

E. E. ALEXANDRE VON HUMBOLDT

ENSINO MÉDIO INTEGRAL

Laryssa Aparecida Araujo Silva

Lucas Retanero Almeida Rodrigues de Oliveira

DISPOSITIVO DE AQUECIMENTO POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS
PROVENIENTE DE ALIMENTOS DESCARTADOS

Rafael Assenso

(Orientador)

São Paulo

2023

E. E. ALEXANDRE VON HUMBOLDT
ENSINO MÉDIO INTEGRAL

Laryssa Aparecida Araujo Silva
Lucas Retanero Almeida Rodrigues de Oliveira;

DISPOSITIVO DE AQUECIMENTO POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS
PROVENIENTE DE ALIMENTOS DESCARTADOS

Relatório apresentado à AMPIC -
Associação Mineira de Pesquisa e
Iniciação Científica como requisito parcial
para participação na FEMIC – Feira
Mineira de Iniciação Científica, sob
orientação do Profº. Me. Rafael Assenso

São Paulo
2023

AGRADECIMENTOS

Aos professores da EE Alexandre von Humboldt pelo apoio e dedicação proporcionados para a realização deste trabalho.

À Escola Estadual Alexandre von Humboldt, pelo espaço e apoio oferecidos à realização da pesquisa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, amigos e a todos que me ajudaram e me apoiaram.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um dispositivo que reaproveite restos de alimentos e materiais orgânicos descartados na Escola Estadual Alexandre von Humboldt para a produção de biogás e utilize-o na produção de energia térmica, de forma a possibilitar o aquecimento de alimentos dos integrantes da comunidade escolar. Neste primeiro momento, foi realizada uma pesquisa bibliográfica por meio de publicações acadêmicas, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos a respeito da biomassa e de suas utilizações. A pesquisa mostrou que a biomassa pode ser considerada uma fonte de energia renovável e sustentável com grande potencial energético. Possui quatro fontes de matéria prima: vegetais não-lenhosos, vegetais lenhosos, resíduos orgânicos e biofluidos. Suas vantagens encontram-se na destinação e no descarte de resíduos sólidos urbanos, industriais e agrícolas e no baixo custo de produção. Se não utilizada corretamente, as desvantagens consistem na formação de chuvas ácidas, desflorestação e poluição resultante do processo de combustão. Os processos mais utilizados na produção de energia a partir da biomassa são termoquímicos e biológicos. Existem três tipos de biodigestores: Chinês, Canadense e Indiano. O protótipo a ser produzido será baseado no tipo Canadense, que permite o acréscimo diário de biomassa, evitando assim a necessidade de armazenamento por longos períodos do alimento descartado. Os conhecimentos obtidos nestas primeiras etapas contribuirão para a elaboração do dispositivo que se objetiva neste trabalho que, depois de implementado o protótipo, serão realizados testes experimentais para avaliar sua eficiência.

Palavras-chave: Biogás; Aquecimento

Sumário

1 Introdução	7
2 Biomassa	8
3 Resíduos Sólidos Urbanos	9
4 Digestão anaeróbica	10
4.1 Etapas da divisão anaeróbia acelerada	11
4.2 Fatores que influenciam a digestão anaeróbia	13
4.3 Composição da matéria orgânica e sua toxicidade	15
4.4 Vantagens e desvantagens da digestão anaeróbia acelerada	16
5 Biogás: potencial de energia	17
6 Considerações finais	19
Referências	21

1 Introdução

Ao decorrer dos anos, a produção de energias renováveis está se tornando cada vez mais necessárias. O contexto global de escassez do petróleo e mudanças climáticas geradas por queima de combustíveis fósseis motiva o surgimento de pesquisas referentes aos impactos socioeconômicos e ambientais do desenvolvimento de formas de energias alternativas ou renováveis, como por exemplo, a energia eólica e solar, além de pequenas centrais hidroelétricas, que atendam áreas periféricas ao sistema de transmissão (PACHECO, 2006).

Neste contexto, uma das formas de produção de energia que se apresenta é a que se faz por meio de matéria orgânica de origem animal e vegetal, a biomassa. Considerada um combustível com emissão neutra de gás carbônico, quando utilizada em substituição a combustíveis fósseis traz benefícios ambientais referentes à redução das emissões de gases do efeito estufa. Considerando os seus benefícios, o biogás pode ser uma das alternativas para o combate à emissão de gases poluentes através da combustão de resíduos sólidos urbanos (SANTOS et. al., 2020).

Especificamente, em lugares públicos de atendimento em massa, como por exemplo, uma escola, as atividades ligadas à alimentação geram uma grande quantidade de resíduos orgânicos que, se não descartados corretamente, geram grande impacto ambiental e sanitário, podendo promover problemas de ordem sanitária. Além disso, a produção e o aquecimento de alimentos geram uma demanda energética muitas vezes suprida com a queima de combustíveis fósseis que geram gases prejudiciais ao meio ambiente.

Diante do exposto, este trabalho propõe como solução o desenvolvimento de um dispositivo que utilize biogás proveniente do reaproveitamento de restos orgânicos descartados para o aquecimento de alimentos. Os objetivos consistem em verificar o potencial de produção de biogás pela utilização de restos de alimentos na Escola Estadual Alexandre von Humboldt, conhecer as principais características de dispositivos que utilizem biogás na produção de energia térmica, obter dados quantitativos e qualitativos a respeito de utilização de biomassa na produção de

energia e por fim, com os conhecimentos adquiridos, desenvolver um dispositivo de aquecimento de alimentos que utilize biogás, o que permitirá diminuir o impacto socioambiental do descarte de restos de alimentos

2 Biomassa

Ao considerar a alta demanda da utilização de energia elétrica, a procura pelo uso de energias renováveis tem se tornado cada vez mais recorrente. Dentre as diversas formas sustentáveis de produção de energia, surge a biomassa. De acordo com sua definição, a biomassa pode ser considerada como uma fonte de energia renovável e sustentável, ou seja, todo resíduo sólido orgânico que possua grande potencial energético (ANEEL, 2008).

A biomassa contém quatro formas diferentes de matéria prima: vegetais não-lenhosos, vegetais lenhosos, resíduos orgânicos e biofluidos. Os vegetais lenhosos são aqueles capazes de produzir madeira. Já os vegetais não-lenhosos não produzem madeira. Dessa forma, utilizam-se folhas, raízes e sementes. Já os resíduos sólidos orgânicos constituem-se de matérias orgânicas, como por exemplo, restos de comidas e cascas. Os biofluidos, por fim, constituem-se de óleos vegetais derivados de plantas (Ministério de Minas e Energia, 1982).

As vantagens da biomassa, enquanto fonte renovável encontra-se na destinação e no descarte de resíduos sólidos urbanos, industriais e agrícolas, além do baixo custo de produção. Porém, ao não ser utilizada de maneira adequada e consciente, pode gerar alguns problemas, dentre eles: formação de chuvas ácidas, desflorestação e poluição resultante do processo de combustão.

Os processos mais utilizados na produção de energia a partir da biomassa são termoquímicos e biológicos. O processo termoquímico participa da decomposição da biomassa em altas temperaturas (pirólise, gaseificação e combustão). Os processos se diferenciam pelo tempo de permanência no aquecimento, o tamanho dos resíduos, o nível de calor e de oxigênio, a pressão e o resultado final. Já no processo biológico utilizam-se microrganismos para o processo de fermentação e digestão anaeróbica.

Apesar do seu potencial energético, dificilmente a biomassa conseguirá substituir todos os combustíveis fósseis, porém, continua sendo uma alternativa para diminuir a dependência deles. Ela consegue auxiliar na diminuição da emissão de gases que influenciam no efeito estufa e atribui um fim aos lixos orgânicos que na maioria das vezes são descartados de forma incorreta.

3 Resíduos Sólidos Urbanos

Dentre os materiais considerados como biomassa, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são considerados como uma das fontes de matéria prima mais renovável e sustentável, já que gera a reutilização e a destinação mais apropriada para o lixo, evitando diversos problemas ambientais e de saúde coletiva (FERREIRA et. al., 2020).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são definidos como qualquer resíduo que resulte de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas de serviços e de varrição, encontrem-se no estado sólido ou semissólido, Incluindo lodos provindos de sistemas de tratamento de água gerados em equipamentos e instalações para controle da poluição, além de qualquer fluido que seja impraticável o seu despejo na rede pública de esgotos ou corpos de água, demandando a necessidade de solução técnica economicamente viável. A exceção a essas normas encontra-se nos resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos que possuem legislação própria específica (ABNT, 2004).

No Brasil, a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU), vem aumentando cada vez mais nos últimos tempos. Em 2020, o país produziu cerca de 82,5 milhões de toneladas de RSU, entretanto, cerca de 40% de todo o lixo produzido foi descartado de maneira incorreta, resultando em 30,2 milhões de toneladas de lixo sem destinação adequada. (ABRELPE, 2021)

Os aterros sanitários são o principal destino para o lixo urbano sendo uma substituição dos lixões, entretanto, por mais que seja uma solução adequada, ainda produz uma quantidade considerável de metano. Por esse motivo, são procuradas alternativas para a utilização desses gases, evitando que ele seja liberado e

intensificando o efeito estufa. Esses gases possuem grande potencial energético, podendo ser aplicado na produção de uma energia renovável.

As principais formas para a conversão dos RSU em energia são através da incineração e da produção do biogás. Na incineração, o lixo passa por um processo termoquímico, onde é exposto em altas temperaturas e reduzindo cerca de 70 a 90% de seu volume inicial. O biogás é produzido a partir da digestão anaeróbica, onde são colocados na maioria das vezes em biodigestores, gerando um biocombustível.

4 Digestão anaeróbica

O processo da digestão anaeróbica (DA) se dá pela decomposição da matéria orgânica a partir de microrganismos em um ambiente controlado onde não há a presença de oxigênio (O_2), podendo-se obter a conservação do metano em forma de gás (CH_4 , CHONG & CHONG, 2008). Além da DA existe também a compostagem aeróbia, embora ambas ofereçam uma forma de recuperar os nutrientes dos RSO (resíduos sólidos orgânicos), com a digestão anaeróbica podemos produzir energia elétrica por meio do CH_4 , diferente da compostagem aeróbia em que os microrganismos são aeróbios, significando que necessitam de oxigênio para seu funcionamento.

No quesito gerar energia, existem dois meios para isso: a tecnologia de gás do lixo (GDL) e a digestão anaeróbica acelerada. A GDL é a forma mais simples do tratamento dos RSO, sendo feita de forma natural em aterros sanitários. Já a DA acelerada consiste na simulação dessa degradação só que dentro de um biodigestor, sendo um processo controlado e conseqüentemente mais rápido. Dentro do biodigestor são desenvolvidos dois subprodutos, o biogás e o biofertilizante.

O biogás sendo uma mistura gasosa tendo alto potencial energético, sua composição constitui em praticamente metano e dióxido de carbono. Resultante da ação de microrganismos, o biofertilizante é composto de minerais (micro e micronutrientes) e pode ser utilizado como adubo orgânico para plantas, hortaliças, e no cultivo de frutos permitindo que o alimento seja mais saudável em comparação a um quimicamente fertilizado. Além da vantagem biológica, pode-se gerar uma fonte de renda para o produtor devido a alta demanda no setor agrícola.

4.1 Etapas da digestão anaeróbia acelerada

Esse processo é dividido em quatro etapas, sendo elas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. No entanto, se o material tiver um alto nível de concentração de enxofre (S), haverá uma nova etapa chamada sulfetogênese (CHERNICHARO, 2007). Em cada etapa são formados componentes por diferentes grupos de microrganismos (em sintropia), que podem depender de diferentes condições ambientais.

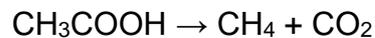
Hidrólise: Sendo a etapa inicial, é nela em que os materiais mais complexos (polímeros, carboidratos, proteínas e lipídios) são convertidos em materiais mais simples (açúcares, aminoácidos e ácidos graxos de cadeia longa) com o intuito de facilitar para que as exoenzimas façam agir as bactérias fermentativas. É nesta etapa que o tempo de duração da digestão anaeróbia é definida por diversos fatores (REIS, 2012).

Acidogênese: Na acidogênese, os produtos provenientes da fase anterior são destinados as bactérias fermentativas acidogênicas sendo absorvidos, metabolizados e convertidos em substâncias mais simples, como: compostos minerais (CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S) ácidos graxos voláteis (AGV), ácido láctico e álcoois. A proporção de formação depende inteiramente da pressão parcial de H_2 , na qual, quando se encontra em valores baixos, formam-se preferencialmente acetatos e H_2 sendo este o processo metabólico energético mais rentável (CARNEIRO, 2009).

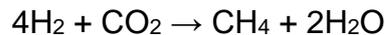
Acetogênese: As archaeas (bactérias) acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica, sendo convertidos em substratos apropriado para as bactérias metanogênicas, gerando assim os produtos como acetato, hidrogênio e dióxido de carbono. Nesta formação uma grande quantidade de hidrogênio é formado e durante a produção de ácidos acéticos e propiônicos, a queda do PH do meio é levada entre 4 e 6. Dentre os produtos gerados apenas o acetato e o hidrogênio são aproveitados diretamente pelas bactérias metanogênicas. Além disso, grande parte da matéria orgânica se apresenta como lixiviados (chorume) possuindo alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em valores acima de 10 g/L (GONÇALVES,2007).

Metanogênese: Sendo a etapa final da digestão, é nela em que ocorre a formação do biogás em condições estritamente anaeróbias através de bactérias metanogênicas as quais utilizam: ácido acético, hidrogênio/dióxido de carbono, ácido fórmico, metanol, metilaminas e monóxido de carbono. Estes são divididos em dois grupos:

*Metanogênicas acetoclásticas:*As acetoclásticas além de utilizarem como fonte de energia, elas convertem o carbono orgânico, na forma de acetato (ácido acético) em metano através do processo de quebra, sendo ele responsável por 70% de toda produção desse gás (MENDONÇA, 2009). Esse processo pode ser descrito na reação a seguir:



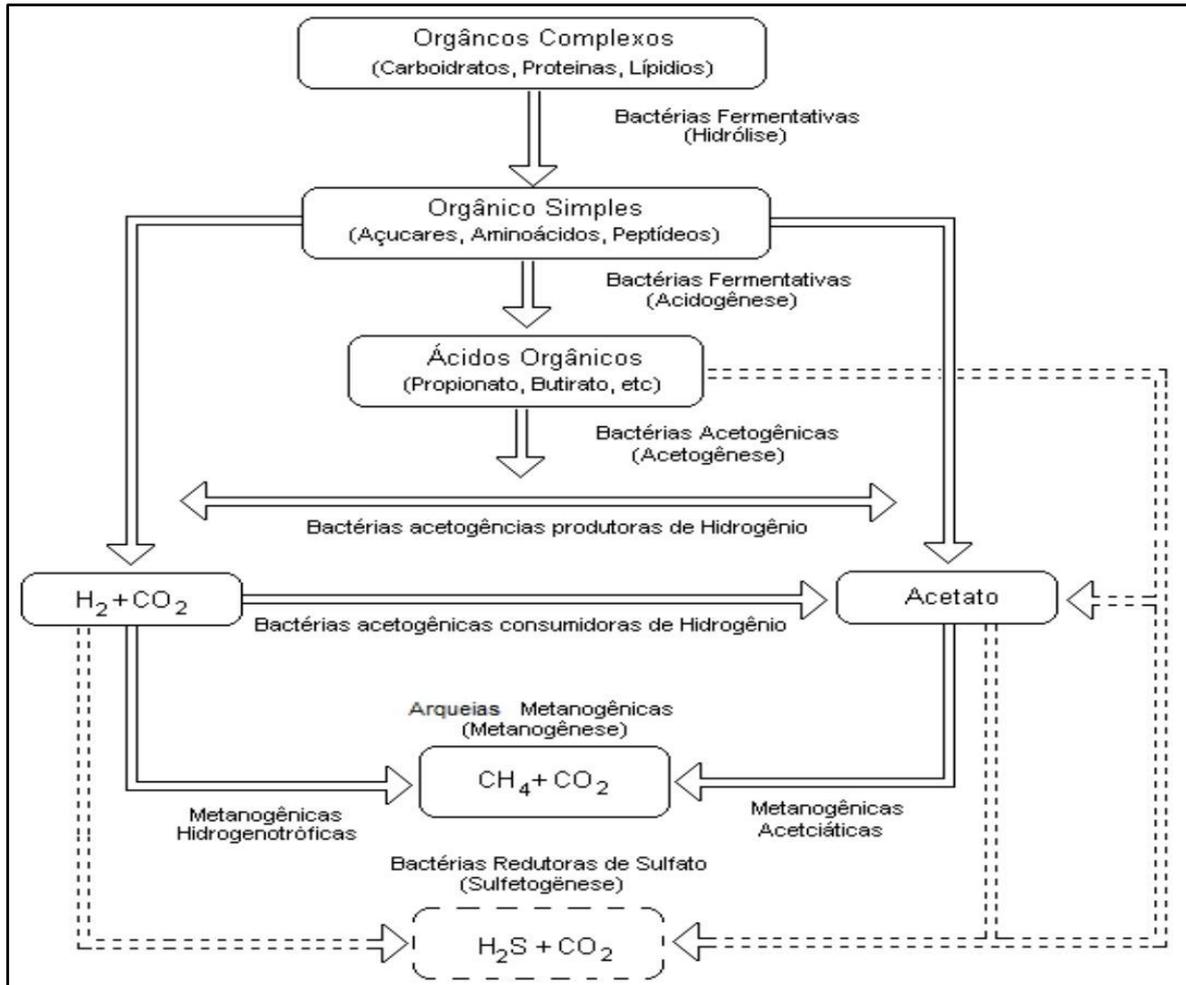
*Metanogênicas hidrogenotróficas:*Diferente da acetoclástica, a hidrogenotrófica converte o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano no qual o dióxido de carbono atua como acceptor de elétrons, 30% do metano é produzido nesse processo.



Sulfetogênese: Dependendo da matéria orgânica, se ela for concentrada em enxofre (S) se tornará acceptora de elétrons e através de microrganismos anaeróbios sendo eles bactérias sulforedutoras a oxidação de compostos orgânicos acontecerá. Essas bactérias são capazes de utilizar uma ampla variedade de substratos, incluindo toda a cadeia de ácidos graxos voláteis, diversos ácidos aromáticos, hidrogênio, metanol, etanol, glicerol, açúcares, aminoácidos e vários compostos fenólicos. O processo é representado na figura 1.

A redução de sulfato pode causar uma série de problemas no tratamento anaeróbio, como a produção de biogás com elevadas concentrações de gás sulfídrico (H_2S), um gás altamente tóxico, corrosivo e malcheiroso. Além disso, os sulfetos podem ser fortemente inibidores da metanogênese, diminuem a produção de biogás e exercem alta demanda de oxigênio no efluente (GONÇALVES,2007).

Figura 1: Fluxograma processo de digestão anaeróbica



Fonte: Chernicharo (1997).

4.2 Fatores que influenciam a digestão anaeróbia

Sendo um processo altamente controlado e complexo, diversos fatores na digestão anaeróbia podem influenciar na sua eficácia. Além das características do substrato as condições do biodigestor são consideradas no processo. Porém, se um parâmetro estiver incorreto, pode acabar ocasionando em um desequilíbrio no processo provocando assim, uma maior sensibilidade das archaeas metanogênicas deixado de produzir o metano, ocasionando o aumento na concentração dos ácidos orgânicos voláteis e de outros produtos intermediários e inibindo ainda mais a produção do biogás. Dentre os fatores, os principais são:

pH: As bactérias metanogênicas são muito sensíveis em relação às condições ácidas do reator podendo ser até inibidas. O pH deve ser mantido o mais neutro possível

variando numa faixa entre 6 e 8 sendo o valor ideal 7 e 7,2 para evitar a morte de bactérias.

Umidade: A quantidade de água na matéria orgânica é importante pois facilita a assimilação de nutrientes feita pelos microrganismos, ajudando na fluidez das enzimas e outros produtos microbianos (SILVA, 2009). A umidade ideal para o processo está entre 60 a 70%.

Temperatura: Dentre os fatores físicos que afetam o crescimento microbiano, a temperatura é um dos mais importantes, tendo alta influência na velocidade de crescimento e metabolismo dos microrganismos. Pelo fato das bactérias metanogênicas não possuírem meios de controlar sua temperatura interna, mudanças bruscas de temperatura não podem ser maiores que 2°C, ou causaram um desequilíbrio em sua formação. A classificação de temperatura dos microrganismos é dividida em três grupos, como se representa na tabela 3):

Tabela 3: Classificação dos microrganismos de acordo com a temperatura

Classificação	Temperatura em (C°)
Termofílicos	60°
Mesofílicos	37°
Psicrofílicos	15°

Fonte: Sbera Embrapa Suínos e Aves Concórdia, SC (2019).

O aumento de temperatura tem inúmeros benefícios, incluindo um aumento na solubilidade de compostos orgânicos, melhorando as velocidades de reações bioquímicas e um aumento na taxa de eliminação de patógenos. Os dois níveis ideais de temperatura associados à digestão anaeróbia são de 30 a 35 °C na faixa mesófila e de 50 a 55 °C na faixa termófila.

Embora a maior parte dos biodigestores tenham sua temperatura na classificação mesófila, também é possível a realização do processo na faixa termófila, porém, há maior instabilidade nos parâmetros de controle, e quando ocorre variação

da temperatura esse problema se agrava, o que pode afetar mais seriamente o processo (SOARES, 1990).

Nutrientes: Os microrganismos dependem de certas quantidades de nutrientes para atuarem nos processos microbiológicos e realizarem seu metabolismo. A energia necessária para a síntese desses produtos é determinada pelos nutrientes em relação à matéria orgânica (REIS, 2012). A quantidade ideal entre a relação carbono/nitrogênio encontra-se entre 20 e 30 (GONÇALVES, 2007).

4.3 Composição da matéria orgânica e sua toxicidade

Para a eficácia do processo, quanto mais a matéria orgânica for constituída de elementos biodegradáveis, maior será a produção do biogás. Um composto presente no substrato consideravelmente concentrado pode ser considerado tóxico, se a concentração se mantiver tolerável ao crescimento microbiano, pode-se ser evitada no processo.

Tamanho da matéria orgânica: Quanto menor for o tamanho das partículas, melhor e mais fácil será para as bactérias fermentativas degradarem esse resíduo. O teor de sólidos é definido pela soma dos sólidos voláteis e os não-voláteis, sendo os mais fáceis de serem degradados, os sólidos voláteis também são os mais importantes na digestão.

Mistura: A mistura tem sua participação no interior do biodigestor com intuito de colocar em contato o material fresco com os microrganismos presentes na massa já digerida, além disso, a formação de espuma (bolhas esbranquiçadas) e o desenvolvimento de gradientes de temperatura no interior do reator é evitada. Uma mistura mais lenta é recomendável pois não irá destruir os microrganismos (VERMA, 2002).

Inoculação: Se adicionado no processo, a inoculação é diretamente ligada à aceleração da estabilização da matéria orgânica devido a grande quantidade de micro-organismos promoverem uma boa relação entre carbono/nitrogênio que acaba facilitando a digestão das bactérias, isso afeta na formação do metano onde é feito na última fase da DA. Dentre vários inóculos utilizados, os principais são: esterco de

porco, esterco de boi, lodos de tratamento de águas residuais e esgotos domésticos, lixiviados oriundos de aterros e etc. (MAFACIOLLI, 2012).

Tempo de retenção: Dependendo da biomassa utilizada e do tipo de biodigestor, o tempo em que ocorre a entrada do efluente, a saída do afluente e a matéria posta no reator se degradando varia, podendo levar dias em certos biodigestores rurais, ou apenas algumas horas, em biodigestores industriais. O tempo de retenção é definido pela relação entre o volume do digestor e o volume da carga diária (SALOMON, 2007).

4.4 Vantagens e desvantagens da digestão anaeróbia acelerada

Tendo um alto potencial para países de clima quente ou tropicais, as vantagens em se utilizar a digestão anaeróbia, estão entre: uma destinação adequada com baixo risco de poluição ambiental para o RSU, que quando descartados incorretamente acabam gerando diversos problemas ambientais e de saúde coletiva, dando uma finalidade útil aos aterros sanitários pois por mais que sejam uma alternativa melhor que os lixões, ainda acabam prejudicando o planeta devido a alta liberação de gás metano na atmosfera intensificando assim o efeito estufa.

Com a DA apesar da produção de metano, os gases que seriam perdidos são aproveitados devido eles possuírem um alto valor energético, podendo ser aplicados na produção de uma energia sustentável e renovável. Além da produção de um biofluido que pode ser utilizado como biofertilizante, podendo servir como adubo orgânico substituindo os quimicamente fabricados no setor agrícola, gerando um plantio melhor e mais saudável.

Por ser um processo de valor elevado, altamente controlado e complexo, se for manuseado de forma incorreta pode acabar ocasionando em maus odores ou até vazamento dos gases para o ambiente aberto. O espaço necessário para a produção necessitará de uma área extensa devido a armazenagem dos produtos e separação de etapas.

5 Biogás: potencial de energia

O biogás é um biocombustível renovável e sustentável, composto por uma mistura de gases. Seu uso é baseado na transformação de energia química presente nele, podendo ser utilizada como fonte de energia elétrica, mecânica ou térmica. É um tipo de mistura gasosa de dióxido de carbono e metano produzido naturalmente pela ação de bactérias em matérias orgânicas, que são fermentadas dentro de um determinado limite de temperatura, teor de umidade e acidez, que na verdade é o resultado de vários fatores da reação das matérias orgânicas. (Soares, 2010)

Essa conversão da biomassa para o biogás ocorre através da digestão anaeróbica, processo no qual ocorre a decomposição da matéria orgânica a partir de microrganismos e na ausência de oxigênio, podendo ser formada de forma natural ou em biodigestores. O metano é um dos gases com maior nível de porcentagem na composição do biogás, e quando a digestão anaeróbica é sucedida de forma natural, como nos aterros sanitários, e não possuem um tratamento adequado, é liberado e contamina a atmosfera, assim contribuindo para o efeito estufa. Esse gás metano, por possuir um alto potencial energético, pode ser convertido em energia.

Nos biodigestores, a biomassa é armazenada na presença de bactéria metanogênicas e na ausência ou níveis baixos de oxigênio, decompondo a matéria orgânica que mais tarde será transformada em dois subprodutos, o biogás e o biofertilizante. Esse processo de degradação da matéria orgânica é dividida em três principais fases: na primeira fase, a matéria orgânica ainda em estado sólido sofre ação de bactérias fermentativas que transformam a biomassa em enzimas celulose, maltose, amilase, protease, esterase e urase, entre outras; na segunda, etapa líquida, ocorre o ataque de bactérias acetogênicas e acidogênicas, formando ácidos graxos e, na última etapa, chamada fase gasosa e que é a mais importante, ocorre a ação de bactérias e arqueas metanogênicas que ao atuarem sobre os ácidos orgânicos produzem metano e gás carbônio (SGANZERLA, 1983).

A composição do biogás pode variar dependendo dos resíduos inseridos no biodigestor, a temperatura e a pressão durante o processo de digestão anaeróbica, como podemos observar na tabela 1

Tabela 1: Composição média do biogás gerados através de matéria orgânica

Gás	PORCENTAGEM (BASE COMPOSIÇÃO SECA)
Metano (CH ₄)	45-60%
Dióxido de carbono (CO ₂)	40-60%
Nitrogênio (N ₂)	2-5 %
Oxigênio (O ₂)	0,1-1,0%
Enxofre (S)	0-1,0%
Hidrogênio (H ₂)	0-0,2%

Fonte: Adaptada de Filho, F. E. S., (2013)

O metano é o principal componente do biogás e está presente em maior quantidade, possuindo características inflamáveis e um alto poder calorífico. Quanto maior for a porcentagem do metano em relação ao dióxido de carbono, melhor será a qualidade e o potencial energético do biogás. Os microrganismos metanogênicos são muito sensíveis, porém essencial para a produção de metano, portanto, as condições do biodigestor devem ser direcionadas para proporcionar a sobrevivência desta bactéria e a qualidade do gás produzidos:

- Quanto maior for a temperatura, mais rápido será a produção do biogás, porém altas temperaturas favorecem a formação de ácidos voláteis e amônia, inibindo assim a ação das bactérias metanogênicas (MAYER, 2013).
- O pH deve ser manter neutro para evitar a morte das bactérias.
- Quanto menor for a partícula dos resíduos, mais rápido e fácil será a ação das bactérias
- Existe uma proporção entre sólidos e líquidos dentro dos biodigestores.
- A composição da matéria orgânica é um dos principais fatores e pode variar a composição do biogás.

Com seu alto poder calorífico e energético devido ao metano, pode ser utilizado como substituto de vários combustíveis e convertido em diferentes tipos de energia. Veículos, gás de cozinha, aquecedor, motores e outros equipamentos adaptados para o uso do biogás são exemplos de como pode ser utilizado. Na tabela 2 podemos ver a relação de equivalência em eficiência energética entre o biogás e outros combustíveis.

Tabela 2: Relação para 1 litro de biogás com outras fontes de energia

0,61 litros gasolina	0,45 litros de gás de cozinha
0,58 litros de querosene	1,5 quilos de lenha
0,55 litros óleo diesel	0,79 litros de álcool

Fonte: Oliver et. al., 2008

O biogás que antes era visto apenas como um resultado da digestão anaeróbica está se tornando uma fonte alternativa de energia sustentável, econômica e que ajuda na preservação de recursos naturais esgotáveis. Além de ter um grande potencial energético e fontes de baixo custo, ajuda em problemas ambientais, como destinação mais adequada para resíduos sólidos urbanos.

6 Considerações finais

Até o momento o trabalho concentrou-se em pesquisas bibliográficas com o objetivo de aprofundamento dos conhecimentos a respeito da biomassa e sua utilização na produção de biogás a ser utilizado como gerador de energia térmica. As pesquisas revelaram que a utilização dessa forma de energia tem como benefício a redução dos resíduos orgânicos descartados, além de ser uma forma de produção de energia mais eficiente quando comparada com outras formas de produção por combustão.

Analisando os textos acadêmicos, foi possível verificar as características de produção de biogás por meio de digestão anaeróbica comparada com a compostagem aeróbica e a incineração. Esta forma de produção de biogás mostrou-se neste

primeiro momento como a mais adequada para a situação proposta neste trabalho, já que é a que melhor funciona com resíduos sólidos orgânicos urbanos.

Por fim, neste momento o trabalho segue analisando, por meio de pesquisas bibliográficas, os diferentes modelos de biodigestores. Verificou-se a existência de três modelos mais utilizados: o chinês, o indiano e o canadense. Os estudos realizados buscam as principais características desses biodigestores, o que permitirá decidir qual dos modelos é o mais adequado para a proposta deste trabalho.

Na etapa seguinte será feita uma estimativa da quantidade diária de restos de alimentos descartados na escola. Essa medida será realizada diariamente durante vinte e quatro dias, e depois a média será determinada dividindo-se a quantidade de massa de alimentos descartados pelo número de dias.

A média diária de alimentos descartados permitirá estimar a quantidade de energia a ser gerada diariamente, de acordo com o modelo de biodigestor escolhido. Com esses dados conhecidos e o modelo de biodigestor escolhido, será elaborado o modelo teórico. Logo após será elaborado um protótipo, mesmo em pequena escala, do modelo escolhido, o que permitirá a realização de testes experimentais para verificar a eficiência do modelo proposto.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/>>. Acesso: 01 abr. 2022

ANEEL. Relatório ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008

CARNEIRO, R. B. Avaliação do desempenho de biorreatores anaeróbios de leito fixo ordenado e empacotado para remoção dos antibióticos sulfametoxazol e ciprofloxacina. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos (Universidade de São Paulo), 2019a.

CHONG, S.; CHONG, J. Methane: a natural gas. *Microbiology Today*, p. 124-127, 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 380 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.5).

FERREIRA, H. G. R.; PEDROSO, G. M.; ALVES, R. G.; CAHLI, G. M.; MELLO, S. C. R. P. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU): uma análise do setor energético em ascensão com base no impacto ambiental e na qualidade de vida. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, p. 65-83, 2020.

GONÇALVES, A. T. T. Potencialidade energética dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do município de Itajubá - MG. (Dissertação de Mestrado). Programa de PósGraduação em Energia da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Itajubá, 2007.

MAFACIOLLI, Debora. Produção de biogás através do processo de digestão anaeróbica utilizando dejetos de aves de postura com suplementação da glicerina bruta. 2012. Monografia (Engenharia Ambiental) - Centro Unversitario UNIVATES. Lajedo, PE, 2012.

MAYER, Mateus Cunha. Estudo da Influência de Diferentes Inóculos no Tratamento Anaeróbio de Resíduos Sólidos Orgânicos. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Centro De Ciências E Tecnologia Na Universidade Estadual Da Paraíba. Campina Grande-PB, 2013.

MENDONÇA, E. F. Tratamento anaeróbio de efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2009.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: Breves Conceitos. **Conjuntura Econômica** n. 149, Salvador – BA, 2006

Reis, R. A., Ruggieri, A. C., Oliveira, A. A., Azenha, M. V., & Casagrande, D. R. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.14, p. 642-655, 2012

Santos, M. C. B., da Silva, Y. B. R., Martins, M. T., Soares, E. C. V., de Oliveira, F. D. B., de Moura, J. J., dos Santos, M. D. S. F. Aproveitamento de Biomassa em uma Indústria Moveleira Para Geração de **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. Fortaleza – CE, 2020.

SALOMON, K. R. Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade. 2007. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, Itajubá, 2007.

SGANLERLA, E. Biodigestor: uma solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983. 88p.

SILVA, A. A. Viabilidade técnica e econômica da implantação da atividade anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e plantas. 2009. 168 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

SOARES, H. M. Digestão anaeróbia de efluentes de fábricas de cervejas e refrigerantes em reator tipo fluxo ascendente com manta de lodo (UASB). 1990. 253 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SOARES, R. C.; DA SILVA, S. R. C. M. Evolução Histórica do Uso de Biogás como Combustível. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFT: Cuiabá, 2010.

VIJAYAN, S; VARMA, H., Microwave Sintering of Nanosized Hydroxiapatite Powder Compacts, Materials Letters, n. 56, p.827- 831, 2002