

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE, UNICENTRO

SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, SESA

CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, DECON

ADEMIR CORREIA SCHRAN

**SUBSTITUIÇÃO DE GLP POR BIOGÁS: um estudo de viabilidade econômica
para uma empresa supermercadista de varejo no município de Inácio Martins-
PR**

**Guarapuava/PR
2024**

ADEMIR CORREIA SCHRAN

**SUBSTITUIÇÃO DE GLP POR BIOGÁS: um estudo de viabilidade econômica
para uma empresa supermercadista de varejo no município de Inácio Martins-
PR**

Monografia apresentada ao curso de Ciências
Econômicas da Universidade Estadual do Centro
Oeste, UNICENTRO, como pré-requisito para
obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof.:
Dr. Amarildo Hersen

**Guarapuava/PR
2024**

ADEMIR CORREIA SCHRAN

SUBSTITUIÇÃO DE GLP POR BIOGÁS: um estudo de viabilidade financeira para uma empresa supermercadista de varejo no município de Inácio Martins-PR

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Amarildo Hersen
Orientador

Prof. Dr. Eduardo Lopes Marques
Avaliador

Prof. Dr. Márcio Marconato
Avaliador

Aprovado em: 11/11/2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todo cuidado, força e perseverança que me sustentaram ao longo deste caminho. Sem seu amparo este trabalho não seria possível.

À minha família, em especial a minha esposa Miriam Leal, minha base e porto seguro, por todo apoio, paciência e compreensão nos momentos difíceis e por acreditarem em mim mesmo nos momentos de dúvida.

Ao meu orientador Dr. Amarildo Hersen, que foi um guia indispensável em cada etapa deste trabalho, oferecendo conselhos, conhecimentos e incentivos que foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Estadual do Centro Oeste, por proporcionar um ambiente propício ao aprendizado, à pesquisa e ao desenvolvimento pessoal e profissional, possibilitando a construção deste trabalho.

Por fim, a todos os professores que fizeram parte da minha caminhada, ajudando a formar a pessoa que me tornei.

*“Quando você lembrar de onde Deus te tirou,
vai parar de duvidar aonde Deus pode te
levar”. (Efésios 3:20)*

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica da substituição do GLP pela autoprodução de biogás. A pesquisa destaca a crescente importância da busca por fontes de energia renováveis na tentativa de reduzir os impactos ambientais acarretado pelo uso excessivo de energia de fonte fóssil. Quanto ao procedimento técnico, a pesquisa classifica-se como estudo de caso e quanto a forma de abordagem é de caráter quantitativo, com levantamento de dados referente a disponibilidade e tipo de biomassa e consumo de GLP, junto a empresa estudada. A pesquisa analisa a instalação de biodigestores para produção de biogás a partir de resíduos orgânicos gerados na seção de feira, padaria e lanchonete do estabelecimento. Comparou-se duas alternativas diferentes de investimentos: modelo em alvenaria e modelo portátil. Para análise de viabilidade econômica dos projetos se fez uso dos indicadores VPL, TIR e payback descontado e considerou-se taxa mínima de atratividade de 6,33%. Os resultados encontrados sugerem que ambos os projetos mostram-se viáveis, contudo, o modelo portátil apresentou maior VPL. Conclui-se que além de reduzir custos com aquisição de GLP, a autoprodução de biogás contribui para mitigar impactos ambientais provenientes do descarte inadequado de resíduos, alinhando-se com práticas relacionadas a economia circular e ecológica.

PALAVRAS CHAVE: Biogás; Sustentabilidade Ambiental; Fonte Renovável, Investimento Privado.

ABSTRACT

This study aims to analyze the economic viability of replacing LPG with the self-production of biogas. The research highlights the growing importance of the search for renewable energy sources in an attempt to reduce the environmental impacts caused by the excessive use of fossil fuels. Regarding the technical procedure, the research is classified as a case study and the approach is quantitative, with data collection regarding the availability and type of biomass and LPG consumption, together with the company studied. The research analyzes the installation of biodigesters for the production of biogas from organic waste generated in the market, bakery and snack bar sections of the establishment. Two different investment alternatives were compared: a masonry model and a portable model. To analyze the economic viability of the projects, the NPV, IRR and discounted payback indicators were used and a minimum attractiveness rate of 6.33% was considered. The results found suggest that both projects are viable; however, the portable model presented a higher NPV. It is concluded that in addition to reducing costs with the acquisition of LPG, the self-production of biogas contributes to mitigating environmental impacts resulting from the inadequate disposal of waste, aligning with practices related to the circular and ecological economy.

KEYWORDS: Biogas, Environmental Sustainability, Renewable Source, Private Investment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Fontes de energia renováveis	12
2.1.1 Energia solar	12
2.1.2 Energia eólica.....	13
2.1.3 Energia hidráulica.....	13
2.1.4 Energia geotérmica	14
2.1.5 Energia marinha	15
2.1.6 Biomassa para fins de energia	15
2.1.7 Biogás	17
2.2 Fundamentação teórica	21
2.2.1 Economia ambiental neoclássica	21
2.2.2 Economia ecológica	26
2.2.3 Economia circular	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Material.....	39
3.2 Métodos.....	40
3.2.1 Métricas de análise	43
3.2.1.1 Valor presente líquido.....	43
3.2.1.2 Payback descontado	45
3.2.1.3 Taxa interna de retorno	46
3.2.2 Formação do fluxo de caixa	47
3.2.2.1 Saídas de caixa	48
3.2.2.2 Entradas de caixa.....	50
4 RESULTADOS	51
4.1 Disponibilidade de biomassa para fins de energia	51
4.2 Consumo de GLP	54
6 REFERÊNCIAS	65
ANEXO	77
Anexo A – Foto ilustrativa - Biodigestor 1	77
Anexo B – Foto ilustrativa - Biodigestor 2	78

Anexo C – Fluxo de caixa - Biodigestor 1.....79
Anexo D – Fluxo de caixa - Biodigestor 2.....80

1 INTRODUÇÃO

A crescente conscientização, sobre os desafios ambientais e por soluções energéticas mais sustentáveis, tem impulsionado a busca por alternativas que substituam o uso de combustíveis fósseis. Nesse contexto, a substituição do gás GLP pela autoprodução de biogás emerge como uma possibilidade atraente e inovadora. O biogás, obtido a partir da decomposição de resíduos orgânicos, é uma fonte de energia renovável e de baixo impacto ambiental. (OLIVEIRA, 2009). A produção de biogás, além de servir como ativo econômico, pode também ser uma alternativa eficaz no combate ao descarte inadequado de resíduos orgânicos (passivo ambiental) e seus impactos ao meio ambiente. (FRANÇA et al., 2024).

Faria (2018) ressalta a importância e a necessidade de se utilizar fontes renováveis de energia no século XXI, tendo em vista sua contribuição para redução dos impactos nas mudanças climáticas, considerando esta como um dos maiores desafios atuais da humanidade. A crescente conscientização sobre a gravidade dos problemas decorrentes das mudanças climáticas, causadas principalmente pelas altas emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) certamente promoverá a ampliação do uso de fontes de energias renováveis.

Neste contexto, a produção e utilização do biogás como fonte de energia renovável está se tornando uma alternativa cada vez mais avançada e atrativa. No que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, é essencial encontrar maneiras de atender às necessidades humanas sem causar tantos danos ao meio ambiente e às gerações futuras. Com o aumento da população e o avanço das novas tecnologias, a demanda por energia tem crescido nos últimos anos. Portanto, a importância das energias renováveis está cada dia mais evidente, sendo uma questão crucial para qualquer país, independentemente do seu estágio de desenvolvimento.

A produção de biogás envolve processos circunscritos, controlados e otimizados, de maneira pela qual sua comercialização pode se tornar viável. Durante o processo de combustão do biogás, o metano é transformado em CO₂ e água. Com isso, além de minimizar os impactos climáticos negativos, a atividade de processar resíduos pode tornar-se rentável. O tratamento e descarte apropriado de resíduos orgânicos podem ser viabilizados através da utilização de biodigestores, onde os resíduos orgânicos passam por um processo chamado de biodigestão anaeróbica,

onde a matéria orgânica além de sofrer modificações em sua estrutura, passará também por processos químicos, até a produção do biogás. (SOUSA; RIZZATTO, 2022).

O aproveitamento do gás metano, que será gerado pela digestão anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos, representa uma das diversas iniciativas importantes que podem ser desenvolvidas para promover uma matriz energética sustentável, e renovável. (NASCIMENTO, 2014). No momento em que ocorre a diminuição da carga orgânica presente em um resíduo, há uma redução do poder poluente e dos riscos sanitários desses dejetos. Simultaneamente, obtém-se o biogás como subproduto, que pode ser convertido em energia térmica ou elétrica, além do biofertilizante, que pode ser utilizado como adubo. (SOUSA; RIZZATTO, 2022).

Dados da Associação Municipal dos Serviços de Saneamento – ASSEMAE (2019) mostram que o Brasil produz em média 37 milhões de toneladas de lixo orgânico por ano, este mesmo com grande potencial econômico para ser reaproveitado e revertido em adubo, gás combustível ou energia limpa. Entretanto somente 1% do total descartado, é reaproveitado.

A produção de biogás e sua utilização para fins energéticos pode ser acessível a toda a população. Existem biodigestores de grande porte, com custo mais elevado, mas também modelos mais simples, que podem ser construídos com materiais recicláveis. Isso demonstra que todos os cidadãos podem ter acesso à essa fonte de energia e ao mesmo tempo contribuir para o desenvolvimento sustentável local. (LINS et al., 2022).

O problema da pesquisa consiste em entender se a substituição da aquisição do gás GLP pela implementação de um sistema de autoprodução de biogás, para fins de cocção em estabelecimento comercial, pode apresentar benefícios. A hipótese central é que podem surgir benefícios econômicos e ambientais, este último decorrente da redução de uso de combustíveis fósseis. A grande maioria dos biodigestores utilizados para tratamento de resíduos utilizados na produção do biogás e biofertilizante está localizada no meio rural, havendo assim uma necessidade de estudos focados na implementação desses sistemas na área urbana. Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo geral averiguar se há viabilidade econômica na autoprodução de biogás em substituição a aquisição de GLP. De forma específica, os objetivos são: i) realizar análise de viabilidade econômica na autoprodução de biogás

em substituição a aquisição de GLP; ii) apontar eventuais benefícios ambientais decorrentes da substituição proposta.

Ao fornecer uma análise fundamentada, sobre a viabilidade econômica da transição do GLP para a autoprodução do biogás, espera-se apresentar, uma base sólida para tomada de decisão sobre a implementação de sistemas de autoprodução de biogás, também busca a promoção de incentivo a práticas mais sustentáveis, além do debate e conscientização sobre a importância da transição para fontes de energia renovável e de baixo impacto ambiental.

Esta monografia está dividida em cinco capítulos, no intuito de gerar uma leitura de forma mais fácil e organizada. O primeiro capítulo é essa introdução, na qual apresenta a proposta inicial do trabalho, assim como os objetivos, justificativa e a relevância da pesquisa. No segundo capítulo é apresentado uma revisão de literatura e discutido o referencial teórico. O terceiro capítulo trata sobre os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. No quarto capítulo são apresentados os resultados alcançados com a pesquisa e a confirmação ou não das hipóteses levantadas, e por fim conclui-se tecendo algumas considerações finais acerca do tema abordado.

2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo serão tratados, alguns conceitos iniciais sobre as fontes de energia renovável, dando relevância sobre biomassa para fins energéticos, bem como sua definição e importância na busca de uma base energética mais sustentável. Assim como alguns conceitos e definições sobre o biogás e sua utilização. Em seguida está situada a fundamentação teórica do trabalho. Como ponto inicial de discussão se tem as tratativas sobre a economia ambiental neoclássica, logo após trata-se sobre a economia ecológica, pôr fim tendo a economia circular e sua importância na busca de um sistema econômico mais sustentável como base teórica principal da pesquisa.

2.1 Fontes de energia renováveis

2.1.1 Energia solar

De acordo com a Agência Internacional para as Energias Renováveis – IRENA (2024) a energia solar é a fonte de energia renovável mais limpa e abundante disponível. Está relacionada com as reações químicas provocada pela radiação do sol, reação essa que é capaz de produzir calor e eletricidade. Se aproveitada de maneira correta o volume de energia solar que incide sobre a terra tem o potencial de atender toda necessidade energética mundial futura. Espera-se que no século XXI, a energia solar tenha uma ênfase no cenário energético mundial, devido a sua vasta disponibilidade, e o seu aspecto não poluente, diferentemente dos finitos combustíveis fósseis disponíveis como o petróleo, carvão e gás natural.

A energia solar pode ser aproveitada de forma direta na produção de energia elétrica e na forma de calor. Para o processo de produção são utilizados coletores solares, que são caixas pretas retangulares, devidamente isoladas constituídas basicamente por uma placa solar coletora, um trocador de calor e um armazenador. Quando atingidas pelos raios solares, geram um tipo de “efeito estufa” que se forma internamente, transferindo assim o calor e aquecendo o fluido que circula no interior

dos tubos que formam seu sistema. Esse fluido aquecido, é transferido para o tanque de armazenamento térmico. Assim a energia produzida pode ser utilizada tanto para fins residenciais como nas indústrias. (SILVA; SOUZA, 2020).

2.1.2 Energia eólica

A produção de energia eólica depende do vento, que é fortemente influenciado por fatores como latitude, longitude, proximidade do mar, entre outros. O aproveitamento da energia eólica vem crescendo em todo o mundo, em principal por conta do desenvolvimento tecnológico que nas últimas décadas vem conseguindo aumentar a capacidade dos aerogeradores. (OLIVEIRA, et al., 2018).

Segundo a Agência Internacional para as Energias Renováveis – IRENA (2024) a energia eólica transforma a energia cinética do vento em energia renovável mecânica (moinhos de vento) e elétrica. Para conversão em eletricidade é necessário fazer-se uso de determinadas tecnologias, da qual a mais comum é a turbina eólica de eixo horizontal em conjunto com um gerador. A energia eólica pode ser explorada de forma isolada ou por grupos de turbinas operando de forma conjunta, os chamados parques eólicos, os quais produzem eletricidade para injeção na distribuição da rede pública ou de forma descentralizada, através de turbinas menores e desconectadas da rede.

2.1.3 Energia hidráulica

A energia hidráulica é produzida através da força dos movimentos das águas, aproveitando a energia cinética e potencial de rios, lagos e reservatórios. As usinas hidrelétricas responsáveis por transformar a energia das águas em energia elétrica é composta basicamente por barragem, casa de força, vertedouro e um sistema de captação da água. (QUEIROZ et al., 2013). A estrutura que captura e direciona o fluxo de água de uma usina hidrelétrica e alimentar as turbinas responsáveis por produzir energia elétrica, deve ser projetada e construída para funcionar ininterruptamente em

todas as épocas do ano. Mas apesar disso, esse tipo de energia por depender exclusivamente do volume de água disponível, acaba tendo seu nível de produção prejudicado em épocas mais secas. (NEVES; CORTE; OLIVESKI, 2015).

As características geográficas do Brasil e sua vasta disponibilidade hídrica, colocam o país como terceiro maior potencial hidráulico do mundo, ficando atrás de Canadá e China. Contudo, a criação de novas usinas hidrelétricas em todo o mundo vem passando por debates, devido à impactos ambientais (mudanças ecossistêmicas nas regiões inundadas) e sociais (comunidades podem ser deslocadas), ocasionando um maior uso de fontes de energia térmica para suprir a demanda energética mundial, essas possuem um grande valor de utilização e são altamente poluentes. (QUEIROZ et al., 2013).

2.1.4 Energia geotérmica

De acordo com a Agência Internacional para as Energias Renováveis – IRENA (2024) a energia geotérmica se origina no interior do planeta, a cada quilometro de profundidade a temperatura aumenta em média cerca de 33 °C, as regiões onde a liberação de calor é mais intensa, normalmente se coincide com zonas das fronteiras onde se encontram placas tectônicas, são as zonas mais quentes possíveis que interessam para o aproveitamento energético, mas áreas com temperatura mais baixas ou moderadas também podem ser aproveitadas. A energia geotérmica, depende da presença de um fluido, que geralmente é a própria água, responsável por transportar o calor do interior da terra para a superfície. Esse Fluido pode estar presente na formação como água fóssil, que se formou durante o processo de sedimentação ou podendo resultar da infiltração da água da chuva.

Segundo Arboit et al. (2013) para aplicação de uso direto da energia térmica para fins residenciais, industriais e na agricultura a temperatura ideal fica entre 35 °C e 148 °C, já quando se fala em produção de eletricidade a temperatura deve ficar acima dos 300 °C. De acordo com o autor a energia geotérmica pode ser economicamente viável, podendo ser usada de forma direta para o aquecimento de ambientes, aquecimento de banhos e piscinas, refrigeração, aquecimento de estufas, usos industriais, entre outros.

2.1.5 Energia marinha

A energia marinha ou dos oceanos é outra fonte de energia renovável e limpa, possui uma enorme quantidade de energia para ser aproveitada, especialmente em suas ondas e correntes. A formação das ondas ocorre após à influência dos ventos sobre as águas, resultado do aquecimento do sol sobre a superfície dos oceanos, que não ocorre de forma uniforme, em virtude do formato terrestre irregular e também a inclinação do eixo da terra. Geralmente para a conversão das ondas em energia, utiliza-se um tipo estrutura chamada de sistema de placa horizontal submersa, utilizado também como quebra-mar. A passagem das ondas sobre o dispositivo, origina um escoamento sobre a placa absorvendo a energia que incide sobre as ondas. (SEIBT et al., 2017).

As correntes marítimas são deslocamentos seguidos das águas com o mesmo sentido e velocidade. As correntes oceânicas podem ocorrer na superfície e em águas profundas, cujo motivo principal é a variação na densidade das águas, que é provocada pela mudança de temperatura. A energia cinética das correntes, que pode ser convertida em energia elétrica é grande. Quando comparada a velocidade dos ventos utilizados na produção de energia eólica, a velocidade das correntes é inferior, mas a densidade da água é cerca de 800 vezes maior que o vento, isso faz com que a energia das águas seja mais concentrada, representando certa vantagem nessa comparação. (CARVALHO et al., 2021).

2.1.6 Biomassa para fins de energia

No contexto da geração de energia, o termo biomassa refere-se aos derivados recentes de organismos vivos, utilizados como combustíveis ou para a produção de energia. Na ecologia, biomassa está associada a quantidade total de matéria viva existente em um ecossistema, ou em uma população animal ou vegetal. Embora esses dois conceitos estejam interligados, eles são distintos. A definição de biomassa para geração de energia exclui os combustíveis fósseis tradicionais, que também são derivados de vida vegetal (como o carvão mineral) ou animal (como o petróleo e o gás

natural), mas que são resultado de transformações ocorridas ao longo de milhões de anos. A biomassa é considerada um recurso natural renovável, enquanto os combustíveis fósseis não se renovam a curto prazo. (MAMEDES; RODRIGUES; VANISSANG, 2010).

A biomassa é uma fonte primária e renovável de energia química, passível de conversão em outras formas energéticas, e se diferencia de acordo com a matéria-prima utilizada. O papel da biomassa é de grande importância, sendo uma das fontes de energia renovável mais exploradas e desenvolvidas no mundo. Nos países em desenvolvimento, a biomassa sempre foi essencial para a geração de energia. Já nos países desenvolvidos, onde os combustíveis fósseis dominam a matriz energética, o uso da biomassa vem crescendo continuamente, em especial na produção de combustíveis líquidos e no aproveitamento de resíduos. O Brasil se destaca em termos mundiais pelo uso energético da biomassa em duas áreas principais, na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar para veículos automotores e a produção de carvão vegetal a partir de florestas replantadas. (RODRIGUES, 2009).

A biomassa vem ganhando destaque com a incorporação de novas possibilidades de exploração e em sua utilização. Segundo Borges et al. (2017) a biomassa pode ser classificada em "biomassa moderna" e "biomassa tradicional". A chamada biomassa moderna inclui os biocombustíveis, derivados do bagaço de cana-de-açúcar, da madeira de reflorestamento e de outras fontes, desde que aproveitadas de modo sustentável. Já a chamada biomassa tradicional é aquela empregada de maneira mais rústica, como resíduos florestais, a madeira de desmatamento e os dejetos animais. Esses tipos de resíduos geralmente são utilizados para suprir a classe residencial em comunidades mais isoladas, que não possuem tanto acesso as demais alternativas.

Segundo Goldemberg (2016) em 2010 o total de energia consumida no mundo, proveniente de biomassa foi de aproximadamente 53 EJ, que correspondia a cerca de 10% do consumo primário de energia. Desse montante, cerca de 70% era usado de maneira convencional, vindas de fontes de biomassa utilizadas desde o século XIX. De acordo com o autor, em áreas rurais de países como África e Ásia, a biomassa tradicional ainda é a principal fonte de energia, contribuindo com cerca de 2,5 bilhões de habitantes. Os 30% restantes, são utilizadas com percentual maior de tecnologia, é chamada fonte de biomassa "moderna", são utilizadas para produção de biocombustíveis, como etanol, biodiesel e biogás.

Para produção de biogás, são inúmeros os materiais que podem ser utilizados durante o processo, como o esterco de gado, de suínos e aves, resíduos alimentares residenciais e de restaurantes, restos animais advindos de matadouros e frigoríficos, bem como palha, grama, cascas de arroz, milho entre outros. Também podem ser classificados efluentes de esgoto vindos de residências e fábricas, desde que estejam em condições de utilização. (FERRAZ; MARRIEL, 1980).

No Brasil, a biomassa como fonte de energia vem apresentando vantagens significativas, é uma das principais responsáveis na diversificação da matriz energética do país, contribuindo também para redução da dependência externa de combustíveis fósseis, como petróleo e gás natural. Além disso, a biomassa contribui de maneira direta para o desenvolvimento sustentável, especialmente através da utilização de mão de obra local na zona rural, podendo assegurar o fornecimento de energia para comunidades isoladas, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste. Comparada aos combustíveis fósseis, a biomassa oferece vantagens ambientais notáveis, especialmente em relação às emissões de gases de efeito estufa. (GENOVESE; UDAETA; GALVAO, 2006).

Em relação ao uso energético do biogás no Brasil, o mesmo já é realizado há pelo menos 40 anos. Seu destino tem sido a produção de energia elétrica, térmica, e mecânica, além de sua utilização para produção de biometano, resultando em benefícios aos setores ambiental e econômico. (LINS et al., 2022). Em 2020, as fontes renováveis contribuíram com cerca de 48,4% da energia consumida no Brasil, enquanto as fontes não renováveis foram responsáveis por 51,6%. (SOUSA; RIZZATTO, 2022).

2.1.7 Biogás

As fontes de energias renováveis surgem como uma alternativa para substituir as fontes tradicionais, além disso, seu uso não acarreta danos ao planeta. As fontes de energias convencionais contribuem para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, responsáveis por causar alterações climáticas, entre outros efeitos. Seu uso em grandes proporções vem gerando debates, acerca dos efeitos negativos que vem causando ao planeta. Com isso surge a necessidade de buscar alternativas para

substituição do uso de tais combustíveis, por fontes que agridam menos o meio ambiente. Em virtude disso, os biocombustíveis apresentam uma alternativa positiva nesse quesito. (MOURA, 2022).

As fontes de energia renováveis são a opção mais indicada para substituir os combustíveis fósseis na geração de energia. Isso se deve ao fato de que, causam menor impacto ambiental e reduzem a dependência de produtos derivados do petróleo. Além disso, em certas localidades mais isoladas, a autogeração de energia limpa, além de contribuir para o meio ambiente, também pode ser uma alternativa viável, devido à escassez de combustíveis fósseis disponíveis. (BORGES et al., 2017).

O biogás é um combustível renovável e surge como uma alternativa sustentável. Formado pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica, para sua produção são necessários diferentes grupos de microrganismos, além de fatores como temperatura, tipo de substratos e pH. A temperatura é ponto crucial na produção do gás, que alcança seu melhor rendimento quando a mesma está em torno de 35 graus Celsius. Na medida que a temperatura diminui, o processo de produção se torna mais lento, sendo drasticamente afetado a 15 graus. Em dias muito frios, a adição de sulfato de anis e melão, pode ajudar no problema. Em regiões de clima temperado, é necessário utilizar uma serpentina como aquecimento. (FERRAZ; MARRIEL, 1980).

O biogás bruto geralmente consiste em um terço de metano, um terço de dióxido de carbono e um terço por outros gases como nitrogênio, e hidrogênio. A formação do gás metano requer um ambiente sem oxigênio e uma digestão eficiente pelas bactérias produtoras do gás. (KARLSSON et al., 2014).

Segundo Lins et al. (2022) embora CO₂ e CH₄ sejam gases de efeito estufa, sua produção e emissão podem ser controladas quando gerados pela digestão anaeróbia. O biogás resultante pode ser utilizado diretamente para cocção ou armazenado para posterior purificação e utilização. O processo de biodigestão para produção e uso energético do biogás também contribui para a minimização do efeito estufa, tendo em vista que contribui para o direcionamento adequando da matéria orgânica em decomposição.

A produção de biogás acontece através de biodigestores, que são definidos por Ferraz; Marriel (1980), como tanques fechados onde se produz o gás metano através da fermentação anaeróbica de resíduos orgânicos, como dejetos de animais e restos vegetais, também podendo ser restos de lixo residenciais e industriais em condições adequadas. Existem diversos tipos de biodigestores, sendo a escolha do modelo ideal

determinada pelo tipo de resíduo disponível, a quantidade de material e a demanda necessária por biogás.

Nascimento (2014) classifica o biogás, como um gás incolor, que pode ser usado como fonte direta de energia térmica, combustível individual ou complementar a outros combustíveis, como gás natural e o GLP. O metano é o principal componente do biogás, e seu aproveitamento energético apresenta-se como uma iniciativa importante na busca por fontes energéticas sustentáveis.

O biogás é um gás leve e de baixa densidade. Sendo mais leve que o ar, ele apresenta menores riscos de explosão, pois sua acumulação fica mais difícil. No entanto, sua baixa densidade faz com que ele ocupe um volume significativo e torna sua liquefação mais difícil. (GENOVESE; UDAETA; GALVAO, 2006).

De acordo com Franqueto; Silva (2020) em 1920 surgiu a primeira estação de tratamento de esgoto voltada para produção de biogás, sendo essa na Alemanha. Já no ano de 1921 na China, o biogás estava sendo produzido para uso comercial, utilizando-se de resíduos orgânicos domésticos. Com o passar do tempo, novas tecnologias foram surgindo, e popularizando esta prática. Recentemente o continente europeu expandiu suas plantas de produção do biogás, e vem se destacando mundialmente com sua produção, tendo como um dos principais motivos, os crescentes debates acerca da busca por fonte de energias mais sustentáveis, assim como o surgimento de novas políticas e oportunidades energéticas propiciadas pelas fontes renováveis.

O Brasil possui uma grande produção de bovinos, suínos e aves, assim também como grãos. Com o aumento da cadeia produtiva do setor agropecuário brasileiro, questões relacionadas aos impactos ambientais gerados por essa atividade também aumentou. O uso de biodigestores acaba sendo uma alternativa favorável, no tratamento dos resíduos deste setor, pois além de contribuir com manejo desses materiais, o processo também pode ser utilizado na produção do biogás e o biofertilizante. (WEIRICH et al., 2022).

Quase todo biogás produzido no Brasil é utilizado para produção de energia, tendo como principal fonte de biomassa, os resíduos sólidos urbanos, resíduos da produção de açúcar e também do etanol, assim como dejetos animais. O Brasil ganha destaque na América pois possui uma das maiores usinas de energia a partir de biogás do mundo, localizada no estado de São Paulo, a Usina Termelétrica UTE Aterro Bandeirantes. Em 2013 cerca de 22 aterros sanitários espalhados pelo país,

utilizavam a produção de biogás para fornecer energia elétrica para 1,67 milhões de brasileiros, o autor ainda ressalta que o Brasil possui potencial para produzir cerca de 78 milhões de metros cúbicos de biogás e biometano. (FRANQUETO; SILVA, 2020).

Em 2019 o Brasil possuía 548 plantas de biogás, que juntas totalizavam cerca de 1,3 bilhões de metros cúbicos (nm³) de produção por ano no país. Dados atualizados da Cibiogás (2024) mostram uma grande evolução nesses números, no ano de 2023 o Brasil registrou a operação de 348 novas plantas de biogás, chegando a um total de 1.365 em todo país. A Figura 1 mostra sua divisão por estado:

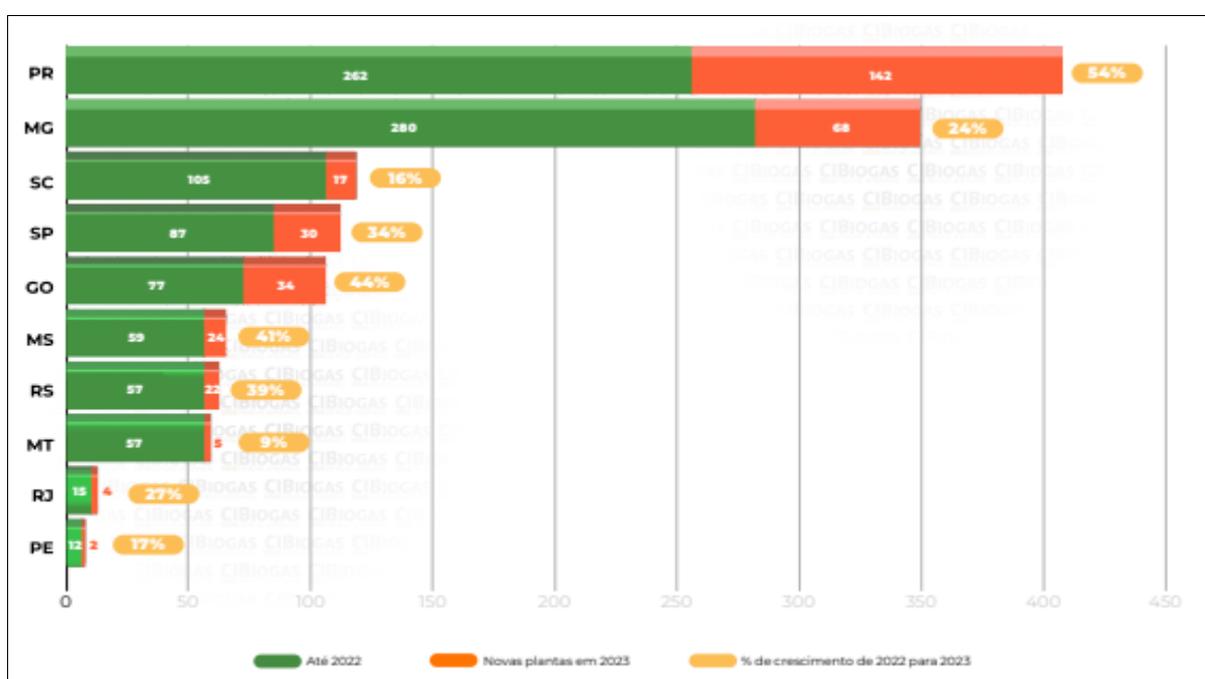


Figura 1: Número de plantas de biogás nos 10 estados mais representativos

Fonte: Cibiogás (2024)

O Paraná é o estado que mais possui plantas de biogás registradas no país (404) e representou um crescimento de 54% de suas plantas em relação ao ano de 2022. Com isso, a capacidade instalada em operação das plantas de biogás no Brasil superou a marca de 4,5 bilhões de nm³/ano. Ainda que esses números sejam significantes, o potencial de produção mapeado no país pode chegar a 84 bilhões de metros cúbicos por ano. (CIBIOGÁS, 2024).

A substituição das fontes de energia fóssil por fontes de energia renovável é tratada como fundamental visando a redução dos impactos ambientais. Além de serem inesgotáveis, as fontes de energia renovável, são alternativas limpas e sustentáveis. Com o aumento gradativo da demanda energética global, surgem como

uma alternativa de preservação ambiental e segurança energética para as futuras gerações.

2.2 Fundamentação teórica

2.2.1 Economia ambiental neoclássica

Segundo Andrade (2008) a relação entre economia e o meio ambiente é marcada por dois extremos, por um lado a consideração da economia, como sendo um sistema isolado de seu meio, e por outro mostra uma relação de interação, onde o meio ambiente age fornecendo recursos para o sistema produtivo. A concepção inicial, de que o sistema econômico era isolado, prevalece a ideia do fluxo circular, onde as empresas produzem e as famílias consomem bens e serviços. Mas tal visão afetou diretamente a percepção dos impactos ambientais que o processo produtivo gerava no ecossistema.

Para os economistas neoclássicos, a sociedade é composta por diversos indivíduos, que através de suas vontades, atos e pensamentos diferentes, acabam contribuindo para a formação da sociedade como ela é. Os neoclássicos explicam que o sistema econômico funciona em seu perfeito estado, justamente por cada indivíduo buscar seu auto interesse. (BAKRI, 2018).

Segundo a teoria neoclássica, se fosse necessária uma redução dos níveis de produção em decorrência da degradação ambiental, ocorreriam limitações diretas no crescimento econômico, podendo afetar até mesmo a capacidade da agricultura em fornecer alimentos, resultando em uma população menor com o passar do tempo. Tal controle poderia levar também, a uma diminuição na oferta de mão de obra, desestimulando investimentos no setor industrial. Essa situação provocaria a estagnação do crescimento econômico, alcançando o que os economistas clássicos chamavam de estado estacionário da economia. (OLIVEIRA, 2023).

Conforme Gonçalves (2017) a escola neoclássica considerava que, os recursos naturais necessários para o desenvolvimento econômico eram abundantes, ou seja, não representariam um limite quanto ao crescimento da economia a longo prazo. Essa

visão era fundamentada em duas premissas, a primeira se apoia na eficácia dos avanços tecnológicos, os quais poderiam aumentar a produtividade dos recursos naturais disponíveis. A segunda premissa acreditava na existência de uma substituição perfeita entre capital, trabalho e meio ambiente, com o progresso tecnológico sendo a variável essencial para impulsionar o crescimento econômico. Mas segundo Saes; Romeiro (2018) ao não considerar que os recursos naturais possuíam uma certa finitude, os neoclássicos estariam de certa forma produzindo uma visão distorcida, pois defendiam que os recursos naturais, poderiam ser substituídos por outros fatores, como capital e tecnologia.

De acordo com Oliveira (2017) nessa abordagem o sistema econômico era julgado como soberano, dado essa condição, não deveria se preocupar com a quantidade necessária de extração dos recursos naturais para sua produção, nem com o despejo de lixo ao final do processo produtivo. As questões ambientais eram algo fora de seu sistema, determinado isso, eram ignorados.

Os clássicos em seus conceitos, buscavam alcançar uma gestão eficiente dos recursos naturais. Suas bases teóricas eram fundadas em uma concepção egoísta dos indivíduos, que segundo eles são seres que interagem racionalmente nos mercados na busca por maximização de utilidade. Instituiu uma abordagem que analisava os processos de formação de preços no mercado como um sistema fechado, onde as empresas vendem seus produtos e remuneram os fatores de produção. A economia ambiental adotou os conceitos dominantes da economia neoclássica tradicional, e incorporou seu poder de mercado na alocação de recursos ambientais de maneira ótima e eficiente do ponto de vista social. (BAKRI, 2018).

A teoria neoclássica tradicional começou a incorporar em suas teorias, considerações ambientais, somente após sofrerem pressões de outras correntes, acerca da percepção de que o sistema econômico exercia enorme pressão sobre o ecossistema natural, devido sua expansão. Ao reconhecer que o processo produtivo retira recursos naturais do ambiente e os reintroduz em forma de resíduos, durante e após os processos de produção e consumo. Outro fator que se admitiu, foi sobre a finitude dos recursos naturais, que se usados de maneira exaustiva, poderiam acarretar em uma escassez de matérias-primas, hipótese que antes era descartada. A poluição gerada pelo sistema econômico durante o processo produtivo também passou a ser considerada, e ressaltou-se que poderia afetar diretamente a capacidade dos ecossistemas de assimilar os resíduos. (ANDRADE, 2008).

De acordo com Mueller (1996) até o final da década de 1960, a teoria neoclássica desconsiderava que eventuais problemas ambientais, resultariam em falhas significativas e duradouras nas economias de mercado. Contudo após essa época, ficou claro de que as externalidades negativas provocadas pela expansão econômica no meio ambiente, eram parte intrínseca e inevitável dos processos produtivos. Isso levou aos primeiros esforços da economia tradicional, para revisar suas bases teóricas, mas, no entanto, foram feitas apenas adaptações na estrutura analítica da teoria convencional, e não foram verdadeiramente adotadas medidas práticas.

Ao final dos anos de 1960, surgiram as primeiras análises relacionando crescimento econômico e formas que agredissem menos o meio ambiente, frente a sua extração. Surgindo assim a denominada Economia Ambiental Neoclássica, que abordava as trocas entre meio ambiente e sistema econômico, antes desconsideradas. O capital deixa de ser somente aquele produzido pelo sistema econômico, a concepção desse termo por essa corrente é mais ampla, envolvendo capital humano, social e o natural. Nesse sentido o desenvolvimento econômico deveria adaptar uma forma mais sustentável de extrair os recursos naturais, fazendo uso dos mesmos e ao mesmo tempo conservando esse capital. (OLIVEIRA, 2023).

De acordo com Barbosa (2008) Jevons criou o princípio microeconômico da equi-marginal, definiu que a comparação entre o valor marginal advindo do uso de determinado bem definirá sua alocação ótima, argumento que serviu de fundamento para a abordagem ambiental neoclássica que vai tratar da extração dos recursos naturais ao longo do tempo. Jevons também foi quem iniciou a análise de utilidade marginal decrescente como determinante de valor. Walras definiu que os valores dos bens no sistema econômico, estava ligado às decisões dos gastos dos consumidores. Já na visão de Marshall o determinante do preço era explicado pela interação entre oferta e demanda, sendo essa oferta relacionada com o progresso tecnológico, na busca por minimizar seus custos de produção, e a demanda relacionada com a preferência dos consumidores.

Após isso, dadas as características de oferta e demanda expostas pelo autor, constatou-se que a escola ambiental neoclássica passou a considerar ambas, na tentativa de resolver determinadas questões de valoração ambiental. Do lado da oferta, o progresso tecnológico passou a ser considerado como ponto capaz de fundamentar uma noção de sustentabilidade, já do lado da demanda foi identificado

um mecanismo de valoração dos recursos naturais, dada a revelação das preferências dos consumidores. (BARBOSA, 2008).

A visão econômica quanto às questões ambientais, teve novos rumos na década de 1970, devido um aumento considerável no nível de poluição nos países desenvolvidos, o aumento no preço do petróleo entre os anos de 1973 e 1979, o que reforçou que as considerações sobre a degradação ambiental, e sua finitude. E um terceiro ponto predominante dessa aproximação entre o sistema econômico e o meio ambiente foi um relatório denominado “Os limites do Crescimento”, que evidencia se o crescimento populacional e o do sistema econômico se mantivessem a nível acelerado, o meio ambiente não suportaria continuar fornecendo insumos para produção, o que acarretaria em graves problemas ambientais, sociais e econômicos. (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Oliveira (2022) ao tratar da visão neoclássica sobre a problemática ambiental, observa-se que, na literatura, essa percepção estava relacionada ao conceito de sustentabilidade fraca, pois partia do pressuposto de que o investimento, ou seja, a substituição de capital natural (KN) por capital produzido (K), compensaria as futuras gerações pelas perdas de ativos decorrentes do consumo e produção atuais. No entanto, essa ideia foi alvo de críticas tanto pelas hipóteses assumidas quanto pela inconsistência metodológica. A abordagem da sustentabilidade fraca não reconhece as propriedades exclusivas de certos recursos naturais, que não são produzidos pela ação humana e, portanto, não podem ser substituídos. Além disso, o consumo de capital natural pode ser irreversível.

Quanto à inconsistência metodológica, está se relaciona à questão da valoração do capital. A ideia de que se pode combinar capital produzido e capital natural para chegar a um numerário comum, baseado no sistema de preços corrente, é problemática, pois o sistema de preços vigente não consegue capturar os diversos aspectos ecossistêmicos, o que constitui o problema original na valoração dos recursos naturais. (OLIVEIRA, 2022).

Os neoclássicos enfatizavam que o mercado era o melhor lugar para alocar eficientemente os recursos, tendo em vista que os agentes buscam maximizar benefícios e minimizar custos. No entanto, falhas ocorrem quando bens transacionados são públicos, sendo a privatização sugerida como solução. Para recursos como a capacidade de absorção de resíduos, que não seria possível privatizar, propõe-se tornar exclusivos através da internalização de externalidades,

como a poluição. Isso pode ser alcançado com regulação estatal, estabelecendo preços e criando um mercado para esses recursos, atingindo o equilíbrio chamado de "Poluição Ótima". (MATOS, 2017). O termo "Poluição Ótima" de acordo com Mueller (1998) estava relacionado com a criação de instrumentos para precificação das externalidades ao meio ambiente, como tributos ou licenças para poluir.

Segundo Santos (2009) a aplicação desse conceito à análise dos impactos ambientais da atividade produtiva teve origem com Pigou, que reconheceu a dependência do bem-estar em relação ao meio ambiente e introduziu o conceito de externalidade, particularmente negativa. Ele destacou os efeitos que o meio ambiente tem na qualidade de vida das pessoas e defendeu a correção dessas externalidades por meio de cobranças, administradas pelo Estado, como forma de correção.

Pigou acreditava que todas as externalidades poderiam ser avaliadas monetariamente. Sua abordagem decorre da percepção de que o valor dos bens não reflete completamente os recursos utilizados em sua produção, resultando em uma falha de mercado na alocação eficiente desses recursos, incluindo os naturais, nos processos produtivos. Assim, a preocupação central de Pigou não era com o meio ambiente em si, mas sim com a correção de falhas de mercado, utilizando pressupostos neoclássicos como base. (SANTOS, 2009).

De acordo com Andrade (2008) o meio ambiente era o provedor de matérias e ao mesmo tempo recebia de volta os resíduos decorrentes do final do processo produtivo, isso fez com que a análise econômica, se preocupasse mais com temas ligados a escassez de recursos e a poluição gerada. Nesse contexto surgiram duas ramificações da teoria neoclássica: a teoria da poluição e a teoria dos recursos naturais.

A teoria da poluição se baseia na premissa de que durante o processo produtivo, os recursos naturais são extraídos, para fins de produção, e o meio ambiente recebe de volta resíduos provenientes do fim do processo produtivo, ou seja, o ecossistema natural vem atuando como fornecedor de matéria e depositário desses dejetos. (GONÇALVES, 2017).

Essa teoria, traz à tona as externalidades antes tratadas como exceções. Segundo ela, com uma definição correta dos direitos de propriedade juntamente de instrumentos de internalização dos custos sociais da poluição, a sociedade seria levada a um nível chamado de poluição ótima, onde se criaria um ambiente de

negociações entre os agentes geradores de externalidades e os agentes afetados pela poluição. (MUELLER, 1998).

Por outro lado, segundo Andrade (2008) a economia dos recursos naturais, discute que a extração de recursos do meio ambiente deve ser pensada de forma a suprir as necessidades presentes, sem prejudicar as futuras. Essa vertente considera o meio ambiente como o provedor dos recursos necessários para o desenvolvimento econômico. Neste ponto, a teoria neoclássica, buscava responder questões referentes ao padrão ótimo de uso desses recursos, já a teoria dos recursos naturais, procura investigar se o caráter finito de tais recursos podem vir a se tornar um obstáculo a expansão econômica.

Tanto a teoria dos recursos naturais como da poluição, definem que a função do meio ambiente é prover recursos para o sistema produtivo, e agir como receptor de dejetos ao final do processo. No entanto, tais teorias não abrangem totalmente os problemas ambientais produzidos por esses casos, e também não oferecem análises sólidas para se saber em que nível o processo de expansão econômica afeta o meio ambiente, em termos de retirada de recursos e despejo de dejetos. (ANDRADE, 2008).

A economia ambiental neoclássica, surgiu para reformular o pensamento clássico tradicional, e mostrar que é possível existir expansão econômica sem degradação dos recursos naturais. Essa corrente não considera que os recursos naturais representam um limite ao desenvolvimento econômico no longo prazo, mas discute formas para que isso ocorra, de maneira com que o meio ambiente não sofra ações, capazes de causar mudanças irreversíveis em seu ecossistema natural. A inclusão dos debates acerca da necessidade de preservação ambiental, aparece no sentido de conscientizar a extração dos recursos naturais e reconhecer que os mesmos são finitos. (BARBOSA, 2008).

2.2.2 Economia ecológica

A economia tradicional não considera as conexões entre o sistema ecológico e as atividades de produção e consumo, focando apenas em fluxos financeiros entre famílias e empresas. Nesse modelo, a natureza é tratada como uma "externalidade",

ignorando os limites ambientais e os custos de oportunidade associados à extração de recursos e ao descarte de resíduos. A expansão econômica é vista como autossuficiente e sem impacto ambiental significativo. Quando a economia tradicional aborda impactos ambientais, trata-se de falhas de mercado que podem ser corrigidas pela internalização de externalidades no sistema de preços. (CAVALCANTI, 2010).

Os debates relacionados com a preocupação da crescente degradação ambiental, em meio ao processo de industrialização, tomaram força em fins da década de 1980. Em meio a isso, surge a economia ecológica, que trouxe consigo a pretensão de analisar de forma completa, as relações ecológicas, econômicas e os impactos dos processos produtivos no meio ambiente. (SAES; ROMEIRO, 2018).

Fatores como o aumento populacional, doenças relacionadas à alimentação, mudanças climáticas e interesses econômicos, entre outros aspectos, têm intensificado a preocupação com a sustentabilidade dos sistemas de produção. Os impactos causados pelo ser humano no meio ambiente, representam um problema significativo que não pode ser compensado monetariamente, exigindo uma reorientação das teorias sobre sustentabilidade. Em 1987, com a publicação do Relatório Brundtland, que estabeleceu diretrizes para o desenvolvimento sustentável, o desequilíbrio ecológico ganhou maior relevância. Nesse relatório, a sustentabilidade foi definida como a capacidade da geração atual atender suas necessidades sem comprometer os recursos disponíveis para as gerações futuras. (ROCHA; PEREIRA; BARETTA, 2020).

A economia ecológica teve início, após uma necessária evolução do pensamento e da forma de tratar o meio ambiente feita pelos clássicos. Essa vertente defende a alocação eficiente dos recursos sem apelar pelo fim dos mercados, que segundo ela são necessários. Mas apesar disso, questiona sua forma de produção e consumo, e se posiciona contra a ideia de plenitude dos recursos naturais, reforçando que os mesmos possuem finitude. (BAKRI, 2018).

O romeno Georgescu-Roegen, matemático, estatístico e economista heterodoxo, é uma das grandes referências quando se fala em economia ecológica. Segundo ele, a economia não é um sistema fechado, como defendem os economistas tradicionais, mas sim um sistema inserido no ecossistema, sendo uma parte do todo. Matéria e energia são captadas pelo sistema econômico, transformadas em produtos e serviços, e depois se tornam lixo. Esse processo no sistema econômico é semelhante ao dos seres vivos, que consomem recursos, utilizam o necessário para

si e descartam o restante no ambiente. Em outras palavras, os seres vivos aumentam a degradação do sistema como um todo, e a presença da vida acelera esse processo de degradação. (OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Andrade (2008) a economia ecológica, busca integrar conceitos das ciências econômicas e das demais ciências, na tentativa de oferecer uma perspectiva assimilada das relações entre o meio ambiente e o sistema econômico, com o objetivo de contribuir na busca por soluções estruturais relacionadas aos problemas ambientais. A introdução da economia ecológica, é definida como a relação entre os ecossistemas e os sistemas econômicos. Está voltada para os aspectos ambientais, apoiada na ideia do princípio de escassez, e na análise da internalização das externalidades, causadas pelos impactos ambientais. (CASAGRANDA; AZEVEDO, 2017).

A economia ecológica não se contrapõe ao uso dos recursos naturais, ela entende que sua extração é necessária, desde que seja feita de forma a respeitar os limites sustentáveis da natureza. O que ela recrimina, é seu uso de forma inconsciente e a desconsideração feita pela teoria neoclássica, de que tais recursos eram finitos. (ANDRADE, 2008).

Segundo Cavalcanti (2010) a economia ecológica surge como resposta a cem anos de especialização científica que deixou o mundo incapaz de entender ou gerenciar as interações entre os componentes humanos e ambientais do planeta. Em um mundo interconectado e em constante evolução, a ciência reducionista ampliou o conhecimento em diversas situações, mas nos privou da capacidade de formular e resolver problemas decorrentes das interações entre humanos e a natureza. A percepção crescente de que o sistema ecológico que sustenta a vida é cada vez mais ameaçado é, de fato, o ponto de partida que impulsionou a formalização da economia ecológica.

Toda atividade humana impacta o ecossistema, seja pela extração de recursos ou pelo descarte de dejetos. A natureza é a fonte de vida da terra, e também o destino final dos resíduos e bens quando chegam ao final de sua vida útil. O processo econômico, como parte de um subsistema aberto dentro do ecossistema global, deve respeitar limites, promovendo o desenvolvimento sustentável que não cause danos irreparáveis ao meio ambiente. Reconhecer as conexões entre o sistema econômico e o ecológico é essencial para alcançar um mundo sustentável onde a vida não esteja ameaçada de extinção nem seja tratada como uma externalidade. Este é o objetivo

de um novo modelo de desenvolvimento, frequentemente visto como utópico, chamado de desenvolvimento sustentável, inspirado pela ecologia. (CAVALCANTI, 2004).

Para Carrilho; Sinisgalli (2019) economia ecológica, derivada do conceito chamado de sustentabilidade forte, considera o sistema econômico como um subsistema integrante de um todo maior, com restrições à sua expansão. Nesse contexto, o capital natural e outros tipos de capital são vistos como essencialmente complementares e não totalmente substituíveis. Embora o progresso científico e tecnológico seja fundamental para melhorar a eficiência no uso dos recursos naturais, não se assume a possibilidade de uma substituição total do capital natural. Adota-se, portanto, uma postura mais cautelosa em relação à ideia de que esse progresso poderia eliminar as limitações impostas pelos recursos naturais ao sistema econômico.

Diferentemente da economia ambiental neoclássica, a economia ecológica postula as trocas de matéria e energia entre o sistema econômico e o meio ambiente. Para os economistas ecológicos, a análise do sistema econômico leva em conta os fundamentos biofísicos que regulam o sistema natural e sustentam o sistema econômico. Diante disso, o maior desafio da economia ecológica é atuar como mediadora entre os conceitos da dimensão biofísica-ecológica e os conceitos da dimensão socioeconômica normativa. (ANDRADE, 2008).

Afirma Teixeira; Souza (2016) que os principais pressupostos da economia ecológica então acerca da intensificação de práticas relacionadas a reciclagem, a minimização do uso de energias não renováveis e de materiais danosos ao meio ambiente, a valoração da extração ambiental, e a minimização da poluição. Um dos fundamentos centrais da economia ecológica, está relacionado com a escala que o sistema econômico vem operando, em relação ao meio ambiente, o crescimento exacerbado do sistema econômico, sem levar em consideração o ecossistema que o sustenta, pode acarretar em mais prejuízos do que benefícios a humanidade.

Nesse mesmo sentido Casagrande; Azevedo (2017) ressaltam que a introdução da economia ecológica, definida pelas relações entre os ecossistemas e os sistemas econômicos, passou a buscar a compreensão da aplicação da economia neoclássica em relação aos problemas de recursos ambientais, ela se diferencia da economia tradicional ao enxergar e analisar todo o sistema econômico como um subsistema que depende e está contido no ecossistema global. A economia ecológica

ênfatiza que o crescimento econômico não é um fim em si mesmo e que o crescimento físico contínuo da economia é insustentável. Eventualmente, os custos necessários para manter o crescimento superam os benefícios advindos desse crescimento.

Considerando que alguns recursos em nosso ecossistema são finitos, e não podem ser substituídos meramente por capital, a economia ecológica pressupõe que a vida na terra esteja em risco de desaparecer, caso certos bens naturais sejam perdidos ou comprometidos de forma irreversível. Diante disso, levar em conta as restrições ecológicas para o desenvolvimento econômico e social revela uma nova consciência sobre os problemas ecológicos globais. A economia ecológica destaca que as pressões do crescimento econômico humano sobre os sistemas naturais e a limitação da escassez de recursos não podem ser ignoradas e devem ser abordadas pela economia. Portanto, a economia ecológica não é apenas um ramo da teoria econômica convencional, mas uma revisão profunda da ciência econômica, com o objetivo de incorporar a ética ecológica à economia. (SILVA, 2021).

Já de acordo com Fernandez (2011) a economia ecológica defende que as tratativas ambientais e as perspectivas de um desenvolvimento sustentável não podem ser compreendidas apenas dentro dos marcos da economia ou da ecologia tradicionais. Ela propõe, portanto, uma análise baseada na interdependência desses dois sistemas. Sendo um campo de pesquisa emergente e extremamente diversificado, ela integra contribuições diversificadas, utilizando conceitos e instrumentos tanto da ecologia quanto da abordagem econômica tradicional.

A economia ecológica tem seu comprometimento com o posicionamento valorativo, que reconhece a necessidade de defender a equidade social, para as gerações atuais e para as futuras, isso significa que a eficiência econômica e a conservação ambiental não são tratadas isoladamente, ela também se preocupa com a distribuição justa dos recursos e dos benefícios do desenvolvimento. (FERNANDEZ, 2011). Para Velloso et al. (2023) a gestão adequada dos recursos ambientais deve incorporar o valor dos ecossistemas ao preço dos ativos naturais. Essa é a maneira de garantir que o uso racional dos recursos e as políticas de preservação ocorram de forma mais eficiente.

Mas de acordo com Matos (2017) a teoria ecológica se contrapõe a teoria desenvolvida pelos neoclássicos, pois sua definição de poluição ótima pode ultrapassar a capacidade de absorção do meio ambiente, podendo acarretar em danos irreversíveis ao ecossistema, com potencial para geração até mesmo de

catástrofes ambientais. Para a economia ecológica, o ecossistema tem um limite de resiliência que deve ser a base para definir o nível de poluição aceitável, eles reconhecem que a poluição é inevitável, mas afirmam que ela deve respeitar os limites ambientais, exigindo uma escala sustentável de produção. O avanço tecnológico e as preferências dos consumidores devem se ajustar à quantidade de recursos ecossistêmicos disponíveis, com isso, os economistas ecológicos defendem que se a capacidade de carga do ambiente for desconhecida, as atividades devem ser restritas.

Na economia ecológica, há uma ênfase nos limites dos recursos naturais e na capacidade de carga da terra. Ela rejeita a suposição de substitutibilidade presente nas funções de produção neoclássicas, demonstra desconfiança em descontar custos e benefícios futuros e em monetizar danos ambientais. Além disso, há uma preocupação substancial de que altas taxas de desconto possam de certa forma prejudicar as gerações futuras. (BARROS NETO; FONTGALLAND, 2023).

Uma implicação da perspectiva econômico-ecológica é de que a expansão do sistema econômico acarreta custos de oportunidade ambientais positivos, dado que o meio ambiente possui recursos escassos. Mesmo que esses custos fossem ignorados no passado, os economistas ecológicos buscam demonstrar que o aumento da produção econômica resulta na redução do meio ambiente, de forma que a produção econômica em grande escala sem uma visão sustentável, pode de certa forma sacrificar recursos como florestas, solo, água, ar, biodiversidade, estabilidade climática, entre outros. Reconhecer isso é uma consequência da visão ecológica da economia. (CAVALCANTI, 2015).

De acordo com Rocha; Pereira; Baretta (2020) a sustentabilidade, para a economia ecológica, envolve três escalas temporais, sendo curto, médio e longo prazos. Existem divergências nas concepções de sustentabilidade devido ao uso de diferentes escalas de tempo para abordar o mesmo problema. Segundo a teoria, as atividades humanas tendem a gerar desordens no sistema a longo prazo. Para tornar o mundo viável para as futuras gerações, é essencial observar e respeitar os limites da natureza, buscando minimizar a produção de energias que causam degradação ambiental e escassez de recursos não renováveis.

2.2.3 Economia circular

Desde o surgimento da primeira revolução industrial, o que molda as economias globais é o modelo denominado de economia linear, que em seu processo basicamente extrai recursos do meio ambiente, os transforma em bens e após isso, descarta os resíduos resultantes, que acabam voltando ao meio ambiente. Esse processo vem afetando o ecossistema de maneira gradual, de duas formas. A primeira diz respeito a extração de forma insustentável dos recursos naturais, e a segunda relacionada com a poluição acentuada que esse modelo produz, que ocorre tanto no processo de extração, quanto ao fim da produção, que acarretam reduzindo o valor do capital natural. (CABRAL et al., 2024).

Com o passar do tempo a influência do ser humano no meio ambiente, vem se tornando mais expressiva, as alterações provocadas por estes, vêm ocorrendo de forma mais intensa do que o ritmo de regeneração da natureza, limitando o ciclo natural do ambiente. Nas últimas décadas, esforços vêm sendo concentrados, na tentativa de implementar um novo modelo de desenvolvimento econômico, que tenta contornar a exploração e o desperdício de recursos, buscando uma forma mais sustentável de expansão. O modelo linear caracterizado pelo ciclo de produzir, usar e descartar, nesta perspectiva se torna insustentável, pois agride o meio ambiente e gera resíduos que não podem ser reaproveitados ao final de sua vida útil, a economia circular aparece no sentido de fazer com que essas práticas sejam repensadas. (LIMA; LEITÃO; SILVA, 2021).

O modelo contemporâneo de produção, desenvolveu diversas formas de suprir as necessidades dos seres humanos, a partir da extração e transformação de recursos. O termo economia circular, tem como base a ideia de que economia e meio ambiente podem conviver de forma saudável, utilizando recursos restantes de determinados processos produtivo, e sendo aproveitado como recurso em outro. Com isso essa vertente vai em direção contrária ao modelo linear, em direção a um modelo no qual os produtos que compõem o processo produtivo, são valorados de forma diferente, compondo uma economia mais forte. (CRUZ et al., 2018).

A economia circular busca efetivar mudanças na cadeia de produção tradicional, alterando formas de consumo e extração. Ela entende que o modelo tradicional de produção, usa de forma incessante recursos extraídos da natureza, e

em uma velocidade incapaz de permitir que o ecossistema se autorregenere. No modo linear, o crescimento da economia, necessita sempre de mais extração dos recursos naturais. No modelo circular, esse crescimento econômico é desvinculado da exploração dos recursos naturais, buscando sempre desenvolver novos ciclos de materiais e novos modelos de negócios. (CAMPELLO, 2021). Segundo Santos; Borges (2023) todos os recursos que vão ser utilizados na produção, devem ser pensados para que possam vir a ser reutilizados, ou que pelo menos se reintegrem com facilidade ao fim da vida útil na natureza.

A economia circular vem ganhando evidência em discussões sobre desenvolvimento econômico, por abordar práticas mais sustentáveis e que combatem ameaças ao meio ambiente. As práticas relacionadas a economia circular surgiram a partir dos anos de 1990 na Alemanha, e nos anos 2000 na Ásia. A primeira importante mudança provocada por esta corrente na Alemanha foi em 1996, onde se estabeleceu uma lei de tratamento fechado de lixo, que seria tratado antes de ser descartado no meio ambiente. Em detrimento disso, o Japão em meados dos anos 2000, também aderiu a essa proposta, decidiu melhorar seu tratamento de lixo sólido, visando gerar um melhor uso das terras e recursos geridos pela indústria nacional. A partir disso, outras grandes economias como China, Brasil, entre outras, também iniciaram a implementação circular em suas ações. (LEITÃO; FERREIRA, 2022).

De acordo com Lima; Leitão; Silva (2021) a economia circular traz uma nova abordagem mais sustentável sobre os processos de produção e consumo. Essa nova proposta propõe manter produtos e materiais em seu mais alto nível de utilidade, e pelo maior tempo possível em circulação. Segundo Faria (2018) a economia circular se baseia em três princípios fundamentais. O primeiro princípio visa preservar e melhorar o capital natural, controlando recursos finitos e gerenciando o uso de recursos renováveis. O segundo princípio envolve otimizar o rendimento dos recursos através da circulação de produtos e materiais, buscando intensificar seu uso. O terceiro princípio é focado na eficiência do sistema, abordando principalmente as externalidades negativas. Em conjunto com esses princípios, há uma redução dos danos causados pelo consumo, abrangendo diversas áreas, desde alimentação até mobilidade.

Faria (2018) ainda ressalta que muito se fala sobre o modelo circular começar apenas na fase de descarte do produto, porém, ao contrário disso, o processo tem início muito antes. Devido à ausência de resíduos ao final da produção, materiais que

não podem ser reutilizados são eliminados antes mesmo de iniciar o processo, sendo substituídos por materiais biológicos não tóxicos que podem ser reintegrados na natureza sem causar danos, e ainda proporcionar benefícios ao solo. Além de respeitar as especificidades locais, é essencial prestar atenção aos combustíveis que alimentam todos os processos econômicos. A energia é a base de todas as atividades econômicas e o uso de energia não renovável é totalmente incompatível com os princípios da economia circular.

A implementação de uma economia circular deve priorizar a redução do uso de recursos pela empresa, ao contrário disso, as práticas adotadas podem levar a modelos de negócios insustentáveis. A economia circular não é apenas uma abordagem preventiva, com o objetivo de reduzir os impactos negativos no ambiente, mas também uma forma de minimizar desperdícios e danos através do planejamento de processos, desde o *design* até a produção, de forma mais eficiente. Ela pode agir de forma a impulsionar o crescimento econômico, criando novas oportunidades de negócios, mas sustentáveis poupando custos de materiais, reduzindo o estresse e o impacto ambiental. (REIS; FERNANDES, 2021).

A economia circular busca propor uma forma de maximizar a utilidade de valor dos materiais utilizados na produção, transformando resíduos em recursos, quebrando o ciclo de economia linear de extração, que consiste no processamento, consumo e descarte. A economia circular visa reduzir as emissões de resíduos no meio ambiente, e ao mesmo tempo gerar benefícios econômicos. Mas para que seja feita implementação dos conceitos da economia circular, é necessário que primeiro exista uma mudança estrutural nas indústrias bem como na sociedade. (ALVES et al., 2022).

Diante disso a economia circular surge como uma forma para se atingir o desenvolvimento econômico sustentável, pois objetiva a geração de valor do produto ou serviço, de forma a evitar excessos, assim como o uso demorado dos recursos naturais durante o processo de produção. No modelo de economia circular, a matéria prima é extraída em cima de um planejamento, visando sua utilização até sua inserção novamente no meio ambiente. Com isso o modelo almeja a aplicação de novas formas de extração e utilização dos recursos, objetivando aperfeiçoar e prolongar o ciclo de vida útil dos recursos até que sejam novamente reciclados. (ATALANIO; IBIAPINA; MACHADO, 2022).

De acordo Santos; Borges (2023) a Fundação Ellen Macarthur desenvolveu um diagrama sistêmico, demonstrando os ciclos dos materiais dentro de uma economia circular. O primeiro ciclo é responsável por demonstrar o curso dos materiais biodegradáveis. No segundo estão os chamados técnicos. A Figura 2 apresenta o diagrama:

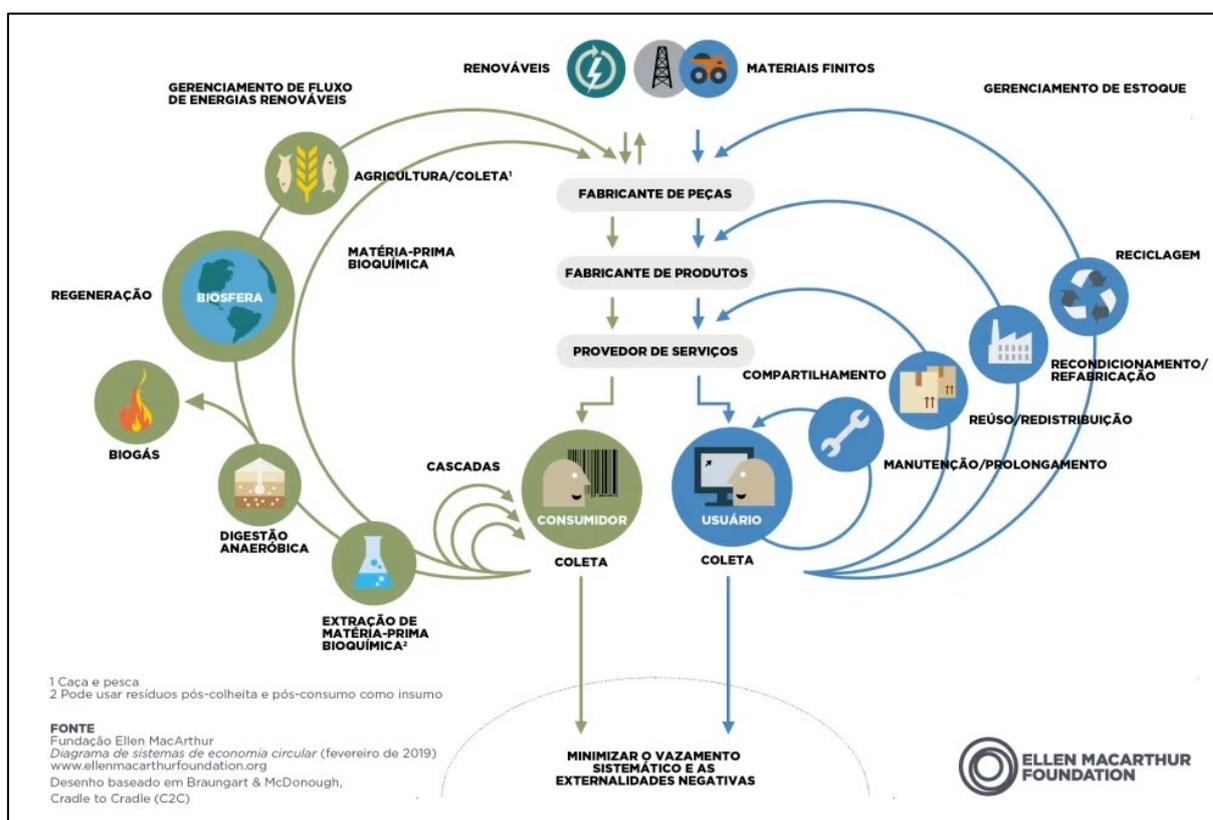


Figura 2: Diagrama borboleta

Fonte: EMF - Ellen Macarthur Foundation (2021)

Ellen Macarthur Foundation – EMF (2021), criou o diagrama sistêmico, conhecido como "diagrama de borboleta", ele representa o fluxo contínuo de materiais dentro de uma economia circular. O diagrama é dividido em dois ciclos principais, o biológico, localizado do lado esquerdo do diagrama, representa os materiais biodegradáveis que não passaram por nenhum processo de industrialização, ou seja, sua reintegração ao meio ambiente ocorre facilmente. O outro localizado ao lado direito, é chamado de ciclo técnico, onde, os produtos e materiais são mantidos em uso contínuo por meio de reuso ou reparo, e apesar de serem de origem natural, após serem transformados, apresentam uma maior dificuldade em sua decomposição quando retornados a natureza.

A fundação Ellen Macarthur define o modelo de economia circular como industrial restaurador, projetado para recuperar de forma circular o produto durante as atividades de produção. (CRUZ et al., 2018). As práticas da economia circular estão de acordo com os 5 R's da sustentabilidade, os quais são: repensar (está relacionado com o ato de pensar, refletir antes de efetuar qualquer compra, com o objetivo de evitar compras por impulso), reduzir (tem o objetivo de incentivar a redução no consumo, e auxiliar na escolha por produtos com maior durabilidade, com o intuito de reduzir a produção de lixo), recusar (indica que ao recusar produtos que prejudicam a saúde e o meio ambiente, colabora-se para um mundo mais saudável), reutilizar (buscar dar uma maior vida útil aos produtos que seriam descartados, reutilizando-os em outros processos), reciclar (possibilita a transformação de algo usado, em um novo produto, podendo conter as mesmas características do antigo ou ser transformado em um produto totalmente diferente). (ALVES, 2023).

De acordo com Paschoalin Filho; Frasson; Conti (2019) a economia circular vem tentando desconstruir a ideia de que a prosperidade da economia só se dará através do consumo excessivo de produtos, sendo possível a criação de um processo de desenvolvimento mais sustentável, e que não dependa tanto da extração de matérias-primas do meio natural.

A sustentabilidade está interligada com a economia circular, com isso a prática da mesma pode contribuir significativamente para diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para Silva; Godoy Júnior (2023), a ODS 6 (água potável e saneamento), ODS 7 (energia limpa e acessível), ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), ODS 12 (consumo e produção responsável), ODS 15 (vida terrestre), tem uma relação contundente com a economia circular, que também contribui direta ou indiretamente para o alcance de outras 28 metas sustentáveis. Para algumas dessas metas as práticas circulares geram contribuições significativas, enquanto para outras pode proporcionar novas formas de abordagem do tema.

De acordo com Pereira; Ribeiro; Cardoso (2019) entre os fatores que buscam justificar a transição para economia circular, podem-se destacar, a estimativa populacional de pessoas que ascendem para a classe média até 2030, seja de 5 bilhões de pessoas, com isso o consumo tende a aumentar; os padrões de consumo populacional são orientados ao desperdício; estatísticas mundiais mostram que os automóveis tendem a passar mais de 90% do tempo estacionado; cerca de 30% dos alimentos produzidos no mundo vão para o lixo. A economia circular, tem o objetivo

de sugerir novos modelos de negócios, mais alternativos, onde as pessoas acessem produtos, sem necessariamente adquirirem, por exemplo: alugueis, compartilhamentos de carros, escritórios, entre outros.

A exploração de recursos naturais, o alto consumo de energias não renováveis e a produção de resíduos têm gerado impactos negativos consideráveis no meio ambiente. No entanto, com o aumento da conscientização sobre essas questões, há uma oportunidade de transformar esses desafios em impulsionadores na busca por inovações e mudanças positivas desse cenário. Buscar a sustentabilidade e utilização eficiente dos recursos naturais e dos bens industrializados de maneira sustentável proporciona condições mais favoráveis para a saúde dos seres vivos, beneficiando tanto o ambiente quanto o crescimento econômico. Além disso, a crescente consciência ambiental entre os consumidores pode resultar em uma maior demanda por produtos fabricados de maneira sustentável, ou seja, a implementação de práticas voltadas a economia circular, pode trazer vantagens tanto ambientais quanto comerciais. (SOUSA et al., 2023).

Em concordância com esse pensamento Silva; Godoy Júnior (2023) ressalta que o sistema circular tende a impulsionar a economia local, gerar empregos e reduzir os impactos das atividades humanas no ecossistema. Trata-se de um modelo de gestão inovador que pode promover melhorias no tripé de performance econômico ambiental e social. Por sua natureza restaurativa, diversos fatores incentivam a adoção da economia circular, como a variabilidade dos preços das commodities e energia, crises econômicas e a diminuição do acesso ao crédito. A principal motivação para sua implementação é a finitude dos recursos naturais.

Segundo Corrêa; Ribeiro (2022) a maioria das empresas não foi construída para se inserir automaticamente as oportunidades que a economia circular oferece. Suas estratégias, estruturas e cadeias de suprimentos estão enraizadas na abordagem linear de crescimento. No entanto, um olhar sobre as práticas ambientais no contexto internacional revela um aumento da preocupação mundial com a geração de resíduos, devido aos impactos causados pelo modelo tradicional de produção. Esse modelo se baseia na extração de matéria-prima e sua transformação em produtos, gerando resíduos ao longo do processo e após o consumo.

Diante disso, a necessidade de desenvolver modelos que permitam ampliar as atividades de reciclagem e reutilização de resíduos dos processos produtivos era essencial. Sabe-se que diversos tipos de resíduos sólidos podem ser coletados e

reciclados, mas o percentual de reciclagem é extremamente baixo, principalmente nos países em desenvolvimento. Os resíduos restantes dos processos produtivos, acabam sendo direcionados a aterros sanitários, incinerados ou, simplesmente, não são coletados. Em muitos casos são descartados de forma incorreta no meio ambiente, o que contribui para impactos ambientais como: alagamentos, poluição dos lençóis freáticos, águas de rios e oceanos. Outro impacto negativo do descarte inadequado dos resíduos e da não reciclagem, está relacionado às emissões significativas de gases de efeito estufa. (CAMPELLO, 2021).

A economia neoclássica com seu foco na eficiência de mercado e na substituição dos recursos naturais por capital produzido evoluiu ao longo do tempo para incorporar preocupações ambientais, reconhecendo a finitude dos recursos e a necessidade de internalizar as externalidades. Essa transição abriu caminho para a economia ecológica, que ressalta como os sistemas econômico e ecológico estão interligados, propondo uma abordagem integrada que respeita os limites do planeta e promove a sustentabilidade. A economia circular complementa essas ideias ao propor um modelo de produção e consumo que busca eliminar o desperdício e maximizar a reutilização de materiais promovendo um ciclo econômico regenerativo. Com isso, essas abordagens buscam oferecer uma perspectiva integrada, que visa equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, na tentativa de garantir um futuro sustentável para as próximas gerações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente seção inicialmente busca apresentar os materiais da pesquisa, relacionados à empresa aqui tratada como estudo de caso, assim como suas características e particularidades. Na sequência é apresentado o enquadramento classificatório e procedimentos metodológicos adotados ao longo da pesquisa. Por fim, são apresentadas as métricas de análise de investimento utilizadas.

3.1 Material

O estudo se dará em uma empresa de grande porte, do ramo supermercadista varejista localizada na cidade de Inácio Martins-PR.

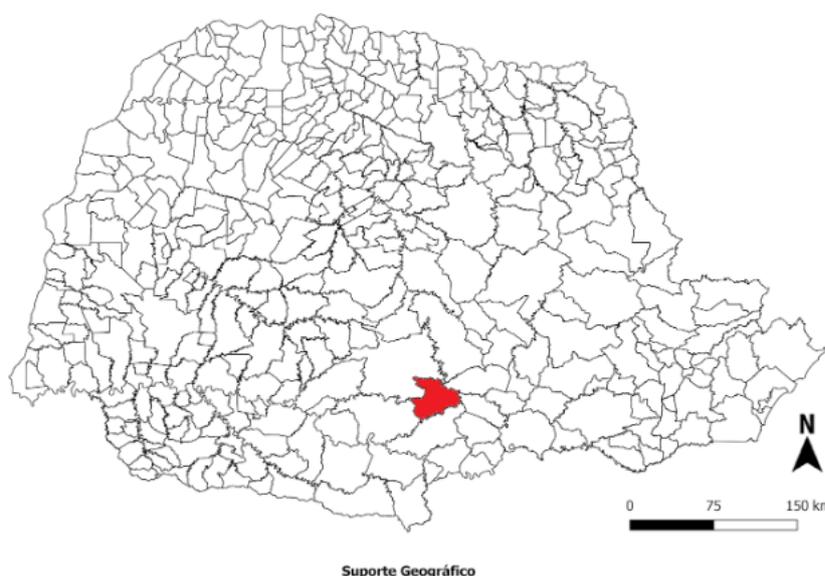


Figura 3: Localização de Inácio Martins-Pr

Fonte: Suporte Geográfico (2024)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2024a) a cidade de Inácio Martins no último censo (2022) atingiu 9.670 habitantes. Conforme dados da Prefeitura Municipal de Inácio Martins (2024) o município está localizado no 3º planalto paranaense, na Serra da Esperança, é considerada a cidade mais alta do Paraná com 1.198 metros acima do nível do mar. Possui área de 936,59 km², dos

quais 932,41 km² são área rural e 4,18 km² área urbana. Inácio Martins tem como ponto forte de sua economia a extração de erva mate e madeira reflorestada do tipo "pinus". Sua distância da capital Curitiba é de 205 km, a norte faz fronteira com Prudentópolis e Irati, a Sul com Cruz Machado, a Leste com Rio Azul e Mallet, e a Oeste com Guarapuava e Pinhão.

A empresa estudada, possui restaurante, padaria, banca de frutas e realiza descarte diário de resíduos sólidos urbanos (biomassa). Com isso surge a possibilidade da autoprodução do biogás, através do aproveitamento de tais resíduos. Sendo assim a empresa além de eventualmente poder substituir sua demanda de gás GLP por sua própria autoprodução do biogás, estará de certa forma contribuindo com a prevenção do descarte inadequado dos rejeitos no meio ambiente.

3.2 Métodos

A presente pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, onde de acordo com Lopes; Maritan (2015) é definida como de interesse prático, capaz de permitir a aplicação dos seus resultados na resolução de problemas específicos. O enquadramento classificatório dos procedimentos adotados ao longo desta pesquisa, são apresentados na Figura 4, que pode servir também como um guia visual na compreensão da estrutura dos procedimentos aplicados.

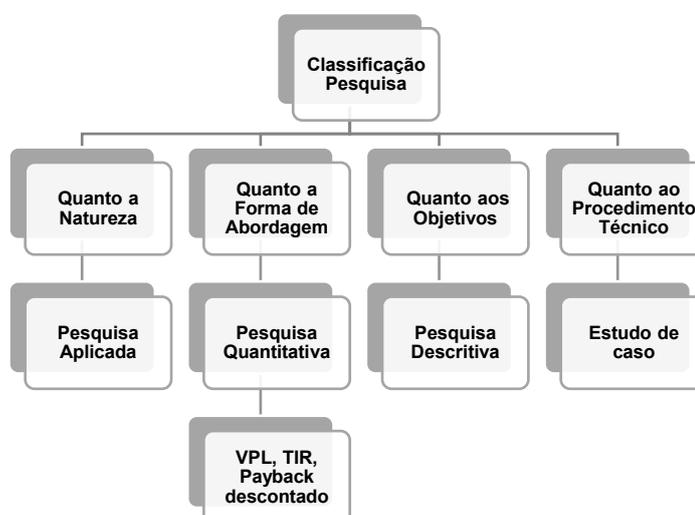


Figura 4: Enquadramento classificatório da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

Vieira; Leite; Kuhn (2023) destacam que a pesquisa aplicada, abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas da sociedade em que os pesquisadores vivem, e tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação de forma que todos consigam replicar. Diante disso pode-se dizer que a pesquisa aplicada permite ao pesquisador delimitar sua investigação, no sentido de solucionar o problema levantado no projeto a partir de necessidades concretas.

Segundo Freitas Junior; Carvalho (2020) a pesquisa aplicada envolve interesses e verdades locais, com intuito de resolver problemas sociais relevantes. Esse tipo de pesquisa utiliza-se de conhecimentos já disponíveis para viabilizar sua aplicação prática, preocupando-se em buscar soluções para problemas reais e imediatos. A pesquisa aplicada tem o compromisso de auxiliar determinada comunidade a resolver seus problemas. Nesse contexto, o termo de pesquisa aplicada pode ser entendido como a capacidade de aplicar seus resultados contribuindo para melhoria nas condições de vida de uma localidade. (ZATTI, 2019).

Quanto a forma de abordagem, é definida como pesquisa quantitativa. De acordo com Pereira; Ortigão (2016) a realização de pesquisas relacionadas ao método quantitativo realmente não são um processo tão simples, mas que a sensação de ser trabalhoso deve-se muito mais a falta de costume na utilização do método, do que propriamente em sua resolução.

Tal forma é utilizada principalmente nas pesquisas envolvendo ciências exatas ou naturais, as quais baseiam seus estudos em números. Na pesquisa quantitativa, tanto o problema quanto as hipóteses são estabelecidas antes da coleta e análise dos dados. Esse tipo de pesquisa caracteriza-se por ser objetiva, busca-se também criar e demonstrar uma teoria com intuito de explicar seus resultados em uma ordem estruturada e calculável. Assim, a abordagem quantitativa, coleta dados para testar hipóteses, utilizando-se de medições numéricas, estatísticas, buscando seguir processos sequenciais e verificáveis para obtenção de resultados. (NOVAES; PASSOS; GONÇALVES, 2022).

Pesquisas quantitativas são recomendadas na resolução de questões que envolvem conhecimento e abrangência de determinados traços de uma população, também é indicada na demonstração da sensibilidade relacionados aos problemas sociais. (PEREIRA; ORTIGÃO, 2016). Segundo Silva; Lopes; Braga Júnior (2014) a pesquisa quantitativa deve ser usada quando há um problema bem definido, e na existência informações bem como teorias sobre o objeto de estudo. Os dados na

abordagem quantitativa podem ser de natureza numérica, como valores de grandezas monetárias, físicas, entre outros

Já no âmbito dos objetivos do estudo, realiza-se uma pesquisa descritiva, na tentativa de detalhar os aspectos observáveis e mensuráveis quanto ao objeto de estudo. Para Dantas; Souza (2023) as pesquisas descritivas tem por finalidade, descrever características de uma determinada população, fenômeno ou relação entre variáveis. Esse tipo de pesquisa, é conclusiva e utiliza técnicas padronizadas durante a coleta de dados, no âmbito de estudar as características específicas do tema tratado.

Em complemento, segundo Bezerra (2014) a pesquisa descritiva é utilizada na obtenção de informações de determinada situação, descrevendo como ela ocorre. Tais informações permitem ao pesquisador obter uma visão, que vai servir como base de críticas ou tomadas de decisão sobre uma situação específica. O objetivo da pesquisa descritiva é buscar analisar, registrar ou examinar relações entre determinados fatos, com o intuito de identificar problemas ou justificar condições, proporcionando esclarecimentos para futuras decisões e planejamentos.

Quanto ao procedimento técnico da pesquisa, foi caracterizado como estudo de caso. Santos et al. (2021) e Anjos; França; Giesta (2023) descrevem o estudo de caso como uma pesquisa empírica, que investiga fenômenos contemporâneos dentro do seu contexto atual, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas.

O propósito de um estudo de caso é coletar informações detalhadas e sistemáticas sobre determinados acontecimentos. Esse procedimento metodológico tende a enfatizar o entendimento do contexto analisado, sem desconsiderar sua representatividade, focando na compreensão da dinâmica atual. O estudo de caso, pode envolver um estudo profundo do objeto de investigação, permitindo um conhecimento amplo e detalhado. (FREITAS; JABBOUR, 2011).

Segundo Meirinhos; Osório (2010) a classificação dos estudos de caso pode ser como intrínseco, instrumentais ou coletivos. Nos estudos de caso intrínsecos, o foco da investigação está no caso particular, com o objetivo de compreender exclusivamente esse caso específico, sem relação com outros casos ou questões mais amplas. Nos estudos de caso instrumentais, o caso em si tem um interesse secundário, sendo utilizado para entender e compreender uma problemática mais ampla por meio da análise do caso particular. Já nos estudos de caso coletivos, os investigadores estudam vários casos para realizar uma análise mais abrangente e,

consequentemente, alcançar uma melhor compreensão e hipótese. A presente pesquisa pode ser caracterizada, como um estudo de caso intrínseco, focada em um caso específico.

3.2.1 Métricas de análise

Um estudo econômico pode auxiliar na confirmação de viabilidade de determinados projetos de investimento. Com isso uma análise econômico-financeira, poderá constatar antecipadamente se o mesmo atingirá os objetivos esperados ou não. Existem variadas técnicas para realizar tal avaliação, quanto mais procedimentos utilizados no cálculo de viabilidade, por empresas ou investidores, menores são a chance de acontecerem erros. (GIOVANINI; ALMEIDA; SAATH, 2020).

Bergmann et al. (2023) ressalta a importância do estudo da viabilidade financeira, para implementação de projetos, diante de uma oportunidade de retorno do mesmo com o passar do tempo. Para que exista viabilidade, os benefícios resultantes do investimento, devem ser maiores do que a aplicação de capital inicial. Com isso, a literatura nos traz instrumentos que auxiliam nessa análise, capazes de proporcionar respostas para tomada de decisão. Nessa seção, são apresentadas as técnicas utilizadas para análise de viabilidade econômica no presente estudo.

3.2.1.1 Valor presente líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é um dos indicadores financeiros de investimento mais utilizados. Segundo Puccini (2016) o VPL é o valor presente dos fluxos de caixa previamente definidos, sendo a soma algébrica dos valores presentes de todos os componentes do fluxo de caixa. O VPL é um dos métodos mais utilizados na avaliação de investimentos, por possuir o intuito de fornecer informações de qual será o ganho monetário ao realizar um investimento a determinada taxa de juros.

De acordo com Oliveira (2008) por considerar o valor do dinheiro no tempo, o VPL é apontado como uma técnica eficaz na análise de investimentos e pode ser representado pela equação 1:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (1)$$

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC_0 = fluxo de caixa no momento zero;

i = taxa de desconto;

n = período de tempo.

FC_j = Valor de entrada ou saída de caixa previsto para cada intervalo de tempo.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é a taxa de desconto que deve ser estabelecida para o projeto. De forma simplificada, a TMA é o retorno mínimo que um projeto de investimento deve gerar para ser considerado viável, ela representa o custo de oportunidade do capital, e poderá ser comparada com outras taxas de investimento, que possam trazer um retorno igual ou maior com riscos similares. (REIS; ARAGÃO, 2015).

Para definição da TMA, utilizou-se a Taxa Selic como referência, por essa representar a taxa básica de juros da economia brasileira, compatível com os trabalhos de Reis; Aragão (2015), Matos; Cruz; Saad (2001), Tito; Peres (2019).

Considerando que a pesquisa buscou fazer uso de valores reais, não nominais, utilizou-se os preços referente ao mês de setembro de 2024. No fechamento do referido mês, o valor nominal da taxa segundo o Banco Central do Brasil - (BACEN, 2024) foi de 10,75% ao ano. Subtraiu-se a inflação acumulada dos doze meses anteriores, até setembro de 2024, onde de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2024b), o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) foi de 4,42%, chegou-se a TMA real de 6,33% aa. Esse foi o percentual mínimo de retorno exigido do investimento.

O VPL deve conter o saldo líquido atualizado definido no projeto, e para isso, é necessário descontar o fluxo de caixa, levando em conta uma taxa mínima de

retorno aceitável. (BERGMANN et al., 2023). Dessa forma, segundo Torres; Diniz Júnior (2013) um VPL positivo, indicara que o projeto está gerando mais caixa do que necessário para pagar o investimento. Por outro lado, no caso de um VPL negativo, indica que o projeto não está gerando o retorno suficiente, e está resultando em perda de valor para a empresa, ou investidor.

3.2.1.2 Payback descontado

O payback é outro método bastante utilizado em análises de investimento, pois consiste em determinar quanto tempo um investimento leva para ser recuperado, porém ignorando a taxa de desconto. O payback descontado atua pontualmente nessa falha, pois considera uma taxa de juros ao realizar o cálculo do período necessário. (OLIVEIRA, 2008). Segundo Giovanini; Almeida; Saath (2020) o payback descontado apresenta uma vantagem sobre os outros métodos de análise de investimento, pois apresenta uma forma de cálculo mais simples. Consiste basicamente no somatório dos valores dos fluxos de caixa acumulados, até que sua soma se iguale ao valor do investimento inicial. Assim de acordo com Oliveira (2008) pode-se quantificar o payback de acordo com a equação 2:

$$VPL = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (2)$$

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC_j = fluxo de caixa até o instante n ;

i = taxa de desconto;

j = índice genérico que representa os períodos $j = 1$ a n ;

FC_0 = fluxo de caixa momento zero.

O payback descontado utiliza um período de tempo em anos como critério para tomada de decisão em determinados investimento. Projetos onde o payback

descontado for igual ou inferior ao tempo estipulado garantem a recuperação do investimento, por outro lado, projetos onde a taxa estipulada é ultrapassada, o projeto tende a ser rejeitado, pois o retorno é inferior ao esperado. (TORRES; DINIZ JÚNIOR, 2013). O payback descontado auxilia também na medição de risco do investimento, quanto menor o tempo de retorno do capital investido, indica que o investimento é mais líquido e menos arriscado. (GIOVANINI; ALMEIDA; SAATH, 2020).

3.2.1.3 Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como a taxa de juros que torna o valor presente de um fluxo de caixa igual a zero (PUCCINI, 2016). Segundo Oliveira (2008), a taxa interna de retorno é o desconto, no qual o valor presente das receitas é igual ao valor presente dos desembolsos. Um investimento onde a TIR se apresenta superior a TMA, significa dizer que o projeto é economicamente atrativo. A TIR algebricamente de acordo com Puccini (2016) se dá pela equação 3:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+i)^j} = zero \quad (3)$$

Em que:

VPL = Valor presente líquido;

CF_j = fluxo de caixa no tempo j ;

i = taxa de desconto.

De acordo com Torres; Diniz Júnior (2013) a TIR representa a taxa de retorno esperada de um investimento. Considerando que os valores analisados ocorrem em diferentes momentos, pode-se dizer que a TIR, ao levar em conta o valor do dinheiro no tempo, retrata a rentabilidade que será obtida no investimento, e para isso, somente é necessário o conhecimento dos montantes de capital e dos fluxos líquidos de caixa. (BERGMANN et al., 2023).

3.2.2 Formação do fluxo de caixa

Para realização do estudo, inicialmente foi feita a pesagem dos resíduos orgânicos durante o mês de agosto de 2024, para possibilitar a quantificação dos rejeitos para dimensionamento dos equipamentos (biodigestores) para produção do biogás. Também foram levantadas as informações referentes a aquisição e consumo de gás GLP, pela empresa, para posterior análise de viabilidade.

Ainda, identificou-se o espaço disponível para instalação de biodigestores, este sendo de aproximadamente 65 m². A quantidade disponível de biomassa foi mensurada separando as biomassas originárias da feira, lanchonete e padaria.

No que se refere ao consumo médio de gás GLP realizado pela empresa, esse foi levantado referente os últimos doze meses. Com as informações referente a disponibilidade de biomassa consultou-se dois fornecedores de biodigestores. As características dos biodigestores estão detalhadas na Tabela 1:

TABELA 1 – DESCRIÇÃO BIODIGESTORES

Descrição	Biodigestor modelo 1	Biodigestor modelo 2
Vida útil	10 anos	10 anos
Tamanho equipamento	10 m ²	20 m ²
Volume do tanque	4.500 litros	20.000 litros
Tempo para máxima produção	30 dias	30 dias
Capacidade máxima produção mensal	32,5 kg gás equivalente GLP	65 kg gás equivalente GLP
Consumo biomassa diária	10 kg resíduos orgânicos	150 kg resíduos orgânicos

Fonte: Elaborado pelo autor

O biodigestor modelo 1 é originário de Israel, é um modelo moderno e portátil, facilitando assim seu deslocamento. Além disso, sua montagem é mais simples, vindo pronto para instalação, sendo necessário somente a montagem da tubulação até os queimadores. O fabricante orienta que a distância entre o biodigestor e o local onde ficam os queimadores deve ser de no máximo quarenta metros. O modelo 1 é altamente produtivo e após montado possui cerca de 4.400 kg.

Já sobre o segundo equipamento, é de origem brasileira, e ao contrário do equipamento 1, sua instalação necessita de um local fixo, pois o equipamento é instalado no chão, sendo necessário a abertura de um buraco com cerca de um metro de profundidade com 20 m³. O buraco é forrado com uma manta bidim, necessária

para manter o fundo do biodigestor sempre úmido. Fica a critério do comprador instalar o biodigestor direto na vala, podendo também serem feitas paredes de alvenaria em volta do buraco, formando uma caixa para o equipamento. O fabricante orienta no caso do comprador optar por fazer a caixa de alvenaria, não deve obstruir o fundo, devendo sempre manter somente com a manta bidim. A distância do equipamento até os queimadores não deve ultrapassar os 60 metros.

Ambos equipamentos após o processo de produção do biogás, geram um subproduto conhecido como biofertilizante. Esse material de acordo com os fornecedores, resultado da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, é rico em nutrientes e pode ser usado diretamente no solo ou em plantações, servindo como um fertilizante natural. A quantidade produzida de biofertilizante é a mesma quantidade de alimentação em ambos equipamentos. Por exemplo, se ambos forem alimentados com 10 kg de biomassa, ao final do processo de digestão anaeróbia, serão obtidos dez litros de biofertilizante.

O projeto de investimento tratado na presente pesquisa foi de ciclo de vida determinado de 10 anos, compatível com o utilizado na pesquisa de D'Araujo; Alves (2022), Almeida; Brito (2018), Matos; Cruz; Saad (2001), Figueira; Martinazzo; Teodoro (2015).

3.2.2.1 Saídas de caixa

A primeira saída de caixa corresponde aos investimentos necessários, para compra dos equipamentos (biodigestores), foram consultadas duas empresas, o valor dos equipamentos assim como o custo da instalação da tubulação responsável por levar o gás até os queimadores estão dispostos na Tabela 2:

TABELA 2 – PREÇO UNITÁRIO DOS BIODIGESTORES E INSTALAÇÃO (REDE)

Descrição	Biodigestor modelo 1	Biodigestor modelo 2
Valor equipamento	15.400,00 R\$	18.230,00 R\$
Custo tubulação gás	189,50 R\$	152,85 R\$

Fonte: Elaborado pelo autor

Sobre os tributos não houve identificação, dado que não existirá operação de venda do biogás, objetiva-se que o mesmo seja produzido e consumido internamente. Eventuais custos com transporte da biomassa e do biofertilizante, não incidiriam despesas adicionais à empresa, tendo em vista que já existe uma rotina dos funcionários e esta demanda é facilmente absorvida pelos mesmos.

Sobre os custos operacionais, o biodigestor modelo 1 no momento de sua ativação necessita de cerca de 4,2 m³ de água por equipamento. Considerando o preço (constante referente set/24) de R\$ 11,74 por m³ com isso, o valor médio gasto com água para ativar cada equipamento corresponde a R\$ 49,30. Para ativação do biodigestor modelo 1 também é necessário adicionar esterco, em média 0,44 toneladas. O preço no mercado local é de R\$ 120,00/ton., alcançando o montante de R\$ 52,80 gastos com esterco no momento da ativação de cada unidade do equipamento.

Para o biodigestor modelo 2 no momento de sua ativação é necessário somente 0,3 m³ de água, logo o valor gasto com água para ativar o equipamento modelo 2 corresponde a R\$ 3,52. Sobre a quantidade de esterco necessária, essa foi de 0,30 toneladas a um preço unitário de R\$ 120,00/ton., alcança-se o montante de R\$ 36,00 gastos com esterco para ativar o equipamento.

Já sobre os custos de manutenção dos biodigestores, foram buscadas informações junto aos fornecedores. Ambas as empresas sugeriram a realização de uma limpeza anual para retirada do excesso de resíduos dentro dos biodigestores, garantindo assim seu bom funcionamento. A capacidade do equipamento modelo 1 corresponde a 4.400 litros, a orientação do fabricante é de que seja feita a retirada total dos resíduos, separando a parte mais sólida da líquida. Os resíduos que correspondem a parte sólida, formam um tipo de pasta rica em nutrientes, a mesma após retirada do biodigestor pode ser espalhada sobre uma superfície limpa e exposta ao sol, depois de seca, pode ser usada como adubo para áreas verdes. Já a parte líquida volta ao biodigestor, pois ali estão presentes as bactérias responsáveis pela digestão anaeróbia. O equipamento modelo 2 possui capacidade para vinte mil litros, o fabricante sugeriu a retirada de 20% do conteúdo pastoso do biodigestor, esse valor corresponde 4.000 litros. Da mesma forma esse conteúdo após seco pode ser transformado e utilizado em áreas verdes.

3.2.2.2 Entradas de caixa

Considerou-se como “entrada de caixa” o valor economizado de GLP ou custo evitado, ou seja, esse valor representa a quantia que deixa de ser gasta na aquisição do mesmo, decorrente da autoprodução do biogás.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos a partir das informações coletadas ao longo da pesquisa, que incluem o levantamento referente a disponibilidade de biomassa e o consumo médio de GLP pela empresa nos últimos doze meses. Essas informações são fundamentais para fundar o estudo de caso e fornecer uma visão clara do potencial de substituição do GLP pela autoprodução de biogás. Estarão dispostos os dados relacionados a viabilidade econômica, assim como projeções de fluxo de caixa ao longo dos dez anos de vida útil dos biodigestores, permitindo uma avaliação detalhada do retorno financeiro do projeto.

A análise econômica realizada neste capítulo será crucial para orientar futuras decisões sobre o investimento. Os resultados obtidos com auxílio do cálculo do VPL, TIR e payback descontado permitem entender se a implantação dos biodigestores é economicamente atrativa, além de quantificar os potenciais benefícios relacionados a redução de custos com aquisição do GLP, além de benefícios ambientais. Os dados disponíveis servem como base para tomada de decisão, auxiliando na escolha dos equipamentos mais adequados para maximizar o aproveitamento da biomassa disponível.

4.1 Disponibilidade de biomassa para fins de energia

Segundo Rodrigues (2009) a biomassa é uma fonte primária e renovável de energia química, passível de conversão em outras formas energéticas, e se diferencia de acordo com a matéria-prima utilizada, seu papel é de grande importância, sendo uma das fontes de energia renovável mais exploradas e desenvolvidas no mundo.

A quantidade disponível de biomassa foi mensurada mediante o monitoramento dos resíduos gerados pela feira, restaurante e lanchonete do estabelecimento e os resultados estão descritos na Tabela 3:

TABELA 3 – VOLUME E ORIGEM DA BIOMASSA DISPONÍVEL

Dias	Feira kg	Lanchonete kg	Padaria kg
1	69,3	29,8	12,6
2	103,5	22,1	12,2
3	44,8	10,3	9,8
4	-	-	-
5	112,4	39,9	10,1
6	66,8	30,4	6,1
7	33,2	31,7	7,5
8	36,9	21,9	8,2
9	98,5	22,2	4,3
10	114,1	11,9	6,8
11	-	-	-
12	81,2	28,2	9,4
13	65,5	31,1	7,9
14	44,1	16,1	3,9
15	76,3	12	5,6
16	125,4	19,5	9,7
17	86,8	14,6	5,4
18	-	-	-
19	137,2	36,9	8
20	59,8	39,5	14,3
21	68,7	20,7	11,6
22	67,8	14,6	8,2
23	116,1	18,8	12,2
24	71	15,6	6,9
25	-	-	-
26	76,4	24,2	6,6
27	46,9	20,3	9,8
28	101,2	31,4	10,5
29	106,9	35,5	2,7
30	85,3	27	8,8
31	93,6	18,5	9,3
Total kg	2.189,7	644,7	228,4
Média kg/dia	81,1	23,88	8,46

Fonte: Elaborado pelo autor

Durante o mês de agosto a quantidade total de resíduos gerados pela empresa foi de 3.062,8 kg sendo a feira a maior geradora com uma média diária de 81,1 kg responsável por cerca de 71,49% do total, enquanto a lanchonete com uma média de 23,88 kg por dia representou 21,05% seguida pela padaria com 8,46 kg de biomassa diários representando 7,46% do total. Essas informações serviram como base para definição do porte dos biodigestores, assegurando que a capacidade de processamento estivesse de acordo às necessidades de geração do biogás.

Em relação a qualidade, as biomassas da feira compostas em sua maioria por resíduos de frutas, verduras e legumes, sendo ricas em nutrientes e facilmente

biodegradáveis favorecem o processo de digestão dos equipamentos. De acordo com os fornecedores, deve-se apenas tomar cuidado com o excesso de frutas cítricas, por possuírem a presença de ácidos naturais podem acidificar excessivamente o sistema, ocasionando um desequilíbrio e reduzindo o pH, dificultando a atividade das bactérias responsáveis pela produção do biogás.

Os resíduos da lanchonete que incluem restos de alimentos, possuem bom potencial energético, mas podem conter maior teor de gordura, exigindo certo cuidado para evitar sobrecarga no sistema. Já as biomassas da padaria são resíduos mais secos, ricos em açúcares e carboidratos, que podem inclusive auxiliar na produção do biogás em temperaturas mais frias. Isso ocorre porque os açúcares presentes nas biomassas são rapidamente degradados pelas bactérias, mesmo quando o metabolismo microbiano está reduzido.

A tabela 3 evidencia a grande quantidade de resíduos produzidos por esses três setores da empresa, em média cerca de 113,4 kg por dia. Caso sejam descartados de maneira incorreta e sem o devido tratamento, esses resíduos podem resultar em impactos prejudiciais ao meio ambiente. De acordo com Campello (2021) o descarte inadequado desses resíduos contribui para liberação de gases de efeito estufa, além da contaminação do solo e dos lençóis freáticos, representando um risco tanto para o meio ambiente quanto para saúde pública. Assim, a gestão eficiente desses resíduos torna-se essencial para minimizar possíveis impactos ambientais.

Em contrapartida, essa biomassa gerada pode também virar um ativo tanto ambiental como financeiro. Segundo Borges et al. (2017) a biomassa vem ganhando destaque com a incorporação de novas possibilidades de exploração e em sua utilização, podendo se tornar uma fonte de energia limpa através de sua utilização para produção de biogás.

Ao reutilizar esses resíduos que seriam descartados, mas agora utilizados no processo de produção do biogás, além auxiliar a mitigar a poluição do solo e das águas, a empresa também reduz sua dependência de fontes de energia fósseis, como o GLP, responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa. Esse processo contribui para promoção de um ciclo sustentável de geração de energia, reduzindo impactos ambientais e agregando valor econômico para si.

Esse processo está de acordo com as práticas da economia circular, que tem como objetivo promover o desenvolvimento sustentável, utilizando recursos restantes de determinados processos e aproveitando como recurso em outro. Esse processo

visa reduzir o descarte inadequado de resíduos ao mesmo tempo que gera benefícios econômicos. (CRUZ et al., 2018). A economia circular tem ganhado evidência por abordar práticas mais sustentáveis e que combatem ameaças ao meio ambiente. (LEITÃO; FERREIRA, 2022).

O reuso dos resíduos gerados pela empresa e a minimização do uso de energias não renováveis também se alinham diretamente com os princípios da economia ecológica. Ao reaproveitar os resíduos como fonte de energia renovável, a empresa fecha o ciclo desses materiais, contribuindo para redução do impacto ambiental e fortalecendo uma relação mais equilibrada entre o consumo e os recursos naturais disponíveis. (TEIXEIRA; SOUZA, 2016).

4.2 Consumo de GLP

O GLP é uma fonte de energia amplamente utilizada em estabelecimentos comerciais, devido sua eficiência e praticidade. Da mesma forma é utilizado pela empresa abordada na pesquisa. A tabela a seguir apresenta o consumo de GLP dos últimos doze meses que antecederam o início da pesquisa, detalhando a quantidade consumida, o custo unitário e também o valor gasto mensalmente com a aquisição do gás.

TABELA 4 – CONSUMO GLP 45 KG

Meses	Quantidade unitária consumida	Custo unitário R\$	Total R\$
Setembro/2023	8	380	3.040,00
Outubro/2023	4	360	1.440,00
Novembro/2023	7	360	2.520,00
Dezembro/2023	4	360	1.440,00
Janeiro/2024	8	380	3.040,00
Fevereiro/2024	8	380	3.040,00
Março/2024	8	380	3.040,00
Abril/2024	4	340	1.360,00
Mai/2024	6	340	2.040,00
Junho/2024	4	330	1.320,00
Julho/2024	4	350	1.400,00
Agosto/2024	4	350	1.400,00
Consumo Médio/mensal	5,75	Total R\$	25.080,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Como disposto na tabela durante o período analisado ocorreram variações tanto no preço quanto na quantidade adquirida de GLP. De setembro de 2023 a março de 2024 a demanda por gás apresentou-se maior, para suprir as necessidades da empresa foram gastos cerca de 301,5 kg de GLP mensalmente. A partir de abril de 2024, o consumo diminuiu, passando em média para cerca de 198 kg de gás mensais, essa redução no consumo de GLP se deu por conta da implementação de um forno elétrico, que substituiu um dos fornos a gás na padaria do estabelecimento.

Em média a empresa consumiu cerca de 258,75 kg de GLP mensalmente durante o período analisado, totalizando um gasto total de R\$ 25.080,00 com a aquisição de GLP. O valor desembolsado com GLP serve de base, no projeto, para identificação do custo evitado, utilizado como “receita” para fins de análise, porém corrigido a preço constante de set/24 e considerando apenas a quantidade equivalente em GLP gerada pelos equipamentos, ou seja, correspondente apenas a parte efetivamente substituída.

4.3 Análise de viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica é um processo essencial na avaliação de um projeto de investimento. Essa análise feita na pesquisa permitiu identificar e projetar os fluxos de custos e receitas durante o período de vida útil dos equipamentos necessários envolvidos na transição da aquisição do GLP pela autoprodução de biogás. Oferecendo uma visão detalhada sobre os custos implícitos no processo de instalação dos biodigestores, assim como os retornos que poderão ser identificados caso seja feita a implementação do investimento.

Para a empresa envolvida essa avaliação é crucial, pois busca auxiliar na tomada de decisão, evitando que seus recursos sejam alocados em um investimento que não gere o retorno esperado, tanto no quesito econômico como no ambiental. A análise de viabilidade do projeto, permite considerar variações na produção do biogás, oferecendo um cenário mais completo e embasado, na busca por uma transição energética mais sustentável. É importante destacar que para que a implementação do projeto de investimento seja feita os benefícios gerados pelo investimento devem superar o capital inicial aplicado. (BERGMANN et al., 2023).

Foram realizadas projeções específicas para produção do biogás nos períodos mais frios do ano, tendo em vista que a cidade onde o projeto foi estudado tende a passar por invernos rigorosos. Segundo dados da Prefeitura Municipal de Inácio Martins (2024) o município está localizado no 3º planalto paranaense, a cidade é considerada a mais alta do Paraná com 1.198 metros acima do nível do mar, isso é fator crucial para entender a queda da temperatura em determinadas épocas do ano.

Essa variação na temperatura tende a afetar diretamente o processo de produção do biogás, que alcança seu melhor rendimento quando a mesma está em torno de 35 graus Celsius. Apesar do processo de digestão anaeróbia se passar dentro de biodigestores, quando os mesmos são expostos a temperaturas mais amenas a atividade microbiana dentro dos equipamentos tende a desacelerar, o que reduz a eficiência da produção. (FERRAZ; MARRIEL, 1980).

Considerar essas variações sazonais é essencial para projetar o fornecimento de energia durante todo o ano. Isso também pode servir para identificar a necessidade de possíveis ajustes na quantidade instalada de biodigestores assim como na gestão de biomassa, evitando assim possíveis divergências quanto a demanda necessária para suprir as necessidades do estabelecimento e a produção do biogás.

Após análise dos dados coletados com os fornecedores dos equipamentos, obteve-se a informação que o biodigestor modelo 1 possui capacidade de processamento de 10 kg de resíduos orgânicos por dia. Esse volume de alimentação permite uma produção de aproximadamente 32,5 kg de biogás equivalente ao GLP por equipamento mensalmente. Considerando que o consumo médio de GLP pela empresa nos últimos 5 meses se manteve mais baixo, com a instalação de cinco equipamentos em série a empresa alcançaria uma produção aproximada de 162,5 kg biogás mensal. Esse volume produzido seria capaz de suprir sua demanda por GLP, mas apesar disso deve-se levar em conta que essa produção é alcançada em épocas mais quentes do ano.

Mesmo com a instalação de cinco equipamentos iguais ao biodigestor modelo 1, levando em conta que cada equipamento será alimentado com 10 kg de biomassa e dez litros de água, totalizando 50 kg de resíduos diários e cinquenta litros de água, a empresa ainda teria sobra de mais de 50 kg de biomassa, pois a média de volume de biomassa disponível ultrapassa a marca de 100 kg por dia. Com isso a empresa após analisar os dados do projeto pode até mesmo optar por aumentar a quantidade

de biodigestores instalados, podendo aumentar também sua produção de biogás, garantindo uma maior segurança em relação a futuras variações em sua demanda.

Apesar disso, a empresa deve ficar atenta a um fator limitante para a instalação de mais equipamentos, sendo esse o espaço disponível que é de pouco mais de 60 m². Cada equipamento ocupa uma área média de 10 m² sendo assim apesar de possuir biomassa disponível para mais cinco equipamentos, seria possível a instalação de apenas mais um biodigestor.

Já sobre o segundo equipamento (biodigestor modelo 2) o mesmo possui capacidade de processamento de 150 kg de resíduos orgânicos por dia. A empresa estudada produz em média 100 kg de resíduos diariamente, esse volume de alimentação permite uma produção de aproximadamente 43,33 kg de biogás equivalente ao GLP mensalmente. Apenas um equipamento vai demandar toda produção diária de resíduos e ainda assim o volume de biogás produzido pelo biodigestor modelo 2 não será capaz de substituir a demanda total que a empresa tem por GLP. Deve-se levar em conta também que esse total de 43,3 kg produzidos pelo equipamento modelo 2 é alcançado em épocas com temperaturas mais elevadas, podendo ser ainda menor no inverno.

As informações referentes aos cálculos de viabilidade, assim como os custos e retornos projetados dos equipamentos estão disponíveis na Tabela 5:

TABELA 5 – ANÁLISE COMPARATIVA BIODIGESTORES

Critério de avaliação	Biodigestor modelo 1	Biodigestor modelo 2
Capacidade máxima produção mensal equivalente GLP	32,5 kg	65 kg (*)
Investimento Inicial	R\$ 77.000,00	R\$ 18.230,00
Vida útil do projeto (em anos)	10	10
TMA	6,33%	6,33%
VPL	13.484,82	4.750,40
TIR	9,89%	11,53%
Payback descontado	9º ano	8º ano

Nota: (*) os cálculos realizados não consideram a capacidade total do equipamento tendo em vista que a quantidade de biomassa diária disponível não atinge 150kg.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para instalação em rede de 5 biodigestores do modelo 1 o valor do desembolso inicial é de R\$ 77.000 que se soma ao valor de R\$ 264,00 referente ao volume necessário de esterco para ativação dos equipamentos mais o valor de R\$ 246,54 gasto com 21 m³ de água necessário para o primeiro abastecimento dos

biodigestores, além de R\$ 189,50 referente as conexões necessárias para tubulação responsável por levar o biogás até os queimadores. Para o segundo equipamento o valor necessário para aquisição de um biodigestor é de R\$ 18.230,00 que da mesma forma se soma ao valor gasto de R\$ 3,52 referente a 0,3 m³ de água necessários para ativação do equipamento mais R\$ 36,00 referente a aquisição do esterco. O valor orçado para as conexões é de R\$ 152,85.

Os valores referentes ao esterco e a água necessários para ativação da rede de 5 biodigestores iguais ao modelo 1 se somam ao valor dos equipamentos e conexões, na data zero, totalizando R\$ 77.700,04. Já o montante referente a instalação do modelo 2 quando somados os custos necessários para iniciar seu funcionamento chega à R\$ 18.422,37. Esses valores vão refletir o montante a ser recuperado ao longo dos anos a partir da economia gerada pela autoprodução de biogás.

O VPL do modelo 1 se torna positivo no nono ano do investimento, ou seja, ele alcança seu ponto de equilíbrio descontado e passa a gerar retorno positivo sobre o investimento inicial, esse ponto é conhecido como payback descontado. O payback descontado auxilia na avaliação do tempo necessário para recuperar o investimento inicial, além de identificar na medição do risco do investimento, quanto menor o tempo de retorno do capital investido, indica que o investimento é mais líquido e menos arriscado. (GIOVANINI; ALMEIDA; SAATH, 2020).

Como observado na tabela 5 o VPL do modelo 1 teve um resultado final positivo de R\$ 13.484,82. Esse valor demonstra que o projeto não só recuperou o investimento inicial como também gerou um ganho adicional. Além do VLP positivo. A TIR do modelo 1 foi de 9,89% o que embora seja uma taxa de retorno moderada, justifica o investimento em termos de geração de valor, ficando acima do percentual mínimo exigido pelo projeto de 6,33%. De acordo com Puccini (2016) um investimento onde a TIR se apresenta superior a TMA, significa dizer que o projeto é economicamente atrativo, o projeto não só recupera o investimento inicial como também proporciona um retorno acima do mínimo exigido, sugerindo a viabilidade do investimento.

Sobre o modelo 2, o VPL torna-se positivo no oitavo ano do investimento, e também teve um resultado final positivo de R\$ 4.750,40. A TIR apresentou um valor de 11,53% ficando acima da TMA mínima exigida e também em comparação ao projeto referente ao modelo 1 a qual foi de 9,89%, com isso os dados revelam que o investimento do modelo 2 também pode se tornar viável.

Por tanto, ambos projetos demonstram potencial para que seja feita a substituição de aquisição do GLP e passe a autoproduzir o biogás. No entanto, o projeto 1 se destaca como a opção mais atrativa dado que, além de se tratar de projetos mutuamente exclusivos, o VPL do modelo 1 é maior e segundo Souza e Clemente (1999) atende ao objetivo de maximização do valor da empresa.

De acordo com o payback descontado se identificou que o modelo 1 levaria cerca de um ano a mais em comparação ao modelo 2 para recuperar o investimento inicial. No entanto uma vez recuperado, ele tende a gerar economia ao longo dos anos com sua alta produção de biogás. O modelo 2 oferece um retorno um pouco mais curto, mas sua produção é mais limitada, ou seja, essa vantagem não compensa sua baixa produção de biogás, tendo em vista que a empresa busca reduzir ao máximo seus custos com aquisição de GLP, pensando nas questões econômica e ambiental.

Portanto, ao comparar as rentabilidades e retornos, embora o projeto 1 exija um investimento inicial superior, ele oferece uma capacidade de produção bem maior frente ao modelo 2. Esse fator torna-se essencial para atingir o objetivo de substituição da aquisição de GLP pela autoprodução do biogás, promovendo uma maior independência frente ao uso dos combustíveis convencionais, apresentando-se assim o modelo 1 como a escolha mais vantajosa para a empresa, mesmo com um período de retorno um pouco mais longo.

É importante ressaltar que até então os resíduos orgânicos produzidos pela empresa eram descartados, resultando em desperdício sem qualquer retorno, seja econômico ou ambiental. Com a implementação do sistema de autoprodução de biogás esses resíduos passam a ser utilizados de maneira eficiente transformando um passivo ambiental em ativo econômico. Na hipótese de instalação dos 5 biodigestores do modelo 1, o valor referente ao custo evitado com aquisição do GLP representará cerca de R\$ 15.166,67 anualmente.

No cenário analisado, o fluxo de caixa da série instalada de equipamentos do modelo 1 que se mostra mais vantajoso torna-se positivo no nono ano, destacando uma recuperação próxima ao final da vida útil do equipamento que é de dez anos. Contudo, a possibilidade de comercialização do biofertilizante gerado como subproduto do processo de produção de biogás apresenta uma oportunidade adicional para melhorar a viabilidade econômica do projeto. A receita proveniente da venda deste biofertilizante poderia reduzir significativamente o tempo necessário para a

recuperação do investimento inicial, tornando o projeto ainda mais atrativo do ponto de vista financeiro.

Para um estudo mais aderente à realidade da empresa no município, foram realizados diferentes cenários de temperatura com projeção do VPL para temperaturas mais baixas. Ambos fornecedores alertaram que para se atingir a produção máxima dos equipamentos, o ideal é que a temperatura ambiente esteja em torno de 25 °C a 30 °C. Temperaturas abaixo dos 20 °C acarretariam em perdas aproximadas de 20% na produção do biogás. Essa redução tende a ocorrer porque as baixas temperaturas desaceleram a atividade das bactérias responsável pela digestão anaeróbia, limitando a eficiência do processo e consequentemente, a quantidade de gás produzido. Como a temperatura da cidade de Inácio Martins tende a sofrer quedas bruscas no inverno, foram feitas simulações de como a produção do biogás seria afetada com essa alternância de temperatura. Os dados presentes na Figura 5 representam essa variação:

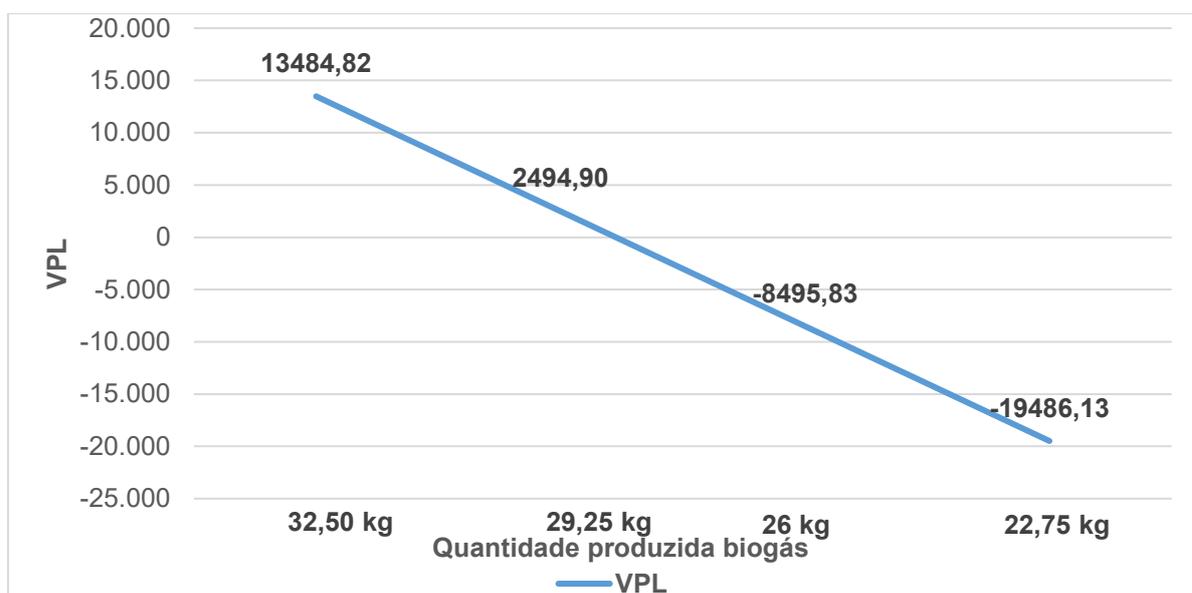


Figura 5: Produção biogás projeto 1

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5 mostra a variação na produção de biogás levando em conta flutuações na produção da série instalada dos 5 biodigestores modelo 1, devido à queda de temperatura. Em épocas mais quentes do ano, onde as temperaturas mantêm uma média de 25 C° os equipamentos atingem sua produção máxima, cerca de 32,5 kg de biogás mensal por mês. Supondo uma queda de 10% na produção, devido a diminuição da temperatura, o nível produzido seria de 29,25 kg de biogás

mensalmente por equipamento, reduzindo assim também o valor do VPL do projeto para R\$ 2.494,90. À medida que o frio se intensifica a produção pode sofrer reduções ainda maiores impactando diretamente a viabilidade financeira do projeto.

Com uma queda na produção de 20% os biodigestores passam a produzir cerca de 26 kg de biogás mensalmente tornando o cenário de viabilidade do projeto crítico, levando o VPL a um valor negativo de R\$ -8.495,83. Com o VPL do projeto negativo significa dizer que com esse nível de produção, não se recupera o investimento inicial tornando o projeto inviável. Em caso de uma redução de 30% na produção, decorrente da queda na temperatura, o projeto de implementação dos biodigestores modelo 1 passa a produzir 22,75 kg de biogás mensalmente por equipamento, o que torna o VPL negativo R\$ -19.486,13 expressando um cenário econômico ainda pior.

Diante da perda de eficiência causadas pela queda na temperatura, os fornecedores sugerem a construção de estufas sobre os biodigestores para que os equipamentos não percam tanto sua capacidade de produção. Com o uso de estufas, espera-se que o ambiente ao redor dos equipamentos se mantenha mais aquecido, minimizando possíveis perdas de eficiência e mantendo assim uma produção mais estável ao longo do ano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo visa contribuir para o debate acerca da importância do uso de fontes de energia renovável, incentivando a adoção de soluções energéticas inovadoras que atendam às necessidades humanas, sem comprometer o meio ambiente e as gerações futuras.

O estudo confirmou a hipótese inicial, demonstrando que a substituição da aquisição do GLP pela autoprodução de biogás, pode oferecer uma alternativa vantajosa para empresa supermercadista, oferecendo benefícios tanto econômicos quanto ambientais. O objetivo geral do estudo foi averiguar se há viabilidade econômica na autoprodução de biogás em substituição a aquisição de GLP.

Para alcançar o objetivo, foi utilizado o método de estudo de caso com abordagem quantitativa de natureza aplicada, com auxílio de indicadores como VPL, TIR e payback descontado. Ao comparar os modelos 1 e 2, observa-se que apesar do modelo 1 exigir um investimento inicial mais alto, demonstra uma capacidade de produção superior ao modelo 2. Por conta de sua baixa produção de biogás o modelo 2 acaba limitando possíveis benefícios econômicos para empresa. Dessa forma, do ponto de vista econômico o modelo 1 é mais vantajoso, oferecendo melhores retornos para empresa ao longo do tempo.

A pesquisa demonstrou que essa pode ser uma alternativa viável e vantajosa para a empresa supermercadista, com os resultados obtidos principalmente pelo modelo 1. A implementação do projeto pode se tornar econômica e ambientalmente atrativa. Com auxílio das ferramentas de análise financeira, revelou que o projeto pode oferecer um retorno atrativo, justificando o investimento inicial e reduzindo os custos relacionados à aquisição de GLP.

Do ponto de vista ambiental a utilização do biogás, produzido a partir da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos gerados pela empresa, além de transformar um passivo financeiro em um ativo, contribui para redução do descarte inadequado desses resíduos, evitando que os mesmos vão parar em aterros sanitários, contribuindo para emissão de gases de efeito estufa e contaminação de lençóis freáticos.

Os resultados sugerem que a substituição do GLP pela autoprodução de biogás pode ser economicamente viável, oferecendo também benefícios ambientais. Com

isso o projeto se alinha diretamente as práticas de economia circular, que busca o reaproveitamento dos resíduos dentro dos ciclos produtivos. Essas práticas se tornam essenciais em um cenário de esgotamento de recursos naturais e aumento da demanda energética mundial. Outro fator relevante é acerca da economia local, essa adoção de biodigestores para a produção de biogás em detrimento do uso do GLP, pode demonstrar um potencial para transformar até mesmo o perfil energético da região, principalmente em locais onde se geram grandes quantidades de resíduos orgânicos, como os setores de alimentação e supermercados.

A pesquisa busca reforçar que os benefícios da autoprodução do biogás podem ir muito além do econômico, pois é uma fonte de energia renovável, limpa e acessível. A produção do biogás auxilia na redução do uso contínuo dos combustíveis fósseis, representando um avanço quanto a dependência energética da empresa, resultando em uma maior segurança e controle sobre sua fonte de energia, mitigando os riscos associados às oscilações nos preços dos combustíveis fósseis.

Além disso, o estudo contribui para conscientização da comunidade empresarial acerca dos benefícios de se adotar fontes de energia renovável, principalmente num momento de extrema preocupação com a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental. Em síntese, este estudo não apresentou apenas uma análise econômica, mas também destacou os inúmeros benefícios que a troca para uma base energética mais sustentável oferece. A transição do GLP para autoprodução do biogás, representa uma oportunidade não só para empresa estudada, oferecendo também um modelo que pode ser replicado em outros empreendimentos com características semelhantes.

Conclui-se que a autoprodução de biogás pode trazer uma economia quanto a aquisição de GLP alinhando-se aos objetivos da empresa de reduzir seus custos e minimizar impactos ambientais, associados ao descarte inadequado de resíduos.

Como limitação da pesquisa destaca-se o fato de não considerar estudo de mercado para o biofertilizante, um subproduto do processo de geração de biogás, o que poderia proporcionar retorno ainda maior para o investimento analisado.

Para pesquisas futuras, podem ser feitas análises mais profundas de como manter uma produção de biogás constante durante todos os períodos do ano, incluindo temperaturas mais extremas. Também qual impacto social e econômico da implementação de biogás em comunidades locais, podendo oferecer incentivos para

políticas públicas e incentivos a autoprodução de biogás para estabelecimentos que gerem uma quantidade razoável de resíduos diários.

A transição de uma fonte de energia fóssil para uma fonte renovável pode ainda auxiliar na melhora da imagem da empresa frente ao mercado. Com tal prática, a empresa demonstra seu compromisso com a sustentabilidade e responsabilidade ambiental, o que pode auxiliar na atração de fornecedores e clientes que valorizam boas práticas ambientais.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernando Tavares de; BRITO, Brunno Henrique. Análise de Viabilidade da Geração de Energia Elétrica Através de Biodigestores em Criatório de Frango na Fazenda Sucupira em Paraíso Do Tocantins. **Revista Integralização Universitária**, Palmas, v. 12, n. 18, p. 114-132, 2018. Disponível em: <https://to.catolica.edu.br/revistas/index.php?journal=riu&page=article&op=view&path%5B%5D=409&path%5B%5D=248>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ALVES, Camila de Souza. **Práticas Sustentáveis no Museu Tempostal**. Salvador: UFBA, 2023. 74p. Monografia (Bacharelado), Departamento Ciências Humanas, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2023.

ALVES, Josivan Leite; CHAGAS, Milton Jarbas Rodrigues; FARIA, Emília de Oliveira; CALDEIRA-PIRES, Armando de Azevedo. Economia Circular e Energias Renováveis: uma análise bibliométrica da literatura internacional. **Interações**, Campo Grande, v. 23, n. 2, p. 267–297, 2022. DOI: 10.20435/inter.v23i2.3034. Disponível em: <https://interacoes.ucdb.br/interacoes/article/view/3034>. Acesso em: 8 jun. 2024.

ANDRADE, Daniel Caixeta. Economia e Meio Ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de Economia Política**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 1–31, 2008. Disponível em: https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/artigos/LEP/L14/1%20LEP14_Economia%20e%20Meio%20Ambiente.pdf. Acesso em: 3 jul. 2024.

ANJOS, Aucemara Mauricio dos; FRANÇA, Vinnicius Vale Dionízio; GIESTA, Josyanne Pinto. Mapeamento das Trilhas Oficiais do Parque Estadual Dunas do Natal – RN. **Geoconexões**, Natal, v. 1, n. 15, p. 339–363, 2023. DOI: 10.15628/geoconexes.2023.14947. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/geoconexoes/article/view/14947/3752>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ARBOIT, Nathana Karina Swarowski; DECERAZO, Samara Terezinha; AMARAL, Gilneia Mello do; LIBERALESSO, Tiago; MAYER, Vinicio Michael; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. Potencialidade de Utilização da Energia Geotérmica no Brasil – uma revisão de literatura. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 155-168, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75194/78742>. Acesso em: 14 ago. 2024.

ASSEMAE (Associação Municipal dos Serviços de Saneamento). **Apenas 1% do lixo orgânico é reaproveitado no Brasil**. Publicado em 05 de fevereiro de 2019. 2019. Disponível em: <https://assem-ae.org.br/noticias/item/4494-apenas-1-do-lixo-organico-e-reaproveitado-no-brasil>. Acesso em: 23 mai. 2024.

ATALANIO, Manuella; IBIAPINA, Helaine; MACHADO, Thales. A Economia Circular como Modelo de Desenvolvimento Sustentável. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 147–167, 2022. DOI: 10.26668/IndexLawJournals/2526-0057/2022.v8i1.8963. Disponível em:

<https://indexlaw.org/index.php/revistaddsus/article/view/8963/pdf>. Acesso em: 8 jun. 2024.

BACEN (Banco Central do Brasil). **Taxa de juros básica – Histórico**. 2024. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 20 out. 2024.

BAKRI, Alexander Salah. **Valor e Sustentabilidade**: um estudo comparativo entre economia ambiental neoclássica, economia ecológica e marxismo ecológico. São Paulo: USP, 2018. 91 p. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Sustentabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

BARBOSA, Rafael Kellermann. **Economia, Meio Ambiente e Sustentabilidade**: a visão da economia ambiental e da economia ecológica. Florianópolis: UFSC, 2008. 61 p. Monografia (Bacharelado), Departamento Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

BARROS NETO, Jahy; FONTGALLAND, Isabel Lausanne. Apreciação da Economia Ambiental. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 238–249, 2023. DOI: 10.31510/infa.v20i1.1562. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1562/895>. Acesso em: 18 jun. 2024.

BERGMANN, Brenda Hellen; NUNES, Elayne Lima; CASCAES, Sirley Portela Meneses; SILVA, Marcos Moura. Estudo da Combinação de Indicadores para Análise da Viabilidade de Projetos: uma revisão de literatura. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, São Paulo, v. 14, n. 6, p. 1–22, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i6.2397. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2397/1298>. Acesso em: 6 jul. 2024.

BEZERRA, Veronica Gurgel. **Os Professores de Instrumentos e suas Ações nas Escolas Parque de Brasília**: uma pesquisa descritiva. Brasília: UnB, 2014. 194 p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Música, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

BGS (Equipamentos para Biogás). **Biodigestor**. 2024. Disponível em: <https://www.bgsequipamentos.com.br/biodigestor-rural>. Acesso em 3 nov. 24.

BORGES, Ane Caroline Pereira; SILVA, Marcelo Santana; ALVES, Carine Tondo; TORRES, Ednildo Andrade. Energias Renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. **Rede Revista Eletrônica do Prodem**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 1–14, 2017. DOI: 10.22411/rede2016.1002.02. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/239>. Acesso em: 25 jun. 2024.

CABRAL, Marcos Vinicius Afonso; CONCEIÇÃO, Mário Marcos Moreira da; PESSOA, Ailton Caetano Nascimento; SILVA, Valdemir Fonseca da; FEITOSA, Carla Gisele Vieira; FONSECA, Ketlen Pinto da Silva; SANTOS, Renato Araujo dos; ALENCAR, Carlos Ilson da Silva. Gestão dos Resíduos Sólidos na Transição para a Economia Circular e o Cumprimento dos ODS 2030. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**,

[S. l.], v. 16, n. 3, p. 1–24, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n3-002. Disponível em: <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/3516>. Acesso em: 17 jun. 2024.

CAMPELLO, Mauro. Se a Terra é Redonda, a Economia só Pode Ser Circular. **South American Development Society Journal**, [S. l.], v. 7, n. 20, p. 353–369, 2021. DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v7i20p353-379. Disponível em: <https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/443/389>. Acesso em: 8 jun. 2024.

CARRILHO, Cauê Dias; SINISGALLI, Paulo Antônio de Almeida. Por Que Valorar a Natureza? uma discussão a luz das correntes da economia ambiental e ecológica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 452–486, 2019. DOI: 10.19177/rgsa.v8e22019452-486. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6376/4441. Acesso em: 11 jun. 2024.

CARVALHO, Murillo Barros de; HENRIQUE, Daril de Deus Souza; SOUZA, Fernanda Silva; MONTEIRO, Maria Keliane Macêdo; SANTANA, Paulo Henrique Viana. Energia Marítima: aspectos tecnológicos, econômicos e impactos ambientais na geração de eletricidade. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 22, n. 37, p. 1-120, 2021. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/683>. Acesso em: 14 de ago. 2024.

CASAGRANDA, Yasmin Gomes; AZEVEDO, Denise Barros de. Economia Ecológica: uma revisão integrativa sobre valoração econômica ambiental. **Caderno de Administração**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 107, 2017. DOI: 10.4025/cadadm.v25i2.40018. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/CadAdm/article/view/40018>. Acesso em: 21 maio. 2024.

CAVALCANTI, Clóvis. Uma Tentativa de Caracterização da Economia Ecológica. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 1–10, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/Sp9JNsvkWtr9yg9KS9ZWvRd/?lang=pt>. Acesso em: 22 maio. 2024.

CAVALCANTI, Clóvis. Concepções da Economia Ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 24, n. 68, p. 1–16, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/vTMxPYD5vKcJ4fj7c5Q9RbN/>. Acesso em: 22 maio. 2024.

CAVALCANTI, Clóvis. Pensamento Socioambiental e a Economia Ecológica: nova perspectiva para pensar a sociedade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 1–10, 2015. DOI: 10.5380/dma.v35i0.43545. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/43545>. Acesso em: 18 jun. 2024.

CIBIOGÁS. **Panorama do Biogás no Brasil 2023**, 2024. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F54738%2F1716811508PANORAMA_DO_BIOGS_2023.pdf. Acesso em: 14 jul. 2024.

CORRÊA, Rosany; RIBEIRO, Henrique César Melo. Economia Circular Sob a Ótica de Relatórios de Sustentabilidade. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 176–194, 2022. DOI: 10.59306/rgsa.v11e32022176-194. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/12389. Acesso em: 25 jun. 2024.

CRUZ, Elizabeth Polizeli de Oliveira; AOKI, Sérgio; TIOSSI, Fabiano Martin; SIMON, Alexandre Tadeu. Economia Circular: sua relação e contribuições para a sustentabilidade. **Revista Funec Científica - Multidisciplinar**, [S. l.], v. 7, n. 9, p. 1–17, 2018. DOI: 10.24980/rfcm.v7i9.3345. Disponível em: <https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/3345>. Acesso em: 8 jun. 2024.

D'ARAUJO, Victoria Bastos; ALVES, Lucilio Rogerio Aparecido. Disposição a Pagar Pela Cota de Reserva Ambiental: aplicações em propriedade típica do Norte do Paraná. **Revista Unioeste**, Toledo, v. 26, n. 2, p. 286-306, 2022. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/28222/20569>. Acesso em: 27 jul. 2024.

DANTAS, Sérgio Silva; SOUZA, Saulo Soares de. Economia Compartilhada Pós-Covid-19: o posicionamento dos usuários quanto à intenção de uso. **Revista Práticas em Contabilidade e Gestão**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 1–25, 2023. DOI: 10.5935/2319-0485/praticas.v11n1e16125. Disponível em: <https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/pcg/article/view/16125/11966>. Acesso em: 22 jun. 2024.

EMF (Ellen Macarthur Foundation). **O Diagrama de Borboleta**: visualizando a economia circular. Publicado em 12 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/o-diagrama-de-borboleta>. Acesso em: 25 jun. 2024.

FARIA, Álvaro de Melo. **Economia Circular**: reinvenção das formas de negócio. Uberlândia: UFU, 2018. 44 p. Monografia (Bacharelado), Departamento Ciências Econômicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

FERNANDEZ, Brena Paula Magno. Ecodesenvolvimento, Desenvolvimento Sustentável e Economia Ecológica: em que sentido representam alternativas ao paradigma de desenvolvimento tradicional? **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 23, n. 23, p. 109–120, 2011. DOI: 10.5380/dma.v23i0.19246. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/19246/14460>. Acesso em: 12 jun. 2024.

FERRAZ, José Maria Gusmann; MARRIEL, Ivanildo Evódio. Biogás: fonte alternativa de energia. Sete lagoas, **Circular Técnica**, (EMBRAPA), n. 3, p. 1–34, 1980. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/476075>. Acesso em: 1 jun. 2024.

FIGUEIRA, Fabiano Vicente; MARTINAZZO, Ana Paula; TEODORO, Carlos Eduardo de Souza. Estimativa da Viabilidade Econômica da Produção de Briquetes a Partir de Resíduos de Grãos Beneficiados. **Engevista**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 95-104,

2015. DOI: 10.22409/engevista.v17i1.638. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/9009>. Acesso em: 27 ago. 2024.

FRANÇA, Matheus Henrique Medeiros; LEONÊS, Anderson Felipe Costa; MELO, Lais Aparecida Nascimento; VARELLA, Fabiana Karla de Oliveira Martins; ALBUQUERQUE, Pedro Victor de Sousa. Biodigestor a Partir de Resíduos Alimentares: uma proposta para o restaurante universitário da UFERSA-Mossoró. *In: HOLZMANN, Henrique Ajuz; BILCATI, Gêssica Katalyne (Org.). Engenharias: qualidade, produtividade e inovação tecnológica* 3, 2024. p. 69-80. DOI: 10.22533/at.ed.0612411017. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/engenharias-qualidade-produtividade-e-inovacao-tecnologica-3>. Acesso em: 24 jul. 2024.

FRANQUETO, Rafaela; SILVA, Joel Dias da. Desenvolvimento Histórico da Valorização de Biomassa do Agronegócio para Produção de Biogás no Âmbito Rural. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 1–27, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e02020451-477. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8712/4863. Acesso em: 13 jul. 2024.

FREITAS, Wesley; JABBOUR, Charbel. Utilizando Estudo de Caso (s) Como Estratégia de Pesquisa Qualitativa: boas práticas e sugestões. *Revista Estudo & Debate*, Lajeado, v. 18, n. 2, p. 1–16, 2011. Disponível em: <https://www.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/560/550>. Acesso em: 22 jun. 2024.

FREITAS JUNIOR, Vanderlei; CARVALHO, Wenis de. Os Desafios para a Consolidação da Pesquisa Aplicada no Instituto Federal Catarinense. *Metodologias e Aprendizado*, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 63–79, 2020. DOI: 10.21166/metapre.v2i0.1339. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1339/1041>. Acesso em: 22 jun. 2024.

GENOVESE, Alex Leão; UDAETA, Miguel Edgar Morales; GALVAO, Luiz Cláudio Ribeiro. Aspectos Energéticos da Biomassa como Recurso no Brasil e no Mundo. *Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural*, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–10, 2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/021.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

GIOVANINI, Adilson; ALMEIDA, Helberte João França; SAATH, Kleverton Costa Oliveira. Plataformas de Financiamento P2P: análise da viabilidade econômica de sistemas distribuídos de energia solar fotovoltaica. *Textos de Economia*, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 1–27, 2020. DOI: 10.5007/2175-8085.2020.e66845. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/economia/article/view/66845/45011>. Acesso em: 6 jul. 2024.

GOLDEMBERG, José. Atualidade e Perspectivas no Uso de Biomassa para Geração de Energia. *Revista Virtual de Química*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 15–28, 2016. DOI:

10.21577/1984-6835.20170004. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v9n1a04.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024.

GONÇALVES, Gabriela Oliveira. **Desenvolvimento Sustentável: uma abordagem da temática ambiental sob a ótica da economia ambiental neoclássica e da economia ecológica**. Uberlândia: UFU, 2017. 43 p Monografia (Bacharelado), Departamento Ciências Econômicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

HOME BIOGÁS. **Biodigestor 7.0**. 2024. Disponível em: <https://www.homebiogas.com.br/product-page/homebiogas-7-0-biodigestor-autonomo>. Acesso em: 3 nov. 24.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **IBGE - Inácio Martins**. 2024a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/inacio-martins/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2024.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Inflação**. 2024b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 20 out. 2024.

IRENA (Agência Internacional para as Energias Renováveis). **Energias Renováveis e Sustentabilidade**, 2024. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

KARLSSON, Tommy; KONRAD, Odorico; LUMI, Marluce; SCHMEIER, Nara Paula; MARDER, Munique; CASARIL, Camila Elis; KOCH, Fábio Fernandes; PEDROSO, Albari Gelson. **Manual Básico de Biogás**. 1. ed. Lajeado: Univates, 2014.

LEITÃO, Fabrício Oliveira; FERREIRA, Gabriel Machado Freitas. Relação Entre Produção Orgânica e a Economia Circular: um estudo de caso dos tomates orgânicos. **Informe GEPEC**, Toledo, v. 26, n. 2, p. 108–126, 2022. DOI: 10.48075/igepec.v26i2.28801. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/28801/20576>. Acesso em: 10 jun. 2024.

LIMA, Gabriel William Boente; LEITÃO, Fabrício Oliveira; SILVA, Warley Henrique da. Práticas Adotadas na Suinocultura Alinhadas com a Economia Circular: uma revisão integrativa da literatura. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 19, n. 57, p. 5–21, 2021. DOI: 10.21527/2237-6453.2021.57.11906. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/11906>. Acesso em: 17 jun. 2024.

LINS, Leonardo Pereira; FURTADO, Andréia Cristina; MITO, Jessica Yuki de Lima; PADILHA, Janine Carvalho. O Aproveitamento Energético do Biogás como Ferramenta para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. **Interações (Campo Grande)**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 1–12, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/ZyCPpJKCbPJknpGKYyXYv7R/?lang=pt#>. Acesso em: 31 maio. 2024.

LOPEZ, Debora Cristina; MARITAN, Matheus. A Evolução do Método: memória das pesquisas experimental e aplicada nos estudos brasileiros de jornalismo. **Revista**

Observatório, Palmas, v. 1, n. 3, p. 41–61, 2015. DOI: 10.20873/uft.2447-4266.2015v1n3p41. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/1657/8510>. Acesso em: 22 jun. 2024.

MAMEDES, Jeliandro Andrade; RODRIGUES, Marcos Paulo José; VANISSANG, Carlos Alberto. Biomassa no Brasil. **Bolsista de Valor**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 65–74, 2010. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1794>. Acesso em: 5 jun. 2024.

MATOS, José de Arimatea de; CRUZ, Raimundo Leite; SAAD, João Carlos Cury. Otimização do Dimensionamento de Um Sistema de Irrigação Localizada Utilizando Programação Linear e Não Linear. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 6, n. 2, p. 69-74, 2001. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3051/1872>. Acesso em: 27 ago. 2024.

MATOS, Ísis Dias. Apontamentos Sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente. **Revista de Desenvolvimento e Políticas Públicas**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 3–16, 2017. DOI: 10.31061/redepp.v1n1.3-16. Disponível em: <https://www.redepp.ufv.br/REDEPP/article/view/15/8>. Acesso em: 5 jun. 2024.

MEIRINHOS, Manuel; OSÓRIO, Antônio. O Estudo de Caso como Estratégia de Investigação em Educação. **Revista de Educação**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1–17, 2010. DOI: 10.34620/eduser.v2i2.24. Disponível em: <https://www.eduser.ipb.pt/index.php/eduser/article/view/24>. Acesso em: 22 jun. 2024.

MOURA, Livia Melo de. **Estudo Teórico da Viabilidade Energética e Econômica a Partir da Conversão de Vinhaça a Biogás Produzida no Brasil**. Brasília: UnB, 2022. 78 p. Monografia (Bacharelado), Departamento Engenharia de Energia, Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

MUELLER, Charles C. Economia e Meio Ambiente na Perspectiva do Mundo Industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica. **Portal Revista Estudos Econômicos USP**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 261–304, 1996. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ee/article/view/116670>. Acesso em: 25 jun. 2024.

MUELLER, Charles C. Avaliação de Duas Correntes da Economia Ambiental: escola neoclássica e a economia da sobrevivência. **Brazilian Journal of Political Economy**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 66–89, 1998. Disponível em: <https://www.rep.org.br/PDF/70-5.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2024.

NASCIMENTO, Renan Carlos. **Biogás de Resíduos Orgânicos do Restaurante Universitário com Adição de Efluente Doméstico e Óleo de Cozinha**. Londrina: UTFPR, 2014. 43 p. Monografia (Bacharelado), Departamento Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

NEVES, Sérgio Leonardo; CORTE, Marcelo Dalla; OLIVESKI, Rejane De César. Simulação Numérica da Formação de Vórtices em Tomadas de Água em Hidrelétricas. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. 1-12, 2015. DOI:

10.14808/sci.plena.2015.081316. Disponível em: <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/081316/1290>. Acesso em: 14 ago. 2024.

NOVAES, Marcos Adriano Barbosa de; PASSOS, Marlla Rúbya Ferreira Paiva; GONÇALVES, Ruth Maria de Paula. O (Des)Uso da Pesquisa Quantitativa em Educação: uma revisão de teses ProPEd (UERJ) 2017-2020. **Revista Communitas**, [S. l.], v. 6, n. 13, p. 232–249, 2022. DOI: 10.29327/268346.6.13-18. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/COMMUNITAS/article/view/5920/3724>. Acesso em: 22 jun. 2024.

OLIVEIRA, Ana Paula Moreira de; FUGANHOLI, Nicola Sgrignoli; CUNHA, Pedro Henrique de Souza; BARELLI, Vivian Aparecida; BUNEL, Maxime Philippe Michel; NOVAZZI, Luís Fernando. Análise Técnica e Econômica de Fontes de Energia Renováveis. **The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC**, Viçosa, v. 4, p. 1-7, 2018. DOI: 10.18540/jcecvl4iss1pp0163-0169. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2502/1053>. Acesso em: 13 ago. 2024.

OLIVEIRA, Alessandro Silva de. Educação Ambiental e Sustentabilidade: um caminho para o desenvolvimento econômico sustentável? **Pesquisa em Educação Ambiental**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 1–18, 2023. DOI: 10.18675/2177-580X.2023-17621. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/pesquisa/article/view/17621>. Acesso em: 5 jul. 2024.

OLIVEIRA, Evandro de. Economia Verde, Economia Ecológica e Economia Ambiental: uma revisão. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 1–23, 2017. DOI: 10.22292/mas.v13i6.751. Disponível em: <https://revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/751>. Acesso em: 12 jun. 2024.

OLIVEIRA, Isabel Cristina de. **Economia Ambiental Neoclássica: análise crítica da relação entre a economia e os recursos naturais**. 2022. Disponível em: https://unifasc.edu.br/wp-content/uploads/2022/04/ARTIGO_ISABEL_ECONOMIA-AMBIENTAL-NEOCLASSICA-E-ECONOMIA-ECOLOGICA-11.pdf. Acesso em: 8 jun. 2024.

OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. **Estudo de Viabilidade de Aplicação do Biogás no Ambiente Urbano**. 2009. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/3/2014/01/santos_afs.pdf. Acesso em: 16 maio. 2024.

OLIVEIRA, Mário Henrique da Fonseca. **A Avaliação Econômico-Financeira de Investimento sob Condição de Incerteza**: uma comparação entre o método de monte carlo e fuzzy. São Carlos: USP, 2008. 209 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre; FRASSON, Sueli Aparecida; CONTI, Diego de Melo. Economia Circular: estudo de casos múltiplos em usinas de reciclagem no

manejo de resíduos da construção civil. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 17, n. 49, p. 136–157, 2019. DOI: 10.21527/2237-6453.2019.49.136-157. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/8216>. Acesso em: 10 jun. 2024.

PEREIRA, Élide da Silva; RIBEIRO, Luan Gomes; CARDOSO, Alexandre Jorge Gaia. Economia Circular: a percepção dos acadêmicos de secretariado executivo da Universidade do Estado do Pará. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 53–68, 2019. DOI: 10.7769/gesec.v10i3.1030. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/1030/pdf>. Acesso em: 11 jun. 2024.

PEREIRA, Guilherme; ORTIGÃO, Maria Isabel Ramalho. Pesquisa Quantitativa em Educação: algumas considerações. **Periferia**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 66–79, 2016. DOI: 10.12957/periferia.2016.27341. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/periferia/article/view/27341/19946>. Acesso em: 22 jun. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE INÁCIO MARTINS. **Inácio Martins Localização**. 2024. Disponível em: <http://www.inaciomartins.pr.gov.br/conteudo/localizacao/1727>. Acesso em: 15 jun. 2024.

PUCCINI, Ernesto Coutinho. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos**. 3. ed. Brasília: CAPES/UAB, 2016. v. 1 Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/719524/2/Matem%C3%A1tica%20Financeira%20e%20análise%20de%20investimentos.pdf>. Acesso em: 16 maio. 2024.

QUEIROZ, Rosemar de; GRASSI, Patrícia; LAZZARE, Kariane; KOPPE, Ezequiel; TARTAS, Bruna Rampon; KEMERICH, Pedro da Cunha. Geração de Energia Elétrica Através da Energia Hidráulica e seus Impactos Ambientais. **Revista REGET/UFSM**, Santa Maria, v. 13, n. 13, p. 2774-2784, 2013. DOI: 10.5902/223611709124. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/270299770>. Acesso em: 14 ago. 2024.

REIS, Felipe Bastos dos; FERNANDES, Palloma Renny Beserra. A Reutilização de Resíduos Sólidos na Economia Circular: estudo de caso no mercado de calçadista. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 1–15, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n5-311. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29772/23490>. Acesso em: 8 jun. 2024.

REIS, Jhônatas Gomes dos; ARAGÃO, Thiago Ricielli de Paula. Viabilidade Econômica da Apicultura no Município de Botucatu - SP. **Revista IPecege**, [S. l.], v. 1, n. 3/4, p. 26–35, 2015. DOI: 10.22167/r.ipecege.2015.3-4.26. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/2021>. Acesso em: 15 jul. 2024.

ROCHA, Pamela Bier Belló; PEREIRA, Reginaldo; BARETTA, Carolina Riviera Duarte Maluche. Políticas Públicas Voltadas à Conversão Ecológica sob a Luz da Economia Ecológica. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 110–141, 2020. DOI: 10.7213/rev.dir.econ.soc.v11i3.26785. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/direitoeconomico/article/view/26785/24911>. Acesso em: 18 jun. 2024.

RODRIGUES, Thiago Oliveira. **Efeitos da Torrefação no Condicionamento de Biomassa para Fins Energéticos**. Brasília: UnB, 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SAES, Beatriz Macchione; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. O Debate Metodológico na Economia Ecológica: indefinição ou pluralismo? **Nova Economia**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 127–153, 2018. DOI: 10.1590/0103-6351/2690. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/mxSNR8RRczjG9sLzDvCvYSx/?lang=pt>. Acesso em: 18 jun. 2024.

SANTOS, Leticia Pereira dos; BORGES, Cejana Marques. As Práticas de Economia Circular das Empresas e seus Benefícios para o Meio Ambiente. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 3, n. 11, p. 1–28, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N11-222. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/2438/1696>. Acesso em: 8 jun. 2024.

SANTOS, Ricardo Boaventura dos. **Relações entre meio ambiente e ciência econômica: reflexões sobre economia ambiental e a sustentabilidade**. 2009. Disponível em: <https://www2.unifap.br/glauberpereira/files/2016/07/CASO-01.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2024.

SANTOS, Rafael Sousa; VALE, Clara Pimenta do; BOGONI, Barbara; KIRKEGAARD, Poul Henning. Investigação de Campo Qualitativa em Contexto Educacional: definição e considerações. **Novas tendências em pesquisa qualitativa**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 190–199, 2021. DOI: 10.36367/ntqr.7.2021.190-199. Disponível em: <https://publi.ludomedia.org/index.php/ntqr/article/view/319>. Acesso em: 22 jun. 2024.

SEIBT, Flávio Medeiros; ROCHA, Luiz Alberto Oliveira; SANTOS, Elizaldo Domingues Dos; ISOLDI, Liércio André. Estudo Numérico do Efeito da Variação Conjunta do Comprimento e da Altura Relativa de um Conversor de Energia das Ondas Tipo Placa Horizontal Submersa. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. [S. l.], v. 6, n. 3, p. 586-605, 2017. DOI: 10.5380/rber.v6i3.53001. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/53001>. Acesso em: 14 ago. 2024.

SILVA, Dirceu da; LOPES, Evandro Luiz; BRAGA JUNIOR, Sérgio Silva. Pesquisa Quantitativa: elementos, paradigmas e definições. **Revista de Gestão e Secretariado**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 1–18, 2014. DOI: 10.7769/gesec.v5i1.297. Disponível em: https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/297/pdf_36. Acesso em: 22 jun. 2024.

SILVA, Luiz Henrique Vieira da. Economia Ecológica, Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: caminhos alternativos para o “pós-coronacrise”. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 1–14, 2021. DOI: 10.24220/2675-7885v2e2021a5294. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/sustentabilidade/article/view/5294/3235>. Acesso em: 12 jun. 2024.

SILVA, Marcos Johari Provezani; GODOY JÚNIOR, Ederaldo. Sustentabilidade no Gerenciamento de Recursos: o papel da economia circular e da logística reversa.

Revista Foco, [S. l.], v. 16, n. 11, p. 1–17, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n11-177. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/3509>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SILVA, Silas Tavares; SOUZA, Nádía Guimarães. Uso da Energia Solar como Fonte Alternativa para o Aquecimento de Utilidades: simulação e controle. **RSD journal**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 1-19, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i3.2730. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2730/2073>. Acesso em: 13 de ago. 2024.

SOUSA, Ana Luiza; RIZZATTO, Márcia Luzia. Produção de Biogás a partir de Resíduos Orgânicos: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 72–77, 2022. DOI: 10.36560/15220221511. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1511>. Acesso em: 18 maio. 2024.

SOUSA, Anne Karoline Santos de; KURIYAMA, Cristiane Michiles; ERACE, Joaquim Cassiano Urquia; ANDRADE, Mary Lúcia Tavares; ALVES, Vanessa de Oliveira; ARCE, Weuler Souza. A Sustentabilidade nos Negócios de Moveis Planejados na Cidade de Manaus: um caminho responsável. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 11, p. 1–20, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n11-084. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/3601/2463>. Acesso em: 15 jun. 2024.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 1999.

SUPORTE GEOGRÁFICO. **Mapa Inácio Martins**. 2024. Disponível em: <https://suportegeografico77.blogspot.com/2019/09/mapa-de-inacio-martins-pr.html>. Acesso em: 14 jul. 2024.

TEIXEIRA, Rogério Ferreira; SOUZA, Lucas Barbosa e. Comunidade Quilombola Barra da Aroeira (TO): abordagem fenomenológica das práticas ecológicas. **Redes**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 63–86, 2016. DOI: 10.17058/redes.v21i2.4757. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/4757>. Acesso em: 12 jun. 2024.

TITO, Mirella Suhett; PERES, Afonso Aurélio de Carvalho. Análise da Viabilidade Econômica e Financeira da Produção de Leite em Propriedade Familiar: estudo de caso do rancho pacheco, RJ. **AB Custos**, São Leopoldo, v. 14, n. 3, p. 1-25, 2019. DOI: 10.47179/abcustos.v14i3.498. Disponível em: <https://revista.abcustos.org.br/abcustos/article/view/498/712>. Acesso em: 30 ago. 2024.

TORRES, Inácio Alves; DINIZ JÚNIOR, Olavo Gonçalves. As Contribuições do Valor Presente Líquido, da Taxa Interna de Retorno, do Payback e do Fluxo de Caixa Descontado para Avaliação e Análise de um Projeto de Investimento em Cenário Hipotético. **Universitas: Gestão e TI**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1–12, 2013. DOI: 10.5102/un.gti.v3i1.2277. Disponível em:

<https://www.publicacoes.uniceub.br/gti/article/view/2277/2037>. Acesso em: 12 jun. 2024.

VELLOSO, Leônidas Pompeu Leão; NUNES, Alexandre Rodrigues; REIS, Cássio Pinho dos; DINIZ, Marcia Jucá Teixeira. Economia Ecológica e Ambiental: uma Abordagem Crítica ao Processo de Valoração Ambiental. **Peer Review**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 219–231, 2023. DOI: 10.53660/275.prw509. Disponível em: <https://peerw.org/index.php/journals/article/view/275/201>. Acesso em: 18 jun. 2024.

VIEIRA, Josimar de Aparecido; LEITE, Amanda Regina; KUHN, Adele Stein. Perspectivas da Produção de Pesquisa Aplicada, Inovação e Desenvolvimento Científico e Tecnológico nos Institutos Federais. **Revista Valore**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 1–11, 2023. DOI: 10.22408/reva8020231344e-8024. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1344/1055>. Acesso em: 22 jun. 2024.

WEIRICH, Cintia Sabrina; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; NOGUEIRA, Carlos Eduardo Camargo; NADALETI, Willian Cezar. Análise do Potencial Brasileiro para a Geração de Eletricidade a Partir das Fontes de Energia Solar Fotovoltaica e o Biogás no Contexto da Geração Distribuída. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. 1–19, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.31096. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31096/26625>. Acesso em: 13 jul. 2024.

ZATTI, Vicente. Institutos Federais de Educação: independência tecnológica e desenvolvimento social. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 111–130, 2019. DOI: 10.36524/dect.v5i01.92. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/92/88>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ANEXO

Anexo A – Foto ilustrativa - Biodigestor 1



Figura 6: Biodigestor modelo 1

Fonte: Homebiogás (2024)

Anexo B – Foto ilustrativa - Biodigestor 2



Figura 7: Biodigestor modelo 2

Fonte: BGS (2024)

Anexo C – Fluxo de caixa - Biodigestor 1

ano	Receita (Custo evitado com GLP)	Investimento (equip+conexões)	Custo operacional (água)	Custo operacional (esterco)	Custo de manutenção	Fluxo de caixa
0	0	-77.189,50	-246,54	-264	0	-77.700,04
1	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
2	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
3	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
4	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
5	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
6	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
7	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
8	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
9	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52
10	15.166,67	0	-183,14	0	-2.400,00	12.583,52

Fonte: Elaborado pelo autor

Anexo D – Fluxo de caixa - Biodigestor 2

ano	Receita (Custo evitado com GLP)	Investimento (equip+conexões)	Custo operacional (água)	Custo operacional (esterco)	Custo de manutenção	Fluxo de caixa
0	0	-18.382,85	-3,52	-36	0	-18.422,37
1	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
2	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
3	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
4	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
5	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
6	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
7	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
8	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
9	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85
10	4.044,13	0	-366,29	0	-480	3.197,85

Fonte: Elaborado pelo autor