

t: Período.

Tabela 5 Análise de Valor Presente Líquido do projeto

Ano	Fluxo de Caixa	F _d	Valor Presente
0	-2.263,50	1	-2.263,50
1	1.068,30	0,926	988,49
2	1.068,30	0,855	912,1
3	1.068,30	0,787	840,35
4	1.068,30	0,724	773,18
5	1.068,30	0,663	709,59
6	1.068,30	0,607	649,57
7	1.068,30	0,553	592,99
8	1.068,30	0,503	539,85
9	1.068,30	0,455	489,14
10	1.068,30	0,411	439,85
VPL			R\$ 171,98

Com uma taxa de desconto de 8,03% ao ano, o VPL do projeto é de R\$ 171,98. Isso significa que, considerando um custo de oportunidade de 8,03% ao ano, o valor presente dos fluxos de caixa futuros é ligeiramente maior do que o investimento inicial. Sendo assim, a utilização do biodigestor caseiro pode ser considerada mais viável que a poupança, mesmo considerando um período de 10 anos. Além do que, fica evidente que, se considerarmos períodos menores, o VPL se torna superior a cada ano.

V. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou a viabilidade técnica e econômica da implantação de um biodigestor caseiro em pequenas propriedades rurais, utilizando como exemplo uma propriedade localizada no extremo norte do Espírito Santo. Através do dimensionamento adequado do biodigestor e da análise da produção de biogás, foi possível verificar que o sistema proposto é capaz de atender às demandas energéticas básicas de uma residência rural, como o cozimento e, em parte, a iluminação.

A utilização de dejetos bovinos como matéria-prima para a produção de biogás representa uma alternativa sustentável e economicamente viável para os pequenos produtores, uma vez que transforma um resíduo em energia limpa e fertilizante orgânico de alta qualidade. Além disso, a tecnologia do biodigestor caseiro apresenta baixo custo de implantação e operação, tornando-a acessível a um público mais amplo.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com estudos anteriores que apontam para o grande potencial da biodigestão anaeróbica na geração de energia renovável e na valorização de resíduos orgânicos. No entanto, é importante destacar que a eficiência do sistema depende de diversos fatores, como a qualidade da matéria-prima, a temperatura ambiente, a taxa de alimentação e a manutenção adequada do biodigestor.

REFERÊNCIAS

- [1] Embrapa. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/>>/ Acesso em: 10/06/2024.
- [2] USDE, 2006, The Biomass Program, Office of the Biomass Program Energy Efficiency and Renewable Energy.
- [3] Esfera Energia. Disponível em: < <https://esferaenergia.com.br/>>/ Acesso em: 13/07/2024.
- [4] Goldemberg, José. "Biomassa e energia." Quim. Nova, vol. 32, no. 3, 2009, pp. 582-587.
- [5] Abiec. Associação Brasileira das Industrias Exportadoras de Carne. Disponível em: < <https://www.abiec.com.br/>>/ Acesso em: 13/07/2024.
- [6] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>/ Acesso em: 14/07/2024.
- [7] Barbosa, Plínio Tavares, Francisco Felipe Maia da Silva, and Marcos Erick Rodrigues da Silva. 2022. "XI-111-GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO USO DO BIOGÁS PRODUZIDO NO BIODIGESTOR DO IFRN CAMPUS APODI."
- [8] Turdera, M. V. & Yura, D. 2006. Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de dourados. Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas.
- [9] Kretzer, S. G., Nagaoka, A. K., Moreira, T. E., Bauer, F. C. & Pinto, J. G. C. P. 2015. Educação ambiental em gestão de resíduos e uso de biodigestor em escola pública de Florianópolis. Extensio: Revista Eletrônica de Extensão, 12, 2-13.
- [10] KOLLING, E. M., Análise de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água. Cascavel, 2001. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- [11] Coldebella, A., 2006. Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais.
- [12] Clarke Energia. Proinfra: conheça programa de incentivo a energia limpa. Disponível em: <<https://clarke.com.br/proinfra/>>/ Acesso em: 07/06/2024.
- [13] CCEE. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em: < <https://www.ccee.org.br/>>/ Acesso em: 13/07/2024.
- [14] Carbon Brief. Clear on climate. Disponível em: < <https://www.carbonbrief.org/>>/ Acesso em: 13/07/2024.
- [15] SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; PAVAN, A. A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. Acta Scientiarum. Technology, Maringá, v. 26, p. 127-133, 2004.
- [16] STAISS, C.; PEREIRA, H. Biomassa: energia renovável na agricultura e no setor florestal. Revista Agros, Instituto Superior de Agronomia, Portugal, v. 13, n. 1, p. 21-28, 2001.
- [17] Müller, J. D. O. M., de Oliveira, P. V., Leal, T. W., de Oliveira, C. R. S., & da Silva Júnior, A. H., 2023. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: MÉTODOS DE CONVERSÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

- EM BIOCOMBUSTÍVEIS. *International Journal of Agrarian Sciences-PDVAGRO*, 2(2), 115-134.
- [18] CASSEB, M. M. S. Avaliação do desempenho de um reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo, em escala piloto, tratando de efluentes sanitários da cidade de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- [19] SGANZERLA, E., Biodigestor: uma solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.
- [20] Aires, Allan Wastowski., Silva, Fabiana Matze da., Castro, Verônica., Mikilyta Urach de., Wenzel, Bruno München. 2014. Avaliação de desempenho de um biodigestor canadense modificado no tratamento de dejetos de suínos.
- [21] Deganutti, R., Palhaci, M. C. J. P. & Rossi, M. 2002. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*. Campinas.
- [22] MAGALHÃES, A. P. T. – Biogás: um projeto de saneamento urbano, 1986.
- [23] Geo. Geo bio gas&carbon. Disponível em:
< <https://geobiogas.tech/biogas/>>. Acesso em: 29/07/2024.
- [24] SANTOS, P. Guia técnico de biogás. Portugal: Centro para a Conservação de Energia, 2000.
- [25] Martins, L. R., & Carrino, A. L., 2023. UM ESTUDO SOBRE A BIOMASSA: uma fonte renovável de energia limpa. *Revista Interface Tecnológica*, 20(2), 531-544.
- [26] Oliveira, P. A. V. 2004. Produção e aproveitamento do biogás. In: Oliveira, P. A. V. (ed.) *Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas*. EMBRAPA, Concórdia. J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [27] TORRES, Aline., PEDROSA, João Felipe. 2012. FUNDAMENTOS DE IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTORES EM PROPRIEDADES RURAIS.
- [28] BARREIRA, Paulo. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. 3. ed. São Paulo: Incone, 2011. 106 p.
- [29] BGS. Cálculo de Produção de Biogás. 2013. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/calculo-de-producao-de-biogas-2/>>. Acesso em: 16/07/2024.
- [30] Mercado Livre. Disponível em:
<https://www.mercadolivre.com.br/tanque-de-agua-artcaixa-box-vertical-poli-etileno-3000l-de-145m-x-18m/p/MLB15268140?item_id=MLB3516022083&from=gshop&att_tool=14372353&att_word=&att_source=google&att_campaign_id=14302215552&att_ad_group_id=150145935327&att_match_type=&att_network=g&att_device=c&att_creative=649558500191&att_t_keyword=&att_ad_position=&att_ad_type=pla&att_merchant_id=735128188&att_product_id=MLB15268140-product&att_product_partition_id=2269030433745&att_target_id=aud-1966852281496:pla-2269030433745&ccq_src=google_ads&ccq_cmp=14302215552&ccq_net=g&ccq_plt=gp&ccq_med=pla&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwlbw2BhA3EiwA3yXyuzwHZp49225005vtd3H00Cit4oCWMADU5fjXcbzOAMXbOfKuzqakVROCDxIQAvD_BwE/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [31] Mercado Livre. Disponível em:
<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-5010998174-tubo-50mm-fortlev-112-soldavel-barra-cano-marrom-2-metros-_JM?att_tool=14372353&att_word=&att_source=google&att_campaign_id=14302215552&att_ad_group_id=150145935327&att_match_type=&att_network=g&att_device=c&att_creative=649558500191&att_keyword=&att_ad_position=&att_ad_type=pla&att_merchant_id=512167844&att_product_id=MLB5010998174&att_product_partition_id=2269030433745&att_target_id=aud-1966852281496:pla-2269030433745&ccq_src=google_ads&ccq_cmp=14302215552&ccq_net=g&ccq_plt=gp&ccq_med=pla&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwlbw2BhA3EiwA3yXyuzwDpKeSj_CVyNx4uAa44gz5oA734QAJGovgEpS1T6CUWiUk5RJ8yxoCmhQQAvD_BwE/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [32] Amazon. Disponível em: <https://www.comercialcarlessi.com.br/joelho-90-graus-soldavel-tigre-50-mm/p/4741?c=1&t=1&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwlbw2BhA3EiwA3yXyuzwRkGtzoUJtKIEAO-d4B45IkeUioMFzKHU_eBJ3tDlGxZsBXZJbwQxoC0kQQAAd_BwE/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [33] Comercial Carlessi. Disponível em:
< https://www.amazon.com.br/Registro-PVC-Vs-Soldo-C3%Al1vel-50mm/dp/B076VLS5Y/ref=asc_df_B076VLS5Y/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=709857067638&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=12800110757761471929&hvpone=&hvpntwo=&hvmqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvllocint=&hvllocphy=9101072&hvtargid=pla-1269789418302&psc=1&mcid=fd9da353f3113295b91e992e45051985&gad_source=1/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [34] Mercado Livre. Disponível em:
< https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-4406221364-cano-tubo-pvc-para-esgoto-100mm-4-polegadas-1-metro-krona-_JM?att_tool=54307261&att_word=&att_source=google&att_campaign_id=14302215582&att_ad_group_id=150145935487&att_match_type=&att_network=g&att_device=c&att_creative=649558500194&att_keyword=&att_ad_position=&att_ad_type=pla&att_merchant_id=139366745&att_product_id=MLB4406221364&att_product_partition_id=2269677761240&att_target_id=aud-1966852281496:pla-2269677761240&ccq_src=google_ads&ccq_cmp=14302215582&ccq_net=g&ccq_plt=gp&ccq_med=pla&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwlbw2BhA3EiwA3yXyuzwZzY86-z3eA-QTYF9qn2HbryGp1Z28FzlZ_TIEZAK813ptBVMiShoCGtMQAvD_BwE/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [35] Amazon. Disponível em:
< https://www.amazon.com.br/Mangueira-Metros-Jardim-79172300-Tramontina/dp/B076M6GT59/ref=asc_df_B076M6GT59/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=709902263734&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=7559941680145693496&hvpone=&hvpntwo=&hvmqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvllocint=&hvllocphy=9101072&hvtargid=pla-810266991106&mcid=14b6b75705f434618f55c50b45959819&gad_source=1&th=1/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [36] Amazon. Disponível em:
< <https://www.amazon.com.br/V%3%A1lvula-Esfera-90%C2%B0-Angular-Borboleta/dp/B0D26BWC61/>>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [37] Mercado Livre. Disponível em:
< https://www.mercadolivre.com.br/adaptador-com-flange-soldavel-marrom-50mm-x-1-12/p/MLB24127825#wid%3DMLB3758782065%26sid%3Dsearch%26searchVariation%3DMLB24127825%26position%3D6%26searchLayout%3Dgrid%26type%3Dproduct%26tracking_id%3Db376c486-bdf8-4d63-8e5f-e62d3c4521f1/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [38] Shopee. Disponível em:
<https://shopee.com.br/product/207457402/21597244624?gads_t_sig=VTJGc2RHVmtYMTlxTFVSVVRrdENkVHQ3ZkZSUTMrR3pBwMZZNzdrnRBM1BKZjr4U2FXODIIMnd0L05QdWpyVWY5MUxLR2RwOVc2dmQ1engxSFNWQ1hRdjRLQ2NaR1Fhd111WUtDY3RONXdEMTdidjdHUWFXN1ZENnloTHV6ZGw5eDdjYUINQ05LdnJnbmhPMThEWUhbPT0&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw_sq2BhCUARiAIVqmQtrbhQifM5ewcw_Sa41j8PNmr3gaFt11Zsap1Oc3euuLsuVqMT3cgaAjoYEALw_wcB/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [39] Amazon. Disponível em:
<https://www.amazon.com.br/Calha-Tekbond-12941007400-Alum%3%ADnio-Gramas/dp/B076KVCCLM/ref=asc_df_B076KVCCLM/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=709857067833&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=5977073916994408248&hvpone=&hvpntwo=&hvmqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvllocint=&hvllocphy=9101072&hvtargid=pla-1396647195104&psc=1&mcid=32d11155a67039429c5d5268de53599d&gad_source=1/>/. Acesso em: 30/07/2024.
- [40] PneuGreen. Disponível em:
< https://www.pneugreen.com.br/camara-de-ar-18-4r30-tr-218a-federal?parceiro=3807&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwodC2BhAHE

iwAE67hJLiLB0vR1AqxKIm5TuasdTiYbzxhWn5d_OJeYvky6plvBuiRDZ71RRoCegwQAvD_BwE/>/ Acesso em: 30/07/2024.

[41] REVGAS. Disponível em: < <https://revgas.com/qual-o-consumo-de-gas-de-cozinha-por-habitante/>>/ Acesso em: 29/07/2024.

[42] Modalmais. Disponível em:
< <https://www.modalmais.com.br/blog/payback-calculando-retorno-investimentos/#:~:text=payback%20%3D%20Investimento%20inicial%20%2F%20Ganho%20do%20investimento&text=Vamos%20fazer%20i>

sso%20aplicando%20valores%20reais%20na%20f%C3%B3rmula./>/ Acesso em: 30/07/2024.

[43] Remessas Online. Disponível em:
< [\[44\] Vanguardi. Disponível em: < <https://vanguard.com.br/o-que-e-vpl/>>/ Acesso em: 09/09/2024.](https://www.remissaonline.com.br/blog/rendimento-da-poupanca-saiba-quanto-rende-de-juros- hoje/#:~:text=Em%202023%2C%20por%20exemplo%2C%20o,foi%20de%204%2C62%25./>/ Acesso em: 09/09/2024.</p></div><div data-bbox=)