

BIODIGESTOR A PARTIR DE RESÍDUOS ALIMENTARES: UMA PROPOSTA PARA O RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFERSA - MOSSORÓ

Data de aceite: 02/01/2024

Matheus Henrique Medeiros de França
Universidade Federal Rural do SemiÁrido

Anderson Felipe Costa Leonês
Universidade Federal Rural do SemiÁrido

Lais Aparecida Nascimento de Melo
Universidade Federal Rural do SemiÁrido

**Fabiana Karla de Oliveira Martins
Varella**
UFERSA

Pedro Victor de Sousa Albuquerque
Universidade Federal Rural do SemiÁrido

RESUMO: Os problemas com resíduos alimentares vem gerando grandes dificuldades para as instituições de grande porte, como as universidades, pois os rejeitos descartados de maneira incorreta, podem causar inúmeros impactos negativos ao meio ambiente, e com isso elevando os custos das universidades com transporte e descarte adequado desse material. Portanto, para diminuir os custos e aproveitar parte desses materiais, medidas mais sustentáveis podem ser implementadas, como a transformação dessa matéria orgânica em biofertilizantes

ou em biogás. Dessa forma, várias tecnologias têm sido utilizadas para esse fim, uma delas é o biodigestor. O estudo desenvolvido dimensiona um biodigestor e verifica a potencialidade da produção de biogás a partir de resíduos orgânicos alimentares provenientes do Restaurante Universitário da Universidade Federal Rural do semi-árido (UFERSA), do campus Mossoró. Para esse dimensionamento, adotou-se a fração de sólidos voláteis de 23%, com isso, se estimou uma produção média diária de gás metano em cerca de 7,1 m³. Esse volume de gás gerado pode compensar cerca de 18% da demanda de GLP que é necessária para a produção das refeições referentes ao almoço.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, Biodigestor, Resíduo Alimentar, Biogás, Dimensionamento.

INSTRUCTIONS FOR PREPARATION AND SUBMISSION OF MANUSCRIPTS TO THE SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE 51° BRAZILIAN CONGRESS ON ENGINEERING EDUCATION AND VI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EDUCATION IN ENGINEERING – COBENGE 2023

ABSTRACT: Summary. Problems with food waste have been causing great difficulties for large institutions, such as universities, as waste that is disposed of incorrectly can cause numerous negative impacts on the environment, and thereby raising the costs of universities with transport and proper disposal of that material. Therefore, to reduce costs and take advantage of part of these materials, more sustainable measures can be implemented, such as transforming this organic matter into biofertilizers or biogas. Thus, several technologies have been used for this purpose, one of which is the biodigester. This study deals with dimensioning a biodigester and verifying the potential of biogas production from organic food waste from the University Restaurant of the Federal Rural University of the semi-arid (UFERSA), on the Mossoró campus. For this sizing, a fraction of volatile solids of 23% was adopted, thus estimating an average daily production of methane gas of around 7.1 m³. This volume of gas generated can offset about 18% of the demand for LPG that is necessary for the production of lunch meals.

KEYWORDS: Biomass, Biodigester, Food Waste, Biogas, Sizing.

1 | INTRODUÇÃO

Conforme a Organização das Nações Unidas (ONU), no ano de 2022, a população mundial ultrapassou a marca de 8 bilhões de pessoas, sendo considerado um marco importante no desenvolvimento humano, contudo, esse crescimento representa grandes desafios. Como se sabe, a superpopulação é um dos agentes que mais impactam o meio ambiente, estando não somente associada ao aumento da temperatura global, como também ao elevado consumo dos recursos naturais e ao aumento da poluição. Relacionada a isto, está o desperdício alimentar, que além de ser uma questão socioambiental, é considerado um fomentador de emissões globais de gases de efeito estufa, contribuindo a uma taxa de 10%, para essas emissões (MARTINS, 2022). Como consequência, o rumo que esses resíduos tomam, passou a ser considerado um problema ambiental relevante, tornando-se uma dificuldade para as cidades, não apenas pelo destino adequado, mas também a forma de coleta, e os possíveis tratamentos para minimizar os impactos no meio ambiente (SILVA et al., 2018).

Os resíduos alimentares, são os conjuntos de sobras orgânicas do pré-preparo, preparo e distribuição de alimentos (CALDEIRA, 2020), e o seu uso para produção de biogás o torna uma alternativa interessante, pois o aproveitamento desses rejeitos diminuem os impactos que seriam causados por seu descarte inadequado, que incluem riscos de contaminação do solo, assim como lençóis freáticos e mananciais (tera ambiental, 2017), além de reaproveitar parte dos alimentos desperdiçados que, segundo estudos globais, realizados pela organização inglesa WRAP e pela PNUMA no ano de 2019, atingiu a marca

de 931 milhões de toneladas de alimentos (EMBRAPA,2021).

De maneira geral, árvores e plantas, assim como uma variedade de resíduos orgânicos, podem ser convertidas através de processos, em uma vasta diversidade de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, que são denominados biocombustíveis. (DEVIS, 1982) Os biocombustíveis gasosos são obtidos através de equipamentos conhecidos como Biodigestores, que são sistemas de tanques fechados, onde se é formado o biogás. O gás do digestor, proveniente desses compostos orgânicos, consiste no produto final do processo biológico, conhecido como digestão anaeróbia, a qual, uma diversidade de microrganismos realizam diversas reações químicas para decompor a matéria orgânica, contribuindo na questão ambiental, pois reduz potencialmente os impactos ambientais da fonte poluidora, por diminuir o lançamento de metano orgânico e CO₂ na atmosfera, podendo ser utilizado na geração de eletricidade, como biocombustível para veículos e quando queimado, se torna uma alternativa ao uso do gás natural (VIEIRA, 2020).

Dessa maneira, se faz notar, a importância da análise de viabilidade de um projeto que implemente um biodigestor para a produção de biogás, através do tratamento de resíduos orgânicos gerados pelo restaurante Universitário da UFERSA, Campus Mossoró. Sendo assim, a geração desse produto possibilita o seu uso como alternativa ao gás de cozinha (GLP), contribuindo, com reduções nos custos mensais associados ao preparo das refeições, representando benefícios ambientais e econômicos relacionados ao reaproveitamento de restos alimentares.

2 | BIODIGESTOR

O biodigestor é um equipamento usado com a função de agilizar o processo de decomposição da matéria orgânica por meio da ausência de oxigênio (esse processo é conhecido como biodigestão anaeróbia), sendo formado por um digestor, conhecido como câmara, onde ocorre esse processo. Essa estrutura pode ser cilíndrica, vertical e superficial, estando junto a uma campânula onde se acumula o gás da digestão (PINTO, 2008).

Essa decomposição, acontece através de uma sequência de reações bioquímicas, que de forma sucinta, podem ser divididas em dois ciclos, onde no primeiro ocorre a hidrólise, a acidificação e a liquefação desses resíduos e o segundo tem a transformação do 26 acetato, do hidrogênio e do óxido de carbono em metano.

2.1 Classificação de biodigestores

Número de estágios

O número de estágios é um critério importante para classificar sistemas de biodigestores. Um sistema de um único estágio realiza todos os processos em paralelo

dentro de uma única câmara, essa configuração tem a vantagem de ter um custo de investimento menor devido ao seu projeto simples. Por outro lado, sistemas com múltiplos estágios possuem digestores separados, onde os processos ocorrem de forma contínua. Essa separação permite que as reações aconteçam em condições diferentes em cada estágio. Geralmente, o primeiro estágio inicia com uma hidrólise, com uma detenção hidráulica de 2 a 5 dias, seguido pelos processos subsequentes. Essa abordagem pode aumentar a taxa de reação global e a produção de biogás, devido ao controle mais preciso das condições em cada etapa (VANDEVIVERE et al., 2002). Como exemplos desses tipos de biodigestores, a Figura 1 e Figura 2 mostram os biodigestores de estágio único e bifásico, respectivamente.



Figura 1 - Biodigestor de estágio único.

Fonte: Google imagens (2022)

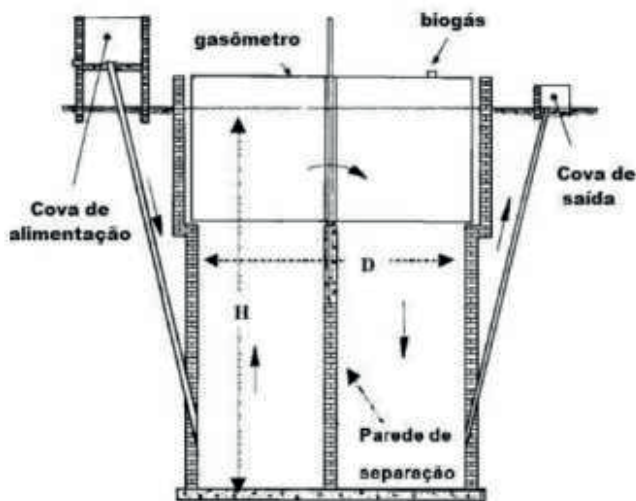


Figura 2 - Biodigestor bifásico.

Fonte: Florentino (2003)

Alimentação dos sistemas

Existem duas formas de alimentação em sistemas de biodigestores: contínua e descontínua (batelada). Na alimentação contínua, os resíduos são adicionados regularmente, resultando em uma produção constante de biogás. Já na alimentação descontínua, o tanque é preenchido de uma vez com substratos frescos, podendo receber inóculos para acelerar a bioestabilização (PROSAB, 2003). Ambas as abordagens têm vantagens: a contínua oferece estabilidade e é adequada para resíduos gerados constantemente, enquanto a descontínua permite processar grandes volumes de resíduos de uma vez. A escolha depende das características dos resíduos e das necessidades de produção de biogás.

Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia pode ser classificada em seca ou úmida, dependendo do teor de Sólidos Totais (ST) presente no resíduo. O ST representa a quantidade de matéria seca no resíduo, excluindo a água. Essa classificação é importante na escolha do sistema de digestão para a produção de biogás. Quanto maior o teor de ST, menor é a proporção de água, e vice-versa. Os sistemas de digestão anaeróbia úmida são utilizados para resíduos com baixo teor de ST (10 a 20% de matéria seca ou menos), enquanto os sistemas de digestão anaeróbia seca são adequados para resíduos com teor mais elevado (20 a 40% de matéria seca ou mais). Essa distinção influencia no projeto e funcionamento dos sistemas de digestão anaeróbia.

3 I METODOLOGIA

O desenvolvimento deste artigo seguiu a cadeia metodológica, mostrada na Figura 3, onde consta de um fluxograma com as etapas seguidas no presente estudo. Essas etapas visam identificar e determinar o tipo de biodigestor que melhor se adequa à quantidade de resíduos sólidos gerados pelo restaurante universitário da UFERSA, campus Mossoró, a partir de uma estimativa de produção de biogás.

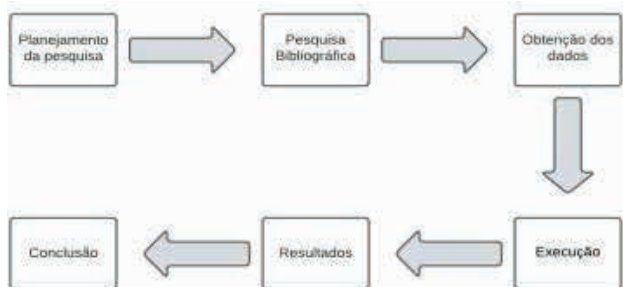


Figura 3 - Fluxograma metodológico.

Fonte: Autoria própria (2022)

Conforme mostrado na Figura 3, o protocolo consistiu em (i) planejar a pesquisa delimitando o tema a partir dos assuntos propostos em sala; (ii) pesquisar em diferentes periódicos, aplicando diferentes *strings* com objetivo de aumentar a quantidade de literatura, para analisar os diferentes métodos de dimensionamento; (iii) solicitar dados para a aplicação da pesquisa no restaurante universitário; (iv) executar o melhor método de dimensionamento com dados dispostos; (v) chegar nos resultados para o biodigestor ideal; (vi) concluir e apresentar as conclusões do trabalho.

3.1 Dados do RU analisado

O levantamento de dados apresentado neste estudo foi realizado através da realização de um questionário e da coleta dos dados de pesagem de rejeitos alimentares gerados a partir do almoço do RU da UFERSA, por um período de 15 dias, entre os meses de Agosto e Setembro de 2022, (mostrados na tabela 1), vale ressaltar, que os dados disponibilizados através da empresa responsável pela produção desses alimentos, foram fornecidos de forma não sequencial, ou seja, não seguiam a ordem de segunda a sexta-feira. No entanto, para realizar o presente trabalho, os dados foram organizados de forma sequencial para fins de análise. Além disso, também são apresentados os dados do consumo mensal, sendo aproximadamente 400 m³/mês de GLP (Gás Liquefeito do Petróleo).

| | | | | | |
|--------------|--------|---------------|-------|---------------|--------|
| DIA 1 | 113 kg | DIA 6 | 73 kg | DIA 11 | 74 kg |
| DIA 2 | 80 kg | DIA 7 | 71 kg | DIA 12 | 71 kg |
| DIA 3 | 64 kg | DIA 8 | 77 kg | DIA 13 | 78 kg |
| DIA 4 | 67 kg | DIA 9 | 75 kg | DIA 14 | 117 kg |
| DIA 5 | 24 kg | DIA 10 | 88 kg | DIA 15 | 87 kg |

Tabela 1. Geração diária de resíduos orgânicos no RU.

Fonte: Autoria própria (2022)

De acordo com os dados obtidos na tabela 1, cada dia gerou quantidades diferentes de resíduos e para uniformizar esses dados foi calculado o valor total de desperdício de 1159 kg, possuindo uma média diária de 77,3 kg/dia de desperdício, sendo essa média diária a relação desse valor total com a quantidade de dias analisados.

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados de cada etapa do dimensionamento do biodigestor bifásico de digestão anaeróbica contínua e úmida, de acordo com o protocolo visto na seção 3.

4.1 Análise preliminar

Para estimar a quantidade de gás metano produzida, é necessário encontrar a porção dos sólidos totais úteis para produção de energia, que é dado a partir do teor de degradabilidade do substrato afluente, a partir dos valores percentuais dos sólidos voláteis totais (SV), com a média diária dos rejeitos. Para determinar essa porcentagem SV, o presente trabalho utilizou como base o estudo de Rocha (2016), que compilou diferentes SV 's, apresentados na tabela 2, para diversos resíduos alimentares.

| Autor | Zhang et al (2006) | Li et al(2011) | Zhang et al (2011) | Browne et al (2012) | Zhang et al (2013) |
|--------|--------------------|----------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| SV (%) | 26,4 | 22,6 | 17,1 | 27,6 | 21,0 |

Tabela 2. Composição de SV característica dos resíduos alimentares.

Fonte: ROCHA (2016)

Utilizando o valor médio dos dados de SV mostrados na tabela 2, obtém-se o valor de 23%, ou seja, dos resíduos totais apenas essa porcentagem é útil no processo de transformação de energia. Tendo assim, um valor líquido de 17,8 kgSV/dia.

Segundo Ferreira 2015, uma tonelada de resíduos sólidos é capaz de produzir em média, cerca de 400 m³ de metano por quilo de SV, ou seja, um quilo de sólidos é capaz de gerar uma produção média de 0,4 m³/SVkg. Essa conversão é importante, pois para análise de um biodigestor, a produção varia entre quilos. Portanto, a quantidade estimada de metano gerada pela decomposição de resíduos orgânicos, pelo refeitório da Instituição analisada foi determinada pela Equação 1, onde se obtém o resultado de 7,1 m³/ dia.

$$(PPM) = (PMQS) \times (VUS) \quad (1)$$

PPM = Potencial de Produção de Metano (m³/dia)

PMQS = Produção média por quilo de sólidos (m³/SV kg)

VUS = Valor útil do sólido (kg SV/dia)

O poder calorífico inferior do metano adotado é de 9,9 kWh/m³, valor determinado por Coldebella et al. (2006). Desta forma, se torna possível realizar o cálculo da estimativa do potencial energético do gás metano produzido a partir do produto entre o poder calorífico e a produção média de metano, com isso, a estimativa diária atinge um valor de 70,1 kWh/dia. Considerando apenas dias úteis, que geralmente correspondem aos dias de funcionamento do RU analisado, a produção estimada mensal deste campus é de algo em torno de 1472,1 kWh/mês, conforme dados apresentados na tabela 3.

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Resíduos Totais | 1159,00 Kg/dia |
| Valor útil do sólido SV (23%) | 17,80 Kg SV/dia |
| Produção média de metano | 0,40 m ³ /kg de SV |
| Potencial de produção de Metano | 7,10 m ³ /dia |
| Potencial energético | 70,10 kWh/dia |
| Potencial energético | 1472,10 kWh/mês |

Tabela 3. Potencial e produção energética dos resíduos do RU.

Fonte: Autoria própria (2022)

4.2 Cálculo do volume de água

Dando sequência a análise, considerou-se o uso de um biodigestor de digestão úmida e contínua. A fim de se usar tal equipamento, é necessário que haja umidificação no resíduo de forma que possua apenas um percentual de 15% de Sólidos Totais, pois a literatura recomenda que a matéria orgânica tenha uma consistência de 10 a 20% de matéria seca ou menos.

Para se definir qual será a quantidade de sólidos totais que deverá ser adicionada no biodigestor, foi usado o valor de 25% de ST¹ (sendo uma média dos valores encontrados em diversas bibliografias), na Equação 2, tendo assim, um valor obtido de 19,3 kg/dia. Esse valor representa a parte sólida seca da produção diária, desconsiderando 75% de umidade dos resíduos.

$$CST = [PD \times STI] / 100 \quad (2)$$

CST = Carga de ST adicionada diretamente no biodigestor (kg/dia)

PD = Produção diária de resíduos (kg/dia)

STI = Fração sólida do substrato inicial (%)

Tomando como base essa medida, nota-se que, diariamente 19,3 kg de ST são inseridos ao tanque de digestão, porém, como é essencial que esses resíduos sejam adicionados ao tanque com 15% o ST anterior de 25% será diluído até que essa porcentagem seja alcançada. Através da Equação 3 foi possível determinar que a massa total de alimentação diária será de 128,7 kg/dia.

$$MT = [CST \times 100] / STF \quad (3)$$

MT = Massa total de alimentação diária (kg/dia)

¹ ST é sólido total, corresponde a massa de matéria seca (matéria orgânica e inorgânica sem a presença de água) presente no substrato que é destinado para a produção de biogás.

CST = Carga de ST adicionada diretamente no biodigestor (kg/dia)

STI = Fração sólida do substrato final (%)

Portanto, será colocado ao tanque de digestão 128,7 kg de substrato úmido por dia, como dessa quantia 77,3 kg são de resíduos orgânicos e um percentual dessa quantia já é úmido, a parte adicionada ao restante será água, a qual a relação que define a quantidade de água em kg/dia é expressa na equação 4.

$$\text{Peso da água a ser adicionada: } 128,7 \text{ (kg/dia)} - 77,3 \text{ (kg/dia)} = 51,4 \text{ kg/dia.} \quad (4)$$

Sabendo que a densidade da água é de 1000kg/m³, então, o volume de água que deve ser adicionado será de 0,0514 m³, ou seja, 51,4 litros.

4.3 Cálculo do volume do biodigestor

O resíduo orgânico possui uma massa específica de 504,70 kg/m³ (SGORLON, 2011), porém, para os cálculos aqui realizados, admitiu-se o valor de 430 kg/m³ para o RU da Instituição. Sendo assim, para uma geração média diária de 77,3 kg (já anteriormente informada), tem-se 0,18 m³ de resíduo alimentar.

Como o volume de água a ser adicionado ao tanque, para que o substrato tenha 15% de ST, é de 0,0514 m³, a vazão total de entrada será igual a: (0,18 m³ + 0,0524 m³) = 0,2312 m³. Dessa maneira, o volume do digestor será determinado pela Equação (5) e Equação (6).

$$V \text{ Digestor câmara 1} = 0,2312 \text{ (m}^3\text{/dia)} \times 5 \text{ dias} = 1,160 \text{ m}^3 \quad (5)$$

$$V \text{ Digestor câmara 2} = 0,2312 \text{ (m}^3\text{/dia)} \times 25 \text{ dias} = 5,802 \text{ m}^3 \quad (6)$$

As dimensões das câmaras 1 e 2 são distintas, levando em consideração o volume, altura escolhida e a área da base de cada uma, formando um tanque cilíndrico. Para que o dimensionamento atenda o volume da câmara 1 (onde ocorre a hidrólise), visando a ergonomia e funcionalidade, adota-se 1 metro de altura, evitando que fique profunda, facilitando sua manutenção, além de ser um número inteiro fácil de se atingir. Conforme a equação do volume de um cilindro, o raio desta câmara deverá ser igual a 0,61 metros. Já para a câmara 2 (onde ocorre a transformação do 26 acetato, do hidrogênio e do óxido de carbono em metano), admitindo uma altura de 2 metros, o raio deverá ser igual a 0,96 metros.

Para finalizar as análises, vale mencionar que segundo o manual da empresa BGS Equipamentos, um fogão do tipo Cooktop que possui queimador duplo fazendo uso de biogás, tem uma taxa de consumo de 0,45 m³/h de biogás por queimador. Como o volume

de biogás produzido diariamente pelos resíduos analisados nesse estudo é de 7,1 m³, seria possível manter acesa a chama de um queimador cerca de 15h por dia. Além de que, segundo PROSAB 2003, um m³ de biogás corresponde a cerca de 0,396L de gás liquefeito de petróleo (GLP), logo, para a capacidade de geração de 7,1 m³, é produzido diariamente o equivalente a 2,8L de GLP, tendo ao final de um mês 72,8L gerados, compensando cerca de 18,2% de todo o uso de GLP efetuado pelo restaurante universitário.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi realizada uma análise com o objetivo de encontrar uma alternativa para lidar com os resíduos alimentares provenientes do Restaurante Universitário da UFERSA, localizado no Campus Mossoró. A proposta consiste em utilizar esses resíduos para a produção de biogás, visando reduzir a necessidade de GLP. Essa iniciativa tem o propósito de aproveitar os alimentos não consumidos, que seriam descartados inicialmente, e convertê-los em biogás, resultando na redução dos impactos ambientais causados por essa fonte poluente. Ao diminuir as emissões de metano orgânico e CO₂ na atmosfera, essa alternativa se configura como uma opção ao uso de GLP, ao mesmo tempo em que contribui para a mitigação dos impactos ambientais relacionados ao descarte desses resíduos. Com base nos dados coletados, foi possível identificar o potencial e estimar a produção energética do biogás, selecionando e dimensionando um modelo de biodigestor bifásico de digestão úmida e contínua que pudesse atender à demanda dessa geração de resíduos.

Embora não tenha sido o foco deste trabalho abordar os aspectos financeiros e educacionais da implementação desses biodigestores, é importante mencionar que os temas abordados aqui apresentam, de forma didática, conteúdos que podem ser trabalhados teoricamente em disciplinas que tratam de fontes de geração de energia ou gestão eficiente de resíduos sólidos, bem como auxiliar no desenvolvimento de projetos que envolvam o uso de biomassa e a consideração de seus aspectos financeiros.

Todavia esses aspectos representam um desafio significativo para os refeitórios universitários, visto que além de exigir um investimento inicial significativo, os processos e ações necessárias para manter adequadamente um biodigestor requerem um uso significativo de recursos.

Apesar dos possíveis desafios, a análise de viabilidade realizada neste estudo demonstra que a implementação de um biodigestor para a produção de biogás a partir dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário da UFERSA, Campus Mossoró, apresenta-se como uma alternativa promissora. Ao adotar o biogás como fonte de energia para a cozinha, é possível alcançar uma significativa economia mensal. Com base nos dados fornecidos no questionário, foram realizadas estimativas relacionadas ao gasto mensal com gás de cozinha sendo aproximadamente R\$ 7.115,5 e a partir da compensação de

18,2 % a economia obtida ao utilizar biogás seria de R\$ 1.295,021, é evidente uma notável redução nos custos relacionados a esse recurso.

Considerando que o preço do gás de cozinha pode sofrer variações no mercado, o biogás apresenta uma vantagem adicional de estabilidade de custos. Uma vez que o biogás é produzido internamente, a dependência de fornecedores externos e das flutuações de preços é reduzida, proporcionando uma previsibilidade financeira maior.

Vale ressaltar, que todo trabalho se baseou apenas nos dados aferidos durante o período do almoço, sem considerar os resíduos provenientes do jantar, podendo assim, ter um aumento significativo em sua geração. Ademais, fica necessário salientar, que essa geração não será constante durante todo o ano, já que, em decorrência de recessos e feriados, o restaurante universitário tem seu funcionamento interrompido. Recomenda-se para trabalhos futuros, o levantamento de um intervalo contínuo de dados, para que as análises feitas possam apresentar estimativas mais próximas do cenário real da geração de biogás.

REFERÊNCIAS

COLDEBELLA, A. et al. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, 2006.

Como a compostagem pode ajudar na gestão de resíduos sólidos. **tera ambiental**, São Paulo, 22 de fev. de 2017. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/como-a-compostagem-pode-ajudar-na-gestao-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 3 de jul. de 2023.

DEVIS, Julio Mario Rodríguez. Biodigestor: una aproximación al diseño. **Ingeniería e Investigación**, n. 3, p. 75-82, 1982.

Índice Global do Desperdício de Alimentos da ONU estima em 121 quilos o desperdício de comida per capita anual. Embrapa.br. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/59945046/indice-global-do-desperdicio-de-alimentos-da-onu-estima-em-121-quilos-o-desperdicio-de-comida-per-capita-anual>>. Acesso em: 18 nov. 2022.

FERREIRA, B. O. **Avaliação de um sistema de metanização de resíduos orgânicos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2015. 124f.

FLORENTINO, H. O. **Mathematical tool to size rural digesters**. Scientia Agricola, v. 60, p.185-190, 2003.

IUS NATURA. **Resíduos alimentares I Como descartá-los corretamente?** Ius Natura. Disponível em: <<https://iusnatura.com.br/residuos-alimentares-descarta-los-corretamente/#:~:text=O%20que%20s%C3%A3o%20res%C3%ADduos%20alimentares,Nutri%C3%A7%C3%A3o%20s%C3%A3o%20os%20res%C3%ADduos%20alimentares>>. Acesso em: 18 nov. 2022.

MARTINS, André. **Entenda como o desperdício de alimentos pode afetar o meio ambiente.**

Exame. Disponível em: <<https://exame.com/bussola/entenda-como-o-desperdicio-de-alimentos-pode-afetar-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 18 nov. 2022.

PINTO, P. H. M. **Tratamento de manuseio de feccularia em biodigestor anaeróbio para disposição em corpo receptor, rede pública ou uso em fertirrigação.** 2008. xiii, 87 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90653>>.

População mundial atinge 8 bilhões de pessoas. ONU News. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342#:~:text=ONU%20ressalta%20que%20n%C3%BAmero%20de,a%209%20milh%C3%B5es%20em%202037>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

PROSAB: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico; Rede Cooperativa de Pesquisas/ **Digestão Anaeróbia de Resíduos Orgânicos e Aproveitamento de Biogás.** Coordenador: Cassini, S. T., 2003.

ROCHA, C. M. **Proposta de Implantação de um Biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares.** Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

SGORLON, Juliana Guerra et al. Avaliação da DQO e da relação C/N obtidas no tratamento anaeróbio de resíduos fruti-hortícolas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 4, p. 421- 424, 2011.

SILVA, Júlia Caroline da et al. **Estudo da metanação de resíduos alimentares como fonte de energia no restaurante universitário da UFSC**, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/195648>>.

VANDEVIVERE, P.; DE BAERE, L.; VERSTRAETE, W. **Types of anaerobic digester for solid wastes** In: Mata-Alvarez J, editor. Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. 2002.

VIEIRA, H. G.; POLLI, H. Q. O BIOGÁS COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 388–400, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.766. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/766>>. Acesso em: 3 jul. 2023.