

## ESTUDO TEÓRICO E COMPARATIVO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

### *THEORETICAL AND COMPARATIVE STUDY OF OFF-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN BIODIESEL PRODUCTION*

*Guilherme Rocha De Oliveira<sup>1</sup>; Marina Valença Alencar Guarato<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Discentes do curso de Engenharia Química – Centro Universitário Sagrado Coração*

*<sup>2</sup>Docente do curso de Engenharia Química – Centro Universitário Sagrado Coração*

*\*Autor para correspondência, E-mail: guilhermaorochoaoliveira2017@gmail.com. (autor principal)*

## RESUMO

Este trabalho de iniciação científica tem como objetivo analisar o estudo teórico e comparativo do sistema fotovoltaico off-grid na produção de biodiesel na indústria tendo em vista analisar melhorar a eficácia e a qualidade do consumo de energia na indústria, além de promover a sustentabilidade ambiental. A produção de biodiesel no país está em ascensão devido ao aumento da demanda mundial e à busca por alternativas mais sustentáveis. Este estudo aborda desde a definição e relevância da produção do biodiesel até a geração e consumo de energia, além disso, este artigo está objetivando avaliar vantagens e desvantagens entre ambas com base em um estudo comparativo, através das principais características que as diferem, e que as tornam potencialmente eficiente para aplicações industriais no setor de destilação de óleos da produção do biodiesel utilizando a energia solar e a inovação na área de produção, bem como eventuais pesquisas e descobertas nessa área do sistema fotovoltaico off-grid na destilaria da usina de biodiesel.

**Palavras-chave:** Energia 1; Analisar 2; Indústria 3; Vantagens 4; Desvantagens 5.

## ABSTRACT

*This scientific initiation work aims to analyze the theoretical and comparative study of the off-grid photovoltaic system in the production of biodiesel in industry with a view to improving the effectiveness and quality of energy consumption in industry, in addition to promoting environmental sustainability. Biodiesel production in the country is growing due to increased global demand and the search for more sustainable alternatives. This study covers everything from the definition and relevance of biodiesel production to the generation and consumption of energy, in addition, this article is objective, evaluating advantages and objectivity between both based on a comparative study, through the main characteristics that appr them, and that potentially efficient ones for industrial applications in the oil distillation sector of biodiesel production using solar energy and innovation in the production area, as well as possible research and discoveries in this area of the off-grid photovoltaic system in the biodiesel plant's distillery.*

*Keywords: Energy 1; Analyze 2; Industry 3; Advantages 4; Disadvantages 5. eciate*

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema fotovoltaico off-grid, conhecido também como sistema autônomo, tem como principal característica o funcionamento independente da conexão com as redes elétricas. Este modelo é uma opção que vem tomando espaço no mercado fotovoltaico, oferecendo ao consumidor uma tecnologia autônoma que garante o armazenamento da energia solar excedente sem nenhum custo, sendo necessário utilizar baterias para armazenar a eletricidade produzida. O Brasil é um país que tem um alto potencial para o desenvolvimento da tecnologia da energia solar fotovoltaica e dentro das aplicações desse tipo de energia, existem os sistemas off-grid com armazenamento que dispensam a conexão com a rede elétrica convencional e usualmente são dimensionados a partir de metodologias simplificadas baseadas nas horas de sol pleno da região (SILVA, 2023).

Assim, interessante para o uso em regiões mais remotas, já que é um sistema que não depende de uma rede de distribuição local, não é preciso pagar conta de luz e conta com sistema de armazenamento de energia (SOUZA, 2020). Na contramão da problemática ambiental, o consumo global de energia elétrica está cada vez maior, exigindo dos setores de fornecimento transições energéticas para fontes de energia mais eficientes e menos poluentes.

No Brasil, a principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica, mas com o atual desenvolvimento das fontes alternativas e as crises hídricas, fontes como a solar fotovoltaica têm passado por crescimento (ALVES, 2019). Em 2022, a busca pela utilização das energias solares o sistema fotovoltaico offgrid veio aumentando no Brasil, recentemente, no dia 06 de janeiro de 2023 foi aprovado a lei 14300/22 que determina algumas normas para a instalação

e autoconsumo de energia solar, instituindo também o marco legal da microgeração e minigeração distribuída. Isso significa que a legislação concede ao consumidor o direito de produzir sua própria energia elétrica por meio de fontes renováveis, por sua vez tanto as indústrias e moradores poderão utilizar energia solar e cortar custos ganhando um certo lucro em cima de energia solar (ALMEIDA, 2023).

Dentre as diversas áreas da engenharia química, somente algumas dessas áreas de trabalho podem utilizar os sistemas fotovoltaicos off-grid (NASCIMENTO, 2017). Um desses casos é encaixar o sistema fotovoltaicos off grid no processo da fabricação de combustível com total objetivo de investigar a síntese de ésteres (biodiesel) a partir de óleos residuais (de baixo valor comercial) em modo contínuo usando catalisadores a base de nióbio no setor da destilaria da matéria-prima (LIMA, 2020).

Nos últimos anos a produção de biodiesel já vem aumentando drasticamente, segundo as pesquisas realizadas é que a produção do biodiesel brasileira passou de 5,4 bilhões para mais de 10 bilhões de litros anuais, entre 2018 e 2023. Esse crescimento representa aumento de 85% da demanda doméstica, o que deve consolidar o país como um dos maiores produtores de biodiesel no mundo (SOUZA, 2022).

O aumento dos preços das tarifas, a crescente preocupação com a sustentabilidade e a busca por fontes de energia limpa e renovável têm impulsionado a adoção de sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. Dentre as principais opções disponíveis, destacam-se os sistemas fotovoltaico off-grid, que tem apresentado suas particularidades e aplicações específicas (CORDEIRO, 2024).

Ao analisar-se a produção de energia elétrica em um país ou região, também se faz necessário estudar o consumo. Comparando a nível nacional dos outros setores da agropecuária, indústria, residencial ou comércio, o primeiro apresentou um maior aumento percentual no consumo de energia elétrica (RIZZI, 2024).

Desta forma, emerge o biocombustível, frequentemente descrito como uma forma de combustível derivada de materiais biológicos. Isto inclui matéria orgânica não fossilizada, bem como produtos metabólicos de organismos vivos, como, por exemplo, o uso de óleo vegetal na produção de biodiesel (OLIVEIRA, 2024).

É relevante destacar também a importância de enfatizar as vantagens ambientais, uma vez que o cultivo desses organismos e do sistema fotovoltaico que não requer competição por terras agrícolas. Além disso, a utilização do sistema fotovoltaico e a matéria-prima utilizada no processo do biodiesel minimizam os impactos do efeito estufa na atmosfera (ALBUQUERQUE, 2024).

Este trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão bibliográfica de um estudo comparativo, buscando compreender as principais características que as distinguem, como também, projetar a situação atual de pesquisas e estudos que atuem a fim de melhorar a técnica em questão. Os objetivos específicos são:

- a) Apresentar o histórico de evolução e definições referentes às duas técnicas industriais.
- b) Mensurar as condições aplicacionais de ambas as técnicas por meio das características principais, tendo em conta os equipamentos necessários e normas de segurança.
- c) Definir e discutir qual técnica apresenta mais vantagens de utilização em uma indústria, baseado nas condições e características supracitadas.
- d) Compreender o cenário atual de aplicações e utilizações da técnica definida com aspectos mais positivos, através da análise de pesquisas e inovações na área trazendo melhorias entre duas áreas tão distintas.

Portanto, dada a importância da produção de energia elétrica através do sistema fotovoltaico off-grid na indústria de biodiesel, busca-se a compreensão das principais características que as distinguem, como também, projetar a situação atual de pesquisas e estudos que atuem a fim de melhorar a técnica em questão.

Justifica-se o tema proposto para este artigo, realizar um estudo comparativo do sistema fotovoltaico off-grid na produção de biodiesel na indústria. Desta forma, serão apresentados os principais processos de produção de biodiesel e da energia elétrica do sistema fotovoltaico visando estabelecer uma relação entre a qualidade e a sustentabilidade do meio ambiente quantidade de energia elétrica necessária.

## 2. METODOLOGIA

Este projeto de iniciação científica tem em vista realizar um estudo teórico e comparativo para que possa ser avaliado a demanda elétrica do sistema fotovoltaico off-grid implementadas as indústrias de biodiesel, e em sistemas fotovoltaicos off-grid possa ser implementado em indústrias de biodiesel em locais mais remotos em várias áreas do país ou do mundo.

No decorrer deste projeto foi realizado o estudo sobre a implementação do sistema fotovoltaico off-grid na destilaria da indústria de biodiesel, fez-se necessário realizar um estudo bibliográfico sobre a sustentabilidade, eficiência, normas, vantagens e desvantagens que o sistema fotovoltaico off-grid poderá proporcionar para a indústria de biodiesel.

Foi avaliado e estudado o método da produção de biodiesel na indústria e a aplicação do sistema fotovoltaico off-grid na produção da indústria, no caso na destilaria, para que possa ser

estabelecido discutido os benefícios que o sistema fotovoltaico off-grid traz, além de avaliar o desempenho do sistema fotovoltaico sob as condições da região onde a indústria de biodiesel se localiza.

Através das pesquisas realizadas, foi proposto estudos para avaliar a estrutura da destilaria, consumo de energia da destilaria e como poderá ser implementado o sistema fotovoltaico off-grid na destilaria da indústria de biodiesel para que possa ter compreensão da estrutura da destilaria da indústria, avaliar se as normas da legislação e as normas de segurança estão adequados para que não ocorra acidente de trabalho e as normas legislativas que o sistema fotovoltaico off-grid na indústria de biodiesel deve se enquadrar.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. APLICAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID NA ENGENHARIA QUÍMICA**

Dentro da engenharia química o sistema fotovoltaico off-grid encontra-se disponível em algumas oportunidades do tipo a otimização de processos industriais, no qual reduz o custo operacionais de máquinas, processo e equipamentos, minimizando os impactos ambientais como por exemplo, alimentação de equipamentos, sistema de bombeamento solar e monitoramento do controle de processos.

O sistema fotovoltaico off-grid também pode ser aplicado na moenda para a moagem de extração de óleos das sementes de plantas oleaginosas da usina de biodiesel, neste processo é necessário utilizar máquinas e equipamentos elétricos para realizar a moagem e extração do óleo, o que requer uma fonte confiável de energia elétrica. Este sistema fotovoltaico off-grid pode ser utilizado para fornecer energia elétrica para essas máquinas e equipamentos, de forma autônoma e independente da rede elétrica convencional.

Os painéis solares captam a energia solar e a transformam em energia elétrica, que é armazenada em baterias para uso posterior. Desta forma, o sistema fotovoltaico off-grid pode garantir um fornecimento de energia elétrica estável e confiável para a moagem de extração de óleos das sementes de plantas oleaginosas, sem depender da rede elétrica convencional, além disso, essa solução pode ser particularmente muito útil neste setor específico.

#### **3.2. PROCESSO DO BIODIESEL**

Na produção do biodiesel ocorre sobre biocombustíveis provenientes de óleos essenciais de vegetais e/ou gordura animal, que no processo de produção do biodiesel é utilizado por meio de uma reação transesterificação que consiste na mistura de um éster (triglicerídeo) e um álcool com excesso na produção, o óleo vegetal ou gordura animal passa por um pré-tratamento para que ocorra a remoção de possíveis contaminantes nos sólidos e água para que possa evitar a

hidrólise. Em seu processo é mediante a uma mistura de um óleo essencial que tem um alto potencial utilizando como por exemplo a mamona, soja, algodão, amendoim, girassol, palma (dendê), babaçu e milho que são excelentes para serem usados para produção dos óleos essenciais. A fórmula molecular do biodiesel é  $C_{20}H_{38}O_3$ , que possui um peso molecular de 326 g/mol com a temperatura de 1200°C para que possa ter o ponto de fulgor a 150°C do ponto de fluidez, ainda que estas duas vezes mais biodegradáveis que o diesel do petróleo (RAMOS, 2003).

A produção de biodiesel a partir do óleo de soja, utilizando a rota metílica, representa um campo de pesquisa e desenvolvimento fundamental no contexto da busca por fontes de energia sustentável tem ganhado destaque devido aos seus benefícios ambientais e ao potencial para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. O uso de óleo de soja como matéria-prima oferece uma alternativa viável, pois a soja é amplamente cultivada em todo o mundo, facilitando a disponibilidade de matérias-primas para a produção escala (Fermino et al, 2024).

A rota metílica, que envolve a transesterificação do óleo de soja, é um dos métodos mais utilizados para a produção de biodiesel. Esse processo converte os triglicerídeos do óleo de soja em ésteres metílicos, que são mais apropriados para uso como combustível em motores a diesel. A transesterificação é uma reação catalisada que permite a produção de biodiesel de maneira mais eficaz (Fermino et al, 2024).

A escolha do óleo de soja como matéria-prima, respaldada pela literatura segundo Freedman, Pryde e Mounts (1984) é justificada pela sua ampla disponibilidade global, oferecendo uma base sólida para a produção em larga escala de biodiesel. Essa seleção é estratégica, considerando a necessidade de soluções acessíveis e práticas para enfrentar a crescente demanda por combustíveis mais sustentáveis (Fermino et al, 2024).

### 3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

O sistema fotovoltaico off-grid é um sistema que trabalha de forma autônoma através da utilização de energia solar que tem a oferecer eletricidade independente na rede elétrica através da radiação solar durante o dia, mesmo que tenha custos significativos como manutenção. O sistema fotovoltaico off-grid é sustentável para vários locais principalmente para lugares mais remotos ou com um local com muito difícil acesso à rede elétrica, as empresas que já tenham um acesso à energia e queira implementar o sistema fotovoltaico off-grid na empresa, o sistema reduz o custo de energia consumida pela indústria de biodiesel (JÚNIOR, 2021).

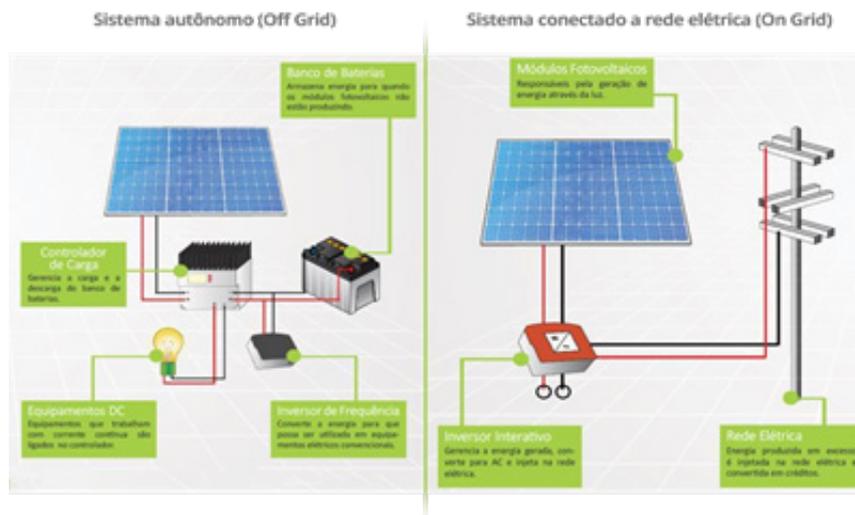
A principal diferença entre o sistema fotovoltaico off-grid com o sistema fotovoltaico on-grid está na conexão à rede elétrica, o sistema fotovoltaico offgrid em si é autossuficiente e independente, enquanto, o sistema fotovoltaico on-grid é integrado à rede e não armazena energia, e fica a critério da indústria escolher qual dos dois sistemas fica mais viável a escolha (BOSO, 2015).

### 3.4. EFICIÊNCIA DO SISTEMAS FOTOVOLTAICO OFF-GRID

A eficiência do sistema fotovoltaico off-grid depende da variação de alguns fatores, tais como: o design do sistema, qualidade dos componentes e as condições dos locais, por exemplo, a eficiência do painel, controlador de carga, sombreamento, inversor, manutenção, bateria, autonomia, condições climáticas, orientação e inclinação podem ser considerados. No geral o sistema fotovoltaico off-grid pode ser altamente eficiente se for projetado e instalado corretamente permitindo a indústria de biodiesel obter eletricidade confiável utilizando recursos naturais para gerar energia no setor específico tornando-o independente em certas épocas do ano (AGUIAR, 2022).

No fluxo da absorção da radiação solar pelo sistema fotovoltaico off-grid durante o dia ensolarado pode variar com o local e o estado com cada clima de região geográfica onde se encontra, portanto a quantidade de absorção solar pode ser obtida através da superfície das placas, os melhores horários para cada estado pode variar para cada região do país, aqui na região de São Paulo os melhores horários para gerar a energia através das placas solares é das 10:00 horas da manhã até 16:00 horas da tarde no horário de Brasília (BRITO, 2021).

Figura 1 - Diferença entre o sistema on-grid e off-grid



Fonte: PILLOT,2017.

### 3.5. LEGISLAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

Segundo a legislação do sistema fotovoltaico off-grid no Brasil pode abranger em várias áreas através de regulamentação da energia elétrica, construção civil e no meio ambiente. Na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define as diretrizes das técnicas para que a instalação do sistema fotovoltaico off-grid, as normas mais relevantes que incluíam a ABNT NBR 16690, que estabelece os critérios para que o dimensionamento do sistema fotovoltaico off-grid, e também a ABNT NBR 16694 traz sobre a instalação do sistema fotovoltaico off-grid (ALENCAR, 2022).

Segundo a agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que regulamenta a geração de energia elétrica através de recursos naturais no Brasil para que os sistemas fotovoltaicos off-grid, mostrando as regras que regem a conexão à rede elétrica, que possui um registro destes sistemas e a compensação de excesso de energia em sistemas isolados. E além disso é importante ressaltar a certificação e a qualidade destes sistemas, que é muito importante utilizar estes componentes e equipamentos certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) para poder seguir os padrões da qualidade que é reconhecido que possa haver a confiabilidade deste sistema (TEIXEIRA, 2021).

Segundo a lei 14300/22 a que determina algumas normas para que possa ocorrer a instalação e autoconsumo da energia solar, que além de instituir o marco legal da microgeração e a migração distribuída, significando que a legislação permite ao consumidor o total direito de produzir sua própria energia elétrica através de fontes renováveis. E algumas regulamentações do sistema fotovoltaico off-grid tem que analisar em questão do meio ambiente, segurança do trabalho e segurança elétrica, crédito e incentivos fiscais, regularização fundiária, regulamentação do local e mais uma vez a certificação e qualidade do sistema fotovoltaico off-grid em si (NETO et al. 2021).

### 3.6. VANTAGENS, DESVANTAGENS E CURIOSIDADES SOBRE O SISTEMA OFF-GRID

Abaixo são listadas algumas vantagens encontradas sobre o sistema fotovoltaico off-grid:

- **Autonomia energética:** o sistema off-grid permite que a usina tenha autonomia energética, não dependendo da rede elétrica pública para de funcionar, com isso pode ser especialmente importante em áreas mais remotas ou onde a rede elétrica é instável ou inexistente;
- **Fonte de energia renovável:** ao utilizar fontes renováveis, como a energia solar ou eólica, a usina reduz sua dependência de fontes de energia fósseis, como o diesel, reduzindo sua pegada de carbono e contribuindo para a preservação do meio ambiente;
- **Redução de custos:** a utilização do sistema off-grid pode reduzir os custos da usina com

energia elétrica, uma vez que ela produz sua própria energia e não precisa pagar pela conexão com a rede pública.

Existem também algumas desvantagens nesse sistema, pode-se citar:

- Investimento inicial: a instalação do sistema off-grid exige um investimento inicial significativo, o que pode ser um obstáculo para algumas usinas de biodiesel;
- Manutenção: a manutenção do sistema off-grid pode ser mais complexa do que a da rede elétrica pública, exigindo equipe técnica especializada e peças de reposição específicas;
- Armazenamento de energia: a energia produzida pelo sistema off-grid precisa ser armazenada em baterias para ser utilizada quando necessário. Isso pode exigir espaço e investimento adicional em equipamentos de armazenamento.

É importante que a usina avalie bem cuidadosamente as vantagens e as desvantagens do sistema off-grid na moenda antes de tomar uma decisão. Um estudo de viabilidade técnica e econômica pode ajudar a determinar se o sistema é o mais adequado para as necessidades da usina de biodiesel (LEAL, 2022).

No desenvolvimento do protótipo grego do reator do sistema solar fotovoltaico off-grid para um determinado ponto/setor da produção de biodiesel alimentado unicamente por energia solar pode atestar que o sistema é viável para o processo na produção, em geral, os estudos indicam que a utilização do sistema off-grid na destilação da usina de biodiesel pode trazer vantagens em termos de redução de custos, autonomia energética e impacto ambiental positivo, mas é importante considerar o investimento inicial elevado e a necessidade de manutenção adequada do sistema (LEAL, 2022).

Portanto, é necessário realizar uma análise criteriosa dos desafios envolvidos antes da implementação do sistema off-grid na destilação da usina de biodiesel (KÜNSCH, 2021).

Além disso, o aumento da eficiência energética, além da utilização de sistemas off-grid, pode aumentar a eficiência energética da usina de biodiesel, uma vez que permite o aproveitamento máximo da energia gerada a partir de fontes renováveis, como a energia solar e eólica (COSTA, 2022).

Contanto tem bastante redução da emissão de gases de efeito estufa: a utilização de sistemas off-grid a partir de fontes renováveis pode contribuir para a redução da emissão de gases de efeito estufa, pois não há a queima de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica (COSTA, 2022).

### 3.7. ESTUDO DE CASO

O sistema fotovoltaico off-grid tem se mostrado uma opção eficaz para a produção de energia para indústria em várias regiões, como as usinas de biodiesel, que podem aproveitar as energias renováveis para diminuir gastos operacionais e a dependência de fontes tradicionais. No geral, uma das vantagens da utilização do sistema fotovoltaico na indústria de biodiesel, está na sustentabilidade da produção de geração de energia pelo sistema fotovoltaico que reduz a utilização do carbono ou outros gases que podem ocasionar no efeito estufa, assim tornando o processo de produção de biodiesel mais sustentável e ambientalmente responsável. Além disso, a implementação do sistema fotovoltaico off-grid na destilaria pode-se reduzir significativamente os custos em longo prazo, se implementados em indústrias localizadas em regiões que provavelmente tenha abundância de sol o ano todo pode se tornar uma fonte de energia gratuita caso não tenha muitas chuvas na região.

Ainda, possibilita que a indústria de biodiesel que utilizar o sistema fotovoltaico off-grid, seja ou acabe se tornando autossuficiente em energia por conta da independência da rede pública de eletricidade, e a destilaria possa operar de forma independente a outros meios de fontes elétricas podendo destilar a matéria-prima em biodiesel sem interrupções por causa de falhas de fornecimento elétrico.

Durante as pesquisas realizadas foi notado algumas desvantagens que podem ocorrer em todos os setores, uma delas é o possível alto custo inicial para implementar o sistema fotovoltaico off-grid na indústria pois tem que várias coisas para serem avaliadas uma delas é o tamanho de cada painel solar, baterias de armazenamento de energia as bases dos painéis, quantidade exata de painel para suprir à quantidade de consumo elétrico pois cada usina tem uma estrutura e consumo elétrico diferente uma das outras e a instalação do painel, porém um dos fatores que mais influenciam na desvantagem é o clima da região que pode influenciar pois tempos nublados, chuvosos e horários noturnos influenciam podendo ter insuficiência na operação da destilaria mesmo tendo uma ou até mais baterias que é armazenam a energia dos painéis solares e esse armazenamento pode ser limitado por alto consumo de energia nos dias nublados, chuvosos e no período noturno. A manutenção das baterias e dos painéis tem um certo custo pois não realizar a manutenção pode afetar na eficiência do sistema pois a falta de armazenamento adequado pode ocasionar em problemas em períodos de baixa produção de energia solar.

Segundo a legislação brasileira as indústrias de biodiesel que forem utilizar o sistema fotovoltaico tem que cumprir algumas normas tais como da resolução normativa ANEEL nº 482/2012 e nº 687/2015 onde a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) regulamenta as indústrias utilizam até compartilhar a energia obtida pelo sistema fotovoltaico. Envolve os custos incorridos pela distribuidora relacionados às atividades de geração e transmissão, além de encargos setoriais previstos em legislação específica (SILVA, 2021).

Segundo a lei de nº 14.300/2022- Marco legal da geração distribuída que diz que estabelece o sistema de compensação da energia elétrica que regulamenta os incentivos fiscais e tributários para a geração e distribuição da energia solar.

A RenovaBio, que foi criada pela lei de nº13.576/2017, um programa do governo brasileiro que é voltado para a produção de biocombustíveis incluindo o biodiesel, que está focado na redução de emissões de gases no setor de biocombustíveis, a utilização de placas solares para a geração de energia solar pode reduzir essas produções de gases, fornecendo pontos positivos para a certificação e concessões de crédito de descarbonização. Além de todas essas leis têm o licenciamento ambiental que é obrigatório para que possa ser instalado o sistema fotovoltaico off-grid na indústria de biodiesel em áreas rurais por conta do órgão ambiental estadual ou o IBAMA que supervisiona o cumprimento das normas ambientais. A legislação brasileira incentiva as indústrias e empresas a utilização do sistema fotovoltaico e outras energias renováveis e as indústrias de biodiesel investem nesses recursos de energias renováveis. Considerando o consumo médio de energia pode ser possível exaustar o dimensionamento da potência para do gerador do sistema fotovoltaico, pode ser estimado em 18,48kwp dependendo do tamanho do painel do sistema fotovoltaico (CARDOSO, 2022).

Com tantas regiões com a escassez de recursos naturais quanto a alta demanda pela utilização de energia elétrica tem impulsionado a busca de novas fontes de captação energia, e dentre elas o Brasil apresenta-se promissor quanto a quantidade de radiação solar em todo território nacional. No entanto, os custos de projetos para a instalação de fontes renováveis, como o sistema fotovoltaico, ainda apresentam tanto tecnicamente quanto economicamente onerosos, o que requer estudos sobre a viabilidade de tais projetos. Essa necessidade de estudos intensifica-se após a entrada em vigor da lei 14.300/2022, requerimento sobre o fator de simultaneidade de geração e uso de energia (DOS SANTOS, 2024).

Ao avaliar os impactos ambientais atrelados ao consumo de energia na cadeia produtiva e desenvolvimento de alternativas “limpas” e sustentáveis de geração. As indústrias no geral começam a se preocupar com ações de desenvolvimento sustentável e eficiência energética, principalmente após o aumento das tarifas de energia elétrica e períodos de escassez de água. O setor industrial é um dos maiores consumidores de energia e com grandes potencialidades de provocar danos ao meio ambiente, seja por meio de processo produtivo ou fabricação de algum produto poluente. O setor industrial viu seus custos de produção aumentarem em 8,1%, onde o custo de energia elétrica foi o principal responsável por esse aumento, sofrendo um reajuste de 38,9% com relação ao ano de 2014 e apresentando um crescimento efeito de 51,1%. A energia solar fotovoltaica foi considerada a melhor opção para a geração alternativa de energia elétrica, considerando o cenário ao qual está inserida a indústria com um alto índice de insolação no ano todo, e a disponibilidade da matéria-prima no Brasil (TORRE, 2018).

No decorrer da pesquisa, observou-se que cada indústria tem uma estrutura diferente e produz uma quantidade de biodiesel por dia, dividindo-as em indústria de pequeno, médio e grande porte onde o que determina é o quanto que cada indústria produz, podendo variar o local onde ela se encontra e qualidade da matéria-prima. Sendo assim, estabelecemos contato com diversas indústrias de biodiesel para aprofundarmos nosso entendimento sobre os processos químicos e elétricos envolvidos na destilaria da indústria de biodiesel, a indústria que nos retornou o contato foi a indústria PETROBIO. É uma indústria de médio porte que está atuando a 5 anos no mercado aqui no Brasil na cidade de Umuarama-PR, é uma sociedade em que a maioria dos donos fazem parte de outras sociedades em outras indústrias de biodiesel na região tomando-as indústrias de grande porte, mas a PETROBIO por si só é uma indústria de porte médio.

Figura 02: Logo da empresa



Fonte: PETROBIO

A indústria PETROBIO produz em média por mês uma média aproximada é de 2,5 milhões de litros de biocombustíveis incluindo a produção de biodiesel nesse meio, no decorrer do mês é produzido em média de 1.785.000 litros de biodiesel por mês com uma média de 715.000 litros produzido por mês são dos demais biocombustíveis produzidos por mês, mas ao dia gera em torno 59,5 mil litros de biodiesel por dia. A indústria PETROBIO procura produzir o biodiesel com eficiência, sustentabilidade com qualidade além de produzir o biocombustível renovável a indústria distribui o biodiesel diariamente para o mercado de trabalho, onde à indústria fica bem localizada e estratégias e uma capacidade de armazenagem (PETROBIO).

Segundo os profissionais da indústria PETROBIO que responderam o contato, o consumo elétrico da destilaria do biodiesel é de 2.900 kWh ou 2.9 MW por litro de biodiesel, se fosse para ser implementado as placas solares do sistema fotovoltaico off-grid na indústria para gerar energia elétrica na destilaria desta empresa, a implantação do sistema fotovoltaico na indústria terá que ser analisado o melhor local da indústria onde tem o melhor local onde os raios solares batem o dia todo, além de que, as placas solares do sistema fotovoltaico precisam ser instaladas em local plano para realizar todo o processo de captação dos raios solares e assim gerar a energia autônoma da destilaria da indústria e assim que for implementado o sistema fotovoltaico off-grid na destilaria é conectar a parte elétrica da destilaria da indústria com esse sistema para que a destilaria tenha o consumo elétrico de modo autônomo, assim gerando economia, assim a indústria poderá ter uma margem de lucro em determinadas épocas do ano. Para essa indústria será utilizado uma quantidade de placas solares do sistema fotovoltaico off-grid para suprir à quantidade necessária para o consumo elétrico da destilaria da indústria. No decorrer do contato com a indústria eles informaram que estão querendo dobrar a produção e aumentar o espaço

da indústria para que possa ter mais estruturas para produzir mais, como estão querendo aumentar a produção e construir mais setores, provavelmente vão construir mais uma destilaria então o consumo elétrico provavelmente irá aumentar e terá que colocar mais placas solares para o sistema fotovoltaicos offgrid suprir a demanda elétrica da indústria.

Foi realizado um levantamento de dados no site oficial da Eletrobras (CRESESB, 2018) sobre a cidade de Umuarama-PR onde a indústria PETROBIO se localiza (a cidade fica a uma coordenada 23,81585°S, 53,32005°O), para saber a irradiação solar média e as melhores épocas do ano para a geração de energia elétrica do sistema fotovoltaico off-grid. Onde a figura 03 descreve as melhores épocas de irradiação solar para a indústria de biodiesel de Umuarama-PR.

Figura 03: Irradiação solar na cidade de Umuarama-PR

**Estação:** Umuarama  
**Município:** Umuarama , PR - BRASIL  
**Latitude:** 23,701° S  
**Longitude:** 53,349° O  
**Distância do ponto de ref. ( 23,76639° S; 53,325° O ):7,7 km**

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
✓	Plano Horizontal	0° N	6,07	5,82	5,34	4,51	3,53	3,16	3,40	4,37	4,58	5,41	6,12	6,51	4,90	3,35	
✓	Ângulo igual a latitude	24° N	5,46	5,54	5,52	5,17	4,41	4,13	4,37	5,23	4,89	5,29	5,58	5,73	5,11	1,61	
✓	Maior média anual	20° N	5,60	5,64	5,54	5,10	4,30	4,00	4,24	5,13	4,88	5,35	5,71	5,91	5,12	1,91	
✓	Maior mínimo mensal	44° N	4,50	4,81	5,13	5,19	4,68	4,51	4,72	5,41	4,68	4,70	4,66	4,64	4,80	,90	

Fonte: CRESESB (2018)

Após coletar todas essas informações foi realizado um cálculo para estimar quantas placas solares são necessárias para suprir a demanda elétrica da região e com as informações da usina PETROBIO podemos saber do consumo elétrico de um setor da indústria no caso da destilaria, com todos os dados coletados podemos realizar um cálculo para sabermos o consumo e a quantidade de placas serão utilizados para suprir necessidade elétrica da destilaria em questão considerando um funcionamento de segunda a sábado, da seguinte maneira:

Consumo mensal da usina: 75.000 kWh

Consumo diário da usina: 2.900 kWh

Média de irradiação solar na cidade de Umuarama: 4,8 horas

Energia:  $2900 / (4,8 * 1,15) = 694,79$  kW de potência instalada

1,15: fator de aproveitamento

Considerando placas de 500W cada:

Placas:  $694.790 / 555 = 1.251$  placas solares

Resultado: 1.251 placas solares de 555W  
Custo com placa:  $1.251 \times 500$  reais = 625,500 mil  
Tamanho de cada placa:  $2,278 \times 1,134 = 2,6 \text{ m}^2$

Através dos cálculos realizados foi possível chegar a um possível dimensionamento sobre a quantidade de placas solares do sistema fotovoltaico off-grid e o valor de investimento de custo compra e instalação das placas solares. Com esses cálculos estimados pode-se comprovar das vantagens e desvantagens desse sistema citadas acima.

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o sistema fotovoltaico off-grid tem sido muito discutido nos últimos anos utilizado em várias indústrias, comércios e residências, durante as pesquisas a demanda elétrica do sistema fotovoltaico off-grid em uma área em si da indústria de biodiesel que no caso seria na área da destilaria, para que possa utilizar a energia solar para destilar uma determinada matéria-prima utilizando o sistema fotovoltaico off-grid que poderá ser projetado o que possa apresentar uma alta confiabilidade durante o processo de produção do biodiesel.

O biodiesel pode ser apresentado com rendimento satisfatório em termos do teor de éster que pode chegar a 97,6% para a produção no primeiro teste, com a utilização do protótipo, mas pode-se afirmar que há uma considerável redução no custo da produção do biodiesel pela utilização da energia solar evitando prejudicar o meio ambiente tendo a obtenção de energia elétrica, além de gerar mais lucro à indústria cortando custo em determinadas épocas do ano.

Neste presente artigo de iniciação científica, pode contribuir para maior compreensão com as informações sobre a ampla geração de energia do sistema fotovoltaico off-grid implementado na indústria de biodiesel, fornecendo uma base sólida para futuros trabalhos experimentais e aplicados. Mesmo que o foco do trabalho tenha sido um artigo teórico em questão do sistema fotovoltaico offgrid na indústria de biodiesel, conseguimos trazer um caso prático e comprovar as vantagens e desvantagens descritas acima, com base nessas informações para futuros projetos tenham uma eficiência, qualidade e sustentabilidade que o mercado de trabalho exige.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Natália Angelita et al. Produção de Biodiesel utilizando óleo de fritura oriundo do restaurante universitário da Universidade Federal de Alagoas. Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS, 2020.

ALENCAR, Rayssa Ferreira. Estudo comparativo de desempenho entre acumuladores íon-lítio e chumbo-ácido para o uso na energia solar residencial off-grid. 2022.

ALMEIDA, Thiago Godinho. Desenvolvimento de um dispositivo microcontrolado para automação e otimização de uma residência com geração fotovoltaica OFF GRID, 2023.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on grid e off grid. 2019. ARAUJO, Eduardo; VIANA, Vítor; MARQUES, Miguel. E-cycle: sistema seletor de recicláveis: Uma abordagem de sistema a eventos discretos no contexto do meio ambiente. *Mecatrone*, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2023.

ASSUNÇÃO DA SILVA, Fernando Carvalho; NUNES BELCHIOR, Fernando; NUNES FONSECA, Marcelo. Análise aplicada a sistemas fotovoltaicos offgrid em processos industriais na zona rural. *GeSec: Revista de Gestao e Secretariado*, v. 14, n. 3, 2023.

BARROS, Geraldo Sant'Ana de Camargo et al. Custos de produção de biodiesel no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, v. 15, n. 3, p. 36-50, 2006.

BOSO, Ana Claudia Marassá Roza; GABRIEL, Camila Pires Cremasco; GABRIEL, Luís Roberto Almeida. Análise de custo dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. *Revista Científica ANAP Brasil* 8 (12), 2015.

CANESIN, Edmilson Antonio; LIMA, Guilherme Otávio; CANESIN, Guilherme Zago. Avaliação de propriedades físico-químicas de óleos residuais bovinos e de frango e do biodiesel metílico e etílico obtidos por catálise básica, 2020.

CARDOSO, Kelly Cristina RM; SILVA NETO, Miguel Pedro; SANTOS, Rosangela Leal. IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA SOLAR NAS ESCOLAS MUNICIPAIS DE FEIRA DE SANTANA-BA, 2022.

CORDEIRO, Nicolas Duarte; COUCEIRO, Márcio Akira. Sistema fotovoltaico no Brasil e em Roraima e as diferenças entre os sistemas on grid e off grid.

*Revista de Administração de Roraima-RARR*, v. 15, n.1, 2024.

COSTA, Aleff Ramon da Silva. Montagem e estudo de um sistema solar fotovoltaico off-grid para bombeamento de água. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CRESESB. Potencial Solar Sun Data v 3.0. 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: em 31 ago. 2024.

DE BRITO, Luiz Antônio Perrone Ferreira; SILVA, Ednaldo Max. A utilização da tecnologia fotovoltaica na iluminação pública como alternativa para redução do consumo no horário de ponta. *Latin American Journal of Business Management*, v. 12, n. 1, 2021.

DE JESUS, Daniele Freitas et al. Potencial de microgeração de energia solar residencial na região metropolitana de São Paulo. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, p. 859-879, 2020.

DOS SANTOS, Weriton Carlos; FIGUEIRA, Ronaldo Gomes; FLORIAN, Fabiana. Energia solar e seus impactos em projeto fotovoltaico conectado à rede após a lei 14.300/22. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, v. 5, n. 5, p. e555202-e555202, 2024.

FERIOLI, K. C. O. et al. Projeto de Sistema fotovoltaico isolado (OFF GRID) para residências. *IESAM: Belém*. v. 22, 2022.

GUERRA, Witter Duarte et al. Revisão sistemática sobre o emprego e cultivo da microalga *Scenedesmus* sp. na produção de biodiesel. *Revista Sociedade Científica*, v. 7, n. 1, p. 942-979, 2024.

JÚNIOR, Guaracy Garcia Loureiro et al. A relação entre o dimensionamento de bateria e cenários solar para usinas industriais off grid. *Diálogos Interdisciplinares*, v. 12, n. 1, p. 231-252, 2023.

KÜNSCH, Jeniffer Balarini Lemos. Tecnologia azul como rota para o transporte marítimo sustentável, 2021.

LEAL, Arthur de Farias. Estudo da viabilidade técnica e econômica para implementação de sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid em uma indústria, 2022.

MUNGA, Edward M.; NDIRITU, S. Wagura; DA SILVA, Izael. Unlocking climate finance potential and policy barriers - A case of renewable energy and energy efficiency in Sub-Saharan Africa. *Resources, Environment and Sustainability*, v. 7, p. 100043, 2022.

OLIVEIRA, Regina Maria Mendes et al. Avaliação do Óleo de Macaúba: Rendimento Extrativo, Qualidade, Índices Nutricionais e Perfil Lipídico do Biodiesel. *Revista Virtual de Química*, v. 16, n. 1, 2024.

PETROBIO. O biocombustível renovável menos poluente do mercado. Disponível em: < <https://www.petrobiocombustiveis.com/> >. Acesso em: 01 ago. 2024.

RAMOS, Luiz Pereira et al. Biodiesel. *Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento-Edição nº*, v. 31, p. 29, 2003.

RIZZI, Lucas Rodrigues. Análise técnica e econômica da aplicação de painéis fotovoltaicos em pivôs de irrigação na Região centro oriental do estado do Rio Grande do Sul. 2024.

SANTOS, Leonardo. Desafios na implementação de sistemas fotovoltaicos off-grid. *Engenharia Energética*, v.34, n.3. 2018.

SILVA, David Oliveira. Estudo de viabilidade da utilização de energia solar em duas unidades escolares públicas no município de Fortaleza - CE. 2021.

SILVA, Anderson Guilherme; ALMEIDA, Fabio Prado. Impactos da lei nº 14.300 de 2022 na implementação de usinas fotovoltaicas em unidades consumidoras de energia elétrica em baixa tensão na cidade de Ariquemes Rondônia. 2023.

SILVA, Mário de Sousa da. Estudo de energia solar fotovoltaica Off Grid como geração de energia alternativa. 2023.

SOUZA, Nayara Eneias et al. Produção de biodiesel a partir de catalisadores de MoO<sub>3</sub> obtidos por diferentes métodos. 2022.

SOUZA, Victória Letícia Oliveira. Crescimento da geração de energia fotovoltaica na região nordeste do Brasil. 2020.

TORRE, Paloma Yara Guimarães; ALVES, Jean Carlos Machado; CORRÊA, Savio Figueira. Análise de eficiência energética para indústria têxtil: um estudo de caso em uma empresa de Minas Gerais. *Revista Produção Online*, v. 18, n. 1, p. 238-264, 2018.

VELOSO, Caroline Karen Peixoto Rodrigues; TEIXEIRA, Wesley Carminati; DA SILVA JÚNIOR, Dalmo Cardoso. Energia Fotovoltaica: legislação e incentivos pelo mundo e como impactam o Brasil. *Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica*, v. 3, n. 1, 2021.