

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

IZABELLA ALINE FERREIRA SOARES

**A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA COM USO DA MANIPUEIRA: ALTERNATIVA
ENERGÉTICA E SUSTENTÁVEL EM UMA FARINHEIRA NO MUNICÍPIO DE
CIANORTE-PR**

CAMPO MOURÃO

2022

IZABELLA ALINE FERREIRA SOARES

**A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA COM USO DA MANIPUEIRA: ALTERNATIVA
ENERGÉTICA E SUSTENTÁVEL EM UMA FARINHEIRA NO MUNICÍPIO DE
CIANORTE-PR**

**Anaerobic biodigestion using cassava effluent: energy and sustainable
alternative in a flour industry in the Cianorte county of Paraná**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Cristina Rodrigues
Halmeman.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

IZABELLA ALINE FERREIRA SOARES

**A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA COM USO DA MANIPUEIRA: ALTERNATIVA
ENERGÉTICA E SUSTENTÁVEL EM UMA FARINHEIRA NO MUNICÍPIO DE
CIANORTE-PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 30/novembro/2022

Maria Cristina Rodrigues Halmeman
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ana Paula Peron
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Radames Juliano Halmeman
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Cidinha e Airton, que nunca mediram esforços para que fosse possível eu realizar uma faculdade longe de casa e que não colocaram barreiras para que eu buscasse o conhecimento.

Ao amor e incentivo dos meus familiares e à Deus, que me deram forças quando mais precisei, em especial à minha mãe, ao meu pai, à minha irmã Flávia, à Fernanda, aos meus gatos Mino (*in memoriam*), Princesa (*in memoriam*) e Florzinha, aos meus primos, tias, e às minhas avós Cida (*in memoriam*), Ismália (*in memoriam*) e Chi (*in memoriam*).

Também agradeço carinhosamente aos meus amigos de faculdade que me renderam boas risadas, estudos e companhia, cada um do seu jeito e em um momento diferente da jornada, uns mais presentes, outros menos, mas que de certa forma conseguiram deixar meus dias mais alegres. Em especial ao Cláudio, à Bruna Grugel, à Tati, à Rafaela, à Juliana, ao Daniel, ao Denes, ao Fabio, à Andiará, à Dhébora, à Bárbara, à Angélica, ao Maffort, à Júlia Clara, à Marcella, à Karine, à Ana, à Bia, ao Júlio, ao Issa, à Iasmim, à Rebeca, à Maria Aline, à Lizandra e à galera do espanhol.

Aos meus vizinhos, ao Chorno e aos maranhenses, que foram muito queridos comigo e me renderam altos papos pela noite e grandes amizades. Ali também foi onde conheci meu companheiro de vida e namorado Paulo Roberto, que desde então esteve comigo e me ensinou muito sobre a vida, desde valorizar minhas pequenas conquistas, até o quão grande eu posso chegar com elas.

Agradeço imensamente a minha amiga Geovana Izabela, pessoa que tive meu primeiro contato em Campo Mourão, e que sem nem me conhecer me ajudou tanto com a minha chegada à cidade.

À empresa Júnior Habitat Consultoria Ambiental e aos colegas que passaram por ela enquanto estive presente, que me fizeram crescer profissionalmente, e me mostraram que posso ser capaz de muitas coisas através do meu real potencial.

Ao projeto Renovar Biodigestão do qual fiz parte e que foi muito especial e inesquecível para minha jornada de vida.

Também agradeço à Márcia pela oportunidade de estágio e de todo o conhecimento adquirido durante a experiência.

Agradeço àqueles professores que deram o seu melhor para repassar o conhecimento com grandiosidade, não medindo esforços para ensinar seus alunos, em especial à minha orientadora Cris Hall, que cativa com sua didática, conhecimento e atenciosidade, e que me auxiliou muito na realização deste trabalho.

Por fim, agradeço à empresa Alimentos do Zé, que me deu permissão para a realização desta pesquisa, à UTFPR e à todos os profissionais e alunos nela envolvidos que colaboram em prol da ciência, e, aos funcionários da limpeza, cozinheiras e servidores, pois sem eles tudo seria mais difícil.

Assim concluo que estar longe da família nunca foi fácil, perdi algumas pessoas e animais queridos ao longo desses anos e passei por outros momentos bem delicados na minha vida, mas, que graças a todos aqueles citados anteriormente, à minha força de vontade e a de Deus, hoje posso estar realizando este sonho.

RESUMO

A destinação e o tratamento adequado de biomassas pode ser realizado com o uso de biodigestores industriais, onde, através da biodigestão anaeróbia é obtido o biogás e o biofertilizante. No caso das indústrias farinhas, há um volume muito grande de manipueira, resíduo contaminante provindo da prensa da mandioca. Com isso, o estudo buscou determinar a economia da lenha como substituta do biogás, a partir do uso da manipueira em um biodigestor para a geração de energia térmica, verificando também, os ganhos ambientais com o uso do biofertilizante produzido. O estudo foi realizado em uma farinha no município de Cianorte - PR, onde foi coletada 1 amostra de biofertilizante para análise de NPK e dados quantitativos da empresa a respeito do uso do biodigestor. Também, foram realizadas pesquisas teóricas em periódicos, artigos científicos, sites e revistas, a fim de se obter um resultado sobre os efeitos ambientais e econômicos nas indústrias farinhas. Como resultado, após o investimento do biodigestor, a média do consumo de lenha entre os anos de 2021 e 2022 foi reduzida em 50,04%. Também foi observado, que o biogás se mostrou mais vantajoso energeticamente por apresentar maior poder calorífico que a lenha, e também, apresentar menor geração de CO₂ na queima do combustível. Já, a amostra do biofertilizante coletada, foi encaminhada para um laboratório particular de análises ambientais e agrônomicas do município de Campo Mourão - PR, resultando em 0,9:0,1:4,8 NPK, indicando um biofertilizante adequado para fertirrigação, segundo os parâmetros utilizados no estudo. Outro fator importante foi do tratamento adequado e reaproveitamento dos resíduos industriais gerados na indústria, mostrando que é possível uma indústria farinha ser autossustentável e investir em energias renováveis para se obter um maior aproveitamento econômico integrado às questões ambientais.

Palavras-chave: manipueira; biodigestor; biogás; biofertilizante.

ABSTRACT

The destination and proper treatment of biomass can be carried out with the use of industrial biodigesters, where, through anaerobic biodigestion, biogas and biofertilizer are obtained. In the case of the flour industry, there is a very large volume of cassava effluent, contaminating residue coming from the cassava press. With this, the study sought to determine the economy of firewood as a substitute for biogas, from the use of cassava in a biodigester for the generation of thermal energy, also verifying the environmental gains with the use of the produced biofertilizer. The study was carried out in a flour industry in the city of Cianorte - PR, where 1 sample of biofertilizer was collected for NPK analysis and quantitative data from the company regarding the use of the biodigester. Also, theoretical research was carried out in journals, scientific articles, websites and magazines, in order to obtain a result on the environmental and economic effects on the flour industries. As a result, after investing in the biodigester, the average consumption of firewood between 2021 and 2022 was reduced by 50.04%. It was also observed that biogas was more energetically advantageous because it has a higher calorific value than firewood, and also presents less CO₂ generation when burning the fuel. The biofertilizer sample collected was sent to a private laboratory for environmental and agronomic analysis in the city of Campo Mourão - PR, resulting in 0.9:0.1:4.8 NPK, indicating a suitable biofertilizer for fertirrigation, according to the parameters used in the study. Another important factor was the proper treatment and reuse of industrial waste generated in the industry, showing that it is possible for a flour industry to be self-sustainable and invest in renewable energy to obtain greater economic use integrated with environmental issues.

Keywords: cassava effluent; biodigester; biogas; biofertilizer.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo Geral.....	10
2.2 Objetivos Específicos	10
3. JUSTIFICATIVA	11
4. REVISÃO DE LITERATURA	13
4.1 Indústrias farinheiras	13
4.2 Manipueira: efluente da mandioca.....	14
4.3 Biodigestão anaeróbia com o uso do biodigestor	16
4.4 Composição e produção do biogás	18
4.5 Poder Calorífico para queima de combustíveis.....	19
4.6 Biofertilizante: subproduto do biodigestor.....	21
4.7 Fatores econômicos e ambientais	22
5. MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1 Área de estudo	24
5.2 Método aplicado	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1 Processo produtivo da empresa	27
6.2 Consumo do biogás	31
6.3 Análise dos macronutrientes do biofertilizante.....	33
7. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970, quando a composição energética mundial sofreu um choque devido ao alto crescimento do petróleo, as pessoas passaram a olhar os problemas relacionados ao meio ambiente sob uma ótica diferente. Com isso, deu-se origem a demandas e cobranças para reduzir o uso excessivo dos recursos naturais e dos resíduos gerados, destacando que, o aumento da produção desses resíduos se associou ao aumento populacional e industrial (BLEY Jr, 2009; MONTEIRO, 2015).

Visando a redução das demandas dos recursos naturais e dos resíduos gerados, a utilização de biodigestores para o tratamento dos resíduos orgânicos surge então como uma alternativa sustentável e tecnológica. O biodigestor é um equipamento anaeróbio, no qual, certa matéria orgânica é digerida pela ação microbiológica dos organismos, que têm como resultado a produção do biogás, do biofertilizante, e consequentemente do biocombustível, que atua como fonte de energia renovável (AZEVEDO, 2021).

As indústrias de processamento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) aparecem então como potenciais geradoras de efluente tóxico (manipueira) e de outros resíduos orgânicos (cascas e farelos). Isso se relaciona com o fácil cultivo da raiz, que se tornou um alimento básico para milhões de pessoas devido ao seu reduzido custo de produção, da ampla adaptabilidade a condições climáticas e de solo, e à invasão de pragas, principalmente na África e América Latina (INOUE, 2008).

Levando em consideração a manipueira como uma substância nociva, surge o processo de biodigestão anaeróbia para o tratamento da manipueira, que, além de reduzir a matéria orgânica, também produz biogás, que é um possível agente substituidor de parte da lenha utilizada para a secagem e torra da farinha. Ressaltando, ainda, que o processo de tratamento da manipueira busca reduzir os impactos ambientais, gerar renda e valorizar as condições de vida dos produtores das farinheiras (VENTURA, *et al.* 2021).

A outra substância residual gerada no processo de biodigestão anaeróbia que ocorre no biodigestor é o biofertilizante, biomassa fermentada que se encontra em estado líquido e tem alto teor de material orgânico com grande potencial para

adubação. Além disso, apresenta melhora na composição e textura do solo, aumenta o nível de porosidade e facilita a entrada de oxigênio e de outros nutrientes nas raízes das plantas (GASPAR, 2003).

A eficiência do processo de digestão anaeróbia como alternativa sustentável e econômica dependerá do poder calorífico do biogás comparado ao uso da lenha, e do tratamento adequado da água residuária proveniente da mandioca, de forma a reduzir custos e resíduos gerados. Dessa forma, também é desejável o conhecimento acerca da análise do biofertilizante para caracterização do seu potencial nutritivo.

Nesse contexto, o uso do biodigestor para o tratamento da manipueira de uma indústria farinheira localizada em Cianorte - PR, teve como objetivo determinar a economia e os benefícios ambientais com o uso biogás após o investimento do biodigestor, e analisar quimicamente o subproduto gerado da biodigestão, verificando seus valores agregados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é quantificar os ganhos ambientais proporcionados pela substituição da lenha pelo biogás produzido em um biodigestor anaeróbio utilizando a manipueira, e os benefícios econômicos advindos da substituição da lenha pelo biogás produzido e do biofertilizante utilizado.

2.2 Objetivos Específicos

- Averiguar o consumo de lenha antes e após o investimento do biodigestor e a economia gerada com o uso do biogás;
- Averiguar a quantidade do biogás produzido após o investimento do biodigestor e verificar seu potencial energético e ambiental;
- Analisar os teores de NPK do biofertilizante e verificar seu uso para fertirrigação e benefícios ambientais.

3. JUSTIFICATIVA

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2020), as indústrias brasileiras são responsáveis por mais de 30% do consumo final de energia no Brasil, fato este que mostra a necessidade da busca por alternativas neste setor.

Nesses meios alternativos, é incluído o aproveitamento da biomassa residual, que leva ao debate científico importantes informações à produção de bens de serviços relacionadas aos avanços tecnológicos, que viabilizam a redução de impactos negativos ao meio ambiente quando comparadas a outras fontes convencionais.

Nas indústrias de setor florestal e industrial, por exemplo, 66,6% dos resíduos são destinados à geração de energia através do vapor gerado na queima em caldeira, e, ocasionalmente, à geração de energia elétrica para o processo produtivo, fazendo o não uso de combustível fóssil (IBÁ, 2022).

Outro exemplo são as canavieiras e outras indústrias que têm como subproduto a vinhaça, onde Laime *et al* (2011) afirma que, o principal componente do resíduo, é a matéria orgânica em forma de ácidos orgânicos e cátions (potássio, cálcio e magnésio), sendo possível através de diversos estudos, evidenciar sua toxicidade. Logo, como alternativas para o seu reaproveitamento, se encontram: a fertirrigação (mais utilizada); reciclagem de vinhaça; produção de leveduras; formação de biogás; produção de ração animal através da matéria prima; entre outras alternativas (LAIME, *et al.* 2011; CHRISTOFOLETTI, *et al.* 2013).

No caso das indústrias farinheiras, onde ocorre a produção de produtos derivados da raiz da mandioca, há um volume muito grande de manipueira, resíduo contaminante provindo da prensa da mandioca. A manipueira, segundo Barana e Cereda (2000), quando não tratada, se torna um efluente poluente devido ao seu elevado teor de matéria orgânica, que pode alcançar 100 g DQO/L, e também à sua elevada toxicidade, por conter em sua composição, glicosídeo cianogênico Linamarina, que pode gerar até 140 mg/L de cianeto.

Outro fator importante decorrente do processo, é que segundo Araújo, *et al.* (2021), normalmente em farinheiras de pequeno porte e de pouco avanço tecnológico, ocorre a falta de gestão aplicada para os efluentes gerados nas

indústrias, que com periodicidade, são lançados no meio ambiente sem nenhum tipo de tratamento.

Entretanto, embora tóxica se não tratada, a manipueira pode ser reaproveitada para benefícios econômicos e ambientais nas indústrias deste setor podendo ser utilizada para a produção de biogás e biofertilizante.

Fernandes e Mariani (2019) afirmam que o produtor pode fazer o uso da energia térmica ou elétrica que é produzida através do biogás no abastecimento interno e/ou na injeção na rede de distribuição para compensação energética da sua empresa, reduzindo assim, os custos no consumo da lenha, GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) e/ou eletricidade. Já o biofertilizante, pode ser utilizado como substituto dos fertilizantes químicos para a adubação do solo.

Nesse contexto, foi justificável analisar questões ambientais correlacionadas ao processo de digestão anaeróbia da indústria farinheira, verificando o valor quantitativo do biogás utilizável através do biodigestor com o uso da manipueira, o valor economizado de lenha através do seu valor de mercado, e, o teor NPK do biofertilizante produzido.

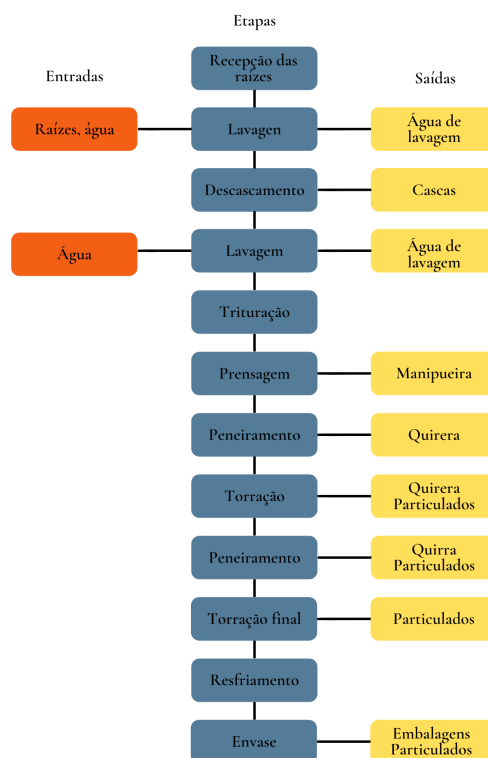
4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Indústrias farinheiras

Indústrias farinheiras são locais onde ocorre a produção da mandioca, sendo seu principal produto a farinha, por isso também são conhecidas como indústrias farinheiras (BEZERRA, 2006). Além da farinha, outros produtos que também podem ser produzidos nessas indústrias são: tapiocas, sagu, farofas, polvilhos, amido, entre outros derivados da mandioca.

As fases do processo de produção das farinheiras seguem as mesmas sequências e independem do tamanho da indústria (Figura 1). Entretanto, as indústrias de pequeno porte, normalmente, fabricam apenas farinha branca, onde a destinam a algum mercado específico ou fornecem diretamente esse produto à empresas de maiores portes. Logo, essas grandes empresas normalmente obtêm a matéria-prima, entre outros produtos específicos, de empresas farinheiras menores (GODOY; SANTOS, 2004).

Figura 1. Fluxograma do processamento da mandioca nas indústrias farinheiras.



Fonte: Adaptado de Zoldan (2006).

A mandioca utilizada para a produção de farinha e fécula, é de uma espécie denominada de “mandioca amarga” ou “mandioca brava”. Elas contêm elevada concentração de ácido cianídrico e amido, características essas que assumem boa qualidade e produtividade nas indústrias, entretanto, devido ao alto teor de toxicidade que os resíduos geram, comprometem negativamente o meio ambiente (GUIMARÃES, 2014).

Como observado no fluxograma do processamento de industrialização da mandioca (Figura 1), as indústrias desse setor alimentício geram resíduos e efluentes, como: a água de lavagem das mandiocas, a casca da mandioca, a manipueira, a quirera/crueira, particulados e embalagens.

Durante a produção da farinha, por exemplo, os resíduos sólidos e líquidos que são gerados ocorrem a partir da prensa da massa da mandioca com o uso de tipiti, um tipo de prensa que reduz a umidade e gera como efluente a manipueira nesta etapa. Já, a massa que foi prensada é esfarelada, e, após esse processo, a massa é peneirada, sobrando na peneira a quirera/crueira que é um resíduo sólido grosseiro. E, como resultado da peneiração, se tem uma farinha com farelos mais uniformes (ZOLDAN, 2006).

É na fase de lavagem, descascamento, ralação e prensagem da mandioca onde são gerados os principais resíduos no processamento da mandioca. É também gerado grande volume matéria orgânica, incluindo a manipueira, efluente que aparece na fase da prensagem, contendo linamarina entre outros solúveis que estão presentes nas raízes, tidos como rejeitos nessa fase da produção (OLIVEIRA; IDE; PAULO, 2005).

4.2 Manipueira: efluente da mandioca

A manipueira é o efluente provindo da prensagem da mandioca durante a produção de farinha ou da água residuária de fécula. Mesmo diluída com a água de extração do amido, por exemplo, a manipueira contém alto teor de material orgânico, sendo ainda necessário o tratamento adequado para que o seu lançamento no ambiente não cause danos (INOUE, 2008).

A manipueira também pode ocorrer na fase do descascamento caso as cascas que serão geradas neste processo entrem em contato com a água da chuva, provocando contaminação, alterações físico-químicas do solo e forte odor de atração para animais indesejáveis. Para isso, é recomendado que antes da destinação final do resíduo, ele esteja seco e armazenado em local fechado (ZOLDAN, *et al.* 2006).

A água utilizada no processo de lavagem também tem presença de manipueira. Por isso, deverá ser separada da rede de drenagem que se destina à recuperação do amido e ser encaminhada para os tanques e lagoas de tratamentos adequados após o processo de separação (ZOLDAN, *et al.* 2006).

A manipueira é considerada um efluente com alto potencial poluidor por conta da sua composição conter elevado teor de compostos químicos (SOUSA, *et al.* 2020).

Segundo Botelho, *et al.* (2009), a manipueira é composta por diversos tipos de nutrientes, como o Nitrogênio (N), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), entre outros. Além dos nutrientes, também apresenta compostos orgânicos, como: carboidratos, proteínas e lipídios (CAMILI, 2007).

De acordo com um estudo realizado por Magalhães (2013) em Recife-PE, os teores nutricionais PK analisados da manipueira provinda de uma farinheira do município, teve como resultado: 0,3 g/L de P e 4,8 g/L de K. Em outro estudo de manipueira avaliado, Barana (2000) obteve o valor de 1,2 g/L para Nitrogênio.

Também, um fator característico da manipueira, é a presença de glicosídeos cianogênicos (Linamarina), substância de solubilidade em água, que após sofrer o processo de hidrólise, libera ácido cianídrico (AMORIM; MEDEIROS; RIET-CORREA, 2006).

Santos (2009) afirma que o líquido é 25 vezes mais poluidor do que o esgoto doméstico. E, segundo Wosiacki e Cereda (2002), seu lançamento em corpos hídricos diminui a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) no ambiente, levando a morte de organismos e também o desequilíbrio da salinidade e pH quando descartado no solo, aumentando e diminuindo esses compostos, respectivamente.

Entretanto, através do biodigestor, a manipueira pode ser utilizada como subproduto da mandioca para a geração de biogás e consequentemente, aproveitamento de energia.

Além disso, Silva, A. (2009) afirma que a manipueira pode ser benéfica em vários aspectos, podendo ser utilizada para a geração de adubo orgânico; defensivo agrícola; produção de vinagre, sabão e de tijolos ecológicos.

Para cada tonelada de mandioca processada na produção de farinha, é gerado de 267 a 419 litros de manipueira. Por mês, uma farinheira de médio porte chega a produzir aproximadamente 239.000 litros de manipueira, processando cerca de 696 toneladas da raiz mensalmente (DEL BIANCHI, 1998).

De acordo com Santos (2009), é comum por parte dos produtores/processadores da mandioca, o não conhecimento do potencial da manipueira, a não organização ou a não existência de estruturas de aproveitamento, o que implica tanto no seu benefício para o uso na produção de biogás e biofertilizante, quanto no seu malefício.

Contudo, como alternativa do tratamento das águas residuárias das indústrias farinheiras, o processo biológico cumpre esse papel. E, ainda quando comparada a outros tipos de tecnologias, os custos para a implantação e operação são menores (FERNANDES JUNIOR & TAKAHASHI, 1994).

4.3 Biodigestão anaeróbia com o uso do biodigestor

A destinação e o tratamento adequado da matéria orgânica podem ser alcançados com o uso de biodigestores, onde, no processo de biodigestão anaeróbia toda a matéria é degradada e estabilizada (MOLINO, *et al.* 2013). Com isso, Molino, *et al.* (2013) afirma que a própria estrutura bioquímica é alterada, reduzindo microrganismos nocivos à saúde e também produzindo biogás, biofertilizante líquido (matéria estabilizada) e uma menor quantidade de poluentes.

As quatro fases do processo de degradação anaeróbica da matéria são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, que vão desde a reação de hidratação dos compostos, alterações químicas dos reagentes, geração de microrganismos, até a formação final do biogás e biofertilizante (LUCAS; MATOS, 2021).

A matéria orgânica que se introduz no biodigestor pode ser composta por sobras de alimentos orgânicos, biomassas, folhagem seca e dejetos de animais em

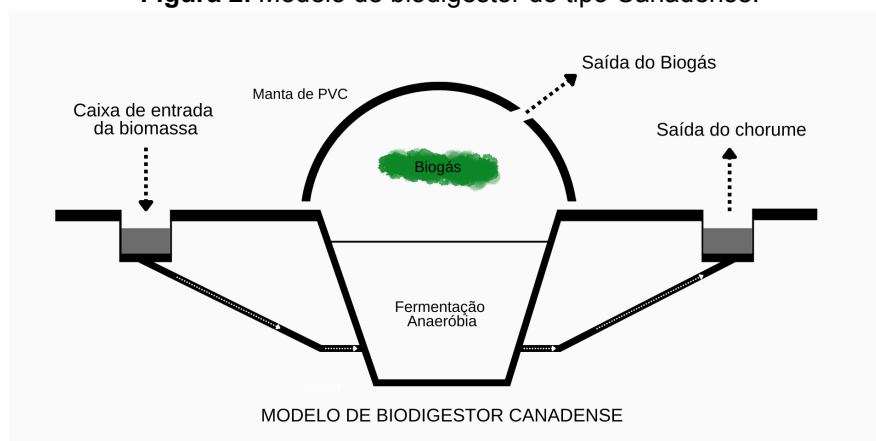
diluição com água. Entretanto, as bactérias não conseguem se alimentar de toda a biomassa inserida dentro do biodigestor com 100% (cem por cento) de eficácia, portanto, aquilo que não é consumido pelas bactérias anaeróbias, é eliminado pelo biodigestor. (OLIVEIRA; PROENÇA, 2021).

Quando em combinação, fatores como: temperatura, concentração, aditivo microbiológico, pH, entre outros, podem interferir no processo de eficácia e/ou aceleração do processo de biodigestão anaeróbia, e consequentemente no seu produto final (MAO, *et. al.* 2015).

Os tipos de biodigestor mais conhecidos são os rurais, urbanos e indianos (OLIVEIRA; PROENÇA, 2021). Segundo Junqueira (2014), os diferentes tipos de biodigestores se adequam conforme certas situações, sendo que para a escolha do modelo deve ser avaliado o tipo de biomassa que será introduzida, a relação custo-benefício e a condição do ambiente.

O biodigestor do tipo Canadense, segundo Haack (2009), é o modelo mais utilizado no Brasil. De acordo com Sales (2017), o modelo possui uma manta flexível de PVC, pode ser inserido em grandes ou pequenas propriedades, sua instalação é fácil e a fabricação tem o custo baixo.

Esse modelo de biodigestor (Figura 2) possui uma caixa de entrada para a alimentação com a biomassa. A biomassa inserida é canalizada até uma câmara de fermentação subterrânea, que é revestida com lona PVC, uma lona superior para armazenamento do biogás, e uma caixa de saída para a eliminação do chorume formado, que posteriormente será diluído nas lagoas de tratamento para uso como biofertilizante. Ele também possui um registro para saída do biocombustível e um queimador conectado a esse mesmo registro (OLIVEIRA, 2012).

Figura 2. Modelo de biodigestor do tipo Canadense.

Fonte: Autoria própria (2022).

Quanto aos impactos ambientais causados pela agropecuária, o biodigestor contribui para a redução dos danos causados. Com ele é possível dar a destinação ideal aos resíduos agrícolas e dejetos de animais, sendo possível assim, minimizar a poluição causada ao meio ambiente (OLIVEIRA; PROENÇA, 2021).

4.4 Composição e produção do biogás

O biogás é composto por diversos gases, entre eles está: o gás carbônico (CO_2), o gás metano (CH_4), o sulfeto de hidrogênio (H_2S), a amônia (NH_3), o vapor de água (H_2O), entre outros gases em proporções abaixo de 1% (Quadro 1) (LIMA, 2020). A mistura de gases inflamáveis contidos no biogás é fermentada por microrganismos em ambiente impermeável ao ar, sob restrições de umidade, temperatura e acidez (GENOVESE, *et al.* 2006).

Quadro 1. Representação da composição química e quantitativa, em média, do biogás.

Composição química do biogás	Composição quantitativa dos gases (%)
gás carbônico (CO_2)	25 a 50%
gás metano (CH_4)	30 a 70%
sulfeto de hidrogênio (H_2S)	0 a 3%
amônia (NH_3)	0 a 2%
Hidrogênio (H_2)	1 a 3%
vapor de água (H_2O)	1 a 5%
outros gases	< 1%

Fonte: Adaptado de Lima (2020).

A produção do biogás ocorre pelo processo de decomposição anaeróbica da matéria orgânica, ou seja, sem a dependência de oxigênio, assim como acontece em águas subterrâneas, biodigestores, aterros sanitários, intestinos animais, entre outros.

Nos aterros sanitários e biodigestores, por exemplo, o gás gerado dos resíduos orgânicos, caso não tratados, são liberados na atmosfera e não podem ser aproveitados. Já, quando armazenados adequadamente, podem ser utilizados como biocombustíveis para geração de energia.

A produção de biogás vem avançando no seu desenvolvimento e em melhorias nos processos de tratamentos de resíduos e efluentes, nos processos de biodigestão, na geração de energia térmica e elétrica, na purificação do produto para a compatibilização com gás natural, e na extração de químicos, por exemplo (MILANEZ, *et al.* 2018).

Logo, o biogás pode ser advindo de várias fontes de biomassa, incluindo a manipueira, e pode ser utilizado para a produção de energia térmica, elétrica, mecânica e como biocombustível.

4.5 Poder Calorífico para queima de combustíveis

A biomassa agrícola encontrada no Brasil, é provinda de diferentes culturas, como: mandioca, milho, cana-de-açúcar, casca de arroz, amendoim, entre outras. Estas biomassas possuem elevado poder calorífico capazes da obtenção de energia através da sua queima em caldeiras industriais (Quadro 2) (ALVES, 2014).

Quadro 2: Resíduos agrícolas conforme seu poder calorífico inferior.

Resíduos agrícolas	PCI (MJ/kg)
Mandioca	15,26
Grão de milho	15,13
Casca de arroz	14,54
Bagaço de cana-de-açúcar	16,05
Grão de soja	16,48

Fonte: Adaptado de Torres (2017).

O poder calorífico inferior (PCI) é representado durante sua combustão pela água em estado gasoso, e o poder calorífico superior (PCS) pela água em estado líquido (GUEDES, *et al.* 2020).

A água, por exemplo, é encontrada na forma de vapor em máquinas térmicas através da utilização dos gases de combustão, portanto, só será levado em consideração o PCI. Logo, a energia potencial teórico-energética compreendida em alguma fonte de combustível pode ser identificada pelo menor poder calorífico (IANNICELLI, 2008), assim podendo o biogás ser comparado a outros gases (Quadro 3).

Quadro 3: PCI - poder calorífico inferior dos gases encontrados na atmosfera.

Substância	PCI (Kcal/m³)
Metano	8.500
Propano	22.000
Butano	28.000
Gás de cidade	4.000
Gás Natural	8.554
Biogás	5.500

Fonte: Adaptado de Genovese *et al.* (2006).

Já, a concentração de metano existe no biogás, se relaciona diretamente com o poder calorífico do gás, logo, quanto maior a quantidade de metano existente na mistura gasosa, maior será seu poder energético (Quadro 4) (LIMA; PASSAMANI, 2012).

Quadro 4: Valor do PCI conforme a concentração de metano encontrada no Biogás.

Composição Química do Biogás	PCI (kcal/kg)
10% CH ₄ , 90% CO ₂	465,43
40% CH ₄ , 60% CO ₂	2338,52
75% CH ₄ , 25% CO ₂	6253,01
99% CH ₄ , 1% CO ₂	11661,02

Fonte: Adaptado de Avellar (2001).

Além dos dados comparativos do PCI do biogás com outros gases encontrados na atmosfera, também é possível comparar a equivalência energética de 1m³ do biogás com outros combustíveis usuais (Quadro 5).

Quadro 5: Relação de equivalência de 1m³ de biogás com combustíveis usuais.

Gasolina	Biodiesel	GLP	Elettricidade	Lenha	Pellets madeira
0,61 L	0,7 L	0,55 L	6,9 kWh	1,538 Kg	0,304g

Fonte: Adaptado de Silva, C. (2009).

A energia térmica proveniente da agroindústria que se origina da queima do biogás possui grande potencial nas indústrias em questão de geração calorífica, sendo possível sua utilização no aquecimento de água e como substituta do gás de cozinha (MILANEZ, *et al.* 2018).

Ainda, é vantajoso utilizar o biogás provindo do biodigestor diretamente, sem purificação, para acionamento de bombas hidráulicas e geradores de energia como fonte de energia (SOUZA, *et al.* 2010).

4.6 Biofertilizante: subproduto do biodigestor

Segundo Ros *et al.* (2018), a digestão anaeróbia tem como saída o digesto, que pode ser provindo de qualquer material orgânico, seja ele residual ou não. O que o difere do biofertilizante é seu objetivo final, onde é utilizado para estabilizar ou aproveitar os resíduos e/ou efluentes após o processo de biodigestão.

O biofertilizante, portanto, se enquadra como digestato, porém ele tem como objetivo ser utilizado para fins agrícolas, logo, nem todo digestato é considerado um biofertilizante, mas ao contrário sim.

Logo, o biofertilizante é um subproduto advindo da digestão anaeróbica da biomassa e pode ser utilizado como substituto dos fertilizantes químicos para a adubação do solo.

Contudo, a eficiência da digestão anaeróbia, segundo Inoue (2008), dependerá de fatores como: pH, temperatura, conteúdo, nutrientes, e, periodicamente, a presença de toxicidade em compostos, sendo de interesse a busca no conhecimento da composição química do biofertilizante para o processo de irrigação.

Para tirar o máximo proveito do biofertilizante, também deve ser levado em conta a composição do biofertilizante e as exigências nutricionais das plantas onde

será aplicado, proporcionando assim, a diminuição dos impactos ambientais (NEVES, *et al.* 2017).

O uso de biofertilizantes, para Ferreira (2012), pode reduzir impactos causados ao meio ambiente pois evita o uso de produtos químicos utilizados para fertirrigação, e conseqüentemente também auxilia na redução de custos de produção.

O biofertilizante obtido pela biodigestão anaeróbica contém grande quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), que auxiliam culturas agrícolas no desenvolvimento e no melhoramento do solo (BEZERRA, *et al.* 2017), sendo essenciais também na formação da estrutura foliar. De acordo com a Instrução Normativa 61/2020, NPK é enquadrado como macronutrientes primários (BRASIL, 2020). Dentre os fertilizantes orgânicos com potencial uso na agricultura, a manipueira e o biofertilizante bovino se destacam, pois para ambos, o custo de produção é baixo.

Portanto, é concluído por Anderle *et al.* (2020) que o biofertilizante, especificamente aquele obtido através da digestão anaeróbia da manipueira, pode contribuir para a adubação mineral, reduzir custos, e ser utilizado no aproveitamento e destinação correta do resíduo.

4.7 Fatores econômicos e ambientais

Dentro das indústrias farinheiras, a manipueira acaba sendo um dos resíduos mais problemáticos em termos ambientais, devido a alta carga de poluentes que possui (BARANA; CEREDA, 2000). No entanto, pela simplicidade dos processos dos tratamentos biológicos, se mostra mais viável economicamente (GUIMARÃES, *et al.* 2014).

Em questões ambientais, o tratamento adequado da manipueira é capaz de reduzir a quantidade de resíduos gerados nas indústrias farinheiras, diminuindo os possíveis impactos negativos gerados ao meio ambiente.

A problemática das mudanças climáticas está associada ao aumento das emissões dos gases do efeito estufa à medida que eles se intensificam. Além disso, o aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) nos últimos anos pode ser

justificado pelo crescimento econômico, já que a maior parte das emissões relacionadas ao CO₂ vem de processos industriais e produção de energia (SOUZA, 2021).

Já, o biogás gerado através da manipueira, de acordo com Milanez *et al.* (2018), de fato, apresenta ótimas condições na redução das emissões do metano e do gás carbônico encontrados na atmosfera. Ainda, o autor afirma que durante a combustão do biogás, o metano é convertido em dióxido de carbono e água, reduzindo os impactos climáticos negativos, assim, rentabilizando a gestão de resíduos.

Nos últimos anos, devido à crise ambiental e o rápido desenvolvimento econômico, bem como a alta do valor dos combustíveis convencionais, é crescente a quantidade de pesquisas e investimentos na geração de alternativas energéticas e econômicas, onde convêm a possibilidade de conservação dos recursos esgotáveis naturais (SALOMON, 2004).

Ainda, foi observado em três fecularias por Cunico, Cirani e Souza (2012) que as indústrias desse ramo estão cada vez mais preocupadas com o gerenciamento dos aspectos e dos impactos ambientais.

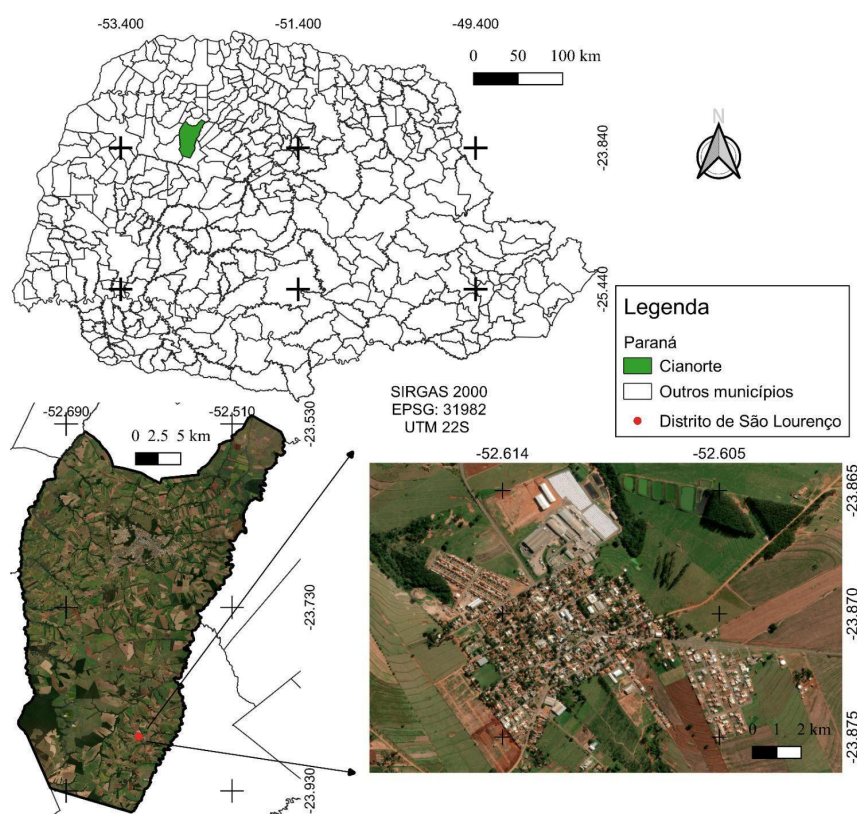
Outro fator, é quanto ao uso crescente de biofertilizantes derivados de resíduos orgânicos de atividades agroindustriais, que pode ser considerado uma rota de reciclagem viável e representa uma oportunidade sustentável para o gerenciamento de grandes volumes de resíduos (XU; GLEEN, 2018).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

O município de Cianorte está situado na mesorregião noroeste paranaense e foi elevado à categoria de município em 1955. Possui uma área territorial de 811,666 km² (IBGE, 2021), altitude média de 545 metros e é encontrado a uma distância de 501,26 km da capital do Paraná, Curitiba (IPARDES, 2022). Em divisão territorial do município no ano de 1988, este foi constituído em 3 distritos: São Lourenço, Cianorte e Vidigal (IBGE, 2022), sendo a área em estudo localizada no distrito de São Lourenço (Figura 3).

Figura 3: Mapa de localização da área de pesquisa, no distrito de São Lourenço, Cianorte-PR.



Fonte: Autoria própria (2022).

A farinha localizada no distrito de São Lourenço, Cianorte - PR, iniciou o processo de industrialização da mandioca no ano de 1967, atendendo a princípio somente a região local. Em 1990, devido à alta na procura dos seus produtos, a empresa que anteriormente era chamada de Farinha do Zé, passou a ser atendida

em todo o Brasil, e com a necessidade da diversificação dos seus produtos, no ano de 2000, passou a ser chamada de Alimentos do Zé (ALIMENTOS DO ZÉ, 2022).

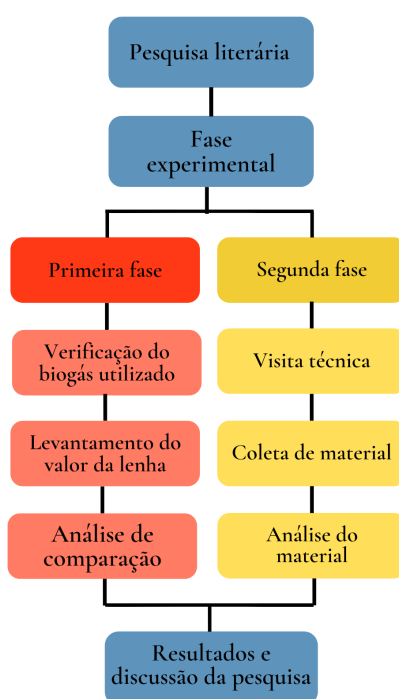
Pensando no melhoramento da gestão de resíduos do processamento da mandioca, a empresa adotou um biodigestor anaeróbio como um sistema de geração de energia e investiu na produção de biogás e biofertilizante. Sendo que, além do reaproveitamento da água da mandioca, a empresa utiliza um sistema de irrigação de pastagem com o aproveitamento do biofertilizante gerado, atuando de forma responsável com o meio ambiente (ALIMENTOS DO ZÉ, 2022).

5.2 Método aplicado

Inicialmente, para realização do estudo, foi feita uma pesquisa teórica em periódicos, artigos científicos, sites e revistas, para uma melhor compreensão sobre a aplicação da manipueira em biodigestores na produção de biogás, biofertilizantes, e seus efeitos ambientais e econômicos nas indústrias farinhas.

Posteriormente, a fim de atingir o objetivo proposto, a fase experimental foi realizada em duas etapas conforme demonstrado no fluxograma (Figura 4).

Figura 4: Fluxograma da metodologia a ser aplicada.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na primeira etapa, foi feita a verificação da média gerada do biogás utilizado na indústria através de um banco de dados provido pela empresa, entre os anos de 2021 e 2022. A partir dos dados repassados pela empresa, também foi feita a verificação do consumo da lenha antes do uso do biodigestor e após o seu uso, e, a quantidade de matéria prima e de manipueira gerada, assim, sendo possível realizar o cálculo de economia gerado.

Na segunda etapa, foi realizada em novembro de 2022, uma visita técnica na indústria farinheira Alimentos do Zé para a coleta da amostra do biofertilizante utilizado para fertirrigação em pastagem e fotografias registradas via aparelho celular.

Para a realização da coleta, foi utilizado 1 coletor higienizado de 5,0 L, onde, o biofertilizante foi colhido na última lagoa de tratamento a fim de analisar os teores dos macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), do material.

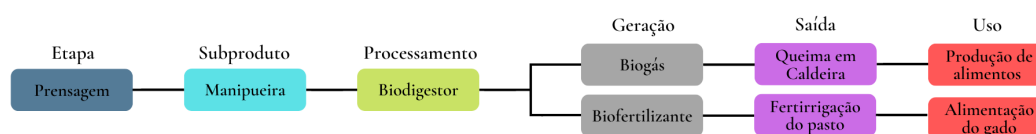
Após o procedimento, o material foi encaminhado para um laboratório de análise ambientais e agronômicas localizado no município de Campo Mourão - PR, para se obter os devidos resultados. Como parâmetro de comparação do produto, foi verificada a Instrução Normativa Nº 61/2020 (BRASIL, 2020) e avaliado outros estudos semelhantes.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Processo produtivo da empresa

Assim como outras indústrias farinheiras onde as etapas do processo industrial se assemelham, na Alimentos do Zé, ainda é reaproveitado os resíduos industriais, e pode ser considerada uma empresa autossustentável (Figura 5).

Figura 5. Fluxograma do processo de geração do biogás e biofertilizante na Alimentos do Zé.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na etapa de prensagem da mandioca, a manipueira gerada é canalizada para um tanque fechado, onde o cianeto presente é curtido. Posteriormente, o líquido é passado por 3 tanques de concreto que ficam expostos ao sol (Figura 6).

Figura 6. Tanques de tratamento do cianeto presente na manipueira da área em estudo.



Fonte: Autoria própria (2022).

Após o tratamento do cianeto, a água residuária é transferida para um tanque de sedimentação, onde a matéria mais densa é contida, e aquela que teve os sedimentos grossos reduzidos, é canalizada para a entrada de matéria orgânica do biodigestor (Figura 7).

Figura 7. Tanques de sedimentação para o tratamento da manipueira na Alimentos do Zé.



Fonte: Autoria própria (2022).

A biodigestão anaeróbia acontece no biodigestor após a ingestão da matéria orgânica, onde os melhores dias de produção de biogás e biofertilizante são aqueles nos quais a temperatura esteja entre 25C° a 40C° (MAMUNA e TORIIA, 2017), podendo ter até 100% de aproveitamento. Já, quando o clima apresenta diferentes temperaturas, a geração de biogás e biofertilizante é reduzida.

O biodigestor é do tipo Canadense (Figura 8), e apresenta uma saída para o gás gerado e outra para o chorume.

Figura 8. Biodigestor do tipo Canadense na Alimentos do Zé.



Fonte: Autoria própria (2022).

O biogás é canalizado e armazenado para ser utilizado como combustível na queima em caldeira, onde é utilizado em parte do processo de produção dos alimentos comercializados na empresa (Figura 9).

Figura 9. Caldeira industrial utilizada para queima de combustível na Alimentos do Zé.



Fonte: Autoria própria (2022).

Já, o chorume, após a saída do biodigestor, passa pelas lagoas de tratamento para que ocorra a diluição adequada, e, na última lagoa (Figura 10), a água

residuária é utilizada como biofertilizante na propriedade para fertirrigação do pasto (Figura 11).

Figura 10. Última lagoa de tratamento com o biofertilizante pronto para uso na Alimentos do Zé.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 11. Fertirrigação no pasto com o biofertilizante produzido a partir da manipueira na Alimentos do Zé.



Fonte: Autoria própria (2022).

O biofertilizante é acionado por meio de uma bomba e direcionado ao piquete que está conectado à mangueira utilizada no maquinário agrícola, que, por meio de automação, libera o fertilizante em movimento em toda a área do pasto.

6.2 Consumo do biogás

De acordo com os dados repassados pela Alimentos do Zé (2022), o valor aproximado da compra do m³ da lenha para o ano de 2022, foi de 80,00 reais. A partir deste valor foi possível calcular a economia do uso da lenha para o processo de queima do combustível em caldeira, desconsiderando a correção da inflação.

A instalação do biodigestor na indústria ocorreu no ano de 2013, onde o consumo da lenha antes do uso do biodigestor para a geração de biogás era de 5.422 m³/ano, o equivalente a 433.760,00 reais gastos para o ano de 2022, em média, com a compra da lenha.

Após o investimento do biodigestor, a média do consumo de lenha entre os anos de 2021 e 2022 passou a ser de 2.713 m³, ou seja, houve uma redução de 50,04% do consumo que seria utilizado para a queima de combustível, e consequentemente do valor gasto (Quadro 5).

Quadro 5: Economia do uso da lenha após a instalação do biodigestor na Alimentos do Zé.

Consumo de lenha	Quantidade (m ³ /ano)	Quantidade (m ³ /mês)	Valor gasto (R\$/ano)	Valor gasto (R\$/mês)
Antes do investimento	5.422	452	433.760,00	36.146,70
Após o investimento	2.713	226	217.040,00	18.086,70

Fonte: Dados de pesquisa da Alimentos do Zé (2022).

Com o uso do biodigestor na indústria, foi gerado entre os anos de 2021 e 2022, uma média de 345.600 m³/ano de biogás. Para isso, foram necessários 8.640 ton/ano de matéria prima, que gerou aproximadamente 30.000 litros/hora/dia, em média, de água de manipueira utilizadas no biodigestor para a geração do biogás.

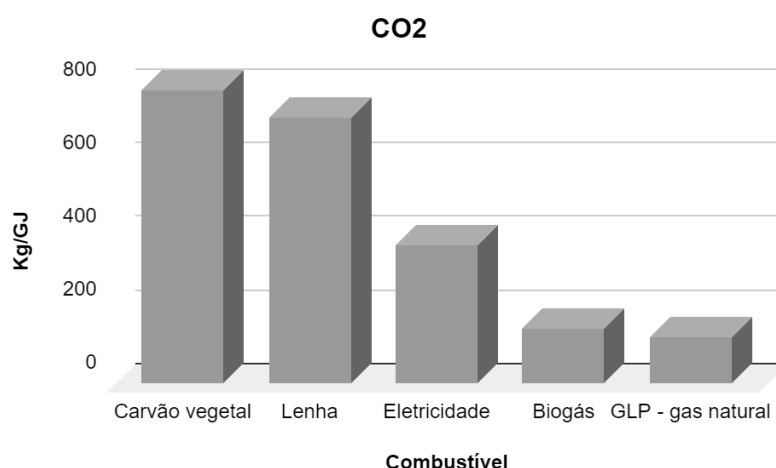
Segundo Mamuna e Toriia (2017), o processo de digestão anaeróbia acontece em diferentes gamas de temperaturas, sendo elas: a psicrófila (<25 °C), a mesófila (25–40 °C) e a termófila (45–60 °C), entretanto, para Bond e Templeton (2011), é na temperatura mesófila que se tem um melhor resultado quanto à produção de Biogás. Portanto, é possível afirmar que a produção do biogás não ocorre em todos os meses do ano devido a fatores climáticos, e que, caso sua

produção ocorresse com 100% de aproveitamento o ano inteiro, o consumo de lenha seria ainda menor e a economia com seu uso seria maior.

Lima e Passamani (2012) discutem que quanto maior a concentração de metano maior será a geração de biogás para a queima do combustível, ou seja, o CH₄ influencia diretamente no poder energético do combustível. Entretanto, fatores como temperatura e concentração de metano não foram considerados neste estudo, sendo assim, os resultados mostraram uma média dos valores da produção do biogás na indústria.

Além disso, diferentes combustíveis emitem poluentes para a atmosfera quando entram em combustão, que vão desde sua produção até sua queima, entretanto, a taxa de emissão total de poluentes por energia gerada pode ser quantificada, mostrando que uns geram mais poluentes do que outros (Gráfico 1).

Gráfico 1: Comparativo das taxas de emissões de CO₂ para diferentes combustíveis.



Fonte: Adaptado de Singh (2014).

Portanto, é possível observar que a taxa de geração de CO₂ por kg/GJ do Biogás é menor do que a geração do poluente durante a combustão da lenha, entre outros combustíveis, sendo um fator positivo em comparação à queima da lenha, pois gera menos poluente na atmosfera.

Outro benefício do biogás em relação ao uso da lenha, é quanto ao seu poder calorífico, onde, segundo Genovese *et al.* (2006), equivale a 5.500 Kcal/m³, e o da lenha seca (baseado num teor de umidade de 0%), considerado por Couto (2014), é de 4.500 Kcal/Kg. Portanto, o biogás também é energeticamente mais vantajoso que a lenha na queima do combustível em caldeira.

6.3 Análise dos macronutrientes do biofertilizante

Os parâmetros da Instrução Normativa Nº 61/2020 (BRASIL, 2020) foram utilizados para analisar a quantidade mínima de macronutrientes primários de fertilizantes orgânicos sólidos ou fluidos em aplicação via foliar e hidroponia (Quadro 6).

Quadro 6: Quantidade mínima de fertilizante orgânico (%) para aplicação via foliar.

Componentes nutricionais	Quantidade mínima para aplicação via foliar
N	1%
P	1%
K	1%
(N+P+K)	3%
(N+P); (N+K); (P+K)	2%

Fonte: Adaptado de Brasil (2020).

A análise do teor de NPK do biofertilizante gerado no processo operacional da empresa em estudo, resultou em 8,78 g/L de Nitrogênio (N), 0,82 g/L de Fósforo Total (P), e 47,77 g/L de Potássio (K), podendo então ser comparado com a normativa.

Entretanto, é importante levar em consideração que os teores nutricionais deverão estar em adequação com os teores mínimos nutricionais informados somente se forem comercializados, porém, é válido a comparação com os teores avaliados neste estudo a fim de estabelecer se o biofertilizante poderá ou não ser utilizado para fertirrigação (Quadro 7).

Quadro 7: Comparação dos resultados obtidos na análise em estudo com a IN 61/2020.

Componentes nutricionais	Quantidade em percentual do biofertilizante analisado	Quantidade mínima para aplicação via foliar (BRASIL, 2020) ¹
N	0,9%	1%
P	0,1%	1%
K	4,8%	1%

(N+P+K)	5,8%	3%
(N+P); (N+K); (P+K)	(1%); (5,7%); (4,9%)	2%

1: Brasil (2020). **Fonte:** Autoria própria (2022).

A quantidade de Nitrogênio (N) encontrada no biofertilizante analisado se aproximou da quantidade mínima permitida, segundo a legislação aplicada (BRASIL, 2020).

O teor de Fósforo total (P) encontrado foi abaixo do valor estabelecido e o de Potássio (K) foi de 3,8% a mais que o valor mínimo estabelecido.

Na somatória dos teores de NPK, NK e PK encontrados, os valores se enquadram com os valores mínimos permitidos e podem ser utilizados na aplicação via foliar quando necessário. Já, a somatória de NP foi encontrada abaixo do valor estabelecido devido ao baixo teor de P encontrado na análise.

Porém, vale ressaltar que, a quantidade de macronutrientes encontrada nos fertilizantes orgânicos dependerá da biomassa utilizada na produção, bem como, do tipo de processo operacional utilizado, das condições de temperatura e da carga orgânica liberada.

Levando em consideração Cechin (2021), qualquer biofertilizante pode ser identificado como digestato, mas nem todo digestato pode ser considerado um biofertilizante. Portanto, foram realizadas comparações com outros trabalhos, onde foram utilizados outros tipos de matéria orgânica na geração de digestato, a fim de se obter melhores resultados na pesquisa (Quadro 8).

Quadro 8: Diferentes análises de digestatos comparando os teores de NPK.

TEORES NUTRICIONAIS DE DIGESTATOS ORGÂNICOS				
Macronutrientes	Digestato analisado (2022)	Nicoloso¹ (2014)	Jurgutis² (2021)	Cechin³ (2021)
N	0,9%	0,3%	0,6%	3,6%
P	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%
K	4,8%	0,1%	0,2%	0,2%
Biomassa	Efluente industrial da mandioca	Dejetos de aves e suínos e resíduos e lodo de um frigorífico	Dejetos de aves e resíduos agrícolas de milho e beterraba	Resíduos agrícolas do trigo

1: Nicoloso (2014), 2: Jurgutis (2021), 3: Cechin (2021). **Fonte:** Autoria própria (2022).

A partir dos valores nutricionais encontrados nos estudos para diferentes tipos de digestatos, foi possível afirmar que os valores de P se aproximaram aos valores das diferentes biomassas encontradas conforme o Quadro 8, podendo levar em consideração que o valor do digestato analisado está normalizado em comparação aos outros fertilizantes orgânicos.

Quando comparado aos valores de N, o estudo de Chechin (2021), mostrou ter um teor mais elevado que as outras análises, podendo estar relacionado com o tipo de biomassa utilizada (resíduos do grão de trigo) para a produção do digestato.

Já, o valor de K encontrado, foi mais elevado no digestato provindo da biodigestão anaeróbia da manipueira do que nos digestatos provindos de dejetos suínos, de aves, resíduos agrícolas e lodo de efluentes, podendo estar relacionado ao teor nutricional da matéria prima.

A fim de uma melhor comparação entre os estudos avaliados, foi encontrado a média para N, P e K, resultando que o valor encontrado de N está abaixo da média, o valor de P está dentro da média, e o valor de K está acima da média (Quadro 9).

Quadro 9: Média do teor NPK entre os estudos avaliados.

	Média	Digestato analisado (2022)	
N	1,4%	0,9%	< que a média
P	0,1%	0,1%	= à média
K	1,3%	4,8%	> que a média

Fonte: Autoria própria (2022).

Analisando que o teor de N do biofertilizante em estudo se aproxima da média dos digestatos avaliados e do valor mínimo permitido para fertirrigação foliar segundo a Instrução Normativa Nº 61/2020, de que o valor de P se encontra dentro da média dos fertilizantes orgânicos estudados, e que apresenta um alto teor de K quando comparado, é possível afirmar que o biofertilizante provindo da digestão anaeróbia da manipueira, tem valor macro-nutricional agregado e podem ser utilizados para fertirrigação.

Entretanto, para ser utilizado na fertirrigação, o monitoramento periódico das características físico-químico do solo ou da planta em estudo devem ser realizados para uma melhor eficácia e aplicação do subproduto.

O tratamento do chorume após a saída do biodigestor em lagoas de tratamento é fundamental para a diminuição da carga orgânica e do cianeto, e consequentemente, para o uso em fertirrigação, entretanto, as taxas de aplicação no solo devem se adequar ao tipo de terreno.

A manipueira quando utilizada para adubação, promove a conservação química, física e biológica dos solos e pode ser utilizada como uma alternativa ao uso de fertilizantes químicos (CAMARGO, 2012).

Por apresentar elevado teor de NPK, entre outros nutrientes em sua composição, com seu tratamento é possível o uso para adubação orgânica em potencial, e se torna uma boa alternativa quando se trata de economia e sustentabilidade, evitando a contaminação dos solos e lençóis freáticos (TAVARES, 2019).

Ainda, Gameiro *et al.* (2003) concluiu que o uso da manipueira como biofertilizante em pastagem, obteve resultados positivos, com aumento em três vezes da capacidade de lotação no pasto.

Logo, em questões ambientais, corroborando com Santos (2009), os diferentes tipos de tecnologias de aproveitamento da manipueira ainda não são uma solução direta e utilizável para os processos produtivos da mandioca, porém, é possível amenizar a problemática da sua toxicidade quando é priorizado a não contaminação do meio ambiente a partir de um tratamento adequado, além de ter valor agregado quando utilizada como fertilizante orgânico.

7. CONCLUSÃO

O uso do biogás mostrou ser menos poluente quanto à emissão de CO₂ na atmosfera, quando comparado, nas mesmas proporções, ao uso da lenha. Ainda, devido o biogás ser gerado a partir dos resíduos da matéria prima do processo produtivo da empresa em estudo, esta pode ser considerada como autossustentável. E, embora ainda seja necessário o uso da lenha para geração de energia térmica, foi comprovado que houve uma redução do volume utilizado para a queima em caldeira e do valor gasto após o uso do biogás na indústria.

Quanto ao uso do biofertilizante utilizado para fertirrigação do pasto, foi verificado através da análise que o valor encontrado de N está abaixo da média, o valor de P está dentro da média, e o valor de K está acima da média. Ainda, conforme produtores agropecuários, foi notado um crescimento qualitativo e uma melhora satisfatória no crescimento foliar da pastagem após a irrigação com biofertilizante, porém, para uma melhor eficácia e aplicação do subproduto, deve haver o monitoramento periódico das suas características físico-químicas e do solo onde é aplicado.

Portanto, sendo a manipueira um resíduo líquido, volumoso e tóxico se não tratado adequadamente, o uso do biodigestor para o tratamento da biomassa através da digestão anaeróbia, mostrou ser fundamental para o rendimento econômico e para o benefício ambiental.

REFERÊNCIAS

ALIMENTOS DO ZÉ. **Empresa**. 2022. Disponível em: <http://alimentosdoze.com.br/>. Acesso em: 01 abr. 2022.

ALVES, D. A. H. **Avaliação do potencial energético de resíduos de produção agrícola provenientes do beneficiamento da mandioca e do milho**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

AMORIM, S. L.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET - CORREA, M. F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, Patos – Paraíba, 17 - 26, 2006.

ANDERLE, A. G.; HANAUER, V. T.; HERMES, E. Desenvolvimento de plantas de soja sob o uso de adubação mineral e biofertilizante obtido da manipueira. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 1129–1143, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n3p1129-1143>. Acesso em: 18 mai. 2022.

ARAÚJO, K. S.; SILVA, A. O.; BRESAN, C. R. Biodigestor - alternativa no tratamento de resíduos da produção de farinha na região de Santarém-Pará. **Revista de extensão da integração Amazônica**, Santarém - Pará, v.02, n.01, 2021. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/extensaodaintegracaoamazonica/article/view/1838>. Acesso em: 16 abr. 2022.

AVELLAR, L. H. N. **A valorização dos subprodutos agroindustriais visando a cogeração e a redução da poluição ambiental**. 2001. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2001.

AZEVEDO, H. L. S. **Biodigestores anaeróbios como alternativa tecnológica para produtores e cooperativas rurais**. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2021.

BARANA, A. C.; CEREDA, M. P. Cassava wastewater (manipueira) treatment using a twophase anaerobiv digester. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 183-186, 2000.

BEZERRA, M. G. S.; da SILVA, G. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; OLIVEIRA, L. E. C. Cassava wastewater as organic fertilizer in “Marandu” grass pasture. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 404-409, 2017.

BEZERRA, V. S. **Farinhas de mandioca seca e mista**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 44p.

BLEY Jr., C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais, 2ª ed. **Ver. Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, FAO**. Ed. Techno Politic, 2009. 140p.

BOND, T.; TEMPLETON, M.R. History and future of domestic biogas plants in the developing world. **Energy for Sustainable Development**, v.15, n.4, p.347-354. 2011.

BOTELHO, S. M.; POLTRONIERI, M.C.; RODRIGUES, J.E.L.F. Manipueira: um adubo orgânico para a agricultura familiar. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA: Inovações e desafios**, 13, 2009, p.1111 - 1116, Botucatu - SP. Anais: Botucatu-SP: Campos Lajeado - CERAT/UNESP, 2009.

BRASIL. **Instrução Normativa (IN) nº 61, de 08 de julho de 2020**. Estabelece as definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

CAMARGO, M. S. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2012.

CAMILI, E. A. **Tratamento da manipueira por processo de flotação sem o uso de agentes químicos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

CECHIN, M. **Avaliação do uso agrônômico do digestato como biofertilizante oriundo da digestão anaeróbia de resíduos agroindustriais**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2021.

CHRISTOFOLETTI, C. A.; PEDRO-ESCHER, J.; CORREIA, J.E.; MARINHO, J.F.U.; FONTANETTI, C.S. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. **Waste Management**, v. 33, n. 12, p. 2752-2761, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.005>. Acesso em: 08 abr. 2022.

COUTO, C. M. **Estimativa do poder calorífico de madeiras de acácia-negra e eucalipto do município de Pelotas – RS**. 2014. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

CUNICO, E.; CIRANI, C. B. S.; SOUZA, M. T. S. D. Ecoinovação: Implementação da tecnologia de biodigestores com desempenho ambiental. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE**, 14., 2012, São Paulo, Anais... São Paulo: ENGEMA, 2012.

DEL BIANCHI, V. **Balanço de massa e de energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do estado de São Paulo**. 1998. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Propostas de Medidas no Setor Industrial Brasileiro: Superintendência de Estudos Econômicos e Energéticos**. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-518/Caderno%20Roadmap%20A%C3%A7%C3%B5es%20de%20Efici%C3%A2ncia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Ind%C3%BAstria_final%2004112020.pdf . Acesso em: 08 abr. 2022.

FERREIRA, M. M. M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@mbiente**, v.6, n.1, p.74-83, 2012.

FERNANDES, G.; MARIANI, L. Alto potencial de produção e uso fará do biogás a próxima fronteira da energia renovável no Brasil?. **FGV Energia**. Março. 2019. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/27831/A28%20coluna_opinio_2_-_marco.pdf. Acesso em: 08 abr. 2022.

FERNANDES JÚNIOR, A.; TAKAHASHI, M. Tratamento da manipueira por processos biológicos - aeróbio e anaeróbio. In: **CEREDA et al. Industrialização da mandioca**. São Paulo: Ed. Paulicéia, 1994. 174p.

GAMEIRO, A. H. *et al.* **A indústria do amido de mandioca**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais, com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na Região de Toledo-PR**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GENOVESE, A. L.; UDAETA, M. M.; GALVAO, L. C. R.. Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**. Anais. Campinas: 2006.

GODOY, A. M. G.; SANTOS, R. J. C. A gestão dos efluentes líquidos das indústrias de farinha de mandioca de Araruna - PR. **Produto & Produção**, vol. 7, n. 3, p. 37-49, out. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1983-8026.1422>. Acesso em: 01 mai. 2022.

GUEDES, F. L.; JUCÁ, J. F. T.; JÚNIOR, A. I. O.; JUNIOR, W. R. A.; ARAÚJO, J. A. R. Potencial energético do combustível derivado de resíduo produzido em Pernambuco, Brasil. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **XIX SILUBESA**, 2020. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento46/TrabalhosCompletoPDF/III-020.pdf> . Acesso em: 29 out. 2022

GUIMARÃES, C. E.; TEIXEIRA, C. E.; SANTOS, M. R. Avaliação do desempenho ambiental do aproveitamento do Biogás em indústrias processadoras de mandioca por meio de Indicadores GRI. **XVI ENGEMA**, 2014. Disponível em: <https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/112.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2022.

HAACK, S. C. **Análise técnica e econômica para aproveitamento da biomassa caprina em biodigestores no semi-árido baiano**. 2009. 209 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

IANNICELLI, L. A. **Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeira**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2008.

IBA. **Reciclagem**. 2022. Disponível em: <https://www.iba.org/reciclagem>. Acesso em: 13 mai. 2022.

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Biblioteca: Cianorte**. 2022. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=34055&view=detalhes>. Acesso em: 10 mai. 2022.

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Cidades e estados**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/cianorte.html>. Acesso em: 10 mai. 2022.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil do município de Cianorte-PR**. 2022. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?codlocal=319&btOk=ok. Acesso em: 10 mai. 2022.

INOUE, K. R. A. **Produção de biogás, caracterização e aproveitamento agrícola do biofertilizante obtido na digestão da manipueira**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

JUNQUEIRA, S. L. C. D. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na Fazenda Aterrado**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

JURGUTIS, L.; SLEPETIENE, A.; VOLUNGE, K. A. VOLUNGEVIÚS, J.; SLEPETYS, J. The effect of digestate fertilization on grass biogas yield and soil properties in field-biomass-biogas-field renewable energy production approach in Lithuania. **Biomass and Bioenergy**, v.153, Outubro/2021.

LAIME, E. M. O.; FERNANDES, D. C. S.; FREIRE, E. A. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. **Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 16, 2011.

LIMA, A. C. G.; PASSAMANI, F. C. **Avaliação do potencial energético do biogás produzido no reator UASB da ETE-UFES**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

LIMA, H. Q. **O que é Biogás, Biometano e Digestato**. 2020. Disponível em: <https://energiaebiogas.com.br/biogas>. Acesso em: 03 mai. 2022.

LUCAS, M. A. R.; MATOS, G. A. C. Construção de um biodigestor para fins de estudo e aplicação em pequeno porte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.5, p. 51890-51899, 2021.

MAGALHÃES, A.G. **Desenvolvimento e produção do milho e alterações químicas em diferentes solos com aplicação de manipueira**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

MAMUNA, M. R. A.; TORIIA, S. Anaerobic co-digestion technology in solid wastes treatment for biomethane generation. **International Journal of Sustainable Energy**, v. 36, n.5, p.462- 472, 2017.

MAO, C.; FENG, Y.; WANG, X.; REN, G. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p.540-555, 2015.

MILANEZ, A. Y. *et al.* **Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas**. 226 BNDES Setorial 47. Março, 2018. Disponível em: https://www.saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2020/02/BS47__Biogas__FECHADO.pdf. Acesso em: 03 mai. 2022.

MOLINO A.; NANNA, F.; DING, Y.; BISKON, B.; BRACCIO, G. **Biomethane production by anaerobic digestion of organic waste**. Fuel, v. 103, p. 1003 - 1009, 2013.

MONTEIRO, M. R. S. **Produção de biogás a partir da biodigestão anaeróbia de manipueira e lodo de estação de tratamento de esgoto**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

NEVES, A. C.; BERGAMINI, C. N.; LEONARDO, R. O.; GONÇALVES, M. P.; ZENATTI, D. C.; HERMES, E. Effect of biofertilizer obtained by anaerobic digestion of cassava effluent on the development of crambe plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 10, p. 681-685, 2017.

NICOLOSO, R. S. **Estudo técnico da destinação do fertilizante orgânico sólido produzido em uma usina de biogás no município de Concórdia-SC**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. 54 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 170)

OLIVEIRA, C. S. A. de; PROENÇA, M. B. Biodigestor com controle inteligente. **Caderno Progressus**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2021. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/1687>. Acesso em: 27 out. 2022.

OLIVEIRA, K. R. F. D.; IDE, C. N.; PAULO, P. L. Processos ecotecnológicos no tratamento de efluentes líquidos de fecularia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA**. 11., 2005, Campo Grande, Anais... Brasília - DF: Embrapa. 2005.

OLIVEIRA, M. M. de. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SALOMON, K. R. Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade. Tese anaerobic effluent from UASB reactor. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9, n.4, p.285-290, 2004.

SALES, J. C. F. de. **Digestão anaeróbia de dejetos suínos e resíduos de alimentos em biodigestor canadense**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.

SANTOS, A. Usos e impactos ambientais causados pela manipueira na microrregião sudoeste da Bahia - Brasil - Estudio de casos. **Problemas Sociales y Regionales en América Latina**. Bahia, 2009. Disponível em: <http://www.ub.edu/medame/PSSantos.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SILVA, A. P. Aproveitamento sustentável da mandioca - XIII Congresso Brasileiro da Mandioca - Resumos Expandidos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu. v. 05. (Volume Especial). 2009. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1495>. Acesso em: 16 mai. 2022.

SILVA, C. A. B. V. **Limpeza e purificação de biogás**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

SINGH, P., GUNDIMEDA, H. & STUCKI, M. Environmental footprint of cooking fuels: a life cycle assessment of ten fuel sources used in Indian households. **Int J Life Cycle Assess** **19**, 1036–1048. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0699-0> . Acesso em: 13 nov. 2022.

SOUSA, V. P.; FRANCO, J. D.; PRATES T. M.; ROCHA L. C. S. Relato de experiência sobre o projeto de extensão "Alternativas para o destino da manipueira na comunidade rural de Marianos no município de Joáima-MG". Recital - **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 141–152, 2020. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital/article/view/89>. Acesso em: 19 maio. 2022.

SOUZA, J. S. **Revisão bibliográfica das principais tecnologias de captura do CO₂**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2021.

SOUZA, R. G.; SILVA, F. M.; BASTOS, A. C. Desempenho de um conjunto motogerador adaptado a biogás. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n.1, p.190-195, 2010.

TORRES, P. J. P. **Avaliação técnico-econômica de diferentes tecnologias de geração de eletricidade para o aproveitamento energético de resíduos de biomassa em comunidades isoladas**. 2017. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

VENTURA, R. F. S. V.; SANTOS, B. K.; GASPARIN, E. Tratamento da manipueira através de reator anaeróbico e aeróbico. **Rev. Ext. Integrac. Armaz**, Santarém-Pará, v. 02, n. 01, 2021. ISSN: 2675-1097. Disponível em: <http://ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/extensaodaintegracaoamazonica/article/view/1840>. Acesso em: 10 mai. 2022.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P. **Valorização de resíduos de processamento da mandioca**. Publication UEPG, v.8, p.27 - 43, 2002.

XU, L.; GEELEN, D. Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-25, 2018.

ZOLDAN, G; *et al.* **Manual de referências para casas de farinha**. SEBRAE/ AL-Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de Alagoas, 2006. Disponível em: http://industriasantacruz.com/wp-content/uploads/2013/09/ManualdeReferenciaSEBRAE_AL. Acesso em: 01 mai. 2022.